ОТСК

СПИСАНИЕ
ОСНОВИ И ТЕХНИЧЕСКИ СРЕДСТВА ЗА КОНСТРУИРАНЕ

FUNDAMENTALS AND TECHNICAL MEANS OF DESIGN



Брой 1
октомври-ноември
2026

ОСНОВИ И ТЕХНИЧЕСКИ СРЕДСТВА ЗА КОНСТРУИРАНЕ

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

Брой 1 октомври 2026 София

Редактори

гл. ас. д-р инж. Росица Манолова

доц. д-р инж. Мариета Янчева-Попова

Членове

доц. д-р инж. Боряна Илиева-Михайлова

доц. д-р инж. Петър Горанов

ISSN 3134-1802

Издател

Катедра „Основи и технически средства за конструиране“
при Машиностроителен факултет на ТУ-София.

Адрес на редакционната колегия

България, 1000 София, бул. „Климент Охридски“ № 8,
ТУ-София, кат. ОТСК на МФ
e-mail: otsk@tu-sofia.bg

EDITORIAL BOARD

Editors

Chief Assist. Prof. Eng. Rositsa Manolova, PhD

Assoc. Prof. Eng. Marieta Yancheva-Popova, PhD

Members

Assoc. Prof. Eng. Boryana Ilieva-Mihaylova, PhD

Assoc. Prof. Eng. Petar Goranov, PhD

ISSN 3134-1802

Publisher

Department of Fundamentals and Technical Means of Design
Faculty of Mechanical Engineering, Technical University of Sofia

Address of the Editorial Office

8 Kliment Ohridski Blvd., 1000 Sofia, Bulgaria
Technical University of Sofia, Faculty of Mechanical Engineering
Department of Fundamentals and Technical Means of Design
e-mail: otsk@tu-sofia.bg

Сборникът е посветен на Петата международна научна конференция „Основи и технически средства за конструиране“ (ОТСК 2026) се провежда от 27 до 28 октомври 2026 г. в Библиотечно-информационния център (БИЦ) на ТУ – София, в рамките на „Дни на науката“ и на Международната конференция по Статндартизация, прототипи и качество, чийто домакин е кат. ОТСК.

Научната конференция се организира от Технически университет – София, Машиностроителен факултет, катедра „Основи и технически средства за конструиране“ като катедрата е домакин и на Международната конференция по стандартизация.

За конференцията са депозирани и приети от програмния комитет 34 доклада от 44 автора.

Представените доклади са в седем научни направления както следва:

1. Основи на конструирането.
2. Методология на проектирането.
3. CAD и роботика.
4. Приложна геометрия и инженерна графика.
5. Техническо законодателство, стандартизация и мениджмънт.
6. Предизвикателства пред съвременното образование.
7. Интериорен дизайн и архитектура.

Конференцията си поставя задачата да събере изследователи, експерти, инженерни работници, преподаватели, докторанти и студенти, както и представители на неправителствени организации и на частния сектор, които да споделят и дискутират теоретични и практически проблеми. Наред с докладване на научни изследвания, които отразяват последните достижения в рамките на дефинираните области, форумът служи и като мултидисциплинарна платформа за обсъждане на текущи практически проблеми в инженерната сфера и обучение.

Организационният комитет благодари на всички участници в конференцията за своевременното депозиране на научните доклади и спазването на изискванията за тяхното оформяне.

Предпечатната подготовка е направена от гл. ас. инж. д-р Росица Манолова.

ПЕТАТА МЕЖДУНАРОДНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ „ОСНОВИ И ТЕХНИЧЕСКИ СРЕДСТВА ЗА КОНСТРУИРАНЕ“ (ОТСК 2026)

И

INTERNATIONAL CONFERENCE ON STANDARDIZATION, PROTOTYPES AND QUALITY

ОРГАНИЗАЦИОНЕН КОМИТЕТ

ПОЧЕТЕН ПРЕДСЕДАТЕЛ

проф. д-р Георги Венков – Ректор на ТУ – София

ПРЕДСЕДАТЕЛ

доц. д-р инж. Боряна Илиева – Р-л кат. ОТСК

НАУЧЕН СЕКРЕТАР

доц. д-р инж. Петър Горанов – Зам. Р-л кат. ОТСК

ЧЛЕНОВЕ

проф. д-р инж. Стилиян Николов – Декан на МФ

доц. д-р инж. Велизар Василев – Зам. Декан на МФ

доц. д-р инж. Георги Станчев – Зам. Декан на МФ

проф. д-р инж. Михаил Лепаров – кат. ОТСК

проф. д-р инж. Георги Димчев- БСС

проф. Ангелос Захариадис – Honorary President of ENEPROT

проф. Ивана Миатович – University of Belgrade

проф. Невнихал Ердоган – Kocaeli University

проф. д-р инж. Шабан Буза – University of Prishtina

доц. Бадеа Лепадатеску – Transilvania University of Brasov

маг. инж. Таня Михайлова – НПГПТО „М. Ломоносов“

маг. инж. Цветелина Стойкова – ПГМЕТ- Плевен

проф. д-р инж. Любомир Димитров – Председател на УС на БСС

маг. инж. Лилия Смедарчина- БСС

ПРОГРАМЕН КОМИТЕТ

ПРЕДСЕДАТЕЛ

доц. д-р инж. Ирена Николова- кат. ОТСК

ЧЛЕНОВЕ

проф. д-р инж. Михаил Лепаров – кат. ОТСК

доц. д-р инж. Петър Горанов – кат. ОТСК

доц. д-р инж. Георги Станчев – кат. ОТСК

доц. д-р инж. Елена Тодорова – кат. ОТСК

доц. д-р инж. Радка Ангелова – кат. ОТСК

доц. д-р инж. Васил Пенчев – кат. ОТСК

доц. д-р инж. Мариета Янчева – кат. ОТСК

гл.ас. д-р инж. Росица Манолова – кат. ОТСК

гл. ас. д-р инж. Десислава Георгиева – кат. ОТСК

гл. ас. д-р инж. Светлана Янева – кат. ОТСК

гл. ас. д-р инж. Мариана Митова – кат. ОТСК

гл. ас. д-р инж. Николай Рачев – кат. ОТСК

ас. инж. Гергана Делирадева – кат. ОТСК

ас. инж. Поля Велинова – кат. ОТСК

СЕКРЕТАРИАТ

гл. ас. д-р инж. Мариана Митова – кат. ОТСК

гл. ас. д-р инж. Светлана Янева – кат. ОТСК

гл. ас. д-р инж. Десислава Георгиева – кат. ОТСК

гл. ас. д-р инж. Николай Рачев – кат. ОТСК

ас. инж. Гергана Делирадева – кат. ОТСК

ас. инж. Поля Велинова – кат. ОТСК

маг. Силвиана Тодорова - БСС

СЪДЪРЖАНИЕ:

Karasoy Z., Gündoğd N., EVALUATION OF INTERIOR DESIGN CRITERIA IN HEMODIALYSIS TREATMENT AREAS FROM THE PERSPECTIVE OF INTERIOR ARCHITECTURE AND DIALYSIS PRACTICES…….……..…1

Özsoy B., Tachir G., RETHINKING QUALITY AND ASSESSMENT IN ARCHITECTURAL EDUCATION: CAN CREATIVITY BE STANDARDISED?……..……...……15

Harada K., Ueno T., Yoshikawa S., A STUDY ON THE ANALYSIS OF DIGITAL SURVEY ACTIVITIES OF TRADITIONAL JAPANESE WOODEN ARCHITECTURE……..……..30

Harada K., A STUDY ON THE BACKGROUND OF THE MUTATION OF MIES VAN DER ROHE'S DESIGN FOR THE GERMAN PAVILION 1929 IN BARCELONA: THE INFLUENCE OF TRADITIONAL JAPANESE OPEN-PLAN ARCHITECTURE ……..……..……..38

Sönmez I., Tachir G., DETERMINATION OF DESIGN PARAMETERS FOR COASTAL SETTLEMENTS IN THE CONTEXT OF TECTONIC UNDERSTANDING: THE CASE OF ISTANBUL MODERN AND WAREHOUSE …… ……...….46

İner G., AN ARCHITECTURAL AND STRUCTURAL FRAMEWORK FOR INCREMENTAL HOUSING IN POST-EARTHQUAKE RECONSTRUCTION ……..……..65

Nas Ş., Erdoğan N., A DOCTRINE BASED EVALUATION OF CONSERVATION AND ADAPTIVE REUSE IN HISTORIC BUILDINGS: THE CASE OF ZORLUTUNA MANSIO……...……84

Gündoğdu N., Erdoğan N., THE TRANSFORMATION OF INTERIOR DESIGN IN THE NOVELS FATIH HARBIYE AND GURBET KUŞLARI: A CROSS-PERIOD COMPARISON ……106

Mirzaliyeva G., Erdoghan N., POST-CONFLICT URBAN DEVELOPMENT AND EMPLOYMENT: SPATIAL PLANNING AS A TOOL FOR SUSTAINABLE RECOVERY IN KARABAKH……...131

Lepădătescu B., Mileșan M., DETERMINATION OF THE BORE DIAMETER FOR THREADING WITH CHIPLESS TAPS……...……..……138

Arsov V., Penchev V., Javorova J., PRACTICAL APPLICATION OF A METHODOLOGY FOR MEDICAL DEVICE CLASSIFICATION UNDER THE EU MDR……..…….148

Christoforidis S., Thomopoulos A., Titopoulos E., Ilieva B., Stanchev, G., Kromitoglou E., Chatziprodromou M., A TIMED COLOR PETRI NET MODEL FOR THE PRE-DIALYSIS CLINICAL PATHWAY IN CHRONIC KIDNEY DISEASE: COMPARISON WITH CONTEMPORARY PREDICTIVE MODELLING APPROACHES…….158

Christoforidis S., Titopoulos E., Ilieva B., Stanchev G., Kromitoglou E., Vordos N., Pappas D., A TIMED COLOURED PETRI NET MODEL OF THE SAXS/WAXS MEASUREMENT PROTOCOL FOR HYDRATED ARTICULAR CARTILAGE: RESOURCE-AWARE SIMULATION, STATISTICAL ANALYSIS AND COMPARISON WITH PROTOCOL, DOSE AND DATA-ANALYSIS MODELS……...……. 170

Yancheva -Popova M., Ilieva-Mihailova B., Deliradeva G.,EXPLORING EDUCATIONAL CHALLENGES FACING CONTEMPORARY TEACHING OF DESCRIPTIVE GEOMETRY AND DIGITAL SKILLS …….……...……...210

Димитрова Р., Станчев Г., Илиева-Михайлова Б. ПРОУЧВАНЕ И АНАЛИЗ НА ИЗИСКВАНИЯТА ОТНОСНО ДИГИТАЛЕН ЦИФРОВ ПАСПОРТ / DPP/ В ТЕКСТИЛНАТА ИНДУСТРИЯ ЗАЛОЖЕН В РЕГЛАМЕНТ /ЕС/ 2024/1781…….…….....218

Николова И., Пенчев В., ОСНОВНИ ЗАКОНОДАТЕЛНИ ИЗИСКВАНИЯ КЪМ ЛИЧНИТЕ ПРЕДПАЗНИ СРЕДСТВА……..……..……232

Велинова П., Пенчев В., РАЗРАБОТВАНЕ НА НОВ ВИД СТАНДАРТИЗАЦИОНЕН ДОКУМЕНТ НА CEN/CENELEC. ЕВРОПЕЙСКИ СПЕЦИФИКАЦИИ ПО УСКОРЕНА ПРОЦЕДУРА [EUROPEAN AGILE SPECIFICATION (EAS)]…….……..243

Делирадева Г., Пенчев В., Велинова П., ПРИНЦИПИ И СРЕДСТВА ЗА БЕЗОПАСНОСТ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЧОВЕК-МАШИНА. ОСНОВНИ СТАНАРТИ……...……..……250

Пенчев В., Делирадева Г., Велинова П., ИЗСЛЕДВАНЕ И АНАЛИЗ НА ЕВРОПЕЙСКО ЗАКОНОДАТЕЛСТВО ПО ПОЛИТИКИТЕ ЗА БЕЗОПАСНОСТТА НА ДВИЖЕНИЕТО ПО ПЪТИЩАТА ……...……...…….....……...262

Кирилов К., Илиева Б., Станчев Г., МЕТРОЛОГИЧНО ОСИГУРЯВАНЕ НА КОНТРОЛА НА МЕТАЛНИ ИЗДЕЛИЯ В КОНТЕКСТА НА ISO 10012:2026 И ISO 9001: 2026.……...……273

Пенчев В., Велинова П., Делирадева Г., ГЕОМЕТРИЧЕН АНАЛИЗ НА КОРЕКТНОСТТА НА ДАННИ СНЕТИ ОТ МЕСТОПРОИЗШЕСТВИЕ……...……...…….……...291

Рачев Н., МОДЕЛИРАНЕ НА БУЛДОЗЕРНО ГРЕБЛО В ЗАВИСИМОСТ ОТ ФУНКЦИОНАЛНИ И ПРОИЗВОДСТВЕНИ ИЗИСКВАНИЯ.…….……..295

Бончев В., МЕТРИЧНИ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ИЗОБРАЗЯВАНЕ НА ОСЕСИМЕТРИЧНИ ПОВЪРХНИНИ ВЪРХУ РАВНИНА.…… 303

Горанов П., ОТНОСНО ФУНКЦИОНАЛНОСТТА НА СВОБОДНИЯ CAD СОФТУЕР……..….311

Манолова Р., Георгиева Д.,Петкова Р., Янева С., ВГРАЖДАНЕ И ПРЕДСТАВЯНЕ НА 3D ОБЕКТИ ОТ SOLIDWORKS В СРЕДА НА ДОБАВЕНА РЕАЛНОСТ ЧРЕЗ МОБИЛНОТО ПРИЛОЖЕНИЕ EDRAWINGS……...…….……..……320

Манолова Р., Георгиева Д., Янева С., СРАВНЕНИЕ НА ФУНКЦИОНАЛНОСТТА И ПРЕДСТАВЯНЕТО НА 3D ОБЕКТИ ОТ SOLIDWORKS В ДОБАВЕНА РЕАЛНОСТ ЧРЕЗ ПРИЛОЖЕНИЯТА EDRAWINGS И XR. PLUS ……...…….…….……...331

Пешева Т., ПОДХОДИ ПРИ КОНСТРУКТИВНОТО ГРАФИЧНО ДОКУМЕНТИРАНЕ НА МНОГОКОМПОНЕНТНИ МЕБЕЛИ СЪС СЛОЖНА ПРОСТРАНСТВЕНА ФОРМА……..……342

Лепаров М., ОТНОСНО ЕВРИСТИЧНИТЕ ОСНОВИ НА ПРОЕКТИРАНЕ НА ТЕХНИЧЕСКИТЕ ОБЕКТИ. ЧАСТ 3: ЗАДАЧИ……...…….…….…...352

Лепаров М., ОТНОСНО ЕВРИСТИЧНИТЕ ОСНОВИ НА ПРОЕКТИРАНЕ НА ТЕХНИЧЕСКИТЕ ОБЕКТИ. ЧАСТ 4: ИДЕИ……...…….……372

Янкова-Христова А., АНАЛИЗ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА ИНТЕГРИРАНЕ НА ИНТЕЛИГЕНТНИ ДИГИТАЛНИ ИНСТРУМЕНТИ В ПРОЕКТНО-БАЗИРАНОТО ОБУЧЕНИЕ ПО ИНТЕРИОРЕН И МЕБЕЛЕН ДИЗАЙН……...…….…….…..395

Комарска Р., Янчева-Попова М., ГЕНЕРАТИВНИЯТ ИИ В УЧИЛИЩНОТО ОЦЕНЯВАНЕ. ПРОВЕРКА НА РАЗБИРАНЕТО ПРИ РАЗРЕШЕНА УПОТРЕБА НА ИИ**……..**412

Янева С., Георгиева Д., Станчев Г., Манолова Р., НАЦИОНАЛНА УЧЕНИЧЕСКА ОЛИМПИАДА ПО ТЕХНИЧЕСКО ЧЕРТАНЕ. ОРГАНИЗАЦИЯ И СЪСТЕЗАТЕЛНИ ЗАДАНИЯ. ОБЩИНСКИ И ОБЛАСТЕН КРЪГ - ЕТАПИ НА ПРОВЕЖДАНЕ……..438

Янева С., Станчев Г., Георгиева Д., Манолова Р., НАЦИОНАЛНА УЧЕНИЧЕСКА ОЛИМПИАДА ПО ТЕХНИЧЕСКО ЧЕРТАНЕ. ЕТАПИ НА ОРГАНИЗИРАНЕ И ПРОВЕЖДАНЕ НА НАЦИОНАЛНИЯ КРЪГ…….…….....452

Михайлова Т., НОВИЯТ СПИСЪК НА ПРОФЕСИИТЕ ЗА ПРОФЕСИОНАЛНО ОБРАЗОВАНИЕ И ОБУЧЕНИЕ И ВРЪЗКАТА С КОМПЕТЕНТНОСТНИЯ ПОДХОД В СРЕДНОТО
ОБРАЗОВАНИЕ…….....466

EVALUATION OF INTERIOR DESIGN CRITERIA IN HEMODIALYSIS TREATMENT AREAS FROM THE PERSPECTIVE OF INTERIOR ARCHITECTURE AND DIALYSIS PRACTICES

Zeynep KARASOY, Lecturer

Atlas University (Turkey)

Dr. Nihan Sümeyye GÜNDOĞDU, Assist. Prof.

Atlas University (Turkey)

Abstract. Hemodialysis treatment is a long-term, repetitive healthcare service in which patients spend time in the treatment area several times a week for approximately four hours per session. Consequently, the physical characteristics of the treatment area are significant not only for the safe and functional execution of clinical processes but also regarding the patients' prolonged experience of the space and the working conditions of the staff. National regulations and design standards for healthcare facilities establish various requirements concerning spatial needs, circulation, patient stations, supervision, privacy, technical infrastructure, infection control, and support spaces. However, there is a need to holistically evaluate-alongside clinical requirements-interior design components that influence the user experience, such as color, material and texture, natural and artificial lighting, acoustic and visual comfort, universal design, personal space, and psychological comfort.

The aim of this study is to evaluate the interior design of hemodialysis treatment areas through the relationship between clinical requirements and user experience, and to develop supplementary criteria and recommendations for the user-oriented design of these areas. The research is limited to the hemodialysis treatment area, where patients spend a significant portion of their treatment time and where clinical observation and treatment procedures take place. The study was conducted using a comparative document analysis method within a qualitative research framework. National legislation, Health Quality Standards (SKS-Dialysis), design guidelines for healthcare facilities, international dialysis unit guidelines, and scientific literature were examined; the data obtained were evaluated under the headings of spatial organization and ergonomics, universal design and accessibility, privacy and personal space, color-material-texture, lighting and daylight, acoustic and visual comfort, and psychological comfort and the healing environment. Requirements regarding clinical safety, infection control, patient monitoring, and

emergency response were treated as fundamental constraints in the evaluation of the interior design decisions in question.

The study focused on developing a framework of criteria and recommendations for the user-oriented interior design of hemodialysis treatment areas, designed to complement the minimum physical and functional requirements defined in existing regulations. Thus, an interdisciplinary approach was presented that addresses patient experience and staff needs alongside clinical conditions, potentially contributing to evidence-based interior design in healthcare facilities.

Keywords: Hemodialysis treatment area, interior design, healthcare facilities, patient safety, ergonomics.

1. INTRODUCTION

Chronic kidney disease is a significant health issue with an increasing global prevalence, and hemodialysis is one of the most common renal replacement therapies used to sustain life in patients who develop end-stage renal disease(KDIGO, 2024; Türk Nefroloji Derneği, 2025). In-center hemodialysis is typically administered in three sessions per week, lasting approximately four hours each; the duration and frequency of treatment are individualized based on the patient's clinical needs (National Kidney Foundation, 2015). Consequently, patients spend a significant portion of their lives in hemodialysis treatment areas; the physical environment of the treatment space transcends being merely a setting for administering therapy, becoming a crucial component that directly influences patient safety, user comfort, and the treatment experience. Hemodialysis treatment areas are healthcare environments where patients remain in the same space for extended periods, healthcare personnel continuously conduct clinical observations and interventions, medical equipment is used extensively, and infection control is of critical importance(Flythe ve ark., 2020; T.C. Sağlık Bakanlığı, 2016It is stated that the physical environment in healthcare facilities should be addressed through a holistic approach that supports the healing process and human-space interaction, rather than solely based on functional requirements (Özgen, 2018). For this reason, it is important that hemodialysis treatment areas are handled not only in accordance with technical requirements, but also within the framework of interior design principles that take into account user needs. However, it is observed that the current studies on the design of hemodialysis treatment areas mainly focus on clinical processes, technical requirements or service quality, while interdisciplinary research evaluating interior Deconstruction together with user needs and

clinical applications remains limited. This situation makes it necessary to address the interior design components that affect the user experience such as ergonomics, universal design and accessibility, privacy, color, material, lighting, acoustics and environmental comfort with a holistic approach together with clinical and technical requirements. This study focuses solely on the treatment area rather than covering all units of a hemodialysis center. In determining this scope; with the patient safety, clinical observation, treatment procedures and emergency interventions largely carried out in this area, it has been effective for patients to spend a significant part of their treatment time here. The aim of the study is to evaluate the interior design criteria that are critical for patient safety, personnel ergonomics and spatial comfort in the fields of hemodialysis treatment from the perspective of interior architecture and dialysis applications in accordance with national legislation, quality standards, international design guidelines and scientific literature. Additionally, the study aims to highlight the importance of user-centered design in healthcare facilities and raise awareness about this issue.To this end, the research was conducted using a comparative document analysis method within a qualitative research framework; criteria found in national legislation, quality standards, international design guidelines, and scientific literature were evaluated under the themes of spatial organization and ergonomics, universal design and accessibility, privacy, color and materials, lighting, acoustics, and environmental comfort. Requirements regarding patient safety, clinical observation, and infection control have been treated as fundamental conditions in the evaluation of the interior design decisions in question.

2. Hemodialysis Treatment and Clinical Requirements

Hemodialysis is a renal replacement therapy in which uremic toxins and excess fluid-which the kidneys cannot adequately remove-are eliminated by passing the patient's blood through an extracorporeal dialyzer via a vascular access site. Although chronic center-based hemodialysis is typically administered in three sessions per week lasting approximately four hours each, the duration and frequency of treatment are individualized based on the patient's residual renal function, fluid status, clinical requirements, and dialysis adequacy(National Kidney Foundation, 2015; KDIGO, 2024).

The chronic hemodialysis patient population is heterogeneous in terms of age, comorbidities, and functional capacity. Data from Turkey indicate that hemodialysis is the most common modality among renal replacement therapies; patients of advanced age and those with

comorbid diabetes and cardiovascular diseases constitute a significant segment of this population (Türk Nefroloji Derneği, 2025). However, the determining factor regarding spatial design is not merely the diagnosis, but the patient's individual requirements concerning vision, balance, movement, transfers, and the use of assistive devices. Therefore, entering the treatment area, being weighed, safely transferring to the patient chair or bed, using the toilet, and-when necessary-accessing the area via wheelchair or stretcher are fundamental components of the clinical workflow.

Rapid fluid and electrolyte shifts during treatment can lead to complications such as intradialytic hypotension, muscle cramps, nausea, arrhythmias, and altered consciousness. Issues related to vascular access bleeding, circuit or device alarms, and infections may also require rapid assessment and intervention. Therefore, continuous monitoring of the patient, the vascular access site, and device parameters-along with tracking vital signs and ensuring immediate access to emergency intervention equipment-is essential for patient safety. (Flythe ve ark., 2020; T.C. Sağlık Bakanlığı, 2016).

The hemodialysis workflow encompasses pre- and post-treatment weighing, assessment of vital signs, checking the vascular access site, aseptic connection and disconnection procedures, equipment and supply checks, record-keeping, and complication management. These clinical processes require that healthcare personnel have a direct view of both the patient and the machine, allow for access to both sides of the patient and the machine, ensure unobstructed movement for stretchers and wheelchairs, keep emergency equipment accessible, and maintain a clean workflow for infection control. Privacy solutions must be designed in a way that does not impede clinical monitoring.

2.1. Spatial Requirements of the Treatment Area

In healthcare facilities, interior design is a crucial design component linked to patient safety, user experience, the treatment process, and the performance of healthcare professionals-extending far beyond the mere fulfillment of aesthetic and functional requirements. When planning healthcare facilities, addressing user needs alongside medical and technical requirements is essential for ensuring spatial functionality and the efficient delivery of healthcare services. Indeed, approaches such as user requirements, patient-centered design, healing environments, and evidence-based design are gaining increasing importance in the

design of healthcare facilities (Selçuk, 2015). Accordingly, interior design elements-such as spatial organization, ergonomics, accessibility, environmental comfort, privacy, and wayfinding-must be addressed in alignment with the physical and psychological needs of users. The quality of the physical environment, especially in areas where long-term and repetitive treatments are applied, is of great importance not only in terms of patient experience, but also in terms of the working conditions of healthcare professionals and the effectiveness of the service provided.

3. Regulations and Design Guidelines for Planning Hemodialysis Treatment Areas

Spatial decisions in hemodialysis treatment areas are directly related to clinical monitoring and intervention requirements. The ability of health professionals to observe the patient, the vascular access area and the device alarm screen without obstructing vision facilitates the early detection of conditions such as hypotension, changes in consciousness, bleeding or device alarms. Similarly, it is important to have sufficient space around the device in order to control the connections, access to the necessary materials, perform emergency interventions and ensure the safe transfer of patients. This area must also enable the safe movement of personnel, stretchers, and wheelchairs. Spatial solutions designed to ensure privacy should not impede clinical observation or rapid patient access when necessary. In addition, issues such as hand hygiene, clean-to-dirty workflow, the use of cleanable surfaces and the separation of infected patients should also be addressed in accordance with infection control requirements.Thus, clinical necessities are directly linked to interior design components such as visibility, access, circulation, privacy, ergonomics, and hygiene(T.C. Sağlık Bakanlığı, 2016; Diyaliz Merkezleri Hakkında Yönetmelik, 2019).

3.1. National Regulations

The fundamental framework regarding the planning and operation of hemodialysis centers in Türkiye is established by the Regulation on Dialysis Centers, the Health Quality Standards – Dialysis (SKS-Dialysis), and the 2010 Guideline on Minimum Design Standards for Healthcare Facilities in Turkey. (Diyaliz Merkezleri Hakkında Yönetmelik, 2019; T.C. Sağlık Bakanlığı, 2010, 2016Article 16 of the Regulation on Dialysis Centers outlines the general physical requirements for the center. Accordingly, dialysis treatment halls cannot be

located in the basement; if patient-use areas are situated on upper floors, an elevator suitable for transporting stretchers must be available. The same article mandates the presence of heating and cooling systems, the provision of a generator and an uninterruptible power supply of sufficient capacity to handle power outages, and the implementation of necessary fire safety measures. Minimum physical requirements regarding treatment areas are defined in greater detail in Article 17 of the Regulation. Under these provisions, a minimum area of 7 m² per bed must be allocated in hemodialysis areas. It is required to establish a separate section and use separate equipment for HBsAg-positive patients, and to allocate separate equipment for HCV-positive patients. Furthermore, the center must include an emergency care and treatment room of at least 9 m²; separate toilets and sinks for male and female patients—with at least one unit accessible to patients with disabilities; separate toilets, sinks, and lockers for staff; and adequate storage space. 18 of the Regulation. the article specifies the minimum equipment, tools and materials that should be available at the center. Accordingly, it is mandatory to have a portable electrocardiography device with monitor, defibrillator, emergency response kit, oxygen support, aspirator, adequate ventilation system, stretcher and wheelchair in the center, as well as a number of mobile patient beds or armchairs equal to the number of dialysis machines in use. When these Decrees are evaluated together, it is seen that the hemodialysis treatment area is not just a hall where machines and patient chairs are placed. Patient stations are part of a spatial system that requires a holistic approach to address the relationships between medical equipment, circulation, accessibility, infection control and emergency response requirements. Dec.1. Patient stations are part of a spatial system that requires a holistic approach to address the relationship between medical equipment, circulation, accessibility, infection control and emergency response requirements. The workflow of healthcare personnel is also an important factor in the spatial arrangement of the treatment area. Regulation 22. the article stipulates that at least one non-medical medical personnel should be present for up to five patients during each treatment session, and an additional medical personnel should be assigned for each subsequent group of five patients. The regulation also defines the duties of medical personnel; these tasks include providing patient care before, during and after treatment, performing routine follow-up of the patient, preparing hemodialysis machines, performing vascular access procedures and performing surface Decontamination. These Decrees reveal the importance of evaluating the spatial relationship between patient stations and the working areas of medical personnel in accordance with workflow, access and observation requirements. Additionally, the regulation treats architectural planning as an integral part of the licensing and evaluation processes for these centers.Under Article 19, the application dossier must include 1/100 scale plans—

prepared by an architect and detailing layout and usage areas—separately for each floor of the center or unit. Additionally, Article 8 mandates the inclusion of an engineer or architect in the Dialysis Services Monitoring, Inspection, and Evaluation Commission when evaluating matters such as the opening of new centers, renovations, or project modifications.

The 2010 Guideline on Minimum Design Standards for Healthcare Facilities in Turkey supplements the minimum conditions defined in the regulation with more detailed design criteria regarding the spatial organization of the hemodialysis unit. Article 6.15.1.1 of the guideline stipulates that the dialysis unit must include-or provide access to-a waiting room, restroom, drinking water, a general telephone, and a seating area. Article 6.15.2.1 requires the separation of the treatment area from administrative and waiting sections; Article 6.15.2.2 specifies that the nurse station must be located within the dialysis treatment area and designed to allow for the visual monitoring of all patient stations. According to Article 6.15.2.3, a minimum clear floor area of 9 m^2 must be allocated per bed/stretcher treatment station used for examination and treatment, and a minimum of 7 m^2 per dialysis treatment station; a clearance of at least 120 cm must be maintained between chairs, beds, or stretchers, between these units and the walls, and in front of the foot end of the station. Article 6.15.2.4 mandates that the unit be designed to ensure privacy for each patient, while Article 6.15.2.5 requires the provision of areas where patients can store personal belongings and hang long garments.

The guideline also addresses in detail the spatial requirements regarding infection control and support areas. According to Article 6.15.2.6, the need for isolation rooms with reverse air flow and the number of these rooms are determined in accordance with the evaluation of the infection control committee. In the same article, it is stated that in cases where dialysis machines are reused, the reprocessing room should be arranged in such a way as to support a workflow moving from a “dirty” area to a “clean” area Jul. Within the scope of Articles 6.15.2.8 and 6.15.2.9, a separate room for the preparation of dialysis solutions and the processing of used materials and a closed area with water treatment equipment are provided.In addition, it is stated in Article 6.15.2.11 that there should be a patient toilet suitable for the treatment area, in Article 6.15.2.12 that a cleaning supplies room allocated only to the dialysis unit should be created, and in Article 6.15.2.13 that staff areas containing lockers, toilets, hand washing facilities and a changing area should be arranged. Finally, Article 6.15.2.14 stipulates the presence of office and clinical work areas for the provision of administrative services.

3.2. International Design Guidelines

HPU renal dialysis unit 620 (Revision 8), *Australasian health facility Guidelines* provide a recommendation for the hemodialysis unit and is published under an international planning and Design Guide. The guideline addresses the basic design components such as functional relationships, accessibility, treatment areas, relationship with natural light and outdoor space, acoustic and visual comfort, infection control, technical infrastructure and support areas (Australasian Health Infrastructure Alliance [AHIA], 2026). Similarly, NHS *Health Building Note 07-01 (HBN 07-01)* provides guidance on the planning and design of satellite dialysis units, while HBN 07-02 addresses the planning and design principles of main renal units (NHS England, 2013a, 2013b). These guidelines cover various design components that affect the spatial nature of hemodialysis treatment areas, such as patient and staff circulation, arrangement of patient stations, nurses' viewing areas, privacy, accessibility, infection control, environmental comfort and safety.

A combined assessment of national regulations, international guidelines, and scientific literature offers a holistic framework that contributes to the design of hemodialysis treatment areas in a user-oriented, safe, and functional manner.

When national regulations and international guidelines are considered together, a common framework of requirements regarding spatial planning, technical infrastructure, and functional organization emerges for the establishment and evaluation of hemodialysis units. Healthcare Quality Standards (SKS-Dialysis) complement this framework through quality criteria concerning patient and staff safety, emergency management, infection prevention, risk management, and the assessment of physical spaces. Design standards for healthcare facilities define requirements regarding the spatial needs of treatment stations, clearances between stations, the location of nurse stations, visual monitoring of patient stations, privacy, storage for patient belongings, and provisions for support spaces. However, these regulations primarily outline the minimum architectural, technical, and functional conditions necessary to ensure the safe and effective delivery of healthcare services. Given that hemodialysis patients spend extended and recurring periods in the treatment area, it is crucial to evaluate-alongside clinical requirements-interior design components that directly influence the user experience, such as color, materials and textures, natural and artificial lighting, acoustic comfort, visual and psychological comfort, personal space, universal design principles, and healing environment characteristics. Therefore, this study takes the minimum conditions defined in national

regulations as a starting point and focuses on developing supplementary criteria and recommendations for the user-centered interior design of hemodialysis treatment areas.

4. Findings and Evaluation

Based on a comparative document analysis, the key issues in the interior design of hemodialysis treatment areas were evaluated holistically under the headings of spatial organization and ergonomics, accessibility, patient monitoring and privacy, environmental comfort, and infection control and safety. National regulations and design guidelines define the fundamental requirements regarding the functional organization of the treatment area, the size and interrelationship of patient stations, the ability of healthcare staff to monitor patients, accessible usage, support spaces, and infection control. For instance, the national design guideline stipulates that the nurse station must be located within the treatment area and allow for visual monitoring of all patient stations; it also mandates a minimum of 7 m² of clear floor space per dialysis station and a clearance of at least 120 cm around each station. The same guideline also includes requirements for ensuring patient privacy, allocating space for personal belongings, and organizing clean-to-dirty workflows for infection control.

However, the prolonged and repetitive nature of hemodialysis treatment necessitates that treatment areas not be evaluated solely based on minimum physical and technical requirements. The fact that patients remain at the same station for extended periods during treatment makes interior design elements—such as spatial organization, scale and proportion, equipment layout, surface components (floors, walls, ceilings), ergonomics, personal space, privacy, natural and artificial lighting, color, materials and textures, acoustic and thermal comfort, and spatial perception—crucial from the perspective of user experience. In interior design, while space, light, color, and texture are considered fundamental design elements, scale and proportion are treated as key design principles in establishing the relationship between the space, the user, and the furnishings. It is noted that the way users perceive and experience an interior space is linked not only to design elements such as form, color, material, texture, and light but also to auditory and thermal environmental conditions and psychological factors (Aslan, Aslan, and Atik, 2015; Yurttaş, 2019). In healthcare facilities, it is crucial to address user needs, human-space interaction, hygiene, material properties, daylight, and environmental components—alongside technical and functional requirements—through a user-centered approach (Özgen, 2020).

In this context, it is important that interior design decisions support privacy without hindering clinical observation and rapid intervention; facilitate the movement of patients and staff; enable safe use by elderly, disabled, and mobility-impaired users; and support physical and psychological comfort during long-term treatment. Aligning with the universal design approach, the provision of threshold-free circulation, adequate maneuvering and transfer spaces, and accessible furnishings can enable users with varying physical capabilities to utilize the treatment area safely and as independently as possible. Regarding environmental comfort, it is essential to arrange natural and artificial lighting to support visual comfort without negatively affecting clinical observation; to develop acoustic solutions that reduce noise generated by equipment and users; and to consider color, material, and texture selections in conjunction with requirements for hygiene, durability, and ease of cleaning. In light of these considerations, it is crucial to address clinical and technical requirements alongside user experience through an interdisciplinary approach—rather than treating them in isolation—when designing the interiors of hemodialysis treatment areas. Evaluating the minimum conditions defined in regulations and design guidelines in conjunction with interior design components—such as ergonomics, universal design, psychological comfort, color, materials and textures, lighting, acoustics, and thermal comfort—can contribute to the development of user-oriented treatment spaces.

Accordingly, the findings of this study have been correlated with clinical and user requirements and consolidated in Table 1 under the heading "Prominent Interior Design Approaches in Hemodialysis Treatment Areas." The table does not aim to establish a binding design standard; rather, it seeks to provide an interdisciplinary framework that can contribute to the interior design evaluation of hemodialysis treatment areas and inform future design efforts, based on existing regulations and the literature.

Table 1. Prominent Interior Design Approaches in Hemodialysis Treatment Areas

Interior design component	**Clinical / user requirement**	**Its reflection in the design**
Spatial organization	Clinical workflow and safe use	Functional relationship of patient stations, nurse station, device and support areas

Interior design component	Clinical / user requirement	Its reflection in the design
Scale, proportion, and ergonomics	Safe operation, intervention, and transfer	Equipment sized according to human dimensions; sufficient working and movement space around the device.
Reinforcement	Long-term treatment and user requirements	Accessible arrangement of the patient chair/bed, equipment, personal belongings, and support accessories.
Surveillance and privacy	Continuous clinical monitoring and psychological comfort.	Unobstructed controlled dividers and appropriate station layout
Accessibility	Elderly, disabled, and mobility-impaired users	Step-free circulation, adequate maneuvering and transfer spaces
Lighting and daylight	Visual comfort and clinical observation	Controlled use of natural and artificial light
Acoustic comfort	Noise reduction during long treatment periods	Sound-absorbing surfaces and materials compliant with hygiene standards
Thermal comfort	Physical comfort in long-term treatment	Ensuring suitable indoor environmental conditions
Color, material and texture	Spatial perception, psychological comfort, and hygiene	Selection of suitable colors, surfaces, and textures; durable and cleanable materials.
Floor, wall, and ceiling surfaces	Hygiene, safety and environmental comfort.	Easy-to-clean, durable, and practical surface solutions
Infection control and safety	Infection and patient safety	Separation of clean and dirty areas, suitable surfaces, and safe circulation

As shown in Table 1, the interior design of hemodialysis treatment areas cannot be addressed independently of clinical requirements. Furthermore, the fact that users experience these spaces over extended periods and on a recurring basis necessitates evaluating technical and functional requirements alongside interior design components such as color, materials, lighting, acoustics, ergonomics, privacy, and universal design. Therefore, it is considered that an interdisciplinary approach-integrating interior design and dialysis practices-can contribute to the development of user-centered design for hemodialysis treatment areas.

Conclusions and summary

This study demonstrates that hemodialysis treatment areas should be evaluated not only within the framework of clinical, technical, and functional requirements but also in terms of user experience and interior spatial quality. National regulations and design guidelines for healthcare facilities define key requirements regarding the spatial organization of treatment areas, patient stations, supervision, accessibility, infection control, and technical infrastructure. However, addressing interior design components that influence user experience-such as color, material and texture, natural and artificial lighting, acoustic and thermal comfort, personal space, and psychological comfort-within a holistic interior design approach complements existing physical and functional requirements. Accordingly, this study presents an interdisciplinary evaluation framework by correlating prominent interior design components in hemodialysis treatment areas with clinical and user needs. It is anticipated that this framework could serve as a starting point for future design projects and research. As the study was limited to document analysis, the proposed evaluations require validation through user data. Future studies should aim to test the proposed criteria through surveys, interviews, user experience assessments, and spatial observations involving patients and healthcare professionals, and to develop a more comprehensive, evidence-based interior design guide tailored to hemodialysis treatment areas based on the findings.

REFERENCES

Aslan, F., Aslan, E., & Atik, A. (2015). İç mekanda algı. İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi, 5(11), 139–151. https://doi.org/10.16950/std.60957

Australasian Health Infrastructure Alliance. (2026). Australasian Health Facility Guidelines: HPU 620 Renal Dialysis Unit (Revision 8). https://healthfacilityguidelines.com.au/sites/default/files/HPU_B.0620_8.pdf

Diyaliz Merkezleri Hakkında Yönetmelik. (2019, 1 Mart). Resmî Gazete (Sayı: 30701). Son değişiklik: 10 Aralık 2022, Resmî Gazete (Sayı: 32039). https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=31297&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5

Flythe, J. E., Chang, T. I., Gallagher, M. P., ve ark. (2020). Blood pressure and volume management in dialysis: Conclusions from a Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) Controversies Conference. Kidney International, 97(5), 861-876. https://doi.org/10.1016/j.kint.2020.01.046

Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group. (2024). KDIGO 2024 clinical practice guideline for the evaluation and management of chronic kidney disease. Kidney International, 105(4S), S117-S314.

National Kidney Foundation. (2015). KDOQI clinical practice guideline for hemodialysis adequacy: 2015 update. American Journal of Kidney Diseases, 66(5), 884-930. https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2015.07.015

NHS England. (2013a). Health Building Note 07-01: Satellite dialysis unit. https://www.england.nhs.uk/publication/satellite-dialysis-units-planning-and-design-hbn-07-01/

NHS England. (2013b). Health Building Note 07-02: Main renal unit. https://www.england.nhs.uk/publication/main-renal-unit-planning-and-design-hbn-07-02/

Özgen, E. (2018). İnsan-mekân etkileşiminde sağlık yapıları ve mekânın iyileştirici rolü. Sanat ve Tasarım Dergisi, 8(2), 184-195. https://doi.org/10.20488/sanattasarim.529764

Özgen, E. (2020). Sağlık yapıları iç mekan tasarımı: Kuram ve uygulama pratikleri bağlamında tartışma. Mimarlık ve Yaşam Dergisi, 5(2), 603-614. https://doi.org/10.26835/my.751732

T.C. Sağlık Bakanlığı. (2016). Sağlıkta Kalite Standartları-Diyaliz (Versiyon 1). Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü.

T.C. Sağlık Bakanlığı İnşaat ve Onarım Dairesi Başkanlığı. (2010). Türkiye Sağlık Yapıları Asgari Tasarım Standartları 2010 Yılı Kılavuzu. https://ekutuphane.saglik.gov.tr/Yayin/414

Türk Nefroloji Derneği. (2025). Türkiye'de nefroloji, diyaliz ve transplantasyon-Registry 2024. https://nefroloji.org.tr/uploads/pdf/REGISTRY_2024_web.pdf

Selçuk, E. (2015). Türkiye'de hastane asgari tasarım standartlarının kullanıcı ihtiyaçlarına uygunluğunun değerlendirilmesi [Doktora tezi, Haliç Üniversitesi]. Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yurttaş, N. B. (2019). Mekansal algı kavramı ve iç mekan tasarımı ilişkisi. Euroasia Journal of Social Sciences & Humanities, 6(1), 27-34.

Zeynep KARASOY, Lecturer

ORCID ID: 0009-0007-7129-2273

Web of Science Researcher ID: RFB-4193-2026

Atlas University (Turkey)

E-mail: zeynep.karasoy@atlas.edu.tr

Dr. Nihan Sümeyye GÜNDOĞDU, Assist. Prof.

ORCID ID: 0000-0002-6890-7130

Web of Science Researcher ID: HPE-1554-2023

Atlas University (Turkey)

E-mail: nihan.gundogdu@atlas.edu.tr

RETHINKING QUALITY AND ASSESSMENT IN ARCHITECTURAL EDUCATION: CAN CREATIVITY BE STANDARDISED?

Dr. Bilge Ataç Özsoy, Lecturer

Trakya University, Edirne (Türkiye)

Dr. Gildis Tachir, Assoc. Prof.

Trakya University, Edirne (Türkiye)

Abstract. With the increasing number of accreditation systems in architectural education, there is a growing expectation that the quality of educational programmes will be defined by transparent learning outcomes and assessment processes. However, it is also important to preserve the free, open-ended, creative and contextual nature of architectural design. The increasing significance of quality assessment, learning outcomes, accreditation processes and evaluation in higher education raises the question of how quality in architectural education should be defined and evaluated.

This study evaluates standardisation in architectural education by examining the relationship between quality and creativity. Rather than seeking standardisation in the final product, the fundamental approach adopted is to interpret it through the lenses of education and assessment processes. Although no single outcome is expected regarding students' original design approaches, conceptual evaluations and form-related decisions, elements such as learning outcomes, assessment criteria, feedback and assessment methods are standardised in accordance with shared principles.

The study discusses which elements should be left to individual interpretation and which can be standardised, both within the design process and in the final product. In this context, quality is redefined as the ability to meet criteria through diverse solutions and outcomes, justify design decisions, engage in free thinking and address the specific context, rather than uniformity in a single final product. Through a conceptual examination of architecture education, creativity, assessment and quality expectations,

the study posits that shifting standardisation from the design outcome to the assessment process can reconcile quality expectations with the creative freedom granted to the designer.

***Keywords*:** Architectural education, standardisation, creativity, quality, evaluation, design pedagogy, quality assurance.

Introduction

Architectural education involves students confronting complex design problems that lack a predetermined, singular and absolute 'correct' answer. The design process provides a multidimensional learning environment in which analytical knowledge, intuitive thinking, technical requirements, aesthetic preferences, shared principles, and individual interpretations all come into play simultaneously. Consequently, architectural education, particularly within the context of the design studio, employs a teaching system and assessment structure that differ from those of many other fields of education.

Cross (1982, 2001) argues that this characteristic of the design process generates a distinctive 'designerly' form of knowledge that differs from the production of scientific or humanistic knowledge. Design problems are often open-ended, lacking a single, predetermined correct answer. Lawson (2006) also emphasises the complex and variable nature of design problems, noting that they can have multiple acceptable solutions. According to Schön's (1983) reflective practice approach, designers do not merely solve problems; rather, throughout the design process, they reinterpret problems, evaluate the consequences of their interventions and redefine problems themselves. If multiple valid solutions can be generated for the same design problem, the question of which criteria should be used to evaluate student performance becomes crucial. In design studios in particular, the fact that the final product, jury presentation or instructor's personal assessment plays a decisive role can make the evaluation process more subjective.

De la Harpe et al. (2009) examined 118 studio works published in the fields of architecture, art, and design. Their research revealed that it is insufficient to base an understanding of evaluation in creative disciplines solely on the final product. The study emphasises the importance of considering students' development alongside the final product in design studio evaluations (De la Harpe, 2009). On the other hand, Albukhari (2021) questions

the reliability of evaluation processes, stating that cultural paradigms and personal tastes subjectivise the evaluation of design products. The increasing expectation of quality in higher education reveals the need for educational institutions to clearly define program objectives and learning outcomes. This situation requires documentation to show that students have achieved these learning outcomes, as well as demonstrating the reliability of the relevant processes (Bachman & Bachman, 2009; Biggs & Tang, 2011). Bachman and Bachman (2009) directly relate the definition of student learning outcomes in architectural education to assessment frameworks.

These observations raise a question about architectural education: 'How can creative diversity be preserved while ensuring quality?' Standardisation plays a significant role in answering this question. Standardisation offers the potential to ensure quality through a transparent, consistent and comparable framework. However, when applied to the design product itself, standards can limit original thought, diverse design methodologies and unique final outcomes. This study is based on the idea that, in architectural education, standardisation should shift from the design outcome to the assessment process. This would enable diverse design outcomes to be evaluated based on shared learning outcomes, clear assessment criteria, defined levels of achievement and justifiable assessment processes.

1. Design, Creativity and Quality in Architectural Education

Due to the open-ended nature of design, architectural design cannot be solved using a predefined algorithmic process. The design problem can be redefined during the design process, resulting in different solutions for the same problem (Cross, 1982; Lawson, 2006). Therefore, it is insufficient to explain a student's success in architectural education based solely on the formal features of the final design. According to Schön (1983), designers engage in constant thinking, testing, evaluation and re-decision-making during the design process through 'reflection-in-action'. Therefore, rather than following a linear 'problem → solution' sequence, the design process is cyclical, with the problem and solution mutually transforming each other. This process demonstrates that students learn in the architecture studio throughout the process. Among the workshops where architectural education takes place intensively, those that demand more than they give and expect the candidate professional to process the information and come up with solutions stand out (Öymen Gür, 2000).

The transformation a student undergoes from their initial idea to the final product, along with their interpretation of the design problem and justification of their decisions, is an indicator of learning that is just as significant as the final product itself. It is crucial for students to understand the design problem, interpret the context of the solution and develop alternative solutions. This enables them to justify their decisions and devise more effective approaches to refining their design. This process also paves the way for the assessment of creativity. According to Amabile (1996), a creative product must be both novel and appropriate to the relevant problem. Similarly, Runco and Jaeger (2012) emphasise the importance of considering originality and appropriateness together when defining creativity.

In architectural education, creativity cannot be reduced to merely a formal attribute. Rather, it manifests across various dimensions, such as adopting a conceptual approach, generating alternative solutions, resolving design problems, interpreting context, establishing spatial organisation and refining design decisions. In line with the view of Doheim and Yusof (2020), who consider the teaching and assessment of creativity to be a pedagogical challenge, contemporary studio education is not just a place to impart knowledge, but also a space that teaches students how to conduct themselves throughout life, fostering a mindset and purpose oriented towards that end (Dewey, 1991; Arıdağ & Aslan, 2012). Alongside traditional lecture-based studio instruction, emphasis is placed on approaches that encompass all aspects of design knowledge. These methods aim to enhance student creativity and encourage the expression of design capabilities through means other than verbal communication (Hodgkin, 1985).

The lack of a universally accepted definition of creativity can result in different perceptions of the concept among students and faculty members. Furthermore, when assessing creativity, the level of education and the studio's learning outcomes must be taken into account. Rather than adopting the absolute stance that 'creativity cannot be measured', it is more meaningful to ask which dimensions of creativity should be assessed and in what context, in relation to which learning outcomes. The study's approach to standardisation recognises that, while it is possible to assess creativity, it is unnecessary to reduce creative design outcomes to a single form.

The assessment of creativity introduces the concept of quality as a criterion. In higher education, quality assurance is not merely linked to the delivery of specific content within educational programmes, but also to the establishment of systematic processes designed to achieve defined educational objectives and learning outcomes. Biggs and Tang (2011) identify

the alignment of teaching, learning activities and assessment as a prerequisite for high-quality learning. This approach is particularly significant in architectural education and means that architecture programmes must comprise multidimensional outcomes, such as design skills, technical and professional knowledge, critical thinking, communication and ethical responsibility, which are aligned with their educational objectives. It is not enough for these outcomes to be defined in the programme; students must demonstrate through assessments that they have achieved the targeted outcomes. As the assessment process is an ongoing activity designed to enhance the mission of each programme, discipline and department, it is dynamic and long-term in nature. Recent assessment evidence highlights the need to establish specific, measurable criteria. This approach emphasises the importance of taking a broader perspective on quality assessment in architectural education — one that goes beyond merely evaluating the design product as positive or negative (Bachman and Bachman, 2009).

The new NAAB regulations, an international accreditation system which came into effect in March 2026, also emphasise the requirement for standards to be clear, consistent and applicable across diverse contexts (naab.org). The focus is not on encouraging students to produce similar designs, but on identifying the competencies that the educational programme instils in architecture students, and on determining how students achieve these competencies. RIBA takes a more holistic approach during the validation process, allowing for different approaches and academic interpretations.

This approach demonstrates that there is no inherent conflict between standardisation and diversity. Rather than homogenising every aspect of educational programme implementation, it ensures that specific quality conditions are met. Consequently, the focus shifts from asking whether all students produce the same design to asking whether the programme can reliably and verifiably demonstrate the achievement of defined learning outcomes through diverse design solutions. This distinction also forms the basis for shifting the focus of standardisation from the design outcome itself to the assessment process.

2. The problem of assessment in architectural education

In architectural education, studio work is evaluated through a jury system. The primary criticisms of this system focus on the importance placed on grading and the emergence of power struggles among the evaluators during the jury session. Consequently, the educational function of the jury is diminished, which can compromise the student's learning experience (Musa,

2020). Furthermore, since juries are a vital educational tool that prepares students for professional practice, only evaluating the final product at the end of the term can make the effort expended and the educational process itself invisible.

The real problem is on what evidence the jury based its decision and how explainable this decision is. De la Harpe et al.'s (2009) study reveals that, in studio evaluation, the process and development of the student should also be considered, in addition to the final product. Yasar (2026) describes a gradual studio evaluation system in his study, stating that learning-related performance is represented more convincingly by a gradual, criterion-based and mutual set of evidence than by a single final decision.

The study illustrates an assessment conducted in a graduation studio and notes that the evaluation encompasses both the final product and the process based on necessary evidence (Elliott, 2020; Carlgren, 2020; Klefbeck, 2024). This approach applies the same logic to higher education in a studio setting by showing how existing context, preparatory submissions, drafts, interim submissions, final project materials and oral defence form an integrated structure of evidence (Yasar, 2026). This method enhances the validity of jury assessments by ensuring that students are evaluated not only on the final product, but also on the stages involved in creating it, taking into account evidence related to the process.

In addition to criticisms regarding the jury evaluations focusing solely on the final product, the subjectivity inherent in the assessment process is also a point of contention. Preferences based on the evaluators' individual personality traits or cultural backgrounds—rather than on the final product itself—can lead to different meanings being attributed to the work under review (Albukhari, 2021). To address this, evaluation processes based on shared understandings and clearly defined criteria can be established. This approach should not be interpreted as aiming for a uniform final product, but rather as determining the shared criteria against which the final product will be evaluated.

3. Architectural education and standardisation.

When the concept of standardisation - defined as bringing products, processes, services or systems to a specific quality level (TSL) - is applied to design education, it is often associated with uniformity and the restriction of creativity. This stems from the tendency to link standardisation primarily to the final product. In other words, this situation, which can

demotivate students with regard to their design output, is often interpreted as predetermining the design outcome. However, standardising the conditions under which designs are evaluated rather than the designs themselves can facilitate a different relationship between creative freedom and quality assurance. Having a common evaluation framework does not mean students have to produce identical design outcomes; it enables diverse design solutions to be discussed based on the same evaluation criteria. In architectural education, the purpose of standardisation is not to converge design outcomes, but to enable distinct design outcomes to be compared using shared, transparent, consistent and justifiable evaluation principles. (Table 1).

Table 1 Elements that can be standardised vs. elements that should be left open to individual interpretation

Elements that can be standardised	**Elements that should be left open to individual interpretation**
Clarity of learning outcomes	Design idea
Assessment dimensions	Conceptual approach
Definition of criteria	Formal expression
Stages of the assessment process	Design language
Feedback principles	Solution strategy
Justification of assessment decisions	Original interpretation
General definitions of performance levels	Individual design decisions.
Shared principles among assessors	Alternative design outcomes

This study proposes the conceptual approach of 'process-oriented standardisation' to demonstrate that, in architectural education, standardisation applies to the structural components of the assessment system rather than to the design product itself. This approach distinguishes three fundamental levels: The first level comprises the programme's learning outcomes, which define the knowledge, skills and competencies that students are expected to acquire. The second level comprises the assessment principles that determine the performance indicators used to evaluate attainment of these outcomes. The third level comprises the design

solution, where the form and method by which students achieve these outcomes are open-ended. The relationship between these three levels is shown below (Fig. 1).

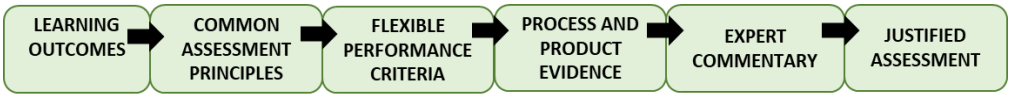


Fig.1- The relationship between three levels (created by the authors)

This structure differs from the traditional 'standard → product → comparison → grade' approach.

This approach highlights the importance of understanding the limits of standardisation. Rather than standardising students' design decisions, formal languages or conceptual approaches, what the assessment considers and how it is justified should be standardised. For example, 'design originality' could be an assessment dimension. However, if originality is associated solely with a specific formal aesthetic, standardisation becomes a matter of the design outcome itself. Similarly, 'context sensitivity' could be a criterion, but defining it exclusively through a specific architectural language would limit students' diverse interpretations (Table 2).

Table 2. Standardisation of the design outcome and the assessment process

Dimension	**Outcome-oriented standardisation**	**Process-oriented standardisation**
Learning outcome	Risk of driving towards uniformity	Shared learning objectives
Design product	Tendency to produce similar results	Allowance for diverse results
Assessment	Weighted towards the final product	Process + product + reflection
Criteria	Formal norms	Performance dimensions
Creativity	May be constrained	Preserved within diverse solutions
Jury	Primary source of the final decision	Stage where the chain of evidence is interpreted
Quality	Adherence to norms	Realisation of learning outcomes
Standardisation	Convergence of results	Shared assessment principles
Student diversity	May be viewed as a deviation	May indicate diversity in learning

Shifting the focus of standardisation to the evaluation process makes it clear that process-oriented standardisation can be implemented based on four fundamental components:

1. Defining shared learning outcomes: In the initial stage, the learning outcomes of the programme must be clearly defined. These may include aspects such as defining the design problem, analysing the context, developing alternative design solutions, justifying design decisions, integrating technical and environmental requirements, expressing the design using different representation tools and incorporating critical feedback into the design process. This approach strengthens the relationship between architectural education and quality assurance (Bachman & Bachman, 2009).

2. Harmonising evaluation criteria: In the second stage, common evaluation criteria can be established that do not require all designs to be identical. The purpose of these criteria is not to define 'good architecture', but to highlight the dimensions considered by the evaluator (Table3).

Table 3: Harmonising evaluation criteria

Evaluation Dimension	**Problem Definition**
Key question	Has the student correctly defined the design problem?
Context	Does the design respond to contextual data?
Conceptual coherence	Do the design decisions form a coherent system of thought?
Creativity	Has an alternative and original approach been developed?
Justification	Can the design decisions be defended?
Technical integrity	Has the design been linked to technical requirements?
Representation	Has the design concept been expressed using the appropriate tools?
Process	Has the design been developed in response to feedback?

3. Diversification of evidence: In the third stage, the assessment should not be based solely on the final product. The processes leading up to the final product can also be included in the assessment. This can include work such as student research, self-assessments, sketches and two- and three-dimensional models, which can be evaluated alongside the final product. Yasar's (2026) staged evidence approach is significant in this regard. Research indicates that evidence

produced at various stages enables design performance to be interpreted in a more traceable and defensible manner.

4. Justification of the assessment decision: At this stage, the assessor must explain the evidence that underpins the score or decision awarded. While this does not make the assessment entirely objective, it does enhance the justifiability and traceability of the decision. The goal of process-oriented standardisation is therefore not to absolutise the concept of 'objectivity', but rather to make the assessment process more transparent, consistent, explicable and auditable.

When examining the relationship between standardisation, creativity, and quality, this study does not treat standardisation and creativity as opposites. The issue lies not in the existence of a standard, but in what that standard actually standardises. For example, if a standard is defined as 'The student's design must possess specific formal characteristics', creativity may indeed be constrained. However, if the standard is defined as 'The student must be able to justify design decisions based on context, user, programme and technical requirements', a variety of design solutions remains possible. Therefore, quality should be defined not by the similarity of the design product, but by the ability to achieve established learning outcomes through diverse solutions. This approach also necessitates reconsidering the relationship between 'appropriateness' and 'originality' in creative education (Amabile, 1996; Runco & Jaeger, 2012).

Just because a design is creative does not mean it is exempt from all criteria. In fact, creative design involves making meaningful distinctions within the framework of a specific problem, context and purpose. Therefore, the evaluation system should assess the relationship between the design and the design problem rather than penalising the design itself. In this regard, quality can be understood as being more than just a dichotomy between 'adherence to standards' and 'innovation'.

Quality can be assessed by evaluating various dimensions, such as: appropriateness, justification, contextual responsiveness, technical/functional competence, originality, critical thinking and process-based development.

Discussion

The tension between quality assurance and creativity in architectural education often stems from the direct application of standardisation to the design product itself. A review of the

relevant literature suggests that diversifying assessment evidence, clearly defining learning outcomes and making assessment criteria more explicit can enhance the transparency and reliability of this process (Bachman & Bachman, 2009; Brookhart, 2013; de la Harpe et al., 2009). Current literature also emphasises the need to establish a more balanced relationship between the final product and the design process in architectural education. Advocating the combined use of structured and dialogic assessment methods, Eweda and Badawy (2026) emphasise the importance of balancing learning value and originality when evaluating creative, open-ended work. Consequently, no single approach can be considered the sole indicator of quality. This point is also significant in the context of jury evaluations, as it addresses the blurring of the boundary between learning and assessment that is often observed in juries that focus exclusively on the final product (Musa, 2020). In assessment processes that prioritise work undertaken throughout the design journey rather than just the outcome, the jury's role is redefined through process-based assessment, thereby establishing a shared understanding of evaluation (Koçyıldırım & Tonuk, 2026).

When considered together, architecture and standardisation imply that diverse design outcomes born of original thought can be evaluated using clear and justifiable criteria. This definition also changes the meaning of quality assurance. Rather than referring to an accepted aesthetic sensibility or form, quality assurance means that, when designing based on original ideas, a student simultaneously achieves established learning outcomes.

The NAAB, an international accreditation system, emphasises in its current accreditation approach that standards should be clear and applicable across diverse contexts. Similarly, RIBA supports various academic approaches and interpretations by grounding student work in specific educational requirements, thereby fostering creativity and quality assurance.

Conclusion

Preserving the open-ended, creative and contextual qualities of architectural design is essential. As accreditation systems become more prevalent in architectural education, the quality of programmes is expected to be defined by transparent learning outcomes and assessment processes.

This study suggests that contentious issues in architectural education could be resolved by reconsidering the scope of standardisation. It suggests shifting the focus of standardisation from the final product to the evaluation process. Rather than standardising students' personal design approaches and conceptual inferences, the evaluation would focus on evidence of design evolution gathered throughout the process, feedback mechanisms and the realisation of learning outcomes, all of which would be assessed against established common principles.

Thus, the effort to achieve a certain level of quality through standardisation ceases to hinder creativity in design. Standardisation transforms from a system that steers students towards similar final products into a quality assurance tool that enables the justifiable evaluation of diverse design solutions. Consequently, architectural education is redefined, shifting the focus from conformity to a specific design outcome to designs that meet defined learning outcomes through a variety of final products (Fig. 2).

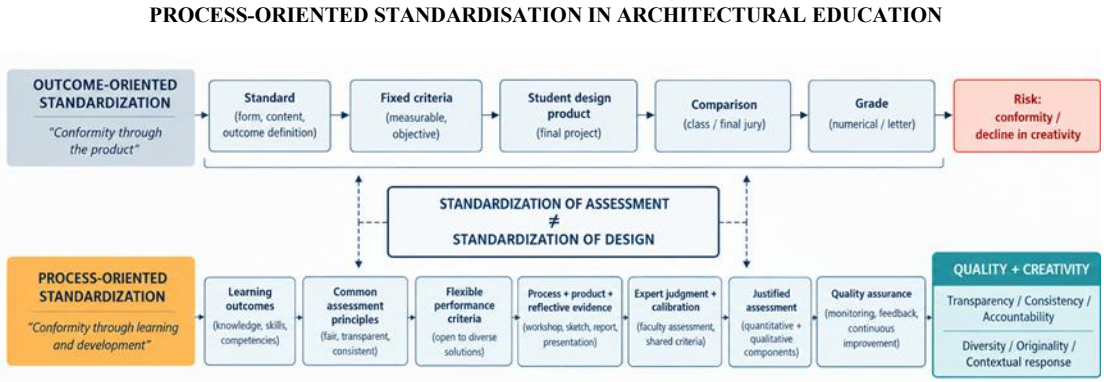


Fig.2- Process-oriented standardisation in architectural education
(created by the authors)

Rather than focusing on the final product itself, the concept of standardising creativity in architectural education should incorporate the design process into standardisation and establish standards for evaluating creative and diverse design products without compromising transparency or equity. This approach transforms the standard from an obstacle to design into an educational mechanism that reliably assesses creativity and the diversity of final products.

REFERENCES

Albukhari, I. N. (2021). Assessment of architectural design studio: A review. *American Journal of Civil Engineering and Architecture, 9*(3), 88–94. https://doi.org/10.12691/ajcea-9-3-2

Amabile, T. M. (1996). *Creativity in context*. Westview Press.

Arıdağ, L., ve Aslan, A. E., (2012) Tasarım Çalışmları-1 Stüdyosunda Uygulanan Yaratıcı Drama Etkinliklerinin Mimarlık Öğrencilerinin Yaratıcı Düşünce Becerilerinin Gelişimine Etkisi, Megaron, 7, 1, s.49-66.

Bachman, L. R., & Bachman, C. (2009). Designing student learning outcomes in undergraduate architecture education: Frameworks for assessment. *Enquiry: The ARCC Journal for Architectural Research, 6*(1). https://doi.org/10.17831/enq:arcc.v6i1.7

Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Teaching for quality learning at university* (4th ed.). Open University Press.

Boud, D., & Falchikov, N. (2007). *Rethinking assessment in higher education: Learning for the longer term*. Routledge.

Brookhart, S. M. (2013). *How to create and use rubrics for formative assessment and grading*. ASCD.

CarlgrenI. M. (2020). The knowledge machinery and claims in learning study as paedeutical research. Int. J. Lesson Learn. Stud.9 (1), 18–30. 10.1108/IJLLS-02-2019-0010

Cross, N. (1982). Designerly ways of knowing. *Design Studies, 3*(4), 221–227.

Cross, N. (2001). Designerly ways of knowing: Design discipline versus design science. *Design Issues, 17*(3), 49–55.

de la Harpe, B., Peterson, J. F., Frankham, N., Zehner, R., Neale, D., Musgrave, E., & McDermott, R. (2009). Assessment focus in studio: What is most prominent in architecture, art and design? *International Journal of Art & Design Education, 28*(1), 37–51. https://doi.org/10.1111/j.1476-8070.2009.01591.x

De La Harpe, B., Peterson, J.F., Frankham, N., Zehner, R., Neale, D., Musgrave, E. and McDermott, R. (2009), Assessment Focus in Studio: What is Most Prominent in Architecture, Art and Design?. International Journal of Art & Design Education, 28: 37-51. https://doi.org/10.1111/j.1476-8070.2009.01591.x

Dewey, J. (1991) How we think. New York: Prometheus Books.

Doheim, R. M., & Yusof, N. (2020). Creativity in architecture design studio: Assessing students' and instructors' perception. *Journal of Cleaner Production, 249*, 119418. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119418

ElliottJ. (2020). Quality criteria for lesson and learning studies as forms of action research. Int. J. Lesson Learn. Stud.9 (1), 11–17. 10.1108/IJLLS-02-2019-0018

Eweda, N. M., & Badawy, A. (2026). Reviewing assessment methods in architectural design courses: Towards approaches for pedagogical enhancement. *Journal of Engineering and Applied Science, 73*, 322. https://doi.org/10.1186/s44147-026-01166-5

Hodgkin, R., A., (1985) Playing and Exploring: Education Through the Discovery of Order, Methuen, London, p. 146.

KlefbeckK. (2024). Implementing assessment protocols in compulsory school for students with intellectual disabilities: challenges and opportunities for teachers educating students with intellectual disabilities. Int. J. Lesson Learn. Stud.13 (5), 76–91. 10.1108/IJLLS-04-2024-0075

Lawson, B. (2006). *How designers think: The design process demystified* (4th ed.). Architectural Press.

Musa, M. (2020). Assessment, learning and power in the architectural design studio jury: A case from the United Arab Emirates. *Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research, 14*(3), 489–502. https://doi.org/10.1108/ARCH-01-2020-0009

Öymen Gür, Ş., (2000) 'Mimarlıkta Temel Eğitim Dersi Uygulaması', Mimarlık Dergisi, sayı 293, Ankara: Mimarlar Odası, pp. 25-34.

Özgen Koçyıldırım, D., & Tonuk, D. (2026). Developing a rubric to assess student works in foundation design course. *METU Journal of the Faculty of Architecture, 43*(1), 277–300. https://doi.org/10.4305/metu.jfa.2026.1.10

Runco, M. A., & Jaeger, G. J. (2012). The standard definition of creativity. *Creativity Research Journal, 24*(1), 92–96.

Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Basic Books.

Yasar, D. D. (2026). Reframing studio assessment: A staged evidence approach in interior architecture education. *Frontiers in Education, 11*, 1842248. https://doi.org/10.3389/feduc.2026.1842248

National Architectural Accrediting Board. (2026). *2020 Conditions for Accreditation: March 2026 revisions*. NAAB.

Royal Institute of British Architects. (2026). *RIBA procedures for validation*. RIBA.

Dr. Gildis Tachir, Assoc. Prof.

ORCID ID: 0000-0003-4863-4339

Web of Science Researcher ID: AGP-4318-2022

Trakya University of Edirne,

Türkiye

E-mail: gildistahir@trakya.edu.tr

Dr. Bilge Ataç Özsoy, Lecturer

ORCID ID: 0000-0001-7259-4387

Web of Science Researcher ID: OKR-8156-2025

Trakya University, Edirne,

Türkiye

E-mail: bilgeatac@trakya.edu.tr

A STUDY ON THE ANALYSIS OF DIGITAL SURVEY ACTIVITIES OF TRADITIONAL JAPANESE WOODEN ARCHITECTURE

Keimi Harada, PhD, Architect

International Academy of Architecture

Taku Ueno

T&I Co.Ltd., Master Carpenter

Sotaro Yoshikawa

T&I Co.Ltd., Master Carpenter

Abstract. The importance of creating architectural drawings based on digital surveying is growing increasingly significant for the preservation of historic structures. Over the three-year period from 2023 to 2026, 68 buildings were surveyed using digital technology, of which 19 were traditional wooden structures (temples and shrines). Disaster preparedness was the primary reason for commissioning these surveys. A consistent correlation was observed between height and the number of man-days required. It should be noted that even among buildings with a small floor area, some require a large number of man-days due to factors such as height and the complexity of their internal structures. Furthermore, for tall buildings, drone-based surveying can reduce the number of man-days required. The data obtained from this survey and analysis serves as a useful reference for building surveys using digital technology in other regions.

Keywords: Digital Survey, Reasons for commissioning, Relationship between volume, height and man-days

Research Objectives & Research Method

The survey, conducted by a team of Master Carpenters beginning in 2023, covered a total of 68 structures, including traditional wooden architecture, through March 2026. From this

sample, the study focuses on 19 traditional wooden structures (primarily shrines and temples) to analyze their actual conditions. The objectives are to analyze post three years of survey results and to utilize further survey activities.

Focusing on the buildings surveyed by the Master Carpenter Team, this study organizes data on the year of construction, cultural property designation status and building scale (width, depth, height, building area and volume). It also analyzes the reasons for commissioning the surveys and the number of man-days spent on each survey.

1. Survey Subjects

A total of 19 traditional wooden structures (shrines and temples) were surveyed, 8 in 2023, 5 in 2024, and 6 in 2025.

The construction years of the surveyed buildings are as follows, 5 from the 1900s, 7 from the 1800s, 3 from the 1700s, 2 from the 1600s, and 2 from the 1200s.

Regarding cultural property designations, there are 2 National Treasures (The Main Hall and The Three-Storied Pagoda of Myōtsū-ji Temple), 15 Important Cultural Properties, and 2 with no designation. The National Treasure buildings were constructed in the 1200s.

In terms of floor area, the largest is the Main Hall at Eiheiji Temple at 750.3 m^2, while the smallest are N Shrine at 9.76 m^2, the Worship Space at Ōtaki Shrine at 14.7 m^2, the Main Hall at Ōtaki Shrine at 15.4 m^2, the Three-Storied Pagoda at Myōtsū-ji Temple at 17.4 m^2, and the Gate for Imperial Messenger at Eiheiji Temple at 19.4 m^2. The average of 19 cases is 260.7 m^2.

In terms of volume, the largest is Gōshō-ji Temple at 21,811.7 m^3, the smallest is N Shrine at 73.8 m^3, followed by the Main Hall of Ōtaki Shrine at 160.3 m^3 and the Worship Space of Ōtaki Shrine at 106.9 m^3. The average of 19 cases is 4,954.8 m^3.

In terms of height, the tallest is Gōshō-ji Temple at 24.0 m lowed by the Three-Storied Pagoda at Myōtsū-ji Temple at 22.1 m, the shortest is the Worship Space at Ōtaki Shrine at 7.2 m, and the average of 19 cases is 15.9 m. (Table 1. Summary of Survey Subjects)

2. Reasons for Commissioning

Of the 19 cases surveyed, 14 were for “disaster preparedness” (earthquakes, fires, lightning strikes, etc.), 7 were “in preparation for repairs,” 5 were for “drawing preparation,” and 2 were due to “deterioration.”

By era, there were 5 cases from the 1900s, 7 from the 1800s, 3 from the 1700s, 2 from the 1600s, and 2 from the 1200s. Both buildings from the 1200s are National Treasures and had previously undergone thorough surveys. The largest numbers were buildings from the 1800s (7 cases) and the 1900s (5 cases). (Table2. Year of construction and reasons for commissioning of surveyed buildings.)

3. Man-Days and Labor Input for On-Site Surveys

3-1 Analysis of the Relationship Between Volume and Man-Days

Relationship between volume and man-days is analyzed. The distribution is shown in Fig. 1, and the relationship can be expressed by the linear regression equation

$y = 0.00036x + 11.17.$

No clear similarities can be identified. Looking at buildings with small floor area values, N Shrine has a floor area of 73.8 m^3 and required 5 man-days for the on-site survey, the Main Hall of Ōtaki Shrine has a floor area of 160.9 m^3 and the worship Space has 106.3 m^3, each requiring 8 man-days, and the Three-Storied Pagoda at Myōtsū-ji has a floor area of 384.7 m^3 and required 12 man-days.

Table 1. Summary of Survey Subjects

Research Year		Temple Shrine Name	Location	Year Of Construction	Cultural Property Designation Status	Building Scale					Reasons For Commissioning The Surveys				Man-Days		
						Width m	Depth m	Height m	Area m²	Volume m³	1 Disaster Preparedness	2 Drawing Preparation	3 Measures for Deterioration	4 In Preparation For Repairs	1 Measurement on site	2 Editing	3 Making Drawings
2023	1	Eiheiji Temple Buddha Hall	Fukui	1902	2	18.4	17.2	18	316.5	5,696.6	●				13	7	N/A
	2	Eiheiji Temple Main Hall	Fukui	1842	2	32.2	23.3	20.6	750.3	15,455.4	●				15	7	N/A
	3	Eiheiji Temple Main Gate	Fukui	1747	2	16.6	9.1	19.6	151.1	2,960.8	●	●	●	●	18	15	N/A
	4	Eiheiji Temple Monastery	Fukui	1901	2	26.6	21.1	14.1	561.3	7,913.8	●				12	8	N/A
	5	Eiheiji Temple kichen ・Temple Office	Fukui	1929	2	41.6	13.4	19.1	557.4	10,647.1	●	●	●	●	18	14	N/A
	6	Eiheiji Temple Meeting Room	Fukui	1929	2	23.6	19	15.8	448.4	7,084.7	●				13	6	N/A
	7	Eiheiji Temple Mausoleum Of Zen Master Dogen	Fukui	1891	2	12	11.6	12	139.2	1,670.4	●				13	7	N/A
	8	Eiheiji Gate for Imperial Messenger	Fukui	1844	2	5.1	3.8	9.6	19.4	1,860.1	●				8	4	Total 100
2024	9	Gōshō-ji Temple Bell Tower	Fukui	1811	2	5.5	5.5	15	30.25	453.8	●				8	4	N/A
	10	Myōtsū-ji Temple 3 Storied Pagoda	Fukui	1270	1	4.2	4.2	22.1	17.4	384.7	●				12	8	N/A
	11	N Shrine Main Hall	Ibaraki	1695	3	1.8	5.6	7.6	9.8	73.8				●	5	3	N/A
	12	Myōtsū-ji Temple Main Hall	Fukui	1258	1	14.7	14.7	13.3	216.8	2,886.0	●				12	8	N/A
	13	Zōjō-ji Temple Gate	Tokyo	1611	2	21.1	9.7	21.3	204.6	4,357.2				●	25	20	20
2025	14	Gōshō-ji Temple Main Hall	Hukui	1884	3	29.7	30.6	24.0	908.8	21,811.7	●				16	12	N/A
	15	Saitokuji Temple Main Hall	Tokyo	1930	2	16.5	18	18.2	297.0	5,405.4		●		●	15	9	40
	16	Zenko-ji Temple Main Gate	Nagano	1750	2	20.4	8	20.5	163.2	3,345.6	●				15	12	4
	17	Zenko-ji Temple Sutora Strage	Nagano	1759	2	11.5	11.5	14.2	131.9	1,866.5	●				12	8	3
	18	Ōtaki Shrine Main Hall	Fukui	1840	2	3.6	4.2	10.5	15.4	160.9		●		●	8	N/A	total 125
	19	Ōtaki Shrine Worship Space	Fukui	1840	2	3.8	3.8	7.2	14.7	106.3		●		●	8	N/A	
					Ave rage	16.3	12.3	15.9	260.7	4,954.8	14	5	2	7			

※1 National Treasure, 2 Important Cultural Treasure, 3 None

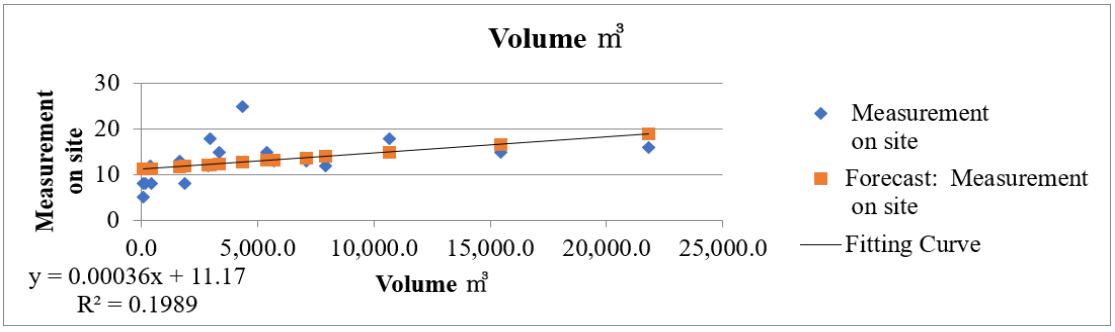


Fig.1 – Relationship between Volume and Man-Days

Table 2. Year of Construction and Reasons for Commissioning of Surveyed Buildings

Research Year	Number of Cases	Reasons			
		1	2	3	4
1900～	5	4	2	1	2
1800～	7	5	2	0	2
1700～	3	3	1	1	1
1600～	2	0	0	0	2
1200～	2	2	0	0	0
Total	19	14	5	2	7

Legend
Reason 1 Disaster Preparedness
Reason 2 Drawing Preparation
Reason 3 Measures for Deterioration
Reason 4 In Preparation For Repairs

Among buildings with large volumes, Gōshō-ji Temple has a volume of 21,811.7 m³ and a labor input of 16 man-days based on the on-site survey. The Main Hall at Eiheiji has a volume of 15,455.4 m³ and a labor input of 15 man-days based on the on-site survey.(Fig. 2)

Even among buildings with smaller volumes, some require a larger number of man-days compared to other buildings with larger volumes. This is thought to be influenced by factors such as the building's height, the complexity of its internal structure, and the extent of its ornamentation.

Myōtsū-ji Temple's Three-Storied Pagoda has a small volume but stands 22.1 m tall. At Ōtaki Shrine, both the Main Hall and the worship Space feature complex roof shapes, and intricate carvings cover the entire surface of the building walls.(Fig. 3)



Fig. 2 – Eiheiji Temple, Main Hall, Source : Eiheiji Temple



Fig. 3 – Ōtaki Shrine, Main Hall
Source : Echizenshi Travel And Tourism Association (https://www.echizen-tourism.jp/travel_echizen/visit_detail/36)

3-2 Analysis of the Relationship Between Height and Man-Days

Relationship between height and man-days analyzed, as shown in the distribution in Fig. 4, this relationship can be expressed by the linear regression equation y = 0.71x + 1.71.

Examples of low-height buildings include the worship Space at Ōtaki Shrine (7.2 m), which required 8 man-days according to the field survey, the Gate for Imperial Messenger of Eiheiji Temple (9.6 m), which required 8 man-days, and the Main Hall at Ōtaki Shrine (10.5 m), which required 8 man-days.

Taller buildings include the Main Hall at Eiheiji Temple (20.6 m, 15 man-days), Gōshō-ji Temple (24 m, 16 man-days), The Three-Storied Pagoda at Myōtsū-ji Temple (22.1 m, 12 man-days), the Main Gate at Zōjō-ji Temple (21.3 m, 25 man-days), and the Main Gate at Zenko-ji Temple (20.5 m, 15 man-days).

In the past, surveying tall buildings required erecting scaffolding and involved a large number of man-days however, since surveys can now be conducted using drones, this saves time and reduces the number of man-days required.

Even for lower structures, such as the Main Hall and Worship Space at Ōtaki Shrine, the number of man-days required is high because the roof shape is complex or the ornamentation is intricate. Although the Myōtsū-ji Temple Three-Storied Pagoda is tall at 22.1 m, its structure consists of repeated identical stories, resulting in fewer man-days compared to other tall structures.

(Fig. 5)

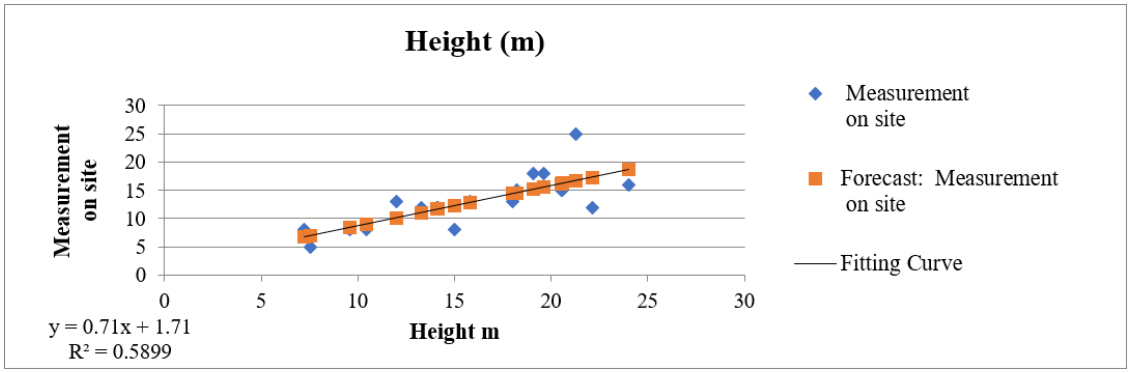


Fig. 4 – Relationship Between Height and Number of Man-Days



Fig. 5 – Myōtsū-ji Temple the Three-Storied Pagoda & Survey Progress, Source :T&I Co.Ltd.

4. Conclusion

Over the past three years, architectural surveying using DX has been conducted. The results of analysis of 19 traditional wooden structures (temples and shrines) selected from this group are as follows.

Most of the structures surveyed were built in the 1800s and 1900s. In terms of cultural property designations, there are 2 National Treasures (both from the 1200s) and 15 Important Cultural Properties. The average of 19 cases of area is 232.6 m², the average of 19 cases of volume is 4,954.8 m³, and the average of 19 cases of height is 15.9 m.

The reasons for commissioning the surveys were disaster preparedness (earthquakes, fires, lightning strikes, etc.) in 14 cases, preparation for repairs in 7 cases, creation of architectural drawings in 5 cases, and deterioration in 2 cases.

The relationship between volume and man-days is represented by the linear regression equation $y = 0.00036x + 11.17$.

However, even for buildings with small volumes, factors such as height and the complexity of the internal structure can result in some projects requiring a high number of man-days.

The relationship between height and man-days is represented by the linear regression equation $y = 0.71x + 1.71$.

As height increases, the number of man-days increases. On the other hand, although the Three-Storied Pagoda of Myōtsū-ji Temple is tall at 22.1 m, its structure consists of repeated layers, and since it can be surveyed using drones, the number of man-days can be reduced, consequently, it requires fewer man-days compared to other tall buildings.

The data presented above will serve as a useful reference for future building surveys conducted via digital transformation in other regions.

REFERENCES

Reports of each surveyed buildings 2023～2026, T&I Co.Ltd.

Keimi Harada, PhD, Architect
International Academy of Architecture
E-mail: keimi @sec-architects.com
Taku Ueno
T&I Co.Ltd., Master Carpenter
E-mail: info@tandi3d.com
Sotaro Yoshikawa
T&I Co.Ltd., Master Carpenter
E-mail:sotaro@yoshisho.com

A STUDY ON THE BACKGROUND OF THE MUTATION OF MIES VAN DER ROHE'S DESIGN FOR THE GERMAN PAVILION 1929 IN BARCELONA: THE INFLUENCE OF TRADITIONAL JAPANESE OPEN-PLAN ARCHITECTURE

Keimi Harada, PhD, Architect

International Academy of Architecture

Abstract. Mies van der Rohe is regarded as one of the world's three master architects, his architectural designs are characterized by steel-and-glass structures and open plans. The origins of this style can be traced to his design of the German Pavilion for the 1929 World's Fair in Barcelona. Since Mies had previously designed closed, stone-and-concrete buildings, the Barcelona Pavilion represented a radical departure in his design philosophy. In his 1960 book on Mies, architectural critic Peter Blake cited two key influences, (1) Dutch art movement De Stijl and (2) Robie House designed by Frank Lloyd Wright. As a third influence, the impact of traditional Japanese open-plan wooden residential architecture should be included.

Keywords: Mies Barcelona Pavilion, Influence of Japanese traditional open-plan residence, Peter Blake, Gropius, Robie House by Wright, De Stijl

Research Objectives & Research Method

Mies, one of the three master architects of the 20th century, was the son of a stonemason. Initially, he designed simple, traditional houses featuring stone, brick, and thick concrete walls with small openings. However, for the German Pavilion at the 1929 World Exhibition in Barcelona, he designed a transparent, open structure composed of slender steel and glass. It is an open and universal space. This is thought to be influenced by traditional Japanese wooden open plan architecture. This paper examines the background of sudden shift in Mies's design.

There is no direct explanation from Mies himself. Mies did not speak much about his own design philosophy. (Sano 2013) Therefore, this paper is based primarily on a compiled edition of the diary of Japanese architect Kenji Imai, who visited Germany in 1926 to meet with Gropius, as well as on books about Mies.

1. Mies's Background and Design Activities from the 1910s to the 1920s

Mies van der Rohe was born in Aachen, Germany in 1886 and learned as a draftsman at a local vocational school before joining the office of Bruno Paul in 1906. He designed the house for Dr. Riehl in 1907. Recognized for this work, he joined the office of Peter Behrens [1] as a draftsman in 1910. At that time, Walter Gropius [2] was the chief architect at the Behrens office. While at the Behrens office, Mies was responsible for designing Hugo Perls House in 1911, and Kroeller House in 1912. (Fig. 1) It is a Schinkel-style design[3]. In 1913, Mies opened his own practice.

Later, in 1923, he presented the Brick Villa Project. Although it is a substantial brick structure, its floor plan contains the seeds that would lead to the design of the Barcelona Pavilion. Three brick walls divide the site into large sections, within which several living spaces are arranged, there are no corridors connecting the rooms. (Fig.2) In 1924, Mies stated, "I consider the industrialization of building methods the key problem of the day." At the time, the use of brick could be said to be a symbol of the era. (Blake p.38)

It is believed that Mies was influenced by the Robie House, designed by Wright, in 1910, which was featured in the Wright exhibition held in Germany in 1910."Mies had seen Wright exhibition that came to Berlin in 1910 The building is planned exactly like a typical Wrightian country house." (Blake p.34)

In 1927, he participated in a housing exhibition held in Stuttgart, organized by the Werkbund (German Work Federation), and constructed an experimental housing complex alongside Behrens, Gropius, Le Corbusier, Taut, and others. (Fig.3) This project was highly acclaimed, leading to a commission from the German government to design a pavilion. Steel-framed, finished in stucco. With long bands of glass and prefabricated partitions and storage walls, Mies succeeded in creating one of the best housing units built in Europe in the 1920s.

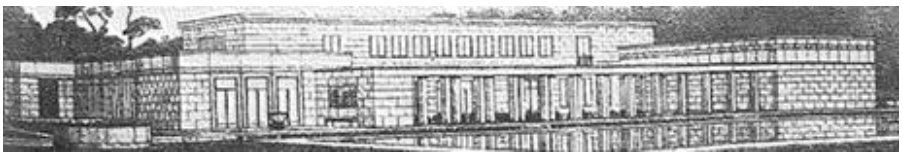


Fig. 1 – Kroeller House, Source : Blake 1 p.21

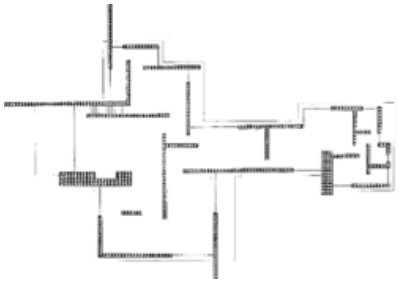


Fig. 2 – Brick Villa, Source : Werner Cover Page



Fig. 3 – Weissenhof apartments, Source : Blake.p45

2. The Design of the Barcelona Pavilion

In 1929, he designed the Barcelona Pavilion, which was constructed of steel and glass and was acclaimed for realizing a Modernist spatial concept. Compared to conventional designs, the Barcelona Pavilion could be described as a "mutation." The building itself consisted of a sweeping, horizontal roof plane supported by eight chromium-plated steel columns, cross-shaped in section. Below this roof, there was a rectangular composition of glass and marble walls that formed a series of beautiful spaces, all open to one another and open to various outdoor areas beyond the glass. In their asymmetrical, rectilinear composition, the walls of the Barcelona Pavilion resembled a De Stijl[4] painting in plan view(Fig. 4) (Fig. 5). In three dimensions, the building possessed some of the sweeping quality of Wright's Robie House[5]. (Fig. 7)" (Blake p.52)

On the other hand, Kiyonori Kikutake, a leading Japanese architect, wrote: "Japanese architects who visited Germany in the 1920s showed Mies photographs of Japan's open wooden architecture. Barcelona, the stone patterns on the columns and rear wall of the Pavilion bear a resemblance to the pine patterns painted behind the tokonoma in Japanese homes. However, since it lacks a sense of daily life, it is interesting to view the Pavilion as an object of art rather than a proposal for a residence. Japanese homes have diverse functions, with the same room serving as a dining room, a bedroom, and so on." (Kikutake 1,1991, p.,75)

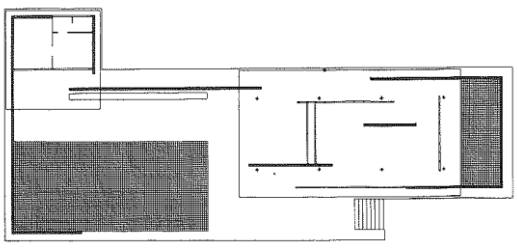


Fig. 4 – Barcelona Pavilion, Source : Blake 1 p.52

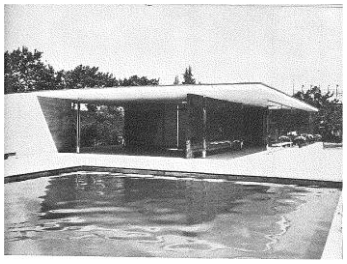


Fig. 5 – Barcelona Pavilion, Source : Blake 1 p.53



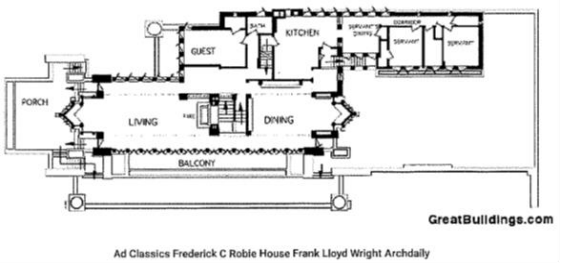


Fig. 6 – DeStijl,Theovan Doesburg Composit : on 1917 Fig. 7–Robie House, Source : Plansmange

3. Kenji Imai's Diary of His 1926 Visit to Germany

3-1 Impressions of Germany

"On July 15, 1926, commissioned by my university, I departed Tokyo on a journey to study modern architecture across Europe and America. As I was a young man of 30, my heart leapt with joy at the prospect of this journey. This was a period of innovation in modern architecture, and the triumph of functionalism was being celebrated."(Imai 1,1995, p.120) "There were three leading forces: 1) the German Werkbund (Der Deutsche Werkbund) in the field of manufacturing industry; 2) the Bauhaus as an institution for art education and research; and 3) the movement centered on the magazine "Das Neue Frankfurt". The achievements of the German Werkbund lie in making the public aware of the value of new materials such as iron and glass, and in pioneering a new world of form by combining industrial production with artistic creation. One of the league's key figures is Gropius.(Imai 1,1995, p.262) Since our student days, we had been exposed through magazines to German and Austrian architecture, which at the time was the most active in Europe. (Imai 2,1994, p.226)

3-2 Visit to Mr. Gropius, Dessau

"A young woman greeted me as I stood at the reception desk with my letter of introduction. Gropius was in his prime, in his forties, but his appearance made me think he might be older. In a newly renovated room, he plopped down into a large, linear chair upholstered with yellow cushions. In front of him stood a large table made at the Bauhaus, showcasing the beauty of modern functional design. My first impression was that he was a person with a sharp gaze who seemed difficult to approach. From the color scheme of the ceiling to the design of the floor covering and the arrangement of the tubular lamps running along the ceiling, everything was a manifestation of the Bauhaus spirit. Within this single room, one could sense the dynamism of the leader of modern architecture in Germany as he sought to usher in a

new era. ” Gropius signed and presented me with two books, “Offset-Buch-und Webekunst” and ” Buecher1”, as a memento of my visit.”

“Furthermore, he stepped away from his chair and from among the many business cards in a small box, showed me two cards of Japanese architects. These were from members of the Secession group who had previously traveled abroad. I expressed my gratitude for Gropius’s thoughtful gesture, which was clearly intended to please me as a Japanese visitor. At the same time, the fact that up-and-coming Japanese architects were so firmly etched in the mind of such a renowned western architect filled me with a strong sense of pride regarding the future of modern architecture in Japan. ” These two are believed to be Kikuji Ishimoto[6] who visited Europe in 1922 and Sutemi Horiguchi[7] who studied in Europe in 1923, and formed the Secession Group in Japan in 1920. Inferred from their biographies.

3–3 Warm Welcome at Gropius’s Home

“Gropius’s house was the one on the far left of a row of four houses belonging to Bauhaus professors. Mr. and Mrs. Gropius invited Meier and me inside and asked for our impressions of the Bauhaus. Needless to say, his study immediately confirmed that he was a practitioner of modern architecture. Guided by his wife, she gave us a thorough tour of the kitchen, bedroom, bathroom, the guest room upstairs, and the master bedroom. His wife said, “Why don’t you stay the night instead of returning to Berlin tonight? We have a room for you,” beautifully demonstrating her kindness and charm. As evening fell and it grew dim, she even prepared dinner for us. Mr. Gropius managed to catch the 9:07 p.m. train departing from Dessau. The gratitude I felt as Mr. and Mrs. Gropius saw me off to the door has become something I will never forget. On the way to Dessau Station, I couldn’t help but reflect on the kindness Gropius had shown me throughout the day. I kept recalling the joy of today’s visit as I rode the train back to Berlin. I arrived back in Berlin at 11:24.” (Imai 3,1993, p.213)

3-4 Introduction of Japanese Architecture to Gropius & From Gropius to Mies

No specific details can be found in the diary. However, it is believed that Ishimoto, a young Japanese architect who was 28 years old in 1922, and Horiguchi, who was also 28 in 1923, showed or provided Gropius with photographs and drawings of traditional Japanese residential architecture (the open-plan Sukiya-style, composed of wooden columns and beams) during their visits to him. Similarly, it is believed that Imai also showed Gropius representative images of Japanese architecture and provided him with some of them. It is believed that Mies

had various interactions with Gropius during this period, and it is possible that he was shown photographs and drawings of Japanese architecture on those occasions.

Some examples of Japanese wooden traditional residential architecture are shown below. 1. Kodaiji Temple, (Fig. 8), 2. Kennin-ji Temple, rock, tokonoma, (Fig. 9), 3. Daigo-ji Temple, tea room. (Fig. 10)



Fig. 8 – Kodaiji Temple, Source : Harada



Fig. 9 – Kenninji Temple,Tokonoma, Source : Harada



Fig. 10 – Daigoji Temple Tea House & Pond, Source : Harada

According to Kikutake, "Mies learned openness from Japanese residential architecture." During a visit to the U.S., Kikutake met with a staff member from Mies's office who was still alive at the time, and the staff member testified that "Mies was indeed influenced by Japanese residential architecture." (Kikutake 2,2000,P.200)

It is believed that he designed the Barcelona Pavilion based on the floor plan of the 1923 Brick Villa, while also drawing influence from traditional Japanese architecture.

3 Conclusion

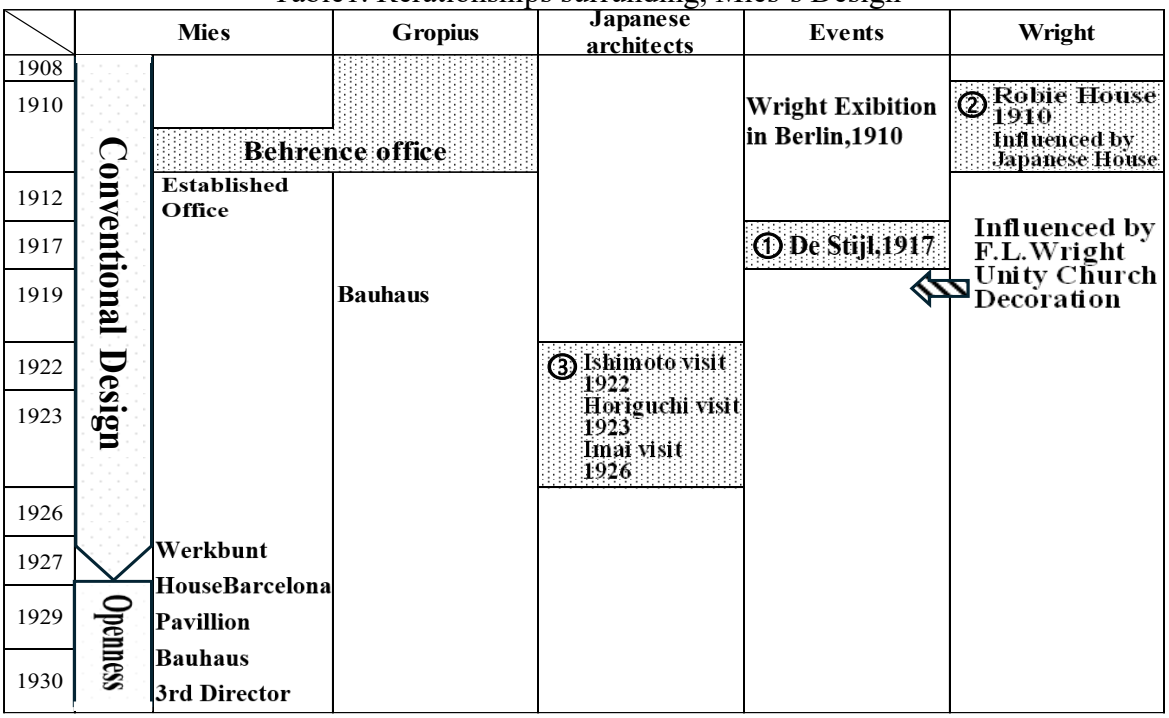
Mies's design underwent a radical mutation at the 1929 Barcelona Pavilion. The interrelationships surrounding Mies's design can be summarized as shown in Table 1.

Blake wrote, "The Barcelona Pavilion shows the influence of both De Stijl and Wright's Robie House." (Blake,1960, p.53) The Barcelona Pavilion is a departure from Mies's design tendencies of the 1920s. According to Imai's diary, it is believed that during his warm meeting with Gropius and also during a previous visit by two young Japanese architects they showed Gropius photographs and drawings of traditional Japanese architecture. It is thought that Gropius shared these photographs and drawings with his Bauhaus colleagues, including Mies.

Furthermore, according to a book by Kikutake, he obtained testimony from a former employee of Mies's office stating that "Mies was influenced by Japanese residential architecture."(Kikutake 2,2000, p.200) Compared to the heavy architecture of stone, brick and concrete, it is thought that he was significantly impressed by the open and light traditional Japanese wooden architecture.

Therefore, it can be considered that the Barcelona Pavilion was influenced by De Stijl paintings, Wright's Robie House, and, as a third influence, the open traditional Japanese wooden architecture.

Table1. Rerationships surrunding, Mies's Design



1929 : Mutation , Mies's Design Philosofy

NOTES

1. Behrens (1868–1940) was one of Germany's leading architects at the time. He had a significant influence on the development of Modernist architecture and industrial architecture. Walter Gropius, Ludwig Mies van der Rohe, Le Corbusier, and others also worked at the Behrens office.

2. Gropius (1883–1969) worked at the Behrens office from 1908 to 1910. Around the same time, Mies became a colleague of Gropius. Gropius founded the Bauhaus (School of Architecture and Design) in 1919 and became its first director. In 1925, the school relocated to Dessau. In 1930, Gropius recommended Mies as the director.

3. Schinkel (1781–1841) was an architect representative of 18th-century German Neoclassicism.

4. De Stijl Painting – An art movement that originated in the Netherlands in 1917. Features paintings with abstract combinations of lines.

5. Completed in 1910, a residence with an open floor plan designed by Wright under the influence of traditional Japanese architecture.

6. Kikuji Ishimoto (1894–1963) Co-founded the Secession movement with Sutemi Horiguchi and others. In 1922, he traveled to Europe and America at his own expense.

7. Sutemi Horiguchi (1895–1984) In 1923, he studied abroad in Europe and formed the "Separatist Architectural Association" in 1920 with fellow alumni from the University of Tokyo.

Acknowledgement

The author thanks to architect Jiro Tsukamoto for references on Kikutake's comments.

REFERENCES

Blake, Peter (1960). "Mies van der Rohe", Pelican Book

Imai, Kenji 1 (1995), "Architecture and Humanity", Chuokoron Art Publishing Co.

Imai, Kenji 2 (1994) "Essay on Artists II, Ethics of the Artist", Chuokoron Art publishing Co.

Imai, Kenji 3 (1993) "Essay on Artists I, Architecture Journey", Chuokoron Art Publishing Co.

Kikutake, Kiyonori 1 (1991), "Thinking about Architecture", Kajima Publishing Co.

Kikutake, Kiyonori 2 (2000), "The Trajectory of Modernist Architectre", INAX Publishing Co.

Sano, Junichi, (August 2013) "Design Method, Organic Order of Crown Hall designed by Mies". Architectural Institute of Japan

Werner, Blaser, (1965), "Mies van der Rohe", Praeger

Keimi Harada, PhD, Architect

International Academy of Architecture

E-mail: keimi @sec-architects.com

DETERMINATION OF DESIGN PARAMETERS FOR COASTAL SETTLEMENTS IN THE CONTEXT OF TECTONIC UNDERSTANDING: THE CASE OF ISTANBUL MODERN AND WAREHOUSE

Irmak Sönmez,

Trakya University of Edirne (Türkiye)

Dr. Gildis Tachir, Assoc. Prof.

Trakya University of Edirne (Türkiye)

Abstract. Coastal settlements are important threshold areas where urban environments and the dynamic nature of water converge. Architectural structures intended for public use in these areas exhibit different design dynamics to urban architectural structures, in terms of structural requirements and their relationship with the city and its inhabitants. In this context, the aim of this study is to determine new design parameters for architecture in coastal settlements within the framework of tectonic theory, and to examine these parameters using examples. This study's literature is based on an analysis of the ontological and representational forms of the concept of tectonics throughout history. The absence of parameters specific to architectural design in coastal settlements within the framework of tectonic theory enables this study to address this gap in the literature. The study's methodology involves determining the parameter criteria that constitute tectonic theory. The design criteria are therefore evaluated in two stages in terms of the tectonics of the architectural structure and its relationship with water. The tectonic properties of the architectural structure are discussed in terms of the building's foundation, structure, materials and construction techniques. When analysing the tectonic value of a building incorporating the water element, the tectonic nature of the water element itself is examined. This study examines design parameters related to the water element, such as heat, humidity and optical illusion. The aim is to determine design parameters within the framework of tectonic theory for future coastal settlements and the water elements to be incorporated into them.

Keywords: Tectonics, coastal architecture, design parameter, İstanbul Modern

Introduction

Coastal settlements are a unique field of architectural study due to the physical factors and representational features they are exposed to. Architectural structures in coastal settlements are important threshold areas where urban texture and water meet, and they differ from urban architectural structures in terms of their relationship with the city. For this reason, design

parameters that consider the structural and representational features of coastal settlements are needed. This study focuses on the Karaköy district in the Beyoğlu district of Istanbul. Karaköy has undergone port-, trade- and tourism-related transformations throughout its history (Kazgan, 1991; Akın, 1998). Due to these transformations and layered construction, Karaköy stands out among coastal settlements. The Istanbul Modern building, on the other hand, was chosen as a landmark to illustrate the transformation of the Karaköy coastal settlement in terms of its relationship with the port and trade history, public use, and the architectural expression created by its new design. The study discusses Istanbul Modern, which is not limited to the current building designed by Renzo Piano. The study also examines the building designed by Sedad Hakkı Eldem as a warehouse in 1957–58, which functioned as a modern art museum in 2004, and the current Istanbul Modern building, which was demolished and rebuilt. Tectonic theory is discussed in the study to reveal the design parameters of coastal settlements. This is because it deals with the architectural structure in a holistic, ontological and representative way. While the physical factors to which coastal settlements are exposed create ontological study areas for the design of the architectural structure, they also create representative study areas.

The study discusses tectonic theory in order to reveal the design parameters of coastal settlements. This is because it deals with architectural structures in a holistic, ontological and representative way. While the physical factors to which coastal settlements are exposed create ontological study areas for architectural design, they also create representative study areas due to factors such as the relationship they establish with water, their status as urban threshold areas, and their effect on the urban silhouette.

Examining the existing literature reveals that coastal settlements are primarily addressed in the context of landscape architecture and recreational areas (Acar & Bekar, 2017; Erdem et al., 2019; Sayan, 1998; Uzunali & Acar, 2020). Examining studies on architectural construction in coastal settlements reveals that most are conducted on an urban scale (Bulut & Taş, 2017; Totu Keskin & Durmuş Öztürk, 2026), with some focusing on silhouette and visual quality (Alemdar, 2022; Koçan & Ankaralı, 2016; Yaldız & Ak, 2022). The lack of design parameter determination in the literature will be addressed within the framework of tectonic theory. The technical and representational principles of architectural structure design (Frampton, 1995; Semper, 1989) were used as the basis for creating the proposal. The theoretical background of the study will be developed through an analysis of the conceptual and theoretical use of tectonics from its first recorded use in the Greek Archaic Period (Holst, 2017) to the present day. After identifying the characteristics of the concept, it will be applied to architectural

designs for buildings in coastal settlements. Additionally, the literature contains studies on Istanbul Modern focusing on interior spaces and exhibitions (Akın, 1998; Büyükparmak & Ermiş, 2021; Yakışkan, 2024), as well as studies analysing the architectural features of buildings and institutional identities in museum records through architectural discourse (Çiçek & Ceylanlı, 2025). However, the relationship between the building and the coast has not yet been examined in the context of architectural interpretation and tectonic theory.

The study aims to create a design guide for new building projects in coastal settlements, incorporating architectural structures and water features in line with the established parameters. Taking an ontological and representative approach to design decisions, this determination aims to create a holistic design for the new building and ensure that it is optimised for the city and its users.

1. Theoretical Framework

The concept of tectonics has an integrated structure that describes the process by which an object comes together through reason and systematic knowledge, as well as the meaning and expression created by the concrete reality that is revealed. This holistic feature was attributed to the artisan group known as the tekton in the Greek Archaic Period, but was divided between the tekton and the arkitekton when the group of architects known as the arkitekton emerged in the Greek Classical Period. During the Archaic period, the tekton, who had the ability to create things, was reduced to a simple construction worker, while the arkitekton, who had knowledge and understanding, began to be seen as a practitioner with technical skills. Arkitekton, on the other hand, was seen as someone with knowledge who could make sense of it (Holst, 2017). At this point, it is the subject, not the concept, that is reduced. This concept, categorised by theorists as both representational and ontological, has been studied in this way to make sense of the phenomenon. Theorists such as Frampton (1995), Semper (1989) and Bötticher (1992) have proposed that the representational and ontological dimensions are forms of expression rather than contradictions or disjointed situations. Although the concept is reduced to structuralism in some dictionary definitions and academic usage, it has embodied this holistic approach since its first use (Hasol, 2022, p. 460). In his study, Gupta (2020) argues that the concept of tectonics has been reduced to structuralism in modernism. This situation separates tectonics, confining it to the fields of technical or formal representation. The author presents Aldo van Eyck's understanding of the twin phenomenon as a solution to this and proposes a non-dualistic model for tectonics. However, this model confuses the ontological structure of tectonics with the

discourses of writers and theorists. Tectonics has described the unity of representation and ontology since its inception.

From its first use to modernisation, the concept was essentially handled in terms of existence, construction logic and representative value. Three architectural theorists who have written extensively on the subject are: Karl Bötticher, Gottfried Semper and Kenneth Frampton. Karl Bötticher (1992) was the first to systematically examine the concept of tectonics. The theorist considers tectonic theory to be the external reflection of the essence and his principles are based on the core form (kernform) and the art form (kunstform). This principle expresses the artistic expression of the structural features that make up the architectural object. Additionally, it advocates the honest conveyance of this expression, defining tectonics as the intersection and complement of the structurality and artistic expression of the architectural object. In this way, the material that constitutes the architectural object gains artistic expression. Semper (1989, 2004), on the other hand, based his understanding of tectonics on the forms of existence of the architectural structure and cladding theory. According to Semper, the architectural structure consists of a combination of massive (stereotomic) elements associated with the earth and skeletal elements associated with the air. These two construction logics should demonstrate structural honesty and impact the viewer's perception in accordance with the structure. In his Cladding Theory, Semper (2004) mentions that the first wall covering in architecture was formed by non-massive masonry, with the massive wall acting as a carrier. Consequently, the architectural element incorporated into the structure is not articulated; it forms the building's essence. However, this cladding element should not hide the building's construction logic and cladding technique.

The principles of tectonics are gathered under the following headings as a result of all these readings: Structural expression; joint details and articulation; material honesty and tactility; cladding and façade representation; and contextual representation value (Fig. 1).

Structural expression is the principle that represents the ontological truth relating tectonic honesty to the logic of construction. Combination details and articulation allow this ontology to be interpreted. Combination details have a representational value because they reflect constructional culture, period, and the impact of load transfer on human perception. Material honesty and tactility are also ontological, revealing the logic of construction and the building's essence. They have a representative tectonic value, creating a feeling and meaning in the viewer through the material's physical properties and texture. Cladding and façade representation are ontological in that they express the essence of the building, and have a

representative value in terms of the meaning they create on the façade. At this point, cladding strengthens tectonic expression by adding representational meaning to the bare ontological reality. Finally, contextual representation explains the relationship between the building's expression and environmental effects, culture, and urban texture.

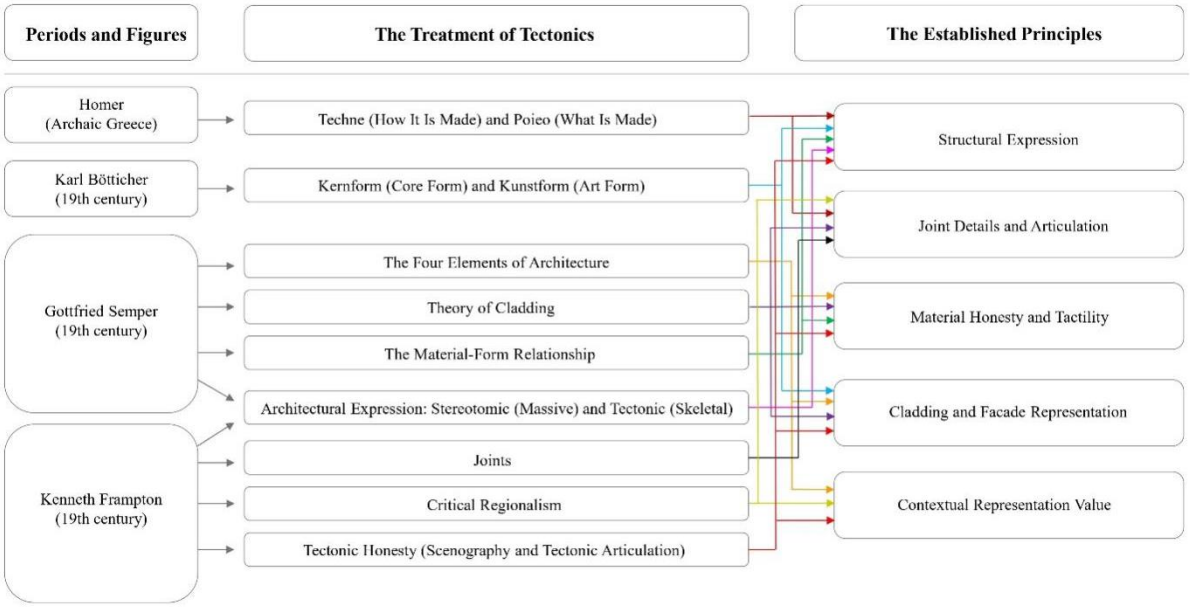


Fig. 1 - Approaches to the Concept of Tectonics and Determination of Basic Features (created by the author)

2. Method

The study examines the ontological and representational features of the concept of tectonics in architectural structures in coastal settlements, with the aim of producing new design parameters for this area in line with the theory. To this end, the study is a qualitative case study designed using the comparative spatial analysis method (Fig. 2). The existing Istanbul Modern building and the former warehouse were compared and analysed in line with the determined parameters. The Karaköy space was chosen as the sample location because it is a threshold space at the intersection of water and land, is one of the focal points on the coastline, and contains the ontological and representative features of tectonics in its structural setup. The study's data collection techniques are theoretical reading and on-site field observation. Sources used in the study include project documentation of the buildings, photographs, and archival sources related to the buildings and their theoretical infrastructure. The next part of the study reconstructs and details the parameter set put forward in the theoretical background section for

architectural designs in coastal settlements. Subsequently, the structures will be examined in accordance with the newly created parameter set and compared in terms of their tectonic value.

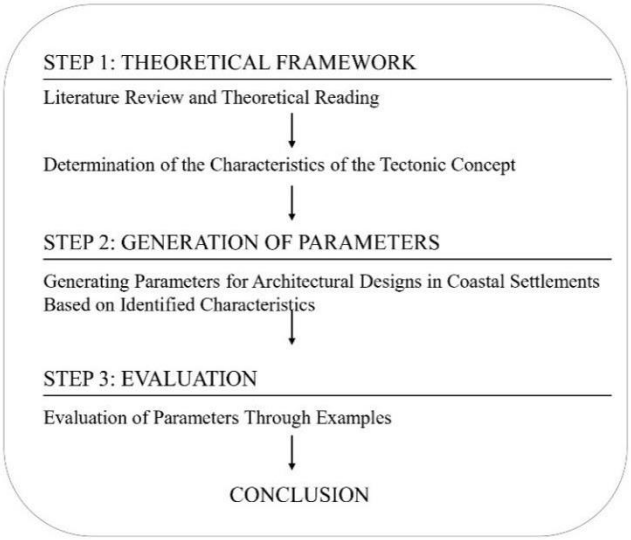


Fig. 2 - Method of the Study (created by the author)

3. Findings

3.1 Generating New Parameters for Coastal Designs in Line with Determined Tectonic Principles

In line with the tectonic principles established in this section of the study, design parameters were set for structures in coastal settlements (Fig. 3). The principle of structural expression is considered in terms of the mass-ground relationship and structural readability. According to the mass-ground relationship, a coastal design with tectonic value rises on a massive mass/pedestal in order to establish a relationship with the ground. The structure must also consist of a permeable skeletal system because coastal settlements have different physical characteristics to land settlements. If a structure on the shore has a massive base, it is exposed to high wind pressure and suction forces acting on the walls of the building. In a structure designed with a permeable skeletal system, these forces are less prevalent. This permeable structure also provides a solution to potential moisture issues on the shore by facilitating air circulation. The increased temperature in the building can be reduced by this air circulation due to the reflection created by the water, and the greenhouse effect is eliminated. According to tectonics, the details that make up a structure should be visible from the outside. For this reason, the building's massive and skeletal structure should be designed to be visible from the outside. Articulation and joint details also support the reading of the structural expression. Coastal settlements experience high temperature differences between day and night, resulting in intense

expansion and contraction effects. This should therefore be taken into consideration at the junction points of the building elements. However, coastal areas experience rapid wear and tear due to exposure to physical factors such as moisture, heat, salt and wind.

For this reason, the joints in these areas must be both removable and detachable. Since wear and tear to the joint details hidden behind the coatings may be overlooked, these details and the structural features should not be concealed. In the principle of material honesty, tactility is discussed under two separate headings: functional and perceptual. In coastal settlements, the sun reflecting from the water creates a glare problem and an increased risk of slipping on the ground. For this reason, textured surfaces play a functional role in coastal designs. The perceptual dimension of tactility enables people to establish a physical relationship with the building by creating a focal point when they are exposed to too many stimuli due to environmental factors such as sun, wind and salt. This textured structure establishes a relationship with physical reality, creating a scaffolding/shelter effect in human perception when exposed to harsh stimuli. Materials for buildings in coastal settlements should be selected based on the external factors to which the building will be exposed. Otherwise, materials that imitate other materials will deteriorate over time due to a lack of adaptation to the ground. In terms of the representative dimension of cladding and façades, the discussion covers the representation of horizontality, the abstract representation of marine culture, and the protective shell. Representing horizontality means moving in harmony with the horizon in the coastal settlement and not exceeding it. This is because the most dominant visual feature on the shore is this horizontal line. In this context, the building's permeable façade does not completely hide the rear of the building, creating a space for visual and perceptual interaction. Another feature that lends value to the façade is the way in which the building and object features of coastal culture are abstracted and used in the architectural structure.

This prevents the emergence of products that are neither completely incompatible nor kitsch. The structural evaluation criterion for the façade's tectonics is a secondary shell system that protects the structure, which is separate from the main carrier of the building envelope, from physical factors specific to the coast. This shell acts as a defence wall for the building against wind, moisture, salt, UV rays, heat and light. The contextual representation value is considered in terms of both the physical and the perceptual context. Above all, the designed structure should be in harmony with the coastal topography and morphology. However, the building should also be designed in accordance with human perception. This starts with recognising that coastal settlements are places of memory due to the wear and tear caused by

physical factors. Coastal settlements are transitional spaces between land and water. For this reason, designs in which the structure is permeable and fluid rather than a boundary support the human perception dimension of the context.

When using water in a building, the structural expression is to design in accordance with the physical properties of water. In terms of contextual representation, this means designing in accordance with the perceptual properties of water. The water element establishes a natural relationship with the building at ground level or at water level. However, if the water is transported and used elsewhere, it is removed from the location where it establishes a relationship. If the water is not continuously replenished, it evaporates in hot weather or freezes in cold weather. For the water to remain, it must be supplied continuously. However, if the building has a natural relationship with the ground and the design incorporates fluid water, it will have tectonic value. The design should take into account the mass and flow rate of the water. Water also represents fluidity and dynamism in human perception. For this reason, it should not be reduced to an illusory state with no circulation or barriers. In this design, the discharge and connection points of the water should be clearly visible. Apart from this, the corrosive effect of water and moisture problems must be considered when selecting materials.

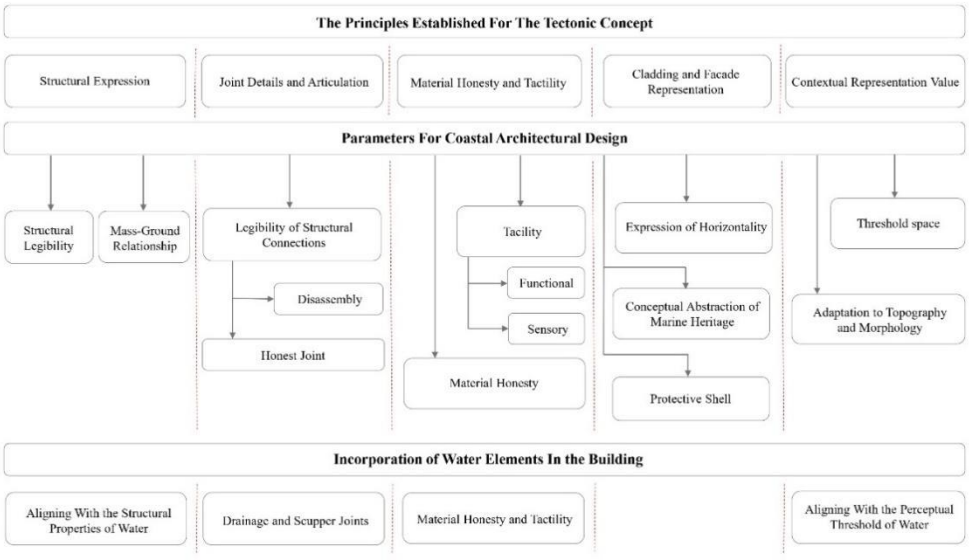


Fig. 3 - Determination of Design Parameters for Architectural Designs in Coastal Settlements in the Context of Tectonics (created by the author)

In areas where there is water, textured combinations found in nature should serve as inspiration. This supports tectonic honesty by offering a raw reality to artificiality.

3.2 Examination of Parameters on Designs in Coastal Settlements

3.2.1 Istanbul Modern Museum of Modern Art

The Istanbul Modern Art Museum, designed by Renzo Piano and completed in 2023, is a modern art museum. It is located in the Kılıçali Paşa neighbourhood of the Karaköy district in the Beyoğlu district. At this stage of the study, the building was examined in line with the parameters developed for architectural designs in coastal settlements.

Examining the building's structural expression reveals a clear distinction between the massive and the skeletal elements, particularly in terms of the relationship between mass and ground. The massive structure associated with the ground rises like a pedestal (Fig. 4). The structure has a tectonic value that is well-suited to coastal settlements, given its massive and skeletal nature. The skeleton rising from the massive base establishes a relationship with the ground, offering a strong structural expression and an approach that is compatible with the physical effects of coastal settlements. The building's mass is compatible with these two structural expressions, which can be interpreted.



Fig. 4 - Istanbul Modern mass-ground relationship (The photograph was taken by the author)

Structures on the coast tend to receive structural damage more quickly than inland structures due to abrasive physical factors. For this reason, structures on the coast must be articulated and damaged parts must be replaced in order to continue their existence. In order to identify damaged parts, the joints of the building should be clearly read. The building elements used in Istanbul Modern are both articulable and the joint details can be easily read. The joint details of the building and the modules are clearly legible (Fig. 5).

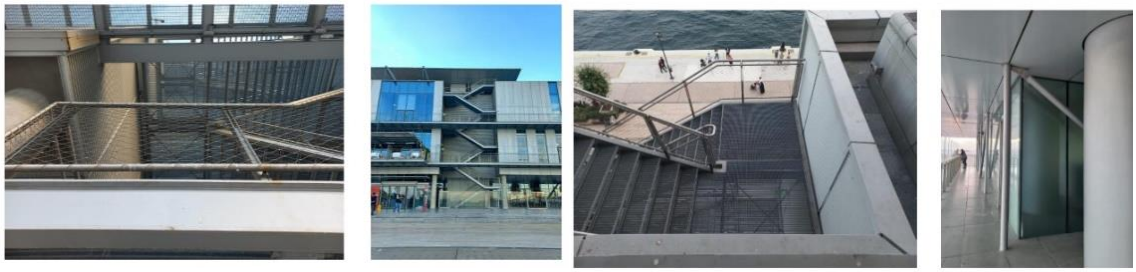


Fig. 5 - Istanbul Modern Joint Details and Articulation (taken by the author)

Examining the building in terms of tactility and material honesty reveals that, although there are no textured surfaces to establish a relationship with the coastal areas or be compatible with the water feature, the empty structure of the mass and the combination of different materials and forms create a tactile quality (Fig.6). This tactility enables people to form a physical connection with the building. Istanbul Modernn which, at first glance, reveals its different textures. While each material is not textured in itself, the combination of full and empty spaces, different materials and appearances, and various forms creates tactility in the building that can be perceived physically and perceptually.

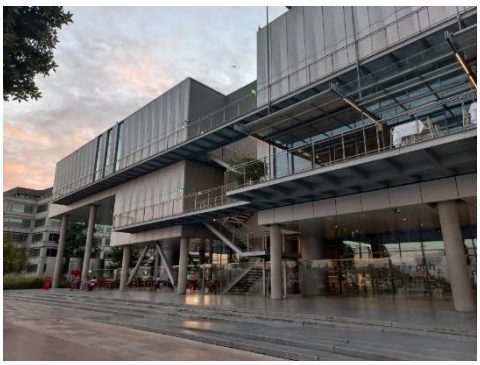


Fig. 6 - Physical and Perceptual Tactility and Material Honesty at Istanbul Modern (The photograph was taken by the author)

Examining the building's cladding and façade reveals that it has a high tectonic value. Firstly, the building's horizontal expansion is compatible with the horizon line, one of the most important features of the coast. This creates a harmonious relationship with both the shore and the silhouette. The façade elements, formed by the abstraction of sea waves and reflected when sunlight hits them, carry the coastal heritage of the building. Apart from these aesthetic qualities, the building's exterior must also serve a protective function to guard against the negative effects of coastal erosion. The panels on the façade also serve a structural purpose in addition to their aesthetic value.

When considering the contextual representation of the building, it is evident that buildings designed in this area are threshold spaces, as coastal areas are transition spaces. While the building's permeability and fluidity are related to its structural expression, its place in human perception constitutes its representational value. The permeability of the building and its status as a threshold space are illustrated as a threshold space are illustrated (Fig. 7) perception constitutes its representational value.

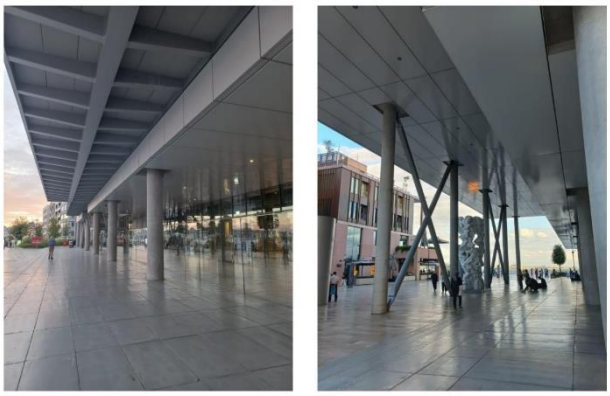


Fig. 7 - Istanbul Modern as a Threshold Space (taken by the author)

Examining the relationship it establishes with the topography and morphology reveals that, while it is compatible with the topography, it does not reflect the formation of the city. Taking into account the dimensions of the roads, building blocks and buildings in the region, Istanbul Modern appears oversized, which diminishes its contextual representative value. shows the surroundings of the building as seen from the building's terrace (Fig. 8)

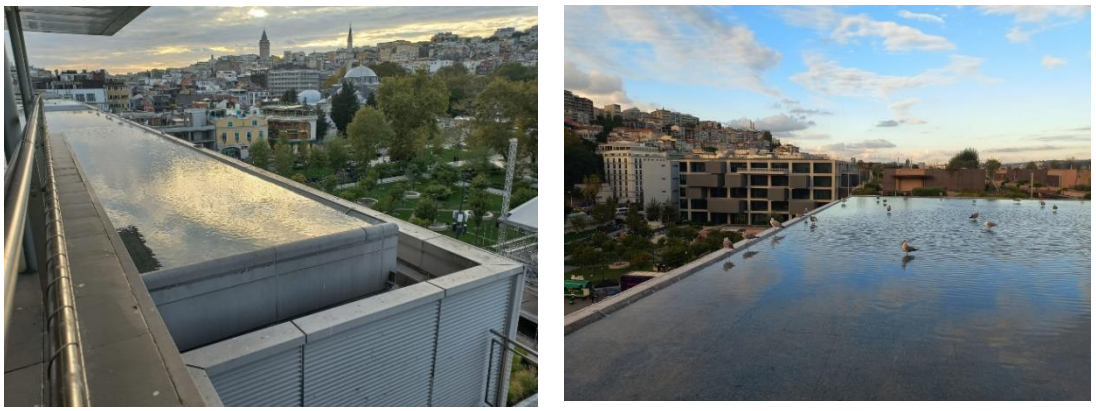


Fig. 8 - Photograph taken from the terrace of Istanbul Modern showing the construction around
Fig. 9 - İstanbul Modern water relationship (taken by the author)

When examining Istanbul Modern's relationship with water, the first topic to be discussed is the physical and perceptual relationship between the architectural structure and water. The building's physical relationship with water is based on the material properties of

water. Water's fluid nature relates directly to the structure on the ground. For this reason, the building's supporting structure must establish a direct relationship with the water at ground level and allow it to move in accordance with its fluid nature. However, the terrace-level pool at Istanbul Modern (Fig. 9) neither allows water to flow and circulate nor establishes a direct relationship with the water element at ground level.

Another important aspect of the building's relationship with water is the honesty and tactility of the materials used. There is no tactile effect at the points where the building interacts with the water. One of the most significant of these is the drainage system, which is an important feature of the building's relationship with the water element. These points are where the movement of water is clearly visible. However, in this building, the relationship between the water and the terrace is unclear. The concealment of the water's movement areas and the structural expression damaged the tectonic honesty, turning the water element on the terrace into a consumer product rather than establishing a relationship with the building. On the other hand, the building has established a representational tectonic relationship with water thanks to the light play of reflection and the feeling of serenity it creates (Fig. 10).



Fig.10 - Light plays on the terrace of Istanbul Modern (taken by the author)

3.2.2 Warehouse No. 4

Warehouse No. 4, a dry cargo warehouse designed by Sedad Hakkı Eldem, was built in 1957-1958. In 2003, the building, which was converted into a museum building by Tabanlıoğlu Architecture, was renovated with the principle of minimum intervention. The current Istanbul Museum of Modern Art, designed by Renzo Piano, is located on the site of the demolished Warehouse No. 4 (Istanbul Museum of Modern Art [IMSM], n.d.). .

When the structural expression of the building is examined, it is seen that the soil-mass relationship is not balanced. Although the structure is formed with a skeletal system and this can be read from the outside, it is seen as a closed massive mass (Fig. 11) due to the absence of gaps in the structure. For this reason, although the structure of the building is read, it does not honestly reflect its ontology; Since it reflects its tectonic existence massively, the tectonic value of its structural expression is low.



Fig. 11 - Stürktürk Expression of Warehouse No. 4. (Istanbul Museum of Modern Art [IMSM], n.d.).

Examining the building's connection points and articulation reveals that it has a cast concrete structure and cannot be dismantled (Figure 9). Nevertheless, the visibility of the building's connection points gives it tectonic honesty.



Fig. 12 - Warehouse Structure No. 4 and Connection Details (Tabanlıoğlu Arch. [TA_], n.d.).

Although the building has material honesty, there is no texture or texture, form and mass movements that provide tactility physically or perceptually. Examining the cladding and representative façade of the building reveals that it has a high tectonic value due to its horizontal

expansion. However, it has a low tectonic value because it does not contain any elements of marine heritage. Although the building does not have secondary cladding, the door's carrier and partition elements protect the building against external factors (Fig. 12).

When considering the contextual representative value of a building, the first evaluation is of its threshold space. Since coastal areas are transitional spaces between land and water, they should be permeable and fluid, rather than wall-like. However, Warehouse No. 4 is a bulky structure blocking the view of the shore (Fig. 13), and its design does not reflect the threshold features of the surrounding area. This reduces the building's tectonic value. Conversely, the building does adapt to the topography and urban morphology. This is because, when the building was constructed, there were port operations in the area, and the building's scale was compatible with the morphology. Over time, the area has transformed from a port and commercial area to a culture and art district, requiring a change in morphology and scale**.**



Fig. 13 - View of Warehouse No. 4 from the Bosphorus

4. Discussion

In this part of the study, the tectonic values of the buildings were determined by comparing the current Istanbul Modern building, designed by Renzo Piano, with Warehouse Building No. 4, designed by Sedad Hakkı Eldem and formerly located on the same site, in the context of the determined parameters. Figure 14 contains the five basic tectonic features and subheadings determined for architectural structures designed in coastal settlements. The grey areas show the parameters to be considered in the event of water ingress. As there is no water element in the warehouse structure, only the existing Istanbul Modern structure was evaluated in this context.

	Parameters Developed for Waterfront Design in a Tectonic Context															
	Structural Expression			Joint Details and Articulation			Material Honesty and Tactility				Cladding and Facade Representation			Contextual Representation Value		
	Mass-Ground Relationship	Structural Legibility	Aligning With the Structural Properties of Water	Legibility of Structural Connections: Disassembly	Legibility of Structural Connections: Honest Joint	Drainage and Scupper Joints	Tactility: Functional	Tactility: Sensory	Material Honesty	Material Honesty and Tactility	Expression of Horizontality	Conceptual Abstraction of Marine Heritage	Protective Shell	Threshold space	Adaptation to Topography and Morphology	Aligning With the Perceptual Threshold of Water
İstanbul Modern Art Museum 	×	×		×	×		×	×	×		×	×	×	×		×
Warehouse Structure 		×			×				×		×		×		×	

Gray areas have been assessed in case the structure contains a water element. It hasn't been evaluated because there is no water element in the warehouse structure.

Fig. 14 - Comparison of Sample Structures in the Context of Tectonics (created by the author)

When the structural features of the buildings are considered, it can be seen that Istanbul Modern has established a balanced ground-mass relationship, which can be discerned through its distinct structure. The building's massive and skeletal structural expressions are designed in a balanced way in accordance with the coastal settlement, and these two different expressions can be read structurally. The skeletal system of the warehouse structure can also be discerned. In this respect, both structures demonstrate structural integrity. However, despite the warehouse structure's skeletal system, the mass has a massive effect. Consequently, while the building's structural legibility is high, it lacks balance and legibility in terms of the ground-mass relationship. Considering the structural expression of the water feature on Istanbul Modern's terrace, it can be seen that the physical properties of water — fluidity, dynamism, and a natural connection to the ground — are not reflected; the water element merely creates a visual illusion rather than establishing a tectonic relationship with the building. This demonstrates that the water element is merely an object of consumption, rather than establishing a tectonic relationship with the architectural structure. When the connection points of the buildings are examined, it is seen that Istanbul Modern has building elements that can be assembled and removed, while the warehouse building has a cast concrete skeleton, so it is fixed and it is not possible to change it with possible deterioration. This is directly proportional to the legibility of the connection points. In addition, the ways in which the load is transferred can be read from the joint details of both buildings. In terms of the pool connection points on the terrace of Istanbul Modern, its tectonic value is low due to the lack of a readable drainage system that shows how the water is transported or discharged to that point.

Although flat and non-woven surfaces are used in Istanbul Modern and Warehouse No. 4, Istanbul Modern, with its full empty structure in the mass, creates physical tactility in different parts of the building by using different materials in different forms, and this tactility creates a focal point in the person and enables the person who is exposed to many stimuli to establish a relationship with physical reality.

When the cladding and façade of the buildings are considered, it can be seen that both have a horizontal structure that harmonises with the horizon line, one of the most important features of coastal regions. While the warehouse building does not reflect the coastal heritage, the undulating form of the Istanbul Modern façade's panels establishes an abstract resemblance to sea waves, increasing the building's tectonic value in this sense. Considering the protective feature of the shell, it can be seen that it is covered with panels that form a secondary façade on the Istanbul Modern building. However, the warehouse building's protective shell is its own monolithic mass.

When the contextual representative values of the buildings are considered, it is seen that Istanbul Modern has tectonic value in terms of being a threshold space, whereas the warehouse structure does not have the characteristics of a threshold space. Although both buildings are compatible with the topography, they differ in terms of the formation of the city. Although the warehouse structure achieved an urban formation in harmony with Karaköy, which was a port area at the time it was built, Istanbul, located in Karaköy, which is a culture, art and entertainment area today, is not suitable for today's modern urban formation and is large-scale for that area. Although the terrace in Istanbul Modern has a low tectonic value because it does not establish a relationship with the building as a structural expression, it gives the building a sense of fluidity and serenity due to the light plays and reflections made by the water at the perceptual level. For this reason, the water element and the building establish a strong relationship at the perceptual level.

Conclusion

As a result of the study, it is seen that Istanbul Modern has a higher tectonic value compared to Warehouse No. 4. As a result of the comparison, it is seen that Istanbul Modern has strong structural expression and connection points, while Warehouse 4 has a low value in this sense. While material honesty is observed in both buildings, physical and emotional tactility is present in Istanbul Modern, while Warehouse No. 4 is deficient. While both buildings are strong in terms of façade and representation, Istanbul Modern is a stronger option in terms of

contextual representation. Apart from these, the water element used in Istanbul Modern reveals a tectonic value in a perceptual sense, while structural. It has a low tectonic value in terms of connection point and material.

This study has been a study that explains that ontological and representative values should be considered together in designs in coastal settlements and aims to be a guide for new designs. Furthermore, this study has established standardized parameters by formulating a holistic design approach for coastal designs.

Acknowledgement

The paper was produced as part of the Graduate Seminar course. The author, Irmak Sönmez, sincerely thanks Assoc. Prof. Dr. Gildis TACHİR for her valuable guidance and support throughout the study.

REFERENCES

ACAR, H., & BEKAR, M. (2017). Peyzaj mimarlığı eğitiminde bir stüdyo çalışması: Kıyı alanı peyzaj tasarım projesi. Megaron, 12(2), 329-342. ISSN: 1309-6915. https://doi.org/10.5505/megaron.2017.65265

AKIN, N. (1998). 19. Yüzyılın ikinci yarısında Galata ve Pera (No. 24). Literatür Yayınları. ISBN: 9789758431012.

ALEMDAR, E. Ö. (2022). Kıyı Kenti İstanbul ve Siluet Değeri: Büyükada Siluetinin Sürdürülebilirliği [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

BÖTTICHER, K. (1992). Excerpts from The Tectonic of the Hellenes. In H. F. Mallgrave & E. Ikonomou (Eds. & Trans.), Empathy, Form, and Space: Problems in German Aesthetics, 1873–1893 (pp. 47–52). Getty Center for the History of Art and the Humanities.

BULUT, E., & TAŞ, M. (2017). Kıyı mimari kimliğinin sürdürülebilirliği: Bursa/Gemlik. Süleyman Demirel Üniversitesi Yalvaç Akademi Dergisi, 2(1), 45-57. ISSN: 2149-1615.

BÜYÜKPARMAKSIZ, M. A., & ERMİŞ, Y. (2021). İstanbul Çağdaş Sanat Fuarlarına Eklektisizm'in Yansımaları. MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi, 10(1), 311-335. ISSN: 1694-7215. https://doi.org/10.33206/mjss.732994

ÇİÇEK, E., & CEYLANLI, Z. (2025). ART MUSEUM ARCHITECTURE AS DISCOURSE: DIFFERENTIATING INSTITUTIONAL IDENTITIES IN ISTANBUL. The Turkish Online Journal of Design Art and Communication, 15(2), 491-512. ISSN: 2146-5193. https://doi.org/10.7456/tojdac.1614995

ERDEM, Ü., ORTAÇEŞME, V., KELKIT, A., KARAHAN, F., AKTEN, M., ZÜLFİKAR, H. C., vd. (2019). Sürdürülebilir kıyı turizmi ve rekreasyon. Ş. Alp, O. Şatır, E. Baylan, P. Bostan, F. Aşur, G. Başdoğan, & H. E. Oktay (Ed.), XXI. Peyzaj Mimarlığı Akademik Topluluğu Toplantısı Çalışma Sonuçları içinde (ss. 28-38). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Yayınları.

FRAMPTON, K. (1995). Studies in tectonic culture: The poetics of construction in nineteenth and twentieth century architecture. MIT Press.

GUPTA, Ö. A. (2020). A non-dualist tectonic thinking model in architecture: Aldo van Eyck [Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. (Tez No: 649667)

HASOL, D. (2022). Ansiklopedik mimarlık sözlüğü (15. baskı). YEM Yayın.

HOLST, J. (2017). The fall of the tektōn and the rise of the architect: On the Greek origins of architectural craftsmanship. Architectural Histories, 5(1), 5. ISSN: 2050-5833. https://doi.org/10.5334/ah.239

KAZGAN, H. (1991). Galata Bankerleri. Türk Ekonomi Bankası A.Ş.

KOÇAN, N., & ANKARALI, N. (2016, 21-22 Nisan). İnkumu kıyı alanında görsel kaliteye ilişkin sorunlar ve çözümler [Bildiri sunumu]. International Multidisciplinary Conference (IMUCO), Antalya, Türkiye.

SAYAN, M. S. (1998). Antalya Kıyı Bandındaki Bazı Turizm Amaçlı Tesislerin Peyzaj Mimarlığı Yönünden İrdelenmesi Üzerinde Bir Araştırma [Yayımlanmamış doktora/yüksek lisans tezi]. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

SEMPER, G. (1989). The four elements of architecture and other writings (H. F. Mallgrave & W. Herrmann, Çev.). Cambridge University Press.

SEMPER, G. (2004). Style in the technical and tectonic arts; or, Practical aesthetics (H. F. Mallgrave, Trans.). Getty Research Institute. (Original work published 1860–1863)

TOTU KESKİN, A., & DURMUŞ ÖZTÜRK, S. (2026). Sakin kent (Cittaslow) kıyı yerleşimlerinde gastronomik mekânsallaşma: Sığacık balıkçı kasabasında gastromekân-gastroyer ilişkisi. PLANARCH - Design and Planning Research, 10(2), 262-273. ISSN: 2717-7335. https://doi.org/10.54864/planarch.1947797

UZUNALİ, A., & ACAR, C. (2020). Trabzon kenti örnekleminde, kent-kıyı ilişkileri analizi. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 21(2), 181-190. ISSN: 2146-1880. https://doi.org/10.17474/artvinofd.648044

YAKIŞKAN, N. N. (2024). Sergileme Mekânlarının Sanal ve Fiziksel Ortam Arasındaki Farkının İncelenmesi: İstanbul Modern Örneği. Yedi, Sanatta Dijitalizm Özel Sayısı, 327-337. ISSN: 1307-9840. https://doi.org/10.17484/yedi.1458408

YALDIZ, B., & AK, M. K. (2022). Bandırma kıyı bandı örneğinde bitkisel tasarım ile görsel kalitenin değerlendirilmesi. PEYZAJ - Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi, 4(1), 21-32. ISSN: 2687-6302. https://doi.org/10.53784/peyzaj.1078769

İstanbul Modern. (t.y.). Tarihçe. Accepted September 28, 2026 https://www.istanbulmodern.org/kurumsal/tarihce

Tabanlıoğlu Architects. (t.y.). İstanbul Modern Projesi. Accepted September 28, 2026, https://www.tabanlioglu.com/project/istanbul-modern/

Dr. Gildis Tachir, Assoc. Prof.

ORCID ID: 0000-0003-4863-4339

Web of Science Researcher ID: AGP-4318-2022

Trakya University of Edirne,

Türkiye

E-mail: gildistahir@trakya.edu.tr

Irmak Sönmez,

ORCID ID: 0009-0003-7056-870X

Trakya University of Edirne,

Türkiye

AN ARCHITECTURAL AND STRUCTURAL FRAMEWORK FOR INCREMENTAL HOUSING IN POST-EARTHQUAKE RECONSTRUCTION

Dr. Gülcan İner, Assist. Prof.

Kirklareli University, Kırklareli(TURKEY)

Abstract. Treating emergency shelter and permanent housing as separate operations after natural disasters creates problems related to cost, time, logistics, and household needs. This study examines the incremental housing model from architectural and structural perspectives in earthquake-prone regions. Its theoretical framework draws on John F. C. Turner's conception of housing as a process and N. John Habraken's theories of Open Building and Supports. In view of the risks associated with uncontrolled self-construction in seismic regions, the principle of providing "half of a good house" is reconsidered in relation to technical safety and phased occupancy.

The model combines an engineered core with lightweight, dry-assembled expansion areas that can be completed over time. Basic infrastructure and wet-area connections are incorporated into the core from the outset. The production strategy comprises three stages: an emergency living core, transitional or interim housing, and a permanent dwelling enlarged under controlled conditions. Because the model has not yet been tested in the field, the printing and construction durations stated in this paper are design targets rather than measured results. Safe expansion depends on defining the limits of the structural system at the outset, designing the directions of growth, and regulating user-led modifications through technical guidelines.

Keywords: incremental housing, post-disaster shelter, transitional shelter, three-dimensional concrete printing (3DCP), construction building.

1. Introduction and Theoretical Framework

Providing shelter for large numbers of households within a short period is one of the central challenges of disaster management after major earthquakes (Galindo & Batta 2013; Yonetani 2015). A common sequence begins with tents or tarpaulins, continues with temporary container settlements, and ends with the construction of permanent housing (Bashawri et al. 2014; Bolin & Stanford 1991). Because resources invested in temporary shelter cannot readily be transferred to permanent housing, this linear sequence may duplicate expenditure and delay

integration with permanent reconstruction (Johnson 2007; International Organization for Migration [IOM] 2012). Transporting containers and prefabricated units can be costly. Waste generated after use and prolonged stays in temporary settlements may also hinder recovery (Arslan & Cosgun 2008; Johnson 2007).

The transitional shelter approach anticipates that a unit used during the emergency phase will either become part of a permanent dwelling or be reused elsewhere (IOM 2012). Incremental housing manages this transition by allowing the initial unit to grow according to predefined rules. Turner (1972, 1976) defines housing as a process shaped by residents over time rather than as a finished product. This approach enables households to participate in housing production, but in earthquake-prone areas such participation must proceed under engineering supervision (Greene & Rojas 2008; Mota 2021).

The structural division within incremental housing can be explained through Habraken's theories of Open Building and Supports (Habraken 1972, 2021). In this framework, the dwelling consists of two layers:

The support structure, or primary structure, is the engineered system that defines property boundaries and the principal spatial arrangement, carries service lines, and provides structural safety.

The infill, or secondary system, comprises lightweight partitions and supplementary components that occupants can alter in response to their needs and financial means (Habraken 1972, 2021; Jokar & Khakzand 2026; Türkmen & Yıldız 2026).

Brand's (1994) concept of building layers with different service lives, together with Schneider and Till's (2007) distinction between fixed structural and service components and adaptable partitions, can be used to define the limits of incremental growth. In seismic regions, the primary structure should determine the location of subsequent additions and their load paths. Machado's (1976) distinction between a host structure and added components provides a further framework for understanding this relationship (Jokar & Khakzand 2026; Türkmen & Yıldız 2026).

Accordingly, the theoretical framework establishes that post-earthquake incremental housing should be conceived not as a sequence of disposable shelters but as a controlled process in which a permanent structural core supports safe, user-led adaptation over time.

2. Architectural Organization and Built Examples of Post-Disaster Incremental Housing

Incremental housing does not mean delivering a fully finished small dwelling that can simply be enlarged later (Wainer et al. 2016). Under the "half of a good house" approach, the

initial investment is directed toward components that residents cannot safely construct on their own, including site infrastructure, the earthquake-resistant primary structure, vertical circulation, and service shafts (Aravena & Iacobelli 2012; Boano & Vergara Perucich 2016; Türkmen & Yıldız 2026). The process includes land acquisition, construction of the initial core, and planned stages of expansion (Marinovic 2020a 2020b).

The initial core contains a kitchen, bathroom, and minimum living or sleeping space (Azizibabani & Bemanian 2019; Greene & Rojas 2008; Marinovic 2020a; Türkmen & Yıldız 2026; Wainer et al. 2016). Arranging wet areas around a shared shaft or back-to-back in adjoining units can reduce service runs and related costs (Wainer et al. 2016). The relationship between this arrangement and the structural system must be resolved for each project.

Expansion voids are volumes defined in the initial design that establish the location and dimensions of future additions (Türkmen & Yıldız 2026). At Quinta Monroy, these voids were left between masonry or reinforced-concrete boundaries and floor lines. Additions could therefore occur within designated volumes rather than spreading beyond the plot (Türkmen & Yıldız 2026).

An incremental dwelling can expand inward, outward, or upward. Inward expansion occurs when an initially unfinished volume is completed later; outward expansion occupies a predefined area beside or behind the dwelling; upward expansion adds one or more storeys (Kamalipour & Dovey 2020). The suitability of each strategy depends on plot dimensions, density, structural capacity, access, daylight, ventilation, fire safety, and escape routes (Alexander et al. 1985; Greene & Rojas 2008; Türkmen & Yıldız 2026).

2.1. International Examples of Incremental Housing

PREVI Experimental Housing

PREVI Lima was an experimental housing program conducted by the United Nations and the Government of Peru between 1968 and 1975. As an alternative to high-rise mass housing, the program developed a low-rise, high-density settlement pattern. The structural system and service infrastructure were installed at the outset, while courtyards and growth areas were reserved for later horizontal and vertical additions. Pedestrian routes, shared open spaces, and graded privacy within the plots formed part of the settlement layout. The subsequent transformation of PREVI provides evidence for examining how effectively the original design guided user-led modifications (Aravena & Iacobelli 2012; Greene & Rojas 2008).

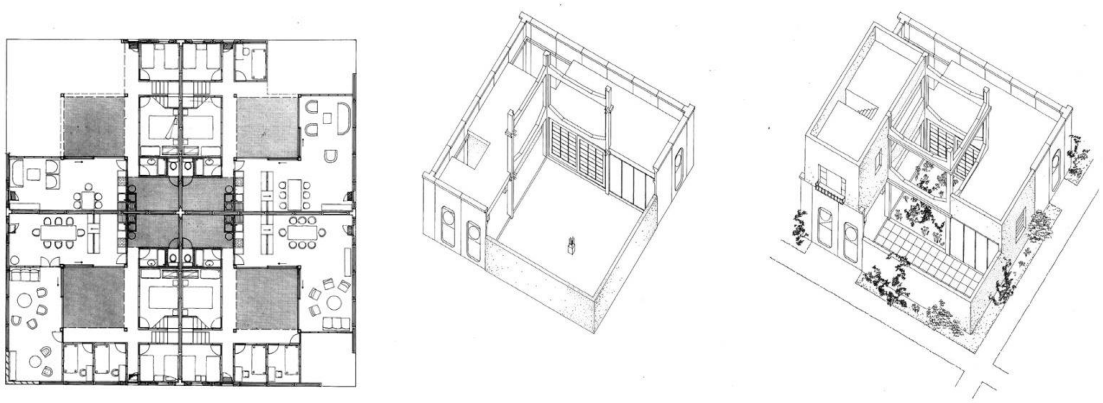


Fig. 1-2-PREVI Incremental Housing. Source: https://hiddenarchitecture.net/previ-low-cost-housing-i/

Belapur Incremental Housing

Designed by Charles Correa in Navi Mumbai between 1983 and 1986, the Belapur settlement consists of low-rise, high-density housing clusters. Each household plot permits horizontal or vertical expansion without encroaching on adjacent properties. The relationship between the dwelling, courtyard, terrace, and veranda establishes a sequence of open spaces extending from the private family courtyard to a shared space enclosed by seven or eight dwellings and then to the main pedestrian spine. The use of accessible techniques, including local brick, render, and traditional roof construction, made it easier for households to undertake later additions. For the present study, Belapur is significant because it integrates the right to expand with the design of shared open spaces (Azizibabani & Bemanian 2019).

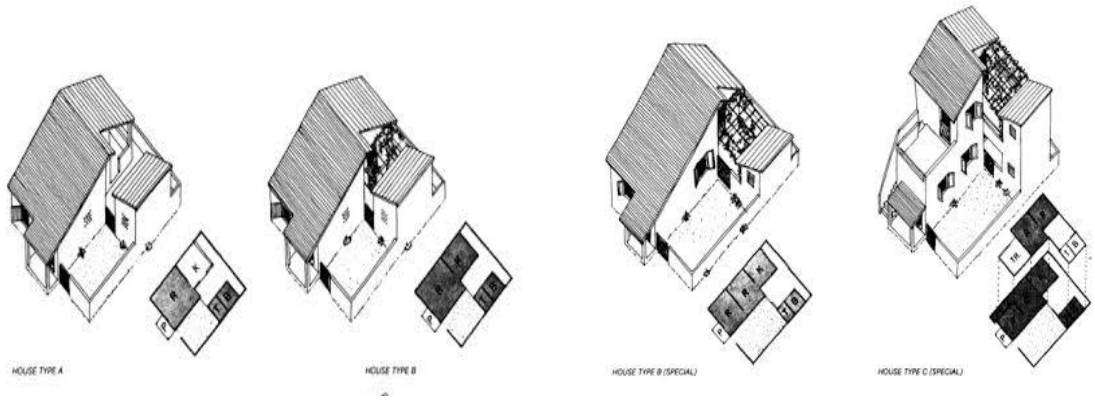


Fig. 3- Belapur Incremental Housing Project (https://hiddenarchitecture.net/belapur-housing/)

Quinta Monroy

Quinta Monroy, completed by Elemental in Iquique, Chile, in 2003-2004, sought to rehouse inner-city households on the same site with limited public funding. Rather than financing a complete but very small dwelling, the budget was directed toward technical components such as the structural system, service core, roof, and vertical circulation. Defined voids for later construction were left beside the ground-floor units and upper-level duplexes. Residents were expected to build their additions within these areas. The project's transformation over time permits examination of both controlled growth and problems associated with overbuilding and construction oversight (Aravena & Iacobelli 2012; O'Brien et al. 2020).



Fig. 4-5-6- Quinta Monroy Project (https://www.archdaily.com/10775/quinta-monroy-elemental)

Villa Verde Post-Disaster Reconstruction

Villa Verde was designed by Elemental in Constitución, Chile, after the 2010 earthquake and tsunami and was completed in 2013. Units delivered at approximately 57 m² were designed to expand to about 85 m² by occupying a reserved volume. The shared roof and structural bays were built during the first phase, and user-led additions were confined within these limits. The project used timber framing and dry-construction components. Villa Verde is a built example through which the technical relationship between the initial structure and later household additions can be examined in post-disaster housing (Carrasco & O'Brien 2022; O'Brien et al. 2020).





Fig.7-8 Villa Verde Project https://www.re-thinkingthefuture.com/case-studies/a7429-villa-verde-project-by-alejandro-aravena-low-cost-housing/

2.2. Rapid and Robotic Production of Post-Disaster Cores

Three-dimensional printing projects associated with post-disaster shelter have reached different levels of development. Some are completed dwellings, while others remain designs or prototypes for emergency shelter. An industry report published in 2015 stated that INNOprint 3D aimed to print an emergency shelter measuring approximately 3 x 3 x 3 m in 20-30 minutes (www.3DPrint.com, 2015; Nantes Université, 2015). The report does not establish that the structure was deployed at a disaster site or that its insulation and occupancy conditions were validated. The stated duration also concerns printing alone. Foundations, reinforcement, roofing, openings, insulation, services, curing, and site infrastructure must be added when calculating total delivery time.

The Serendix Sphere prototype developed in Japan has an area of approximately 10 m². Designboom reported that production and assembly were completed in 23 hours and 12 minutes at a cost of approximately JPY 3 million, or USD 25,000 at the time (Neira, 2022).These figures concern a rapid-production experiment. They do not demonstrate that the prototype was used for post-disaster emergency shelter or that independent testing verified the seismic and wind performance attributed to its spherical form.



Fig. 9- Serendix Sphere (https://cloudsao.com/SERENDIX-SPHERE)

In the Nacajuca project in Tabasco, Mexico, it was used in an affordable housing program developed with New Story and local partners. Approximately 24 hours of active machine time was reported for printing the walls of each unit, which has an area of about 46.5 m² (Subramanya & Kermanshachi 2022). This figure is not the total construction period, because it excludes the foundation, roof, doors and windows, services, and finishes. Nacajuca is a completed social housing project; it was not classified as an emergency settlement erected immediately after a specific disaster.



Fig.10 World Housing. 3D Home Community, Nacajuca, Mexico.
(https://worldhousing.org/communities/3d-home-community-nacajuca-mexico/)

Taken together, the cases show that neither incremental precedents nor rapid-printing demonstrations constitute ready-made post-disaster solutions; their transferable value lies in defining a serviced initial core, reserved growth zones, and verifiable limits for later additions

3. Structural and Technical Design Principles for Seismic Regions

In post-disaster reconstruction, adopting an incremental housing strategy in seismic zones necessitates reconciling two conflicting dynamics: accommodating the architectural flexibility of phased occupant growth while maintaining uncompromised structural integrity under cyclic earthquake loads. Unregulated self-construction in earthquake-prone regions typically results in severe structural deficiencies, including undersized column sections, omitted tie beams, soft-storey formations, and unengineered vertical additions that drastically compromise structural ductility. To prevent incremental modifications from escalating into cumulative seismic vulnerabilities, the primary load-bearing infrastructure—the "support" or "host" core—must be rigorously decoupled from subsequent secondary additions through predefined engineering boundaries and tectonic hierarchies. Within this framework, seismic resilience is governed by the structural hierarchy established between the core and the infill: the initial foundation and core must be engineered to withstand the gravity and lateral load combinations of the fully expanded building, horizontal growth patterns must be prioritized to avoid torsional irregularities, and subsequent domestic infill must rely strictly on lightweight, dry-assembly construction methods. Accordingly, the following subsections delineate the technical criteria for integrating advanced on-site production, geometric growth limitations, and seismic-resistant material systems into an incremental post-disaster framework.

In uncontrolled additions in earthquake-prone areas, inadequate foundations, undersized columns, missing tie beams, and later vertical extensions increase structural risk (Greene & Rojas 2008; Jokar & Khakzand 2026; SPARC 2013). Applying incremental housing therefore requires the limits of the initial structural system and subsequent additions to be defined through architectural and earthquake-engineering criteria.

3.1. Robotic and Extrusion-Based On-Site Systems

Containerized or mobile three-dimensional printing systems allow printing equipment to be transported to a disaster area (Hager et al. 2016; Subramanya & Kermanshachi 2022). On-site production speed nevertheless depends on access to energy and water, mix constituents, technical personnel, foundation preparation, climate, and transport conditions (Le et al. 2012;

Subramanya & Kermanshachi 2022). Portability alone does not establish that a structure can be made ready for occupancy within a short period.

Serendix and the Almaty house are completed examples of three-dimensional printed housing. Nacajuca is a settlement project implemented as social housing. Together, these cases show that printing technology can be used at different scales. Post-disaster delivery time, seismic safety, and suitability for incremental expansion require separate technical testing and occupancy data for each project.

Alongside cement-based printable mortars, researchers are investigating printable cob and other earth-based mixtures containing fibrous constituents (Gomaa et al. 2021; Perrot et al. 2018). Existing studies do not by themselves establish comparative advantages in cost, carbon impact, or structural safety for post-disaster housing. A mixture intended for disaster housing should be selected on the basis of printability, strength, water and fire performance, local availability, and test results.

3.2. Structural Limits of Horizontal and Vertical Growth

Horizontal additions generally introduce less additional mass than adding a storey to the structural system. Their position may nevertheless alter the centers of mass and stiffness, so torsional irregularity must be checked in the structural analysis (Jokar & Khakzand 2026; Türkmen & Yıldız 2026). Low-rise layouts and predefined lateral expansion areas are therefore common in incremental housing projects (Azizibabani & Bemanian 2019; Greene & Rojas 2008).

Vertical expansion can provide additional floor area where land is limited (Nohn & Goethert 2016). Later storeys may, however, exceed the capacity of the existing structure and increase seismic risk (Greene & Rojas 2008). The number of storeys and additional loads should be calculated in the initial design, and lightweight steel, timber, or panel systems should be considered for upper floors (Mota 2021; Türkmen & Yıldız 2026; Wainer et al. 2016). In attached buildings, separate structural grids and adequate joint widths should be determined through engineering calculations that account for pounding risk (Lizarralde 2011).

3.3. Material Selection and Dry Assembly

Light timber, light-gauge steel, and dry-board systems can limit the loads imposed on the existing structure by later additions (Marinovic 2020a; O'Brien et al. 2020). Off-site manufactured modular components can facilitate construction oversight when their connections are defined in advance. The timber frame used at Villa Verde provides field experience of

accommodating user-led additions through a lightweight system. It does not, however, show that every addition built by unskilled labor is safe. Materials, connections, and workmanship require inspection (Carrasco & O'Brien 2022; O'Brien et al. 2020).

In seismic regions, the weight of an infill wall and its connection to the primary structure cannot be separated from material selection. When correctly detailed, interlocking modular blocks and lightweight dry panels may provide alternatives to heavy, uncontrolled masonry additions (Alexander et al. 1985; Türkmen & Yıldız 2026). The combination of steel sections and brick vaults at Narmak is a historical example of a hybrid system (Mota & Haileselassie 2021). The seismic behavior of stabilized earth blocks with reinforced-concrete tie beams must be verified in relation to block strength, tie-beam layout, connections, and construction quality.

The technical analysis therefore indicates that seismic safety depends on treating the printed core, lightweight additions, and their connections as a single engineered system whose geometry, mass distribution, and material performance are verified before construction.

4. An Incremental Housing Production Strategy for Disaster-Affected Areas

This paper uses a three-stage design framework. The first stage is a minimum living core that provides emergency protection. In the second stage, the services and occupancy conditions required for transitional or interim housing are completed. In the third stage, the dwelling expands within predetermined limits in response to household needs. These stages are not universal time categories. Safety, infrastructure, and occupancy criteria must be assessed for each project.

The proposal treats three-dimensional printing as one possible method for producing a service-intensive initial core, not as a means of manufacturing the entire dwelling in a single operation. Limiting the printed portion to a standard module could allow the remaining areas to be completed with lightweight systems suited to local conditions. The proposal has not yet been validated through a prototype, field trial, or comparative cost and time data.

The first stage proposes a core of approximately 28 m². It contains the bathroom, toilet, kitchen connections, and a minimum living area. The 18-24-hour period shown in Table 1 represents the active printing time assumed during preliminary design. It excludes foundations, reinforcement, connections, roofing, openings, services, insulation, and curing. The figure should therefore not be read as the time required to deliver a shelter ready for occupancy and must be tested through prototype production.

Using printable mortar as a structural core depends on verifying the reinforcement layout and wall-to-floor connections through seismic analysis and testing. Constructing later rooms with lightweight timber, light-gauge steel, or panel systems assembled by dry methods is intended to reduce the additional load on the initial structure (Asprone et al. 2018). Connection performance, fire safety, moisture, and maintenance requirements must also be assessed for the selected system.

Anchor pockets or mechanical connection recesses can be formed during printing for lightweight components added later. Their tensile and shear strength, response to cyclic seismic loads, waterproofing, and maintenance requirements must be determined through testing. The connections proposed in this study are subjects for prototype development, not validated standard details (Asprone et al. 2018; Marchment & Sanjayan 2020).

The spatial program should consider both minimum humanitarian standards and the spatial requirements of a dwelling. The Sphere Handbook recommends at least 3.5 m² of covered living space per person, rising to 4.5 m² in cold climates (Sphere Association 2018). For a household of four or five people, this corresponds to 14-17.5 m² and cannot be treated as a permanent housing standard. The 28 m² proposed for Phase 1 is a design decision intended to accommodate living space, wet areas, and circulation within the same core. Adding 16 m² in Phase 2 and 25 m² in Phase 3 to reach a total of 69 m² is also a proposal developed in this study. Neither these areas nor the durations in Table 1 are measured implementation data.

Table 1. Proposed Stages of Incremental Housing Production for Disaster-Affected Areas

Parameter	**PHASE 1**	**PHASE 2**	**PHASE 3**
Area (m²) and typology	Emergency living core 28 m²	44 m² One-bedroom dwelling	69 m² Two-bedroom dwelling
Construction system and material	Three-dimensional concrete printing Proposed core system	Lightweight frame and dry assembly Timber or steel sections and panels	Supervised user-built additions Local materials and lightweight panels
Proposed duration (estimate; active printing stated separately)	Target of 18-24 hours of active printing*	Estimated construction period of 2-3 days*	Estimated construction period of 1-2 weeks*

Spatial and structural function	Wet areas and minimum living space Proposed structural core Connection points for later additions	16 m² additional room Initial area allocated to shared living Greater household privacy	25 m² additional room and veranda Completion of permit and inspection procedures Total area reaches 69 m²

* All durations are estimates within the conceptual production scenario developed in this study; they are neither measured total construction periods nor ready-for-occupancy delivery times.

4.1. User Participation and Construction Oversight

The safety of user-built additions in earthquake-prone areas depends on enforcing throughout construction the rules established at the beginning of the project (Aravena & Iacobelli 2012; Greene & Rojas 2008; Marinovic 2020a 2020b; Türkmen & Yıldız 2026). Oversight can be organized in three areas:

Participatory preliminary design. Before the primary structure and expansion areas are defined, the spatial priorities and financial means of households, together with local labor capacity, should be assessed (Aravena & Iacobelli 2012; Azizibabani & Bemanian 2019).
Construction manual. The technical document supplied with the dwelling should identify the limits of additions, permitted connections, and acceptable materials (Aravena & Iacobelli 2012; Marinovic 2020a 2020b; Türkmen & Yıldız 2026). The templates prepared for Lo Espejo and Las Higueras define dry-assembly components, insulation thickness, and the limits of garden-side expansion (Marinovic 2020a). The manual should also prohibit heavy masonry additions, cutting structural members, and using heavy materials not anticipated in the design (Greene & Rojas 2008; Marinovic 2020b; Türkmen & Yıldız 2026).

Legal and financial arrangements. Planning regulations should define the property boundaries, permit stages, and inspection responsibilities for later additions. Infrastructure investment and microfinance instruments need to be addressed within the same program so that low-income households can complete the planned stages of growth (Greene & Rojas 2008; Türkmen & Yıldız 2026; Wakely & Riley 2011).

4.2. Implementation Constraints

Regulation and oversight. Limited technical knowledge, construction costs, and lengthy permit procedures may lead residents to bypass approval and inspection stages (Asibey et al. 2025).

Loss of open space. Unplanned additions that enclose courtyards and gardens may reduce ventilation and obstruct escape routes, making fire safety and post-earthquake evacuation more difficult (Carrasco & O'Brien 2022; O'Brien et al. 2020).

Multi-storey growth. Upper-floor additions require closer control of materials and workmanship. Alterations made without knowing the capacity of the existing structural system present greater risk than single-storey horizontal additions (Greene & Rojas 2008; Marinovic 2020b).

Economic access. As the Millard Fuller Foundation case in Nigeria demonstrates, formalized incremental housing programs may still fail to reach households with limited ability to pay (Nwachukwu et al. 2025). The cost of the initial unit and the financing of later stages must be considered together.

Land and infrastructure. Incremental housing is not a construction method based solely on household labor. Access to land, finance, infrastructure, material supply, and labor must be addressed within a single implementation program (Friendly 2025; van Noorloos et al. 2020).

The transition from emergency shelter to permanent housing takes time and requires coordination among several institutions (IOM 2012; Subramanya & Kermanshachi 2022). A three-dimensional printed core should therefore not be treated as a ready-made product that resolves this transition on its own. The use of a mobile printer depends on transport, energy, water, materials, specialist personnel, and maintenance capacity. Because these conditions differ between urban and rural settings, the production system should be selected according to local resources (Hager et al. 2016; Subramanya & Kermanshachi 2022). Claims that earth- and fiber-based mixtures offer lower costs or environmental impacts require comparative tests and life-cycle data.

Consequently, the proposed three-stage strategy is feasible only when rapid core production is coupled with predefined expansion rules, lightweight construction, continuous inspection, and coordinated access to land, infrastructure, finance, and skilled support.

Conclusion

The incremental housing model proposed in this study treats the emergency shelter unit as the initial part of a permanent dwelling rather than a structure that will later be abandoned.

The structure and services of the initial core are completed under engineering supervision, while household additions are built within reserved areas and through defined connections. Construction speed is not the model's sole criterion. Structural safety, continuity of water and energy services, oversight of additions, and household access to finance must be secured together.

Three-dimensional printing is one method that may be considered for producing the initial core (Habraken 1972, 2021; Subramanya & Kermanshachi 2022). Active printing time and ready-for-occupancy delivery time must be calculated separately. Structural behavior, material properties, connections, and the post-earthquake operation of services should be measured through prototype and field testing. Lightweight dry-assembly systems may be used in later stages, while the user manual should identify permitted additions and inspection points (Marinovic 2020a; O'Brien et al. 2020). Pilot studies covering different household sizes and local construction conditions are needed to test the model's feasibility.

Ultimately, this study demonstrates that resolving the post-disaster shelter crisis requires moving beyond the false dichotomy between temporary relief and permanent reconstruction. By integrating advanced automated fabrication—such as 3D concrete printing—with participatory, dry-assembly expansion strategies, incremental housing redefines the emergency unit not as disposable building waste, but as the permanent seismic and infrastructural backbone of the home. However, the viability of this model hinges on treating architecture not merely as a formal or technical exercise, but as an integrated socio-spatial and regulatory process. Bridging the gap between technological innovation and grass-roots implementation will necessitate institutional adaptability: local authorities and disaster agencies must enact flexible planning instruments, such as phased permitting and incremental building codes, underpinned by visual, user-oriented construction manuals. Whether deployed in dense urban footprints or distributed rural communities, confining user agency within an unyielding engineering framework provides a viable pathway toward equitable, cost-effective, and seismically resilient post-disaster habitats.

REFERENCES

ALEXANDER C., DAVIS H., MARTINEZ J., CORNER D., 1985, The production of houses. Oxford University Press.

ARAVENA A., IACOBELLI A., 2012, Elemental: Incremental housing and participatory design manual. Hatje Cantz.

ARSLAN H., COSGUN N., 2008, Reuse and recycle potentials of the temporary houses after occupancy: Example of Duzce, Turkey. Building and Environment, 43(5), pp. 702–709. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.01.051

ASIBEY M. O., ABDULAI A.-S. J., IDDRISU Z., BLIJA D. K., ADUTWUM I. O., TAGNAN J. N., KPEEBI Y., TORNYEVIADZI P., 2025, Incremental housing and compliance with development control in urban Ghana. Journal of Urban Affairs, 47(1), pp. 177–194. https://doi.org/10.1080/07352166.2022.2160337

ASPRONE D., AURICCHIO F., MENNA C., MERCURI V., 2018, 3D printing of reinforced concrete elements: Technology and design approach. Construction and Building Materials, 165, pp. 218–231. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.01.018

AZIZIBABANI M., BEMANIAN M., 2019, The effects of incremental housing approach on the level of residential satisfaction. ICONARP International Journal of Architecture and Planning, 7(1), pp. 205–225. https://doi.org/10.15320/ICONARP.2019.73

BASHAWRI A., GARRITY S., MOODLEY K., 2014, An overview of the design of disaster relief shelters. Procedia Economics and Finance, 18, pp. 924–931. https://doi.org/10.1016/S2212-5671(14)01019-3

BOANO C., VERGARA PERUCICH F., 2016, Half-happy architecture. Viceversa, 4, pp. 58–81.

BOLIN R., STANFORD L., 1991, Shelter, housing and recovery: A comparison of U.S. disasters. Disasters, 15(1), pp. 24–34. https://doi.org/10.1111/j.1467-7717.1991.tb00424.x

BRAND S., 1994, How buildings learn: What happens after they’re built. Viking.

CARRASCO S., O'BRIEN D., 2022, Incremental pathways of post-disaster housing self-recovery in Villa Verde, Chile. Architecture, 2(3), pp. 544–561. https://doi.org/10.3390/architecture2030030

FRIENDLY A., 2025, Reimagining incremental housing: City-making within and beyond the home. International Journal of Housing Policy, 25(4), pp. 557–570. https://doi.org/10.1080/19491247.2025.2548048

GALINDO G., BATTA R., 2013, Review of recent developments in OR/MS research in disaster operations management. European Journal of Operational Research, 230(2), pp. 201–211. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.01.039

GOMAA M., JABI W., VELIZ REYES A., SOEBARTO V., 2021, 3D printing system for earth-based construction: Case study of cob. Automation in Construction, 124, 103577. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103577

GREENE M., ROJAS E., 2008, Incremental construction: A strategy to facilitate access to housing. Environment and Urbanization, 20(1), pp. 89–108. https://doi.org/10.1177/0956247808089150

HABRAKEN N. J., 1972, Supports: An alternative to mass housing. Architectural Press.

HABRAKEN N. J., 2021, Supports: An alternative to mass housing. Routledge.

HAGER I., GOLONKA A., PUTANOWICZ R., 2016, 3D printing of buildings and building components as the future of sustainable construction? Procedia Engineering, 151, pp. 292–299. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.357

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR MIGRATION, 2012, Transitional shelter guidelines.
https://www.iom.int/sites/g/files/tmzbdl486/files/our_work/Shelter/documents/Transitional%20Shelter%20Guidelines%20-%202012.pdf

JOHNSON C., 2007, Strategic planning for post-disaster temporary housing. Disasters, 31(4), pp. 435–458. https://doi.org/10.1111/j.1467-7717.2007.01018.x

JOKAR D., KHAKZAND M., 2026, Re_conceptualizing incremental housing within a sustainable development framework. Journal of Housing and the Built Environment, 41, pp. 277–314. https://doi.org/10.1007/s10901-025-10232-y

KAMALIPOUR H., DOVEY K., 2020, Incremental production of urban space: A typology of informal morphology. Habitat International, 98, 102133. https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2020.102133

LE T. T., AUSTIN S. A., LIM S., BUSWELL R. A., GIBB A. G. F., THORPE T., 2012, Mix design and fresh properties for high-performance printing concrete. Materials and Structures, 45, pp. 1221–1232. https://doi.org/10.1617/s11527-012-9828-z

LIZARRALDE G., 2011, Stakeholder participation and incremental housing in subsidized housing projects in Colombia and South Africa. Habitat International, 35(2), pp. 175–187. https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2010.08.001

MACHADO R., 1976, Old buildings as palimpsest: Towards a theory of remodeling. Progressive Architecture, 11, pp. 46–49.

MARCHMENT T., SANJAYAN J., 2020, Bond properties of reinforcing bar penetrations in 3D concrete printing. Automation in Construction, 120, 103394. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103394

MARINOVIC G. I., 2020a, The guideline for customising incremental housing based on two Chilean case studies. Journal of Architecture and Urbanism, 44(2), pp. 166–175. https://doi.org/10.3846/jau.2020.12056

MARINOVIC G. I., 2020b, Limits of the current implementation of incremental housing. arq: Architectural Research Quarterly, 24(4), pp. 369–378. https://doi.org/10.1017/S135913552000041X

MOTA N., 2021, Incremental housing: A short history of an idea. In L. Medrano, L. Recamán, & T. Avermaete (Eds.), The new urban condition: Criticism and theory from architecture and urbanism (pp. 160–182). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003100362-13

MOTA N., HAILESELASSIE B. T., 2021, Housing innovation and the global foreign aid agenda in Addis Ababa (1964–1993). Rassegna di Architettura e Urbanistica, 56(165), pp. 128–134.

NOHN M., GOETHERT R., 2016, Introduction: Multi-story incremental housing to meet rapid growth. In Growing Up! The search for high density multi-story incremental housing. SIGUS-MIT.

NWACHUKWU L., OBI L., AKOTIA J., 2025, Addressing housing affordability in Nigeria through incremental housing: An evaluation of the Millard Fuller Foundation (MFF) model. Cogent Social Sciences, 11(1), Article 2588049. https://doi.org/10.1080/23311886.2025.2588049

O'BRIEN D., CARRASCO S., DOVEY K., 2020, Incremental housing: Harnessing informality at Villa Verde. Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research, 14(3), pp. 345–358. https://doi.org/10.1108/ARCH-10-2019-0237

PERROT A., RANGEARD D., COURTEILLE E., 2018, 3D printing of earth-based materials: Processing aspects. Construction and Building Materials, 172, pp. 670–676. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.04.017

SCHNEIDER T., TILL J., 2007, Flexible housing. Architectural Press.

SPARC, 2013, Incremental: A study of informal incrementality, its impacting factors and supporting systems. Society for the Promotion of Area Resource Centres.

SPHERE ASSOCIATION, 2018, The Sphere handbook: Humanitarian charter and minimum standards in humanitarian response (4th ed.). Practical Action Publishing.

SUBRAMANYA K., KERMANSHACHI S., 2022, Exploring utilization of the 3D printed housing as post-disaster temporary shelter for displaced people. In F. Jazizadeh, T. Shealy, & M. J. Garvin (Eds.), Construction Research Congress 2022: Project management and delivery, controls, and design and materials (pp. 594–604). American Society of Civil Engineers. https://doi.org/10.1061/9780784483978.061

Nantes Université. (2015, June 29). *INNOprint 3D: Construction d'un habitat d'urgence avec une imprimante 3D*. https://mediaserver.univ-nantes.fr/permalink/v1261a0a1ca6elyxhwzx/iframe/

NEIRA, J. (2022, March 14). *It took Serendix just 23 hours and 12 minutes to complete the 3D-printed house*. Designboom. https://www.designboom.com/technology/serendix-3d-printed-house-24-hours-03-14-2022/

TURNER J. F. C., 1972, Housing as a verb. In J. F. C. Turner & R. Fichter (Eds.), Freedom to build (pp. 148–175). Macmillan.

TURNER J. F. C., 1976, Housing by people: Towards autonomy in building environments. Marion Boyars.

TÜRKMEN A., YILDIZ N., 2026, From invasion to symbiosis: A morphological analysis of domesticated parasitism in incremental housing. Buildings, 16(3), 588. https://doi.org/10.3390/buildings16030588

VAN NOORLOOS F., CIROLIA L. R., FRIENDLY A., JUKUR S., SCHRAMM S., STEEL G., VALENZUELA L., 2020, Incremental housing as a node for intersecting flows of city-making: Rethinking the housing shortage in the global South. Environment and Urbanization, 32(1), pp. 37–54. https://doi.org/10.1177/0956247819887679

WAINER L. S., NDENGEINGOMA B., MURRAY S., 2016, Incremental housing, and other design principles for low-cost housing (Policy note / Final report No. C-38400-RWA-1). International Growth Centre and RCHI MIT.

WAKELY P., RILEY E., 2011, The case for incremental housing (Cities Alliance Policy Research and Working Papers Series No. 1). Cities Alliance.

YONETANI M., 2015, Global estimates 2015: People displaced by disasters. Internal Displacement Monitoring Centre and Norwegian Refugee Council.

FIGURE SOURCES

Fig. 1–2: Hidden Architecture. *PREVI Low Cost Housing (I)*. https://hiddenarchitecture.net/previ-low-cost-housing-i/

Fig. 3: Hidden Architecture. *Belapur Housing*. https://hiddenarchitecture.net/belapur-housing/

Fig. 4–6: Elemental / ArchDaily. *Quinta Monroy Project*. https://www.archdaily.com/10775/quinta-monroy-elemental

Fig. 7–8: Re-Thinking The Future. *Villa Verde Project by Alejandro Aravena*. https://www.re-thinkingthefuture.com/case-studies/a7429-villa-verde-project-by-alejandro-aravena-low-cost-housing/

Fig. 9: Clouds Architecture Office. *SERENDIX SPHERE*. https://cloudsao.com/SERENDIX-SPHERE

Fig. 10: World Housing. *3D Home Community, Nacajuca, Mexico*. https://worldhousing.org/communities/3d-home-community-nacajuca-mexico/

Dr. Gülcan İner, Assist. Prof.

ORCID iD: 0000-0003-3302-2321

Web of Science Researcher ID: ABQ-0869-2022

Kirklareli University

Turkey

E-mail: gulcan.iner@klu.edu.tr

A DOCTRINE BASED EVALUATION OF CONSERVATION AND ADAPTIVE REUSE IN HISTORIC BUILDINGS: THE CASE OF ZORLUTUNA MANSION

Ms. Şule Nas, Prof. Dr. Nevnihal Erdoğan

Trakya University (Türkiye), Kocaeli University (Türkiye)

Abstract:

This study evaluates the restoration and adaptive reuse of Zorlutuna Mansion, a historic building in central Edirne commonly known as the Dertli Mustafa Paşa Mansion. The evaluation draws on historical restoration theory as well as national and international conservation doctrines. Concepts that recur in different conservation doctrines or closely correspond to one another are identified and brought together to establish criteria for evaluating the restoration and adaptive reuse of historic buildings. These criteria are then applied to Zorlutuna Mansion using historical research, measured surveys, restitution and restoration projects and reports, along with available records concerning the implementation process. The aim is to develop a systematic and practical method that can be used to evaluate conservation and adaptive reuse processes in historic buildings.

Keywords: Restitution, Restoration, Adaptive re-use, Conservation Principles, Zorlutuna Mansion, Edirne

Introduction

Approaches to cultural heritage conservation around the world have evolved over time. I have noticed that the earlier focus, on fixing buildings has slowly grown wider. People now pay attention to ways that historic buildings can stay a sustainable part of modern life (Ahunbay, 1996; Aksoy, 2024; Aydın and Şahin 2018). In this setting adaptive reuse has become a conservation method. Adaptive reuse lets historic buildings meet today's needs while keeping their design and space (Ahunbay, 1996; Yalçın and Açıcı 2023). This method can bring assets back into everyday economic and social life and also help keep culture alive. Abandonment, insufficient use, or reuse involving interventions that compromise the authenticity of historic

buildings can create serious problems for the long term sustainability of cultural heritage (Douglas, 2006; Plevoets and Van Cleempoel, 2019; Prabodani, Danilina and Halwatura, 2026; Ribera, Nesticò, Cucco and Maselli, 2020).

Edirne, which served as the capital of the Ottoman Empire for approximately ninety years, has a rich cultural heritage represented not only by its monumental buildings but also by numerous examples of civil architecture (Erdoğan, 2024). The mansions found within the urban fabric are among the distinctive examples that have carried the spatial organization, way of life and construction techniques of traditional Ottoman domestic architecture into the present day (Akansel, 2016). When historic houses are adapted to new uses, it is therefore important to strike a careful balance between preserving their original architectural and cultural values and meeting contemporary requirements (Ahunbay, 1996).

The purpose of this study is to provide a comprehensive assessment of the restitution, restoration, and conservation work prepared for Zorlutuna Mansion and to examine whether the proposed interventions are consistent with the approaches and principles established in national and international conservation doctrines. To this end, the historical development of conservation thought and the approaches set out in national and international conservation doctrines are examined. The study then identifies principles shared across different documents and translates these principles into criteria that can be used to evaluate the restoration and adaptive reuse of historic buildings. Figure 1 presents the research process step by step.

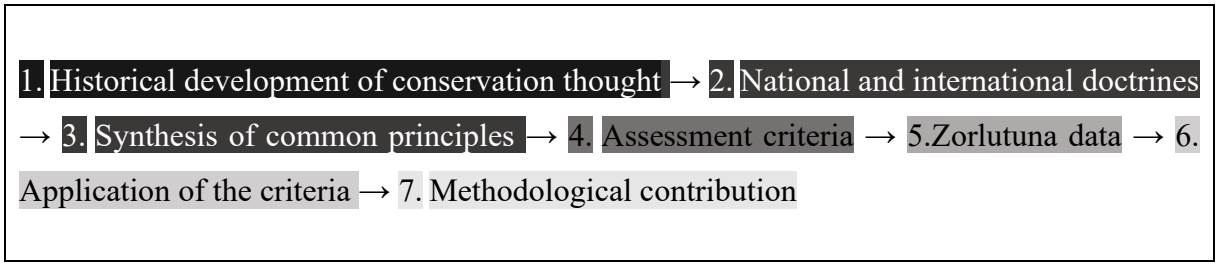


Fig. 1. Methodological flow of the assessment process developed in accordance with conservation principles

1. Theoretical Framework and Literature Review

The literature framework of the research is structured around approaches to the conservation of historic buildings, the concept of adaptive reuse, the historical development of conservation thought, and the national and international conservation doctrines that have shaped this understanding. Historic buildings are more than physical structures that reflect the

architectural understanding of a particular period. As tangible elements of cultural heritage, they provide valuable information about the ways of life, social relations, modes of production, construction techniques, and aesthetic preferences of societies (Ahunbay, 1996; Asiliskender Yılmaz Bakır and Gökmen, 2005; Kurak Açıcı & Konakoğlu, 2019; Pekol, 2010). The relationship between the architectural characteristics of a building and its historical setting means that such buildings should not be regarded merely as individual physical objects, but also as elements that contribute to the formation of cultural memory (Erdoğan, 2017).

In this context, studies examining different examples of the adaptive reuse of historic mansions, including Haşim İşcan Mansion (Ahmed Cevdet Paşa Mansion), Tahir Ağa Mansion, Fitnat Hanım Mansion, Gökçüler Mansion, Sebile Hanım Mansion, Nemlizade Mansion, Sandıkoğlu Mansion, and Doğruözler Mansion, were evaluated (Sarımeşe, 2026; Yalçın and Açıcı, 2023; Çobancaoğlu and Ökten, 2019; Büyüköztürk and Oral, 2025; Biber and İslamoğul, 2023; Atıf Yavuz Öden, 2025; Aksoy, 2024; Canbulat, 2012).

1.1. Historical Development of the Concept of Conservation and Conservation Doctrines

In the nineteenth century, debates between approaches that sought stylistic unity and the romantic view that advocated preserving what already existed laid the foundations of conservation theory (Ahunbay, 1996). Italian architect and theorist Camillo Boito (1836 to 1914) sought to reconcile these different positions and formulated principles that became precursors to contemporary restoration practice. These principles were further developed by Gustavo Giovannoni and subsequently gained international recognition, eventually being adopted at the Athens Conference held in 1931.

During this period, the Venice Charter of 1964, the first doctrinal text published by ICOMOS and one of the foundations of modern conservation theory, established an important framework for understanding the relationship between the continued use and conservation of historic buildings (Özçakır, 2024).The Amsterdam Declaration of 1975 marked an important turning point in the expansion of conservation thinking from individual buildings to the historic environment as a whole. Accordingly, the historical development of conservation thought and the theoretical framework established through these doctrines provide the basis for examining the historical and architectural characteristics of Zorlutuna Mansion and the data concerning its conservation process in the following sections (Figure 2).

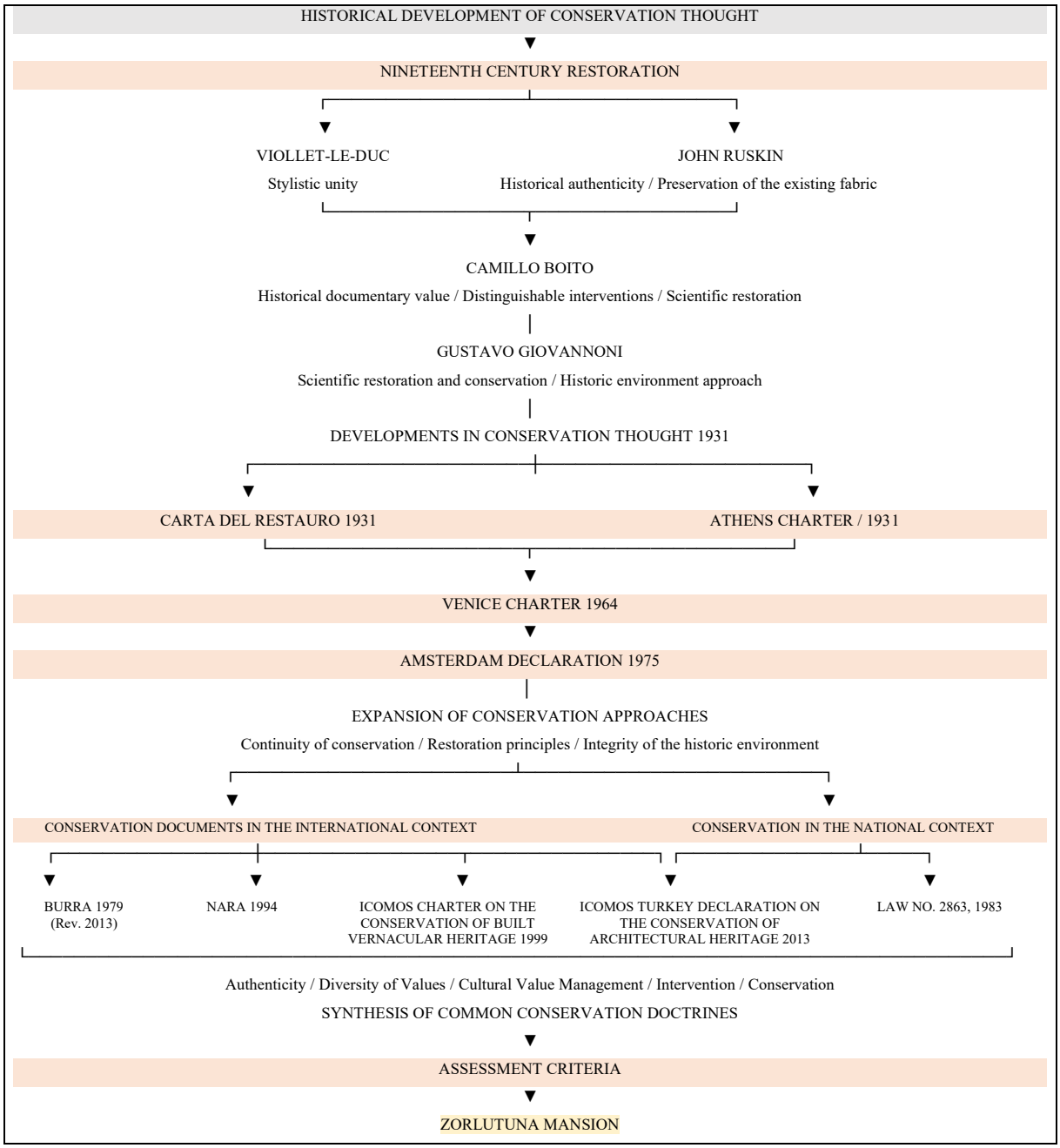


Fig.2. Timeline and conceptual network / hierarchical diagram showing the development of historic restoration thought and the assessment framework for Zorlutuna Mansion (prepared by the author based on Zeynep Ahunbay's 1996 book on restoration)

2. Method

This study adopts a theoretically grounded, step by step assessment approach to evaluate adaptive reuse processes in historic buildings in an objective and systematic manner. The methodological framework covers the entire process, beginning with a review of international conservation doctrines and proceeding to the scoring of these principles through a specific case study. The steps followed in this process are presented as a whole in Figure 3.

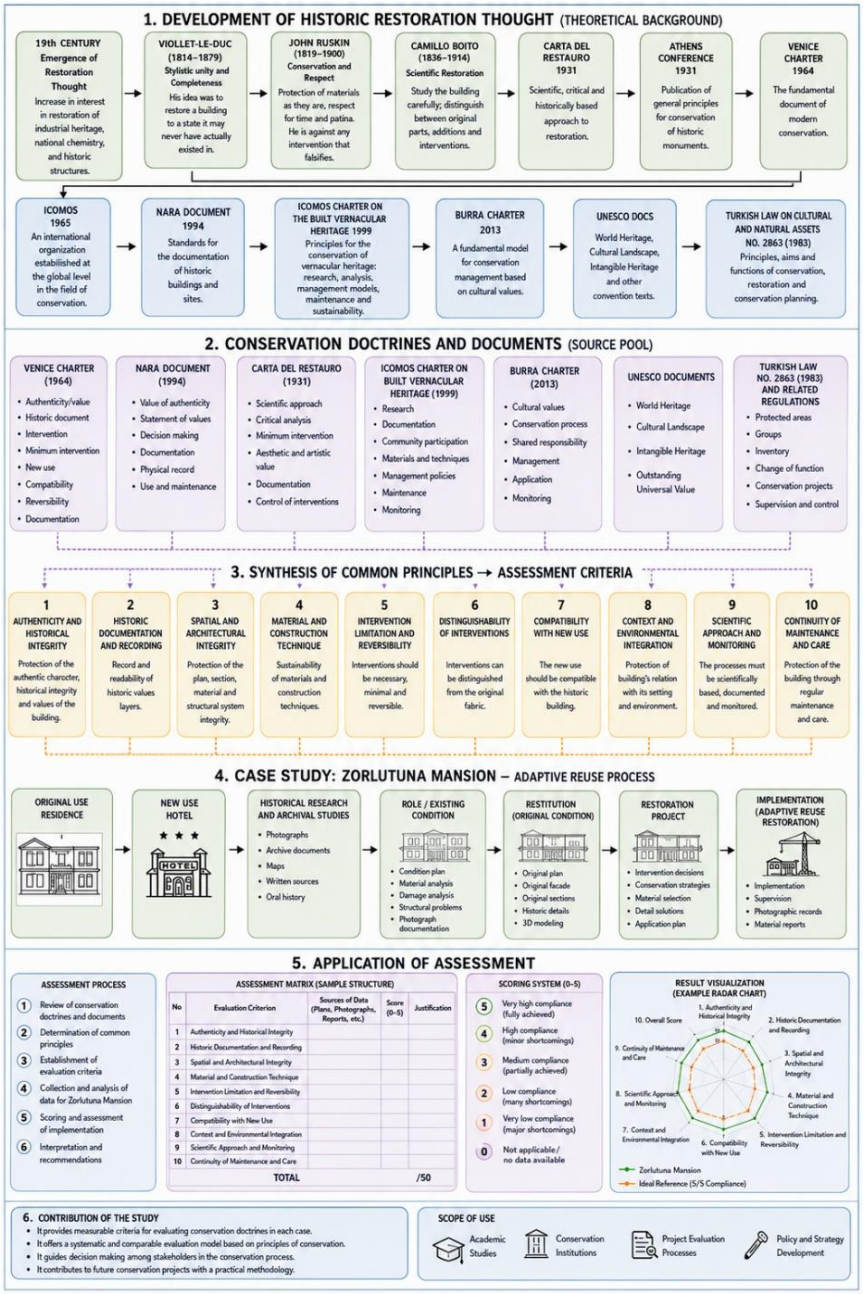


Fig. 3. Doctrine Based Assessment Table for the Conservation and Adaptive Reuse Process of Historic Buildings

3. Location of the Building and Its Position within the Urban Fabric

Zorlutuna Mansion, also known as Dertli Mustafa Paşa Mansion, is located in Edirne Province, Central District, Map Sheet 25, Block 410, Parcels 17 to 21 (Archives of the Edirne Regional Directorate of Foundations). The mansion sits within walking distance of many of Edirne's important historic and cultural landmarks. Those landmarks include Selimiye Mosque and Complex the Bedesten, Arasta Bazaar, the Old Mosque and Ali Paşa Bazaar.

The mansion's position in the core of the city shows that the mansion is not only a piece of civil architecture but also a vital part of the historic urban fabric (Fig. 4).

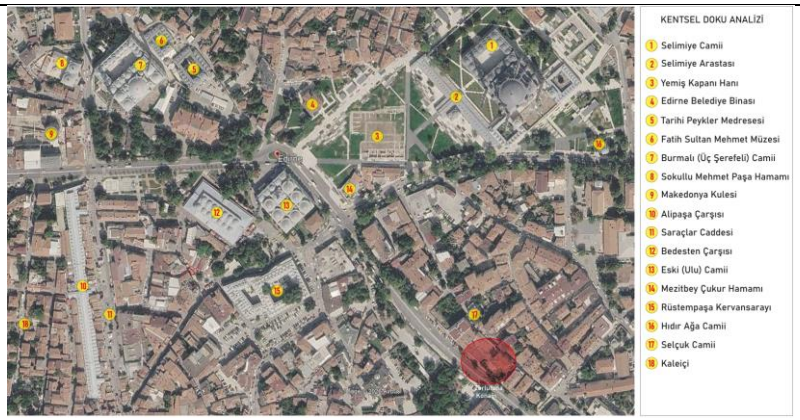


Fig. 4. Urban fabric analysis of Zorlutuna Mansion and its immediate surroundings (based on Google Maps)

4. Historical Development and Identity of the Building

Zorlutuna Mansion, originally known as Dertli Mustafa Paşa Mansion or Dertli Hacı Mustafa Efendi Mansion, is one of Edirne's significant examples of civil architecture from the late Ottoman period. A photograph of Dertli Mustafa Bey and a photograph of the mansion dating from 1974 are presented below (Fig. 5).

	
Dertli Mustafa Bey (Süleyman Cemil) (URL-1)	Historical photograph of Zorlutuna (Dertli Mustafa Paşa) Mansion in 1974 (Dr. Rıfat Osman Archive)

Fig. 5. Historical photograph of Zorlutuna Mansion and Dertli Mustafa Bey

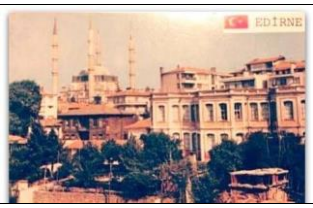
The building gets its name from its owner, Dertli Hacı Mustafa Bey (Süleyman Cemil) who was a member of the Edirne Provincial Administrative Council. Dertli Hacı Mustafa Bey was born in İpsala. Was one of the rich landowners in Edirne during the late nineteenth century. Besides his mansion in the city centre Dertli Hacı Mustafa Bey owned Yahşi Fakih Farm and many other lands nearby giving him a role in the social and economic life of that time. The old identity of the mansion matters not because of its building style but also because of the memory it keeps in the people of Edirne. The sad death of Dertli Hacı Mustafa Beys son, Hacı Nuri Bey in the 1900s was widely reported in the local papers and stayed in the city’s memory. After that Dertli Hacı Mustafa Bey left life and the building became known locally as "Dertli Mustafa Bey Mansion." The mansion is more, than a building; it has become a symbol that shows the social history of the city.

After changes in ownership during the era the mansion was bought by Salih Zeki Zorlutuna in 1938. From that point on it began to serve different purposes. Over the years the building was used as an child health center, a student dormitory and a hotel. At times it once again became a dormitory. Meanwhile its garden was opened to the public as a space and became a part of the daily life of the city.

To follow the journey of the building from the past to the present, visual and written records were examined. In addition oral history accounts were collected through interviews with residents of Edirne who had indirect ties to the mansion. The memories of people who lived there when it was a girls' dormitory or who formed social and spatial connections with the building show that the mansion is more than just a structure. It is a living heritage site that holds a place in the collective memory of the city (Kazancıgil,2002). The next section outlines the developments, in the historical evolution of the building.

The buildings location near the city center and its prominent place in the city layout also made it possible to reach archival and visual sources from many periods. As part of the research, cultural heritage inventories the archives of the Ministry of Culture and Tourism and other relevant institutions, various publications, old postcards, photographic archives and digital sources were examined. Also photographs taken by people at different dates and kept in various archives were included in the assessment. Because of the research information from archives, inventories, publications, postcards, photographs and oral history sources was gathered, while visual records of the building were sorted in order of time. The time order of these sources was paired with the buildings uses and physical features in periods and the resulting data is shown in full in the table (Table 1).

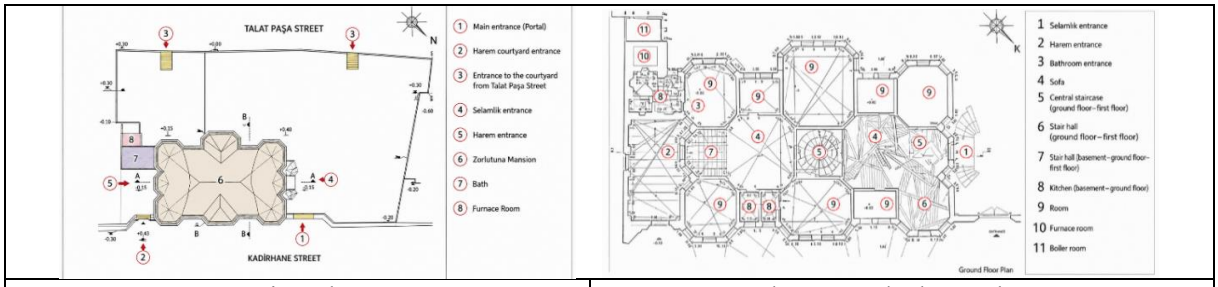
Table 1. Chronological Photograph Set of Zorlutuna Mansion

		
1968, Anonymous	Anonymous	1992(Restoration and Restitution Report,2020)
		
Anonymous	Anonymous	2026, Current view of the structure

5. Zorlutuna Mansion: Architectural Characteristics

5.1. Plan Characteristics and Spatial Organization

Zorlutuna Mansion, also called Dertli Mustafa Paşa Mansion in terms is a fine example of late Ottoman civil architecture. It stands in the heart of Edirne right, between Talat Paşa Street and Kadirhane Street. The building is made of stone and brick. Follows a traditional layout centered around a courtyard. (Restitution and Restoration Report, 2020). Reflecting the social life of its period, the building was organized into two separate functional sections, the selamlık and the haremlik. The entrance to the selamlık is located on the narrow northern facade, while the haremlik is accessed from the narrow southern facade. Adjoining the haremlik is a bath that can be accessed directly from this entrance, together with its associated furnace room. The mansion was therefore not limited to a residential function, but incorporated service spaces that supported the domestic culture and everyday life of the period. The site plan included in the measured survey covers the mansion, courtyard, ancillary structures, and the entrances serving these areas. It is presented below to illustrate the spatial integrity of the complex and the relationships between its different access points (Fig. 6).



a.Site Plan	b.Ground Floor Plan

Fig. 6. a) Site Plan of Zorlutuna Mansion, b) Ground Floor Plan of Zorlutuna Mansion (developed from the measured survey project)

One of the key components of the plan organization is the enclosed sofas located at the center of the building. Rooms of varying sizes, with chamfered corners, are arranged around these two sofas of equal size. In this context, the sofas function not only as circulation areas, but also as central distribution spaces connecting rooms with different functions. (Fig. 6.a). The entrance areas contain stair arrangements connecting different floor levels. From the stair landing at the selamlık entrance, access is provided both to the basement and to the ground floor level. The stair landing at the haremlik entrance provides access to the basement, ground floor, and first floor. The spiral staircase located at the center of the building, which is one of the defining elements of the plan, provides vertical circulation only between the ground floor and

the first floor (Fig. 6.b). The building therefore represents more than a residential layout composed simply of a series of rooms. Its plan reflects the spatial requirements of traditional domestic culture through an integrated organization based on functional, hierarchical, and circulation relationships (Restoration and Restitution Report, 2020).

5.2. Facade Characteristics

The facade composition of Zorlutuna Mansion is characterized by rhythmic rows of windows, window arches, moldings, and the articulated forms of its entrance doors (Restoration and Restitution Report, 2020). All windows in the building are double casement timber windows with substantial surrounds and segmental arches. The ground floor windows are protected by iron grilles (ETKVE, Vol. II). The regular repetition of window openings across the facades reinforces the symmetrical and balanced composition of the building. The window arches and moldings are described as displaying Baroque characteristics, although applied decorative motifs commonly associated with Baroque architecture, such as rosettes, acanthus leaves, and shell motifs, are not found on the building (Restoration and Restitution Report, 2020). The building can therefore be regarded as displaying clear Baroque influences while retaining an overall eclectic architectural character.

The facade composition of the mansion is not limited to the surfaces of the main building mass. In this context, the monumental entrance on the Kadirhane Street side, oriented toward Selimiye, is considered one of the principal entrances to the property, while the other entrance on the same street is identified as a secondary haremlik entrance. The facade composition therefore serves not only an aesthetic purpose, but also expresses the functional and hierarchical spatial organization of the building on its exterior (Fig. 7).



Fig. 7. Facades of Zorlutuna Mansion (Measured Survey)

6. Restoration Decisions and Adaptive Reuse of Zorlutuna Mansion

The prolonged period during which Zorlutuna Mansion remained outside its original use, together with the increasing level of physical deterioration, created a need to bring the building back into use. As part of the restoration work currently underway, the mansion is intended to be adaptively reused as a hotel. Accordingly, the restoration process is concerned not only with repairing existing building elements, but also with adapting the building to meet the requirements of its new use. Restoration decisions are therefore shaped through the combined assessment of the building's current physical condition, its historical and architectural character, its original building elements, and the spatial and technical requirements associated with the new function.

6.1. Documentation of the Existing Condition and Physical Condition Prior to Restoration

According to the findings presented in the measured survey and conservation report, various parts of the building exhibit physical deterioration and material related damage. Cracks, deformation, and material loss were identified in the load bearing walls, while loss of mortar joints was observed on stone and brick masonry surfaces. Timber building elements show signs of deterioration and loss, while missing components were identified in the roof and upper covering elements, along with deformation on the facade surfaces. In addition, plaster and paint layers on both interior and exterior walls display flaking, cracking, and localized losses caused by dampness and lack of maintenance.

6.2. Interventions to the Structural System and Walls

The measured survey identified deteriorated mortar joints in the stone and brick walls, together with cracks, deformation, and material loss. Interventions were therefore considered necessary to restore the structural continuity of the building. According to the report, small amounts of black deposits and surface soiling can be observed in certain areas of the building's facades. There are also losses in the partition and upper covering elements, resulting in damage caused by exposure to environmental conditions. Corrosion resulting from environmental conditions has also been observed on metal elements such as clamps and on the metal fittings of the timber doors. The report states that plaster and paint finishes on the interior and exterior walls have suffered flaking, material loss, and deterioration due to lack of maintenance and dampness, while damage has also occurred to the floor finishes. Plaster cracks and structural damage have also been observed on the walls.

6.3. Interventions to Door and Window Elements

The assessment of the building's condition prior to restoration states that none of its doors or windows were in usable condition. For this reason, the restoration project calls for the doors and windows to be reconstructed in timber in accordance with the details specified in the project and installed in their respective original locations.

6.4. Interventions to the Bath and Wet Areas

As part of the restoration process, the largely surviving sections of the bath are intended to be strengthened using appropriate methods, while missing or deteriorated sections are to be completed in accordance with the restoration project. It was decided that the plaster on the bath walls would be carefully removed and that missing materials would be completed on the basis of any original evidence revealed during this process. Cracks are planned to be strengthened by injection, and the walls are to be replastered using mortars prepared in accordance with the material analysis report.

6.5. Decisions Concerning Interior Spaces and Flooring Materials

According to the restitution data, the wet areas were designed with cement tile flooring, while timber was the predominant material specified for the other spaces. The marble finishes in the entrance halls are listed among the parts that have survived to the present day (Conservation Report, 2020). These findings show that the interior character of the building is set by more, than its layout; the materials and finishes used in each space also define it.

6.6. Intervention to the Entrance and Marble Steps

The marble steps in the entrance area are seen as parts of the building that have survived to today. Of replacing these marble steps the restoration plan says to take them down carefully.

6.7. Interventions to Preserve the Facade and Architectural Character

Localized surface deposits, corrosion stains, and crusted accumulations of soot and dust were observed on both the facades and the decorated limestone surfaces of the building. These deposits and contaminants were considered necessary to remove from the facades and other surfaces using appropriate intervention methods (Conservation Report, 2020).

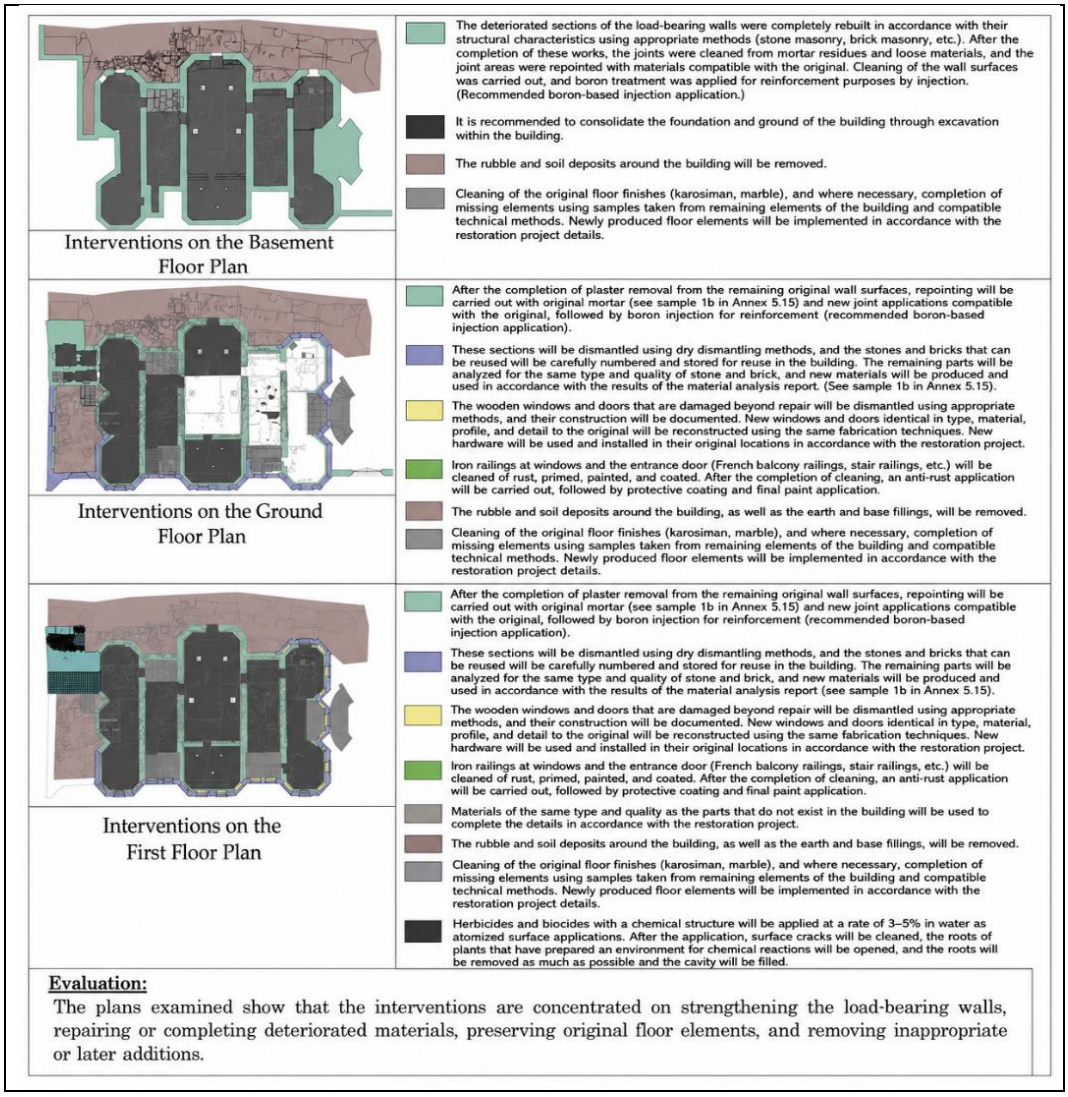
6.8. Interventions to the Roof System

According to the restitution data, the roof of the building consisted of traditional Turkish roof tiles laid over a timber structure. However, photographs taken as part of the measured survey reveal extensive losses in the roof and upper covering elements.

6.9. Representation of Intervention Decisions on the Plans and Facades in the Restoration Project

In the restoration project, intervention decisions for the basement, ground, and first floors are presented in Tables 2 and 3 according to the condition of existing building elements and proposed implementation methods.

Table 2. Intervention Legends on the Existing Plans within the Scope of the Restoration Proposal



Within the scope of the proposed interventions to the facades of Zorlutuna Mansion, walls that have shifted out of plumb are to be carefully dismantled using appropriate methods and rebuilt with mortar conforming to the analysis report. Damaged stone and brick sections are to be renewed, while timber doors and windows are to be repaired or reconstructed in accordance with their original details. Iron railings are to be cleaned of rust and dirt and repainted, while original floor finishes are to be cleaned and renewed in accordance with the restoration project. The proposed interventions also include removing rubble from around the building, carrying out foundation excavations with appropriate care, and applying chemical cleaning treatments against biological growth (Table 3).

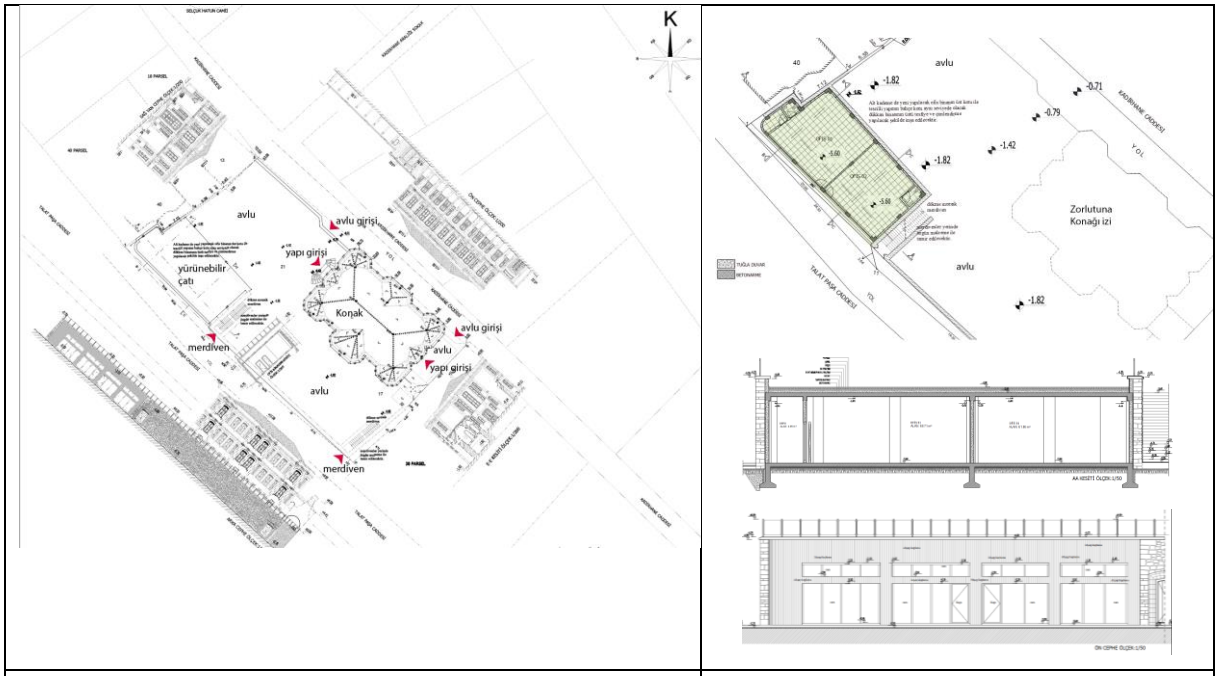
Table 3. Intervention Legends for the Facades within the Scope of the Restoration Proposals



6.10. Adaptive Reuse of Zorlutuna Mansion as a Hotel

In the restoration project, the building is organized into spaces and sections adapted for use as a hotel, with design decisions developed in consideration of the interventions required prior to restoration. An examination of the site plan shows that the roof level of the lower level

office unit has been designed as a walkable roof accessible from the courtyard (Fig. 8). The locations of the staircases and the building entrances providing access to the courtyard have been preserved, thereby maintaining the continuity of the original circulation layout.



a) b)

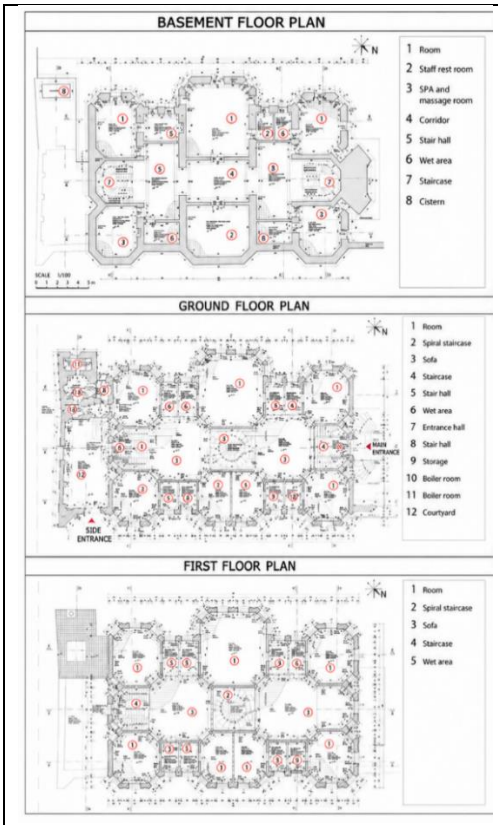
Fig. 8. a)Restoration Site Plan of Zorlutuna Mansion, b) Lower Office Building in the Zorlutuna Mansion Restoration Project (Approved Restoration Project)

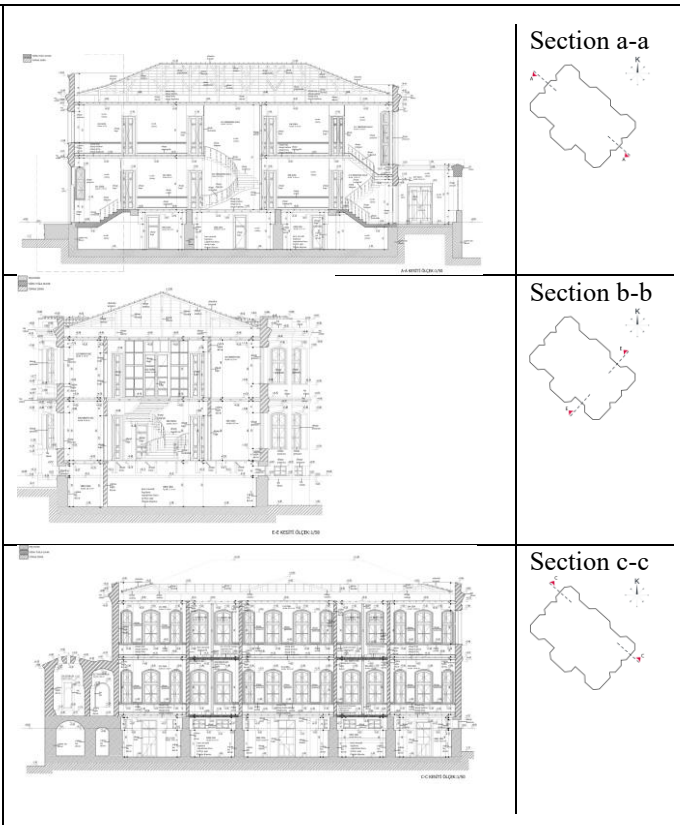
The most significant difference in the site plan is the presence of commercial units beneath the courtyard at the corner of Talat Paşa Street on the southern side. This lower level is integrated into the restoration project by aligning the upper level of the proposed office block with the garden level of the registered historic building. Its roof is leveled and landscaped with grass, preserving the courtyard's integrity without causing physical or visual intervention to the historic building or disrupting circulation (Fig. 8). In the restoration project, the basement, ground, and first floor plans were reconsidered according to the new function. Damaged or collapsed sections are reconstructed based on the original building traces and characteristics.

On the basement floor, existing rooms are adapted to the hotel function, while new wet areas, a spa and massage room, and a staff area are introduced. The building has three staircases positioned along the central north to south axis. The basement is accessible only by the staircases on the northern and southern facades, while the spiral staircase does not extend to this level. The area corresponding to the spiral staircase at basement level has therefore been retained as a corridor. An examination of the basement plan indicates that no intervention or design decision contrary to the original layout has been introduced. The building was originally

divided into the haremlik and selamlık sections along the east to west axis and had two separate entrances. Although no arrangement contrary to the original spatial organization has been introduced, the collapsed bath structure has been reconstructed on the basis of surviving original traces and incorporated into the hotel concept without compromising its original function and character. On the first floor, the two spacious sofas have been retained, while the surrounding spaces have been adapted as guest rooms with associated wet areas. The spiral staircase provides access to the first floor, whereas the staircase at the main entrance on the ground floor does not extend to this level. The first floor plan shows that access is provided by the spiral staircase and by the staircase located on the narrow facade of the southern wing. In general, all later partition walls introduced throughout the building are constructed of timber. This can be regarded as an appropriate solution because it does not impose significant additional loads on the original structural system and does not adversely affect the original fabric of the building (Table 4). An examination of the overall planning indicates that the original plan layout has been preserved on all floors, although timber framed internal partitions have been introduced in certain areas to create wet areas or divide individual rooms.

Table 4. a). Plans of the Restoration Project, b). Sections of the Restoration Project

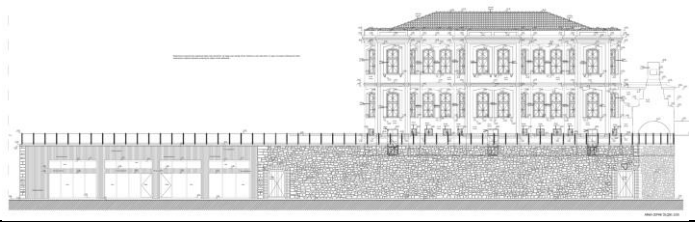
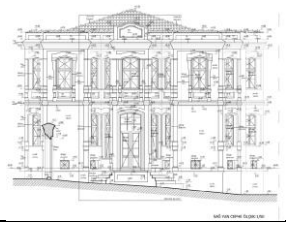




a) b)

When the facades are examined, it can be seen that the door and window openings in the restoration project have been addressed in accordance with the existing conditions and historical evidence. Original door and window elements that remain suitable for conservation are intended to be reused, while elements that have lost their original characteristics or are no longer usable have been redesigned using materials and details compatible with the historical character of the building. In certain sections of the facades, later interventions are proposed to be removed by dismantling the affected walls and reconstructing them in accordance with the original materials and construction techniques. In addition, the roof pitch and concealed roof configuration have been reconstructed in accordance with the original form of the building on the basis of the restitution data (Table 5).

Table 5. Facades of the Restoration Project

	
Rear Facade	Right Side Facade

7. Synthesis of Conservation Doctrines and Development of Conservation Assessment Criteria

7.1. Synthesis of Common Approaches in Conservation Doctrines

As a result of the doctrinal comparison conducted within this framework, ten fundamental assessment criteria were identified: authenticity and historical identity, historical documentation and evidential value, architectural and spatial integrity, materials and construction techniques, limits and necessity of intervention, distinguishability, compatibility of the new use, reversibility and flexibility, documentation and scientific approach, and continuous maintenance and monitoring.(Table 6).

Table 6. Assessment Criteria Synthesized from Conservation Doctrines

No	Assessment Criterion	Main Aspect Assessed by the Criterion
1	**Authenticity and Historical Identity**	Preservation of the building's original character, historical identity, and period characteristics
2	**Historical Documentation and Evidential Value**	Basing interventions on historical data, surviving traces, and reliable evidence
3	**Architectural and Spatial Integrity**	Preservation of the plan layout, spatial relationships, facade arrangement, and architectural integrity

4	**Materials and Construction Techniques**	Preservation of original materials, material character, and traditional construction techniques
5	**Limits and Necessity of Intervention**	Limiting interventions in accordance with the principles of necessity, justification, and minimum intervention
6	**Distinguishability**	Ensuring that new additions, completions, and alterations can be clearly distinguished from the original building
7	**Compatibility of the New Use**	Ensuring that the new use is compatible with the physical, spatial, architectural, and cultural values of the building
8	**Reversibility and Flexibility**	Ensuring that interventions are reversible whenever possible and designed to accommodate future changes
9	**Documentation and Scientific Approach**	Basing research, analysis, documentation, and intervention decisions on scientific evidence
10	**Continuous Maintenance and Monitoring**	Ensuring the continuity of conservation after implementation through maintenance, appropriate use, and monitoring

Within this framework, the assessment criteria developed serve as an analytical tool for comparing the measured survey, restitution, and restoration data for Zorlutuna Mansion. Rather than describing the interventions solely in terms of "what was done," the aim is to determine the extent to which the relationship between the original values of the building and the decisions concerning restoration and adaptive reuse corresponds with established conservation principles.

7.2. Application of the Assessment Criteria to Zorlutuna Mansion

The assessment criteria were applied to Zorlutuna Mansion by considering the measured survey, restitution, restoration, and material and conservation data together. The project report explicitly states that the restoration project was developed on the basis of the measured survey and restitution data. Accordingly, the evaluation focuses on the preservation of the building's authenticity and historical identity, the use of historical documentation and evidence, the preservation of its architectural and spatial integrity, the compatibility of materials and construction techniques, and the limits and necessity of interventions. In addition, the distinguishability of new elements, compatibility of the new use with the existing building, reversibility and flexibility of interventions, the documentation and scientific basis of the restoration process, and provisions for continuous maintenance and monitoring were considered. Together, these criteria provide a comprehensive framework for assessing the compatibility of the restoration approach with conservation principles and the long-term preservation of the building's cultural and architectural values.

7.3. Conservation Assessment Matrix for Zorlutuna Mansion

Table 7 presents the scoring matrix based on the main assessment criteria synthesized from the conservation doctrines during the course of the study.

Table 7. Restoration and Original Function Compatibility Matrix Based on the Assessment Criteria

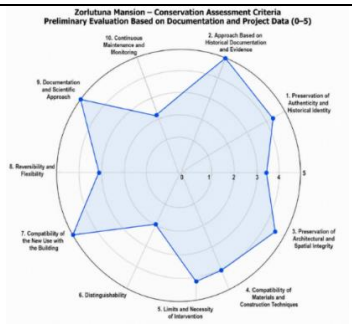
No	Assessment Criterion	Assessment of Zorlutuna Mansion	Score
1	Preservation of Authenticity and Historical Identity	Historical identity, plan layout, facade character, and original architectural elements have largely been taken into consideration.	**4/5**
2	Approach Based on Historical Documentation and Evidence	Historical photographs, documents, surviving traces, the art history report, and archival data have been used together.	**5/5**
3	Preservation of Architectural and Spatial Integrity	Efforts have been made to preserve the original plan organization, although the requirements of the new use have resulted in certain spatial adaptations.	**3/5**
4	Compatibility of Materials and Construction Techniques	The aim is to preserve original stone, brick, timber, and flooring elements and complete missing elements with compatible materials.	**4/5**
5	Limits and Necessity of Intervention	Retainable elements are strengthened, while dismantling and reconstruction are applied where necessary.	**4/5**
6	Distinguishability	Newly produced elements closely resemble the original forms and materials, while the distinction between new and original elements has not been clearly defined.	**2/5**
7	Compatibility of the New Use with the Building	Hotel use can be accommodated within the existing spatial potential, although technical requirements necessitate new interventions.	**4/5**
8	Reversibility and Flexibility	Some decisions involving dismantling, conservation, and reinstallation are positive, although not all structural interventions are reversible.	**3/5**
9	Documentation and Scientific Approach	Measured surveys, 3D scanning, photography, archival research, restitution studies, and material analyses have been used together.	**5/5**
10	Continuous Maintenance and Monitoring	Although maintenance measures are included in the restoration, insufficient information is available regarding long term maintenance and monitoring after the building is brought into use.	**2/5**
	TOTAL		**36/50**

7.4. Assessment Using a Radar Chart

The radar chart demonstrates that the conservation performance of Zorlutuna Mansion varies across the assessment criteria. The highest scores are observed in historical documentation, evidence, and scientific documentation, indicating that restoration decisions were based on comprehensive research. The relatively high scores for materials and construction techniques and the limits and necessity of intervention also reflect a strong emphasis on preserving existing elements and responding to their condition. In contrast, the low scores for distinguishability and continuous maintenance and monitoring highlight areas requiring further consideration. The former relates to the clear differentiation between original and reconstructed elements, while the latter indicates insufficient long-term monitoring mechanisms. Moderate scores for architectural and spatial integrity and reversibility and flexibility suggest that adaptive reuse is generally compatible with conservation principles,

although hotel functions introduce some interventions to the historical spatial organization. Overall, the radar chart identifies both the strengths and areas open to further discussion in the conservation approach of Zorlutuna Mansion (Table 8).

Table 8. Radar Chart Assessment of the Compatibility between the Restoration of Zorlutuna Mansion and Its Original Condition

	0: The criterion is not met. 1: The criterion is met to a very low degree. 2: The criterion is met to a limited degree. 3: The criterion is met to a moderate degree. 4: The criterion is largely met. 5: The criterion is met to a very high degree.

8. Conclusion and Evaluation

In conclusion, transforming the common approaches identified through the comparison of conservation doctrines from different periods into assessment criteria makes it possible to examine the adaptive reuse processes of historic buildings not merely in terms of individual interventions, but within a comprehensive conservation framework. The assessment conducted through the case of Zorlutuna Mansion reveals strong performance in terms of documenting the building through historical evidence, preserving original building elements, maintaining its materials and construction techniques, and determining interventions according to the existing degree of deterioration. In contrast, the distinguishability of new and original elements, spatial changes resulting from adaptive reuse, the reversibility of interventions, and the development of post restoration maintenance and monitoring processes emerge as areas requiring further improvement. These findings demonstrate that the criteria developed not only provide a means of classifying theoretical conservation principles, but also enable the conservation approach adopted for the building to be systematically assessed through measured survey, restitution, and restoration data. The resulting assessment therefore provides an applicable analytical framework for comparing, at the building scale, principles derived from different conservation doctrines within the adaptive reuse processes of historic buildings.

Acknowledgements

We would like to thank restoration specialist Mehmet Güler of Arma Proje Restorasyon Tic. Ltd. Şti. for his valuable contributions and support during our work on the building. We would also like to thank the owner of the building, Dr. Mehmet Burgazlı, for granting us permission to carry out our studies on the property.

REFERENCES

Ahunbay, Z. (1996). *Conservation and Restoration of Historic Environments*. Istanbul: Yem Yayın.

Edirne Governorship. (2013). *Inventory of Immovable Cultural Heritage of Edirne: Volume II*. Edirne Governorship Publications. Digital copy available through Internet Archive.

Restoration and Restitution Report, 2020. Edirne Regional Directorate of Foundations Archives.

Conservation Report (2020. Edirne Regional Directorate of Foundations Archives.

Istanbul Metropolitan Municipality KUDEB. (2019). *Seminar Book on Conservation and Repair of Masonry Buildings*. Istanbul: Istanbul Metropolitan Municipality.

Ağırgan, M. (n.d.). Dertli Mustafa Bey. *Edirne Kültür*. Accessed July 29, 2026.

Erdoğan, N. (2024). The urban morphology of Edirne. *Periodica Polytechnica Architecture, 55*(1), 12 to 29.

Erdoğan, N. (2017). Cultural traditions and domestic space: Ağaçbekler home. *SAGE Open, 7*(3), 2158244017732815.

Sarımeşe, F. (2026). A lesser known building in the urban identity of Edirne: Haşim İşcan Mansion (Ahmed Cevdet Paşa Mansion). *Trakya University Journal of Faculty of Letters, 16*(31), 379 to 411.

Biber, K., & İslamoğlu, Ö. (2023). Adaptive reuse of historic buildings: Nemlizade Mansion. *Artium, 11*(1), 33 to 42.

Özçakır, Ö. Reading the practice of “adaptive reuse” through international documents from the Venice Charter to the present day.

Atıf Yavuz Öden, H. (2025). Adaptive reuse in the context of sustainability principles: Sebile Hanım Mansion. *Turkish & Islamic World Journal of Social Research, 12*(45), 319 to 336.

ICOMOS. (1964). *International Charter for the Conservation and Restoration of Monuments and Sites (The Venice Charter).*

Australia ICOMOS. (2013). *The Burra Charter: The Australia ICOMOS Charter for Places of Cultural Significance.*

Plevoets, B., & Van Cleempoel, K. (2019). *Adaptive Reuse of the Built Heritage: Concepts and Cases of an Emerging Discipline*. Routledge.

URL 1: Edirne Kültür, Dertli Mustafa Bey.

Kazancıgil, R. (2002, March). Edirne, the first Turkish city whose history was written. *Edirne*, (7), 30 to 31.

Aydın, A., & Şahin, Ö. (2018). Adaptive reuse of historic buildings: Transformation of Isparta Aya İşotya Yorgi Church into the Rose Museum. *TÜBA KED Turkish Academy of Sciences Journal of Cultural Inventory*, (17), 63 to 75.

Yalçın, İ. C., & Açıcı, F. K. (2023). Historic Tahir Ağa Mansion within the scope of adaptive reuse. *Medeniyet Art Journal, 9*(1), 7 to 23.

Aksoy, E. (2024). Preservation and adaptive reuse of historic buildings: Fitnat Hanım House. *PLANARCH Design and Planning Research, 8*(2), 295 to 307.

Akansel, S. (2016). Traditional houses of Edirne Kaleiçi and the present appearance of Kaleiçi. *Trakya University Journal of Natural Sciences, 5*(2), 199 to 207.

Prabodani, M. K. M., Danilina, N., & Halwatura, R. U. (2026). *A hybrid SWARA WASPAS approach to enhancing decision making in adaptive reuse of historic buildings*. *Urban Transitions, 5*, 100029.

Ribera, F., Nesticò, A., Cucco, P., & Maselli, G. (2020). A multicriteria approach to identify the highest and best use for historical buildings. *Journal of Cultural Heritage, 41*, 166 to 177.

Douglas, J. (2006). *Building adaptation* (2nd ed.). Elsevier.

Canbulat, İ. (2012). Restoration of Gökçüler Mansion and its adaptive reuse as a boutique hotel. *In Proceedings of the Symposium on Conservation and Repair of Timber Structures*, 1 to 14.

Asiliskender, B., Yılmaz Bakır, N., & Gökmen, H. (2005). The concept of monument, continuity of identity and change; the experience of Gevher Nesibe Madrasah. *Architecture*, (322), 55 to 59.

Kurak Açıcı, F., & Konakoğlu, Z. N. (2019). Adaptive reuse of historical buildings: The case of Trabzon Chamber of Architects. *Journal of Çukurova University Institute of Social Sciences*, *28*(2), 214 to 224.

Pekol, B. (2010). The stylistic problem of historical buildings used with new functions in Istanbul. (Doctoral dissertation, Istanbul Technical University).

Çobancaoğlu, T., & Ökten, M. S. (2019). Conservation and restoration practices in historical environments: The case of Birgi Sandikoglu Mansion. *Tasarım + Kuram*, *15*(27), 10 to 30.

Büyüköztürk, E., & Oral, M. (2025). Evaluation of Osmaniye Doğruözler Mansion within the scope of adaptive reuse. *Journal of Art History*, *34*(1), 99 to 125.

Prof. Dr. Nevnihal Erdoğan

ORCID iD: 0000-0003-2259-3962

Kocaeli University

Türkiye

E-mail: nevnihal.erdogan@kocaeli.edu.tr

Ms. Şule Nas

ORCID iD: 0009-0000-3589-8111

Trakya University

Türkiye

E-mail: sulenas@trakya.edu.tr

THE TRANSFORMATION OF INTERIOR DESIGN IN THE NOVELS FATIH HARBIYE AND GURBET KUŞLARI: A CROSS-PERIOD COMPARISON

Dr. Nihan Sümeyye GÜNDOĞDU, Assist. Prof.

Atlas University (Turkey)

Dr. Nevnihal ERDOĞAN, Prof.

Kocaeli University (Turkey)

Abstract: This study aims to examine the transformation of interior design in Turkish novels from the Early Republican Period to the Post-Republican Period within the context of the relationship between architecture and literature. Interior space is considered not only as a physical environment but also as a narrative element reflecting social, cultural, and ideological transformations. The sample of the research consists of Fatih Harbiye, representing the Early Republican Period, and Gurbet Kuşları, representing the Post-Republican Period. Thus, the study aims to comparatively evaluate the changing forms of representation of interior space in two different historical periods. The research utilizes both content analysis and the socio-physical analysis model developed by Mazumdar and Mazumdar (1994). The obtained data were coded and analyzed comparatively, and the findings were visualized through Sankey diagrams. The findings show that in Fatih Harbiye, interior space stands out as a narrative element representing the cultural and ideological opposition between traditional and modern understandings of life; while in Gurbet Kuşları, it transforms into a more dense, fragmented, and function-oriented structure under the influence of migration, urbanization, and changing living conditions. Comparative analysis reveals that the meaning represented by interior spaces differs depending on the social changes of different periods. Consequently, the study makes visible the historical transformation of interior spaces in Turkish novels and offers a comparative perspective on the relationship between architecture and literature.

1. INTRODUCTION

Architecture and literature, as two disciplines that produce and interpret space in different ways, mutually enrich each other(Gündoğdu & Erdoğan, 2025).Novels are important sources reflecting the social life, cultural values, and spatial characteristics of the period in which they were written, and their descriptions of interior spaces, in particular, provide significant data on the living culture and changing spatial understanding of those periods (Havik et al., 2018; Güler Nakıp and Tuna Ultav, 2021; Erdoğan, 2024). Although there are studies in the

literature that address the relationship between architecture and literature, comparative research that examines interior spaces in literary texts using a systematic analysis method is limited. This study examines the novels Fatih Harbiye, representing the Early Republican Period, and Gurbet Kuşları, representing the Post-Republican Period, through content analysis and in accordance with Mazumdar and Mazumdar's (1994) socio-physical analysis model. The data obtained were analyzed numerically, and the findings from these analyses were visualized with Sankey diagrams to evaluate the continuities and transformations between the periods.

2. METHOD

In this research, the content analysis method, which enables the systematic encoding and interpretation of the semantic units in the texts, was used. The theoretical framework of the analysis is the socio-physical analysis model of Mazumdar and Mazumdar (1994), which explains the relationship between social values and spatial elements. The novels Fatih Harbiye and Gurbet Kuşları were examined using the close reading method; narratives related to interior spaces were separated into semantic units and coded. In the coding process, the categories Social Value (Code 1), Social Norm (Code 2), Architectural Value (Code 3), and Architectural Product (Code 4) were created, and then codes with similar content were evaluated under thematic headings. The data obtained as a result of the coding were digitized and visualized with Sankey diagrams in Atlas.ti software. Sankey diagrams show the relationships, commonalities, and differences between periods through a comparative flow structure.

3. PERIODIC BACKGROUND

The novels Fatih Harbiye and Gurbet Kuşları represent two different historical periods of Turkey’s modernization process. These periods are characterized by political, social, and cultural transformations, as well as changes in the understanding of housing and interior spaces. The Early Republic Period (1923-1945) is a period in which the political, social, cultural, and economic reforms implemented with the proclamation of the Republic reshaped daily life, family structure, and the understanding of housing; and the Turkish novel became an important narrative genre dealing with the phenomena of Westernization and modernization (Yılmaz, 2023; Alanka and Mertoğlu, 2023; Karagülle, 2012). The Post-Republic Period, on the other hand, represents a period in which the transition to a multi-party system, industrialization, rapid urbanization, and migration from rural areas to cities led to the

widespread adoption of apartment buildings and shantytowns, and consequently, a change in the understanding of housing and interior spaces. During the same period, Turkish novels transformed into a powerful narrative field addressing social change, class differences, migration, and urbanization (Balkaya, 2013; Hacısalihoğlu, 2008; Fırat, 2007, Seyhan, 2014).

4. ANALYSIS

In this section, the novels Fatih Harbiye and Gurbet Kuşları were examined at the interior space scale in accordance with the developed analysIS method; the findings obtained are presented on a novel-by-novel basis, and the similarities and differences between the periods are evaluated. The analysis codes for the novel Fatih Harbiye are presented in Table 1, and the analysis codes for the novel Gurbet Kuşları are presented in Table 2.

Table 1. Content Analysis of the Novel Fatih Harbiye

SEMANTIC UNITS (SENTENCES AND SENTENCE GROUPS)	**CODE 1: Social Values**	C **CODE 2: Social Norm**	**CODE 3: Architectural Values**	**CODE 4: Scale of Architectural Productsi**	**THEME**
	IS- SOCIAL		**IM- ARCHITECTURAL**		
Effects at the Indoor Scale					
That evening he hurried through all these streets, came home, went to his room, and took his fiddle out of its case and began to play that song. After the melody ended, he would wander in the same mode, playing the song again. Perhaps he played it eight or ten times. He accompanied it by singing softly..	Daily Life	Sociability	The Function of the Home as a Social Space	Bedroom	Home Dynamics
The gentleman is also curious. He's finished his meal. He's almost going to bed, but please come in!" Şinasi stood motionless in a stone courtyard smelling of coal dust and mold. Gülter, thinking that Şinasi, who was trying to maintain his inner peace, was experiencing some kind of social hesitation, repeated: -Please come in! Please come in!	Hospitality	Hosting Guests	Interior Design	Stone-paved area (in houses, a stone-paved courtyard, veranda, or area under the stairs).	Hospitality

"Please come in," he said, "the young lady will be here soon." He occasionally stopped to illuminate Şinasi's path with the oil lamp he held. They slowly climbed the creaking wooden stairs. In the upper hall, at the threshold of a room door, Neriman's father, Faiz Bey, stood with a book in one hand and glasses in the other, watching those coming up the stairs, seemingly searching for something without recognizing Şinasi.	Hospitality	Hosting Guests	Interior Design	Stairs, Sofa, Room Door	Hospitality
Finally, she got out of bed and sat by the window. Every now and then, she would lean her head out of the bay window and look at the night traveler coming down the slope illuminated by gas lamps, and when she saw that he was a man, she would pull her head back inside.	Privacy	Gender Roles	Interior Design	Bay Window	Privacy
Neriman tiptoed to the top of the stairs, took control, looked ahead, and, using one hand to hold the banister so as not to creak, climbed a few steps. Neriman couldn't find the strength to climb the steps, but she felt like she was going to faint if she stood there. Gathering all her strength with the effort of people climbing a hill at the edge of a cliff, she climbed a few more steps, passed her father, and then leaped quickly, jumping two steps at once into the hallway, slipping through a small gap in the door, and ran to the bedroom, locked the door, and without first undressing, threw herself onto the bed on her back.	The Hierarchical Order of the Household	Respect for Parental Authority	Interior Design	Staircase, Sofa, Bedroom	Behaviors of Individuals in Intra-Family Relationships
But he wouldn't sit in the room like this. Besides, all the armchairs and sofas in the room were full. He had to straighten at least one of them before he could sit down. At the same time, he felt that the order of his room depended on the outcome of the turmoil in his soul; trying to tidy his room before this inner revolution, which had been going on for days and had reached its peak today, was a futile endeavor; he even	Emotional Impact	The Reflection of Mental State on Space	Interior and Furnishings	Bedroom, Armchair and Sofa	The Reflection of Psychological Conflicts in Physical Space

wanted to mess up the room even more, throw plates and glasses on the floor and tear up the sheet music, so that he could see his own soul as if in a mirror.					
"I'll go into the kitchen too, we'll fry this together... I'll help you, Gülter!" he said. For months, Neriman hadn't even gone near the kitchen, let alone entered it. She wanted to take advantage of the effect this difference would have on her father. Neriman quit her job, but she didn't leave the kitchen either. She still wanted to appear as a housewife to her father. She went into her room twice and came out; she showed herself to her father with her apron and rolled-up sleeves. As Neriman came out of the room for the second time, Mr. Faiz said:	The Status of Women and the Family Structure	Social Roles and Expectations	Interior Design	Kitchen	Social Acceptance of the Housewife's Role in the Family
They had gotten into the carriage in Kuruçeşme and arrived at a mansion in the Sultanahmet area. The female slaves had lifted Neriman into the air from the courtyard on the lower floor and carried her upstairs, kissing her all the way.	Social Status	Social Hierarchy	Interior Design	Gizzard	The Reflection of Social Status on the Screen

Table 2. Content Analysis of the novel Gurbet Kuşları.

SEMANTIC UNITS (SENTENCES AND SENTENCE GROUPS)	**CODE 1: Social Values**	**CODE 2: Social Norm**	**CODE 3: Architectural Values**	**CODE 4: Scale of Architectural Productsi**	**THEME**
	IS- SOCIAL		**IM- ARCHITECTURAL**		
Effects at the Indoor Scale					

He slowly raised his eyes to his wife, who was looking at the abstract paintings on the walls. Oh, what a world! Who would have thought, who would have known that he would be born in one of the villages of Niğde, probably the poorest one, that he would lose his mother and father at a young age, that he would come to Istanbul with his uncle, and that he would lose his uncle as well. He would live in the bachelor rooms behind the coffee houses of Unkapanı and Küçükpazar, and even endure the caresses of the slightly old but fond of young boys-serving cook in one of the coffee houses; endure, what a word! One morning, very early in the morning, before the windows were even lit, the cook... He straightened up from where he was sitting, sighing.	Death	Class Struggle for Life	Silent identity transformation in the new venue.	Room	Class transformation brought about by death.
He looked at his wife again. She was still standing in front of the abstract paintings on the walls. Hadn't she heard him cough? Either she hadn't, or coughing in the house of a high-ranking minister wasn't considered rude or disrespectful. He felt relieved. After all, if it weren't for this woman, where would he ever see such refined living rooms? He was irritable and frivolous, but how had he risen from being just a greengrocer to becoming a contractor, or even, as many considered him, a gentleman?	Class Ascent	The effort to adapt to the new class's rules of conduct.	Interior design and furnishings	Living Room	Spatial representation of class transformation
Memed chuckled to himself under his mustache, then became serious. So this was the master who had gone out with the boy that evening? Bekir Master! "Okay, boss, let's heat it..." He got up and quietly left the room. By the time the water was heated and Bekir Master washed, the people in the room had woken up and were coming out to pour water and wash their hands and faces. Veli also woke up, washed his hands and face, and came back. He combed his hair tightly in the dirty mirror of one of the windows. Then he said, "Is that so, Memed?"	Communal Living	Culture of Living Together	Interior design and furnishings	Shared bathing area / window	Daily routines of communal living
Inside, deep within, the warm taste of Hatça Sisters and Rıza Masters on summer evenings with suns that had fallen, walked towards the kitchen. She stopped at the door. Hot dishwater steaming under the tiled kitchen faucet. Food was cooked in a pressure cooker and eaten in plates of various sizes. No matter how much there was, it was washed quickly. Where was the tar that wouldn't	Warm family life	Sharing household tasks	Modern kitchen convenience	Kitchen	Comparing the past with the modern

come off the copper or zinc pots of the previous houses, and where was the way the oil melted and flowed when the plates were dipped in hot water here?					
"How would I know? To your friends in İçerenköy or something... Never mind, just bring something to eat!" Ayşe thought of the large refrigerator in the kitchen. Since her husband had a shop in the vegetable market, his servant Gafur would bring bags full of bananas, oranges, apples, and pears when he came home in the evening. "Let's go upstairs!" Ayşe climbed the stone steps slowly and quietly, while Pervin was hopping and jumping up like a madwoman.	The impression of a privileged life.	Abundance of consumption	Interior design and furnishings	Kitchen and Refrigerator	Class welfare indicators
Her eyes fell upon the lady's bedroom. The door was open.The sun, streaming through the partially closed shutters of the windows at the back of the room, broke the cool dimness with its glare. As Ayşe went to the kitchen to get some fruit, Pervin stopped at the bedroom door. The ornate bed, its yellow brass iron frame reflecting the sunlight from the shutters, was in disarray. The pink silk quilt and the camel-hair and mohair blanket hung on the floor. Pervin saw these things but paid no attention. She was interested in the dressing table and mirror, the various expensive lipsticks, pencils, and bottles of cologne and perfume of all sizes on the table.	Representation of femininity	The identification of the woman with the private space within the venue.	Interior design and furnishings	Ornate bed / dressing table / window with shutters	Women's identity and individual space
As she went to her room to undress, Ayşe went into the kitchen. She had finally found her rhythm. How nice that husband was! Ah, if only he weren't a lady, if only he were a woman like Hatça Ablası, lively and vibrant, with bulgur pilafs cooking, pickles, and onions that could be cracked open with a fist and eaten with salt. Crooked steps are like this, straight steps are like that. She was fed up. What was this life like, like a vise? She didn't want it. Even if she had millions and could buy mansions, she still wouldn't want a refrigerator or a washing machine. God had given humans hands, arms, and inexhaustible strength. But if she couldn't wash the laundry by hand, spread the tablecloth on the floor and eat her fill as her ancestors had done... then what she ate didn't feel right!	Nostalgia for traditional life	The woman is productive, strong and practical.	Interior design and furnishings	Refrigerator, washing machine, tablecloth	Critique of Modernization
Later, when she returned to the kitchen, she saw the gas can full of water on the gas stove, but she didn't ask, because Hatça, her older sister, said, "Our husband came home very dirty from work. Anşa,	Daily Life	The woman	Interior design and furnishing	Gas stove, tin cauldron	Spatial function in

please forgive me. If I don't wash him, he'll smell sour!" The children had all come home sweaty, attacked the rice and yogurt, and then the husband and wife had returned without washing. They had returned, but why did she need to ask if he had washed too? What was there not to know? Only the youngest son, Murat, had asked:		is responsible for household cleaning.	s		lower-class life
She had to work so that she could save money, and one day buy a plot of land somewhere and, like her sister Hatça's family, build a small but functional shanty with two rooms and a living room! She straightened up from where she had been leaning and crying. A human silhouette passing in front of the bright yellow windows of the building opposite caught her eye. Looking more closely, she realized it was Gafur. He had bags full of vegetables and fruits in both hands. As he did every evening. He went and closed the open kitchen door, then, regretfully, opened it slightly. Let's see what the master would say? What would Gafur reply, would he deny it?	Desire for property	The woman's responsibility to work in order to establish a home.	Interior Design	Two bedrooms, one sofa.	The Desire for Shelter
Ayşe went dejectedly, retrieved one of the Club raki bottles from the refrigerator, which was sweating from the cold. Pickles, sardines, anchovies, tarama, chopped sucuk, salami, pastrami, cheese, green olives… "Put the pork chops on the electric grill!" Ayşe reluctantly went to the kitchen. Everything was in the refrigerator, but what good was it? She had been watching "the son of a bitch" all day from the stone steps or the kitchen window, but she hadn't seen him, or if she had, "the pig" had stubbornly refused to look up. She plugged the grill into the socket. Then she unplugged it. She had lost her mind. She took the frozen pork chop slices from the refrigerator and arranged them on the grill, then plugged it back in.	The Woman's Role in the Home	The woman's role in the household's service	The woman's spatial responsibility	Kitchen, Refrigerator, Electric Grill	The interaction between women and space.
He should have gone, called them... or no, not called them, he should have kicked open the door and burst in, giving them two slaps from above... Would Anşa get involved? Let her. What did they think of themselves? Just as he approached the window, the lamp went out, the white curtain darkened. Had they realized he was standing there? He withdrew, went to the door of his own room, even fearing that his son and daughter-in-law's doors might open and they	Privacy	Protecting family boundaries	The Atmosphere of the Place	Window, curtain, room	Privacy Violation

might see him there... Fearing, because they might think he was lurking in someone else's room..					
The couple, who have decided to work together in business, will strive to realize Serin Arslan's remarkable project, which involves building American-style, one-room apartments, first in Istanbul and then in Anatolia.	Modern family	Couples can work together	Housing typology is shaped according to social role.	Single-room floor plans, projec t.	Social transformation and the concept of housing.
They came to their house, passing by the dark windows of the courtyard where rooms were rented out to people like themselves, working here and there. The door was half-open. The walls were sagging. They went inside. There was not a single window in the room where a small oil lamp shone dimly, yellowing. This place had actually been built not for people to live in, but as an animal stable, and had been used as a stable for years, and when the demolitions started in Istanbul and increased, it began to be rented out to those who were driven out of the city.	Poverty	The necessity of housing for the poor.	Structures are adapted for human use through temporar y solutions.	Stable, room, window, courtyard	Housing crisis
He didn't see it. He entered the mansion's carved iron door and closed the door. Just now with his wife's elegant high-heeled shoes. He came to the stone stairs from the creaking, thin red sand road and climbed slowly. Light was pouring into the hall from the lady's bright curtains. He went to the stairs on tiptoe, with the silence of a cat, and went down the stairs with the same silence of a cat. There was also light in the window of the maid Ayşe. He stopped and pushed his door. Then it was bolted. He shot.	Hierarchy	Avoiding spatial encounter s with the lower class.	Interior Design	Staircase, Sofa, Red Sand Path	Class distinction in space
A deathly sadness, a heavy weight, suddenly descended upon the room. Ummu, kneeling beside the door, knelt down and began a quiet, strange, unassuming lament. Both boys were distraught. As for Yusuf, his earlier cheerfulness had vanished. For a time, neither of them uttered a word. In the dirty, round panes of glass, the harsh light of the sun shone through, everyone contemplated their own "Mother," reliving the moment of her death. Her death was nothing more than a slow, dimming fading, like a lamp. Their father was in Çukurova at the time. Their elder brother, Memed, was somewhere else with his friends. The two boys were	Death	Social culture of mourning	The Atmospher e of the Place	Room	The emotional weight of the place

playing by the door. Ummu was at her mother's bedside. With her sunken eyes, the woman looked at her daughter with deep sorrow. Then, as if falling asleep, she slowly closed her eyes, opened them, closed them again, and never opened them again.					
Memed, the penniless one, lay on his back, staring at the ceiling. He didn't see the faint, fluttering winged angel images in the yellowish light of the cracked-up gas lamp. He was looking, though. He was looking, but not seeing; he also heard the smoke-laden hum of a crowd of craftsmen, laborers, and unemployed people filling the room, but he didn't understand. A crowd of people, employed and unemployed, had come in groups of one, two, three, or four since the afternoon, filling their stomachs with bread, black olives, halva bread, boiled eggs, cheese bread, or slices of dark-fried bonito they had bought from the fishermen in Küçükpazar market, and now they had started playing dice and dice in groups of three or five.	Daily life of the lower class	Shared living space	Non-functional use of the space	Cracked glass gas lamp, dysfunctional space, communal living room.	Placelessness
They slept in separate rooms downstairs. God's command, with the words of the prophet, if they were to unite their rooms and sleep together... But according to what his wife said, the girl could not see Gafur in the slightest. He didn't like it, his face would wrinkle whenever his name was mentioned. He did not dwell on: "Bring the can opener!" "I don't know if she's going to open a spade or not. I'm not one of the girls he knows. After the lady and the gentleman retired to their rooms, Then..." He entered the kitchen angrily, turned on the electricity, took the can opener from the shelf, left the lamp on and came to the master.	Daily Life	The reflection of societal roles on family structure.	The reflection of family privacy in space.	Room	Traditional Values
The dirty light pouring in through the window suddenly dimmed even more. The shop outside had sold everything it could to those returning from the cinema and was about to close. When the orange color of the dirty light hitting the windows also disappeared, the light became even dirtier, but the room, and those in it, were plunged into almost pitch darkness. The wretched Memed was snoring softly, waiting for Veli's hand. Would Veli's hand, Veli's thief's hand, wait for the money he was going to steal?	Poverty	Shared sleep patterns in the dark	Interior Space and Equipment Usage	Room, Window	Daily life in a shantytown

The serious yet profound intelligence of Fuat Bey's wife, and her unexaggerated words, were very important in their relevance to Cıbıl Gız. The importance of this was most clearly highlighted by the words of İfakat Hanım, who lived opposite the green house, frequently visited us, and whose sole purpose in life was to gather gossip about her surroundings. "Oh, madam, how do you keep that girl in your house?" she asked. "If I were you, I wouldn't let her stay for a minute. She's a danger, especially to your son. After all, she's so young. My room is directly opposite yours. The curtains are usually open. When you're at work and the gentleman isn't around, she comes and hugs you from behind while you're combing your hair in front of the mirror."	Moral control	Surveillance shapes behavior.	Room Layout	Window, opposite room, curtain	Surveillance and Privacy

5. NUMERICAL DATA ANALYSIS

The codes obtained as a result of the content analysis were digitized and visualized with Sankey diagrams through the Atlas.ti program. The diagrams visually reveal the relationships between the frequency values of the subcategories, the codes, and the themes, and form the basis of the comparative analysis between periods.

5.1. Coding Guide at the Interior Scale

Following the content analysis, the resulting semantic units were coded under four basic categories: Social Value, Social Norm, Architectural Value, and Architectural Product, in accordance with Mazumdar and Mazumdar's (1994) socio-physical analysis model. Using the themes and codes created based on these categories, a coding guide (code-book) for the interior scale was prepared. In the coding system, the first digit represents the relevant category. Accordingly, 1 represents Social Value, 2 represents Social Norm, 3 represents Architectural Value, and 4 represents Architectural Product. The letter 'I' indicates that the analysis was performed at the interior scale, while the letters 'S' and 'M' represent social and architectural groups, respectively. The number at the end of the code indicates the sequence number of the relevant sub-code. For example, 1IS-15 represents the fifteenth social value at the interior scale, 2IS-5 represents the fifth social norm, 3IM-9 represents the ninth architectural value, and 4IM-20 represents the twentieth architectural product. The numerical data obtained in accordance with the coding guide were transferred to the Atlas.ti program and visualized with Sankey diagrams; the relationships between categories, themes, and codes were evaluated within the scope of comparative analysis across periods.

5.2. Numerical Code Tables of the Novels

The numerical code tables related to the interior scale show the numerical distribution of categories, themes, and codes identified in the novels Fatih Harbiye and Gurbet Kuşları. The code tables for the novels are presented in Table 3 and Table 4, respectively.

Table 3 Numerical Code Table of Interior Scale for the Novel Fatih Harbiye

SEMANTIC UNITS (SENTENCES AND SENTENCE GROUPS)	CODE 1: Social Values	C CODE 2: Social Norm	CODE 3: Architectural Values	CODE 4: Scale of Architectural Productsi	THEME
	IS- SOCIAL		IM- ARCHITECTURAL		
Effects at the Indoor Scale					
That evening he hurried through all these streets, came home, went to his room, and took his kemenche out of its case and began to play that song. After the melody ended, he would wander in the same mode, playing that song again. He probably played it eight or ten times. He accompanied it by singing softly. After dinner, he went out and went to Neriman's house. Even after Şinasi entered, Gülter, who opened the door, was still peeking outside and smiling.	1IS-26	2IS-41	3IM-36	4IM-18	T66
The gentleman is also curious. He's finished his meal. He's almost going to bed, but please come in! Şinasi stood motionless in a stone courtyard smelling of coal dust and mold. Gülter, thinking that Şinasi, who was trying to maintain his inner peace, was experiencing some kind of hesitation regarding social etiquette, repeated: -Please come in! Please come in!	1IS-8	2IS-23	3IM-19	4IM-49	T16
"Please come in," he said, "the young lady will be here soon." He occasionally stopped to illuminate Şinasi's path with the oil lamp he was holding. They slowly climbed the creaking wooden stairs. In the	1IS-8	2IS-23	3IM-19	4IM-50	T16

upper hall, at the threshold of a room door, Neriman's father, Faiz Bey, stood with a book in one hand and glasses in the other, watching those coming up the stairs, seemingly searching for something without recognizing Şinasi.					
Finally, she got out of bed and sat by the window. Every now and then, she would lean her head out of the bay window and look at the night traveler coming down the slope illuminated by gas lamps, and when she saw that he was a man, she would pull her head back inside.	1IS-33	2IS-42	3IM-19	4IM-51	T25
Neriman tiptoed to the top of the stairs, took control, and, looking ahead and holding onto the banister with one hand to avoid creaking, climbed a few steps, distributing her weight evenly. Neriman couldn't find the strength to climb the steps, but she felt as if she would faint if she stood there. Gathering all her strength with the effort of people climbing a hill at the edge of a cliff, she climbed a few more steps, passed her father, and then leaped, jumping two steps at once into the hallway. Through a small gap in the door, she ran to the bedroom, locked the door, and without first undressing, threw herself onto the bed on her back.	1IS-34	2IS-43	3IM-19	4IM-52	T67
But he wouldn't sit in the room like this. Besides, all the armchairs and sofas in the room were full. He had to straighten at least one of them before he could sit down. At the same time, he felt that the order of his room depended on the outcome of the turmoil in his soul; trying to tidy his room before this inner revolution, which had been going on for days and had reached its peak today, was a futile endeavor; he even wanted to mess up the room even more, throw plates and glasses on the floor and tear up the sheet music, so that he could see his own soul as if in a mirror.	1IS-30	2IS-44	3IM-15	4IM-53	T68
"I'll go into the kitchen too, we'll fry this together... I'll help you, Gülter!" he said. For months, Neriman hadn't even gone near the kitchen, let alone entered it. She wanted to take advantage of the effect this difference would have on her father. Neriman quit her job, but she didn't leave the kitchen either. She still wanted to appear as a housewife to her father. She went into her room twice, came out, and	1IS-35	2IS-40	3IM-19	4IM-20	T69

showed herself to her father with her apron and rolled-up sleeves. As Neriman came out of the room for the second time, Mr. Faiz said:					
They had gotten into the car in Kuruçeşme and arrived at a mansion in the Sultanahmet area. The maids had lifted Neriman into the air in the courtyard of the lower floor, kissing her as they carried her upstairs.	1IS-19	2IS-45	3IM-19	4IM-49	T70

Table 4: Numerical Code Table for Interior Scale in the Novel Gurbet Kuşları

SEMANTIC UNITS (SENTENCES AND SENTENCE GROUPS)	**CODE 1: Social Values**	**CODE 2: Social Norm**	**CODE 3: Architectural Values**	**CODE 4: Scale of Architectural Productsi**	**THEME**
	IS- SOCIAL		**IM- ARCHITECTURAL**		
Effects at the Indoor Scale					
He slowly raised his eyes to his wife, who was looking at the abstract paintings on the walls. Oh, what a world! Who would have thought, who would have known that he would be born in one of the villages of Niğde, probably the poorest one, that he would lose his mother and father at a young age, that he would come to Istanbul with his uncle, and that he would lose his uncle as well. He would live in the bachelor rooms behind the coffee houses of Unkapanı and Küçükpazar, and even endure the caresses of the slightly old but fond of young boys-serving cook in one of the coffee houses; endure, what a word! One morning, very early in the morning, before the windows were even lit, the cook... He straightened up from where he was sitting, sighing.	1IS-51	2IS-93	3IM-54	4IM-66	T254
He looked at his wife again. She was still standing in front of the abstract paintings on the walls. Hadn't she heard him cough? Either she hadn't, or coughing in the house of a high-ranking minister wasn't considered rude					T255

or disrespectful. He felt relieved. After all, if it weren't for this woman, where would he ever see such refined living rooms? He was irritable and frivolous, but how had he risen from being just a greengrocer to becoming a contractor, or even, as many called him, a gentleman?	1IS-69	2IS-94	3IM-9	4IM-48	
Memed chuckled to himself under his mustache, then became serious. So this was the master who had gone out with the boy that evening? Bekir Master! "Okay, boss, let's heat it..." He got up and quietly left the room. By the time the water was heated and Bekir Master washed, the people in the room had woken up and were coming out to pour water and wash their hands and faces. Veli also woke up, washed his hands and face, and came back. He combed his hair tightly in the dirty mirror of one of the windows. Then he said, "Is that so, Memed?"	1IS-70	2IS-95	3IM-9	4IM-103	T256
Inside, deep within, the warm taste of Hatça Ablas and Rıza Ustas on summer evenings of the downed suns, coming to the kitchen. He walked right. He stopped at the door. Steaming hot dishwater under the kitchen's tile faucet. The food was cooked in a pressure cooker and eaten on large and small plates. As many as you want, quickly It would wash away. Where is the pitch of the copper or zinc pots of the previous houses that did not come off when rubbed, where is the oil melting and flowing from the plates here when you put them in hot water?	1IS-71	2IS-96	3IM-55	4IM-59	T257
"How would I know? To your friends in İçerenköy or something... Never mind, just bring something to eat!" Ayşe thought of the large refrigerator in the kitchen. Since her husband had a shop in the vegetable market, his servant Gafur would bring bags full of bananas, oranges, apples, and pears when he came home in the evening. "Let's go upstairs!" Ayşe climbed the stone steps slowly and quietly, while Pervin was hopping and	1IS-72	2IS-97	3IM-9	4IM-104	T258

jumping up like a madwoman.					
Her eyes fell upon the lady's bedroom. The door was open.The sun, streaming through the partially closed shutters of the windows at the back of the room, broke the cool dimness with its glare. As Ayşe went to the kitchen to get some fruit, Pervin stopped at the bedroom door. The ornate bed, its yellow brass iron frame reflecting the sunlight from the shutters, was in disarray. The pink silk quilt and the camel-hair and mohair blanket hung on the floor. Pervin saw these things but paid no attention. She was interested in the dressing table and mirror, the various expensive lipsticks, pencils, and bottles of cologne and perfume of all sizes on the table.	1IS-73	2IS-98	3IM-9	4IM-105	T259
As she went to her room to undress, Ayşe went into the kitchen. She had finally found her rhythm. How nice that husband was! Ah, if only he weren't a lady, if only he were a woman like Hatça Ablası, lively and vibrant, with bulgur pilafs cooking, pickles, and onions that could be cracked open with a fist and eaten with salt. Crooked steps are like this, straight steps are like that. She was fed up. What was this life like, like a vise? She didn't want it. Even if she had millions and could buy mansions, she still wouldn't want a refrigerator or a washing machine. God had given humans hands, arms, and inexhaustible strength. But if she couldn't wash the laundry by hand, spread the tablecloth on the floor and eat her fill as her ancestors had done... then what she ate didn't feel right!	1IS-74	2IS-99	3IM-9	4IM-106	T260
Later, when she returned to the kitchen, she saw the gas can full of water on the gas stove, but she didn't ask, because Hatça, her older sister, said, "Our husband came home very dirty from work. Anşa, please forgive me. If I don't wash him, he'll smell sour!" The children had all come home sweaty, attacked the rice and yogurt, and then the husband and wife had returned without washing. They had returned, but why did she need to ask if he had washed too? What was there not to know? Only the youngest son, Murat, had asked:	1IS-26	2IS-100	3IM-9	4IM-107	T261

She had to work so that she could save money, and one day buy a plot of land somewhere and, like her sister Hatça's family, build a small but functional shanty with two rooms and a living room! She straightened up from where she had been leaning and crying. A human silhouette passing in front of the bright yellow windows of the building opposite caught her eye. Looking more closely, she realized it was Gafur. He had bags full of vegetables and fruits in both hands. As he did every evening. He went and closed the open kitchen door, then, regretfully, opened it slightly. Let's see what the master would say? What would Gafur reply, would he deny it?	1IS-75	2IS-101	3IM-19	4IM-108	T262
Ayşe went dejectedly, retrieved one of the Club raki bottles from the refrigerator, which was sweating from the cold. Pickles, sardines, anchovies, tarama, chopped sucuk, salami, pastrami, cheese, green olives… "Put the pork chops on the electric grill!" Ayşe reluctantly went to the kitchen. Everything was in the refrigerator, but what good was it? She had been watching "the son of a bitch" all day from the stone steps or the kitchen window, but she hadn't seen him, or if she had, "the pig" had stubbornly refused to look up. She plugged the grill into the socket. Then she unplugged it. She had lost her mind. She took the frozen pork chop slices from the refrigerator and arranged them on the grill, then plugged it back in.	1IS-76	2IS-102	3IM-56	4IM-109	T263
He should have gone, called them... or no, not called them, he should have kicked open the door and burst in, giving them two slaps from above... Would Anşa get involved? Let her. What did they think of themselves? Just as he approached the window, the lamp went out, the white curtain darkened. Had they realized he was standing there? He withdrew, went to the door of his own room, even fearing that his son and daughter-in-law's doors might open and they might see him there... Fearing, because they might think he was lurking in someone else's room.	1IS-33	2IS-103	3IM-46	4IM-110	T264

The couple, who have decided to work together in business, will strive to realize Serin Arslan's remarkable project, which involves building American-style, one-room apartments, first in Istanbul and then in Anatolia.	1IS-78	2IS-104	3IM-57	4IM-111	T265
They came to their house, passing by the dark windows of the courtyard where rooms were rented out to people like themselves, working here and there. The door was half-open. The walls were sagging. They went inside. There was not a single window in the room where a small oil lamp shone dimly, yellowing. This place had actually been built not for people to live in, but as an animal stable, and had been used as a stable for years, and when the demolitions started in Istanbul and increased, it began to be rented out to those who were driven out of the city.	1IS-79	2IS-105	3IM-58	4IM-112	T266
He didn't see her. He entered through the carved iron gate of the mansion and closed it. He came to the stone steps, which had just creaked under his mistress's elegant high-heeled shoes, along the thin red sandy path, and climbed slowly. Light streamed into the hall from his mistress's bright curtains. On tiptoe, with the silence of a cat, he went to the stairs and descended them with the same cat-like silence. There was also light in the maid Ayşe's window. He stopped, pushed the door open. Then it was bolted. He knocked.	1IS-54	2IS-106	3IM-19	4IM-113	T267
A deathly sadness, a heavy weight, suddenly descended upon the room. Ummu, kneeling beside the door, knelt down and began a quiet, strange, unassuming lament. Both boys were distraught. As for Yusuf, his earlier cheerfulness had vanished. For a time, neither of them uttered a word. In the dirty, round panes of glass, the harsh light of the sun shone through, everyone contemplated their own "Mother," reliving the moment of her death. Her death was nothing more than a slow, dimming fading, like a silent lamp. Their father was in Çukurova at the time. Their elder brother, Memed, was God knows where with his friends. The two	1IS-51	2IS-107	3IM-46	4IM-66	T268

boys were playing by the door. Ummu was at her mother's bedside. With her sunken eyes, the woman looked at her daughter with deep sorrow. Then, as if drifting off to sleep, she slowly closed her eyes, opened them, closed them again, and never opened them again.					
Memed, the penniless one, lay on his back, staring at the ceiling. He didn't see the faint, fluttering winged angel images in the yellowish light of the cracked-up gas lamp. He was looking, though. He was looking, but not seeing; he also heard the smoke-laden hum of a crowd of craftsmen, laborers, and unemployed people filling the room, but he didn't understand. A crowd of people, employed and unemployed, had come in groups of one, two, three, or four since the afternoon, filling their stomachs with bread, black olives, halva bread, boiled eggs, cheese bread, or slices of dark-fried bonito they had bought from the fishermen in Küçükpazar market, and now they had started playing dice and dice in groups of three or five.	1IS-80	2IS-108	3IM-59	4IM-114	T269
They slept and lived in separate rooms downstairs. If only they could unite their rooms and marry, as God commanded and the Prophet said… But according to his wife, the girl didn't like Gafur at all; her face contorted when his name was mentioned. He didn't dwell on it: "Bring the can opener!" "Can opener, I don't know. I'm not one of those girls he knows. After the lady and gentleman have retired to their rooms…" He entered the kitchen angrily, turned on the light, took the can opener from the shelf, left the lamp on, and went to his husband.	1IS-26	2IS-109	3IM-60	4IM-66	T270
The dirty light pouring in through the window suddenly dimmed even more. The shop outside had sold everything it could to those returning from the cinema and was about to close. When the orange color of the dirty light hitting the windows also disappeared, the light became even dirtier, but the room, and those in it, were plunged into almost pitch darkness. The wretched Memed was snoring softly, waiting for Veli's hand. Would Veli's hand, Veli's thief's hand, wait for the money he was going to steal?	1IS-81	2IS-110	3IM-15	4IM-115	T271

6. COMPARATIVE ANALYSIS AND RESULT

In this stage of the study, numerical code-theme tables related to the interior space scale were visualized with Sankey diagrams; the analysis results were evaluated in line with the findings obtained from these diagrams.

6.1. Diagram Analyses at the Interior Scale: Comparison of the Interior Scales of the Novels Fatih Harbiye and Gurbet Kuşları

As a result of the general analysis, 82 codes were identified in the novel Gurbet Kuşları and 31 in the novel Fatih Harbiye. Four codes common to both novels were identified: Daily Life (1IS-26), Privacy (1IS-33), Interior Space and Furnishings (3IM-15), and Interior Space Organization (3IM-19). While these common codes reflect the continuity of daily life, privacy, interior space organization, and furnIShing usage throughout the periods; codes unique to only one novel reveal the social, cultural, and architectural transformation between the Early Republic Period and the post-Republic period. When the Social Value category was examined, 15 unique social value codes were found in Gurbet Kuşları and 7 in Fatih Harbiye. In addition, two social value codes (Daily Life and Privacy) were identified as common to both novels. In the novel Gurbet Kuşları (Birds of Exile), the following codes were identified within the interior space scale, under the category of social values: Moral control (1IS-82), Poverty (1IS-81), Lower class daily life (1IS-80), Poverty (1IS-79), Modern family (1IS-78), Woman's Domestic Role (1IS-76), Desire for property (1IS-75), Nostalgia for traditional life (1IS-74), Representation of femininity (1IS-73), Impression of privileged life (1IS-72), Warm family life (1IS-71), Communal living (1IS-70), Class ascent (1IS-69), Hierarchical household structure(1IS-54), Death (1IS-51; twice), Privacy (1IS-33), and Daily life (1IS-26; three times). In the novel Fatih Harbiye, the following codes were identified within the scope of social values at the interior space scale: The position of women and family structure (1IS-35), the hierarchical order of the house (1IS-34), emotional impact (1IS-30), social status (1IS-19; three times), hospitality/guest hosting (1IS-8; twice), daily life (1IS-26), and privacy (1IS-33). These findings show that in Gurbet Kuşları, the interior space is represented as a living space reflecting migration, poverty, the desire for class advancement, and social change; while in Fatih Harbiye, the interior space is constructed more as a symbolic space reflecting social status, cultural identity, family structure, and the conflict between tradition and modernity. The common codes of privacy (1IS-33) and daily life (1IS-26) identified in both novels reveal that, despite the differences between periods, the interior space of the dwelling retains its basic

social functions. When the Social Norm category IS examined, 19 unique social norm codes are found in the novel Gurbet Kuşları (Birds of Exile), and 7 in the novel Fatih Harbiye (The Conqueror's War). There are no common social norm codes in either novel. In the novel Gurbet Kuşları (Birds of Exile), within the scope of social norms at the interior scale, the following are dIScussed: The woman's responsibility to work to establISh a home (2IS-101), the division of labor within the home for the woman (2IS-102), the protection of family boundaries (2IS-103), spouses can work together (2IS-104), the necessity of housing for the poor (2IS-105), avoiding spatial encounters with the lower class (2IS-106), social culture of mourning (2IS-107), sharing a common living space (2IS-108), the reflection of social roles on the family structure (2IS-109), shared sleeping arrangements in the dark (2IS-110), surveillance shapes behavior (2IS-111), class struggle for life (2IS-93), the effort to adapt to the behavioral rules of the new class (2IS-94), the culture of living together (2IS-95), the sharing of household tasks (2IS-96), the abundance of consumption (2IS-97), the identification of the woman with the private space within the interior (2IS-98), and the woman's... The codes "being productive, strong, and practical" (2IS-99) and "the woman being responsible for household cleaning" (2IS-100) were identified in the novel "Gurbet Kuşları". In the novel "Fatih Harbiye", within the category of social norms at the interior scale, the following codes were identified: "Hospitality (2IS-23; twice)", "Social roles and expectations" (2IS-40), "Sociability" (2IS-41), "Gender roles" (2IS-42), "Respect for parental authority" (2IS-43), "Reflection of mental state in space" (2IS-44), and "Social hierarchy" (2IS-45). These findings show that the responsibilities of women within the home, the class struggle, and communal living practices highlighted in "Gurbet Kuşları", and the codes of hospitality, social hierarchy, gender roles, and parental authority identified in "Fatih Harbiye", reveal the social norms of different periods in the two novels and their reflections in interior spaces. When the Architectural Value category was examined, 10 unique architectural value codes were found in the novel "Gurbet Kuşları" and 1 in the novel 'Fatih Harbiye'. In addition, two architectural value codes (Interior Organization (3IM-19) and Atmosphere of the Space (3IM-46)) were identified in both novels. In the novel Gurbet Kuşları, within the architectural value category at the interior scale, the following codes were identified: Interior design and furnIShing (3IM-9; six tIMes), Room layout (3IM-61), Reflection of family privacy in space (3IM-60), Non-functional use of space (3IM-59), Structures are adapted to human use with temporary solutions (3IM-58), Housing typology IS shaped according to social role (3IM-57), Woman's spatial responsibility (3IM-56), Modern kitchen comfort (3IM-55), Silent identity transformation in a new space (3IM-54), Atmosphere of the Space (3IM-46; twice), and Interior Organization (3IM-19; twice). In

the novel Fatih Harbiye, the following codes were identified within the category of architectural values at the interior scale: Function of the House as a Social Space (3IM-36), Interior Space Organization (3IM-19; six times), and Atmosphere of the Space (3IM-46; twice). These findings show that in Gurbet Kuşları, architectural values are addressed around the physical transformation of the dwelling, its functional change, family privacy, and the reshaping of the dwelling typology in accordance with social roles; while in Fatih Harbiye, they are addressed through interior space organization, spatial atmosphere, and the function of the house as a social space. The codes Interior Space Organization (3IM-19) and Atmosphere of the Space (3IM-46), which are identified in both novels, are among the fundamental spatial values of the dwelling despite the differences between periods. When the Architectural Products category is examined, 16 unique architectural product codes were found in Gurbet Kuşları and 7 in Fatih Harbiye. There are no common architectural product codes in either novel. In the novel Gurbet Kuşları (Birds of Exile), the following codes were identified within the category of architectural products at the interior scale: Kitchen and Refrigerator (4IM-104), Ornate bed / dressing table / window with shutters (4IM-105), Refrigerator, washing machine, tablecloth (4IM-106), Gas stove, tin cauldron (4IM-107), Two rooms, one sofa (4IM-108), Kitchen, refrigerator, electric grill (4IM-109), Window, curtain, room (4IM-110; twice), Single-room floor plans, project (4IM-111), Stable, room, window, courtyard (4IM-112), Staircase, sofa, red sandy path (4IM-113), Gas lamp with cracked glass, dysfunctional space, common living room (4IM-114), Room, window (4IM-115), Living room (4IM-48), Kitchen (4IM-59) and Room (4IM-66; three tIMes). In the novel Fatih Harbiye, the following codes were identified within the category of architectural products at the interior scale: Bedroom (4IM-18), Kitchen (4IM-20), Courtyard (4IM-49; twice), Staircase, sofa, room door (4IM-50), Bay Window (4IM-51), Staircase, sofa, bedroom (4IM-52), and Bedroom, armchair and sofa (4IM-53). These findings indicate that in Gurbet Kuşları, architectural products are predominantly shaped around modern home furnIShings, everyday objects, and limited living spaces; while in Fatih Harbiye, they are shaped around traditional residential elements such as courtyards, bay windows, staircases, sofas, and bedrooms. When the theme category IS examined, 19 unique theme codes were found in Gurbet Kuşları and 7 in Fatih Harbiye. There is no common theme defined by the same code in both novels. In the novel Gurbet Kuşları (Birds of Exile), the following themes have been identified: Class transformation brought about by death (T254), Spatial representation of class transformation (T255), Daily routines of communal living (T256), Comparison of the past and the modern (T257), Indicators of class welfare (T258), Female identity and individual space (T259), Critique of modernization

(T260), Spatial function in lower-class life (T261), Desire for shelter (T262), Interaction between women and space (T263), Violation of privacy (T264), Understanding of housing through social transformation (T265), Housing crISIS (T266), Class dIStinction in space (T267), Emotional burden of space (T268), Placelessness (T269), Traditional values (T270), Daily life in slums (T271), and Surveillance and privacy (T272). In the novel Fatih Harbiye, the following themes were identified: Privacy (T25), Home and neighborhood dynamics (T66), Individual behaviors in intra-family relationships (T67), Reflection of psychological conflicts in physical space (T68), Social acceptance of the role of the housewife in the family (T69), Reflection of social status in space (T70), and Hospitality (T16; twice). These findings indicate that in Gurbet Kuşları, the themes are predominantly shaped around migration, slum formation, housing criisis, desire for shelter, class transformation, and modernization; while in Fatih harbiye, they are shaped around privacy, intra-family relationships, gender roles, social status, and hospitality.

7. CONCLUSION

The findings show that both novels possess a rich diversity of representations of interior spaces in terms of social and architectural aspects, but the number, density, and dIStribution of codes differ significantly according to the periods. In Fatih Harbiye, the interior space is shaped more around social status, family structure, privacy, traditional lifestyle, and interior space organization; while in Gurbet Kuşları, migration, slum formation, housing crisis, class transformation, housing struggle, modernization, and changing daily life practices come to the forefront. This differentiation clearly reveals the social, cultural, and architectural transformation of residential interior spaces in the period extending from the early years of the Republic to the post-Republic era. Codes such as daily life, privacy, interior space organization, and the use of furnishings, which are identified in both novels, show that despite the periodic changes, the basic functions of the house and its decisive role in social life have maintained their continuity. In contrast, codes specific to a particular period reflect the effects of social changes, economic conditions, and the modernization process on the meaning, use, and construction of interior spaces. In conclusion, the interior space is not merely a physical environment; it emerges as a multi-layered narrative element where social relations, cultural values, family structure, identities, and daily life practices become visible. Therefore, the scale of the interior space serves as a fundamental comparative plane in evaluating the spatial, social,

and cultural transformation that the dwelling underwent during the Early Republican Period and the post-Republican period. This study demonstrates that the interior space of the dwelling in Turkish novels is not only an architectural element but also an important indicator through which social change can be observed.

REFERENCES

Alanka, Ö., & Mertoğlu, S. (2023). Erken Cumhuriyet Dönemi'nde Modern Kadın Kurgusu ve Basın: Ev Kadın Dergisi. Akademik Hassasiyetler, 10(Cumhuriyet Özel Sayısı), 716-745. https://doi.org/10.58884/akademik-hassasiyetler.1353306

Balkaya, İ. S. (2013). İkinci Dünya Savaşı Sonrası Kurulan Dünya Düzeni ve Türkiye. The Journal of Academic Social Science Studies, 6(2), 149-164.

Erdoğan, N. (2024). The Search for a Home in Migratory Societies: Evaluating Hikmet Temel Akarsu's Adoration for Abroad in the Context of Architecture and Migration. İçinde Multidisciplinary Representations of Home and Homeland in Diaspora. Routledge

Fırat, H. (2007). Cumhuriyet Sonrası (1960-1980) Türk Romanlarında Sosyal Hareketler ve Eğitime Yansıyan Boyutları. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İstanbul, 211633.

Güler Nakıp, G., & Tuna Ultav, Z. (2021). Reading Architectural Modernizationthrough Novel Characters: KiralıkKonak by Yakup Kadri Karaosmanoğlu. Akademik Dil ve Edebiyat Dergisi, 5(2).

Gündoğdu, N. S., & Erdoğan, N. (2025). *The transformation of Istanbul's residential interiors in Turkish novels: The novels Kiralık Konak and Çamlıca'daki Eniştemiz*. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*. Advance online publication. https://doi.org/10.1080/13467581.2025.2603047

Hacısalihoğlu, E. (2008). 1945-1960 Dönemi'nde Türkiye'de Çalışma Yaşamının Orhan Kemal Romanlarında Temsili. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 221463.

Havik, K., Perrotoni, D., & Proosten, M. (2018). Literary Methods in Architectural Education. Writingplace: Journal for Architecture and Literature, (1), 5-9. https://doi.org/10.7480/writingplace.1

Karagülle, F. (2012). Cumhuriyet Dönemi Türk Romanında Anadolu'nun Sosyal ve Siyasî Hayatı (1923-1940). Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 319916.

Seyhan, A. (2014). Dünya Edebiyatı Bağlamında Modern Türk Romanı(Birinci Basım). Irmak E.(çev.), İstanbul: İletişim Yayınları.

Yılmaz, H. (2023). Türk Olmak: Erken Cumhuriyet Dönemi'nde Milliyetçi Reformlar ve Kültürel Tartışmalar, 1923-1945. İstanbul: İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları.

Dr. Nihan Sümeyye GÜNDOĞDU, Assist. Prof.

ORCID ID: 0000-0002-6890-7130

Web of Science Researcher ID: HPE-1554-2023

Atlas University (Turkey)

E-mail: nihan.gundogdu@atlas.edu.tr

Prof. Dr. Nevnihal Erdoğan

ORCID iD: 0000-0003-2259-3962

Kocaeli University

Türkiye

E-mail: nevnihal.erdogan@kocaeli.edu.tr

POST-CONFLICT URBAN DEVELOPMENT AND EMPLOYMENT: SPATIAL PLANNING AS A TOOL FOR SUSTAINABLE RECOVERY IN KARABAKH

Gumru Mirzaliyeva

Director, Habitat Lab Consulting, Baku, Azerbaijan

Prof.Dr.Nevnihal Erdoghan

Kocaeli Unuversiry, Faculty of Architecture and Design, Kocaeli, Türkiye

Abstract. The present work examines the relationship between integrated spatial planning, employment generation, and sustainable population return during the post-conflict reconstruction of Karabakh following the restoration of Azerbaijan's territorial integrity in 2020. Using a qualitative document-based case-study approach, this study analyzes the official master plans of six liberated cities: Shusha, Aghdam, Fuzuli, Zangilan, Lachin, and Kalbajar. The findings demonstrate that housing alone cannot guarantee successful resettlement; long-term recovery depends on polycentric urban development, smart-city concepts, and the simultaneous provision of economic opportunities and social infrastructure.

Keywords: post-conflict reconstruction, spatial planning, employment, Karabakh, sustainable return

1. Introduction

Post-conflict territorial reconstruction does not mean only the rebuilding of settlements. Sustainable recovery should encompass economic activity, tools that encourage the permanent return of internally displaced persons, and social solidarity. This process requires integrated spatial planning, land use, the provision of public services, carefully considered location-appropriate employment, and environmental sustainability. These elements should be integrated with one another. In 2020, Azerbaijan restored its territorial integrity. In the Karabakh region, which had been under occupation for 30 years, urban centres, villages, infrastructure, monuments, and productive lands had been destroyed and left unused. Therefore, reconstruction should support long-term economic sustainability and include efforts to improve residents' quality of life.

International experience shows that housing construction alone does not ensure successful resettlement. The parallel provision of education, healthcare, social infrastructure, and other services makes this process sustainable. The Azerbaijani government has adopted comprehensive master plans for several liberated cities. It has sought to implement sustainable urban planning and smart village concepts. Using a case study approach, this article examines the relationship between spatial planning in the reconstruction of Karabakh, efforts to develop social infrastructure, and the sustainable return of the population. The article argues that spatial planning should be considered not merely a mechanism for physical reconstruction, but also a tool capable of ensuring that the post-conflict population remains in the region.

2. Literature Review / Background

2.1. Historical and Post-Conflict Context

For centuries, Karabakh has served as a centre of trade, craftsmanship, agriculture, and cultural exchange, gaining historical significance through its cultural heritage, urban development, and strategic location at the crossroads of the South Caucasus. Shusha, Aghdam, Fuzuli, Lachin, Jabrayil, Kalbajar, and Zangilan are cities in the Karabakh region, each with its own distinctive landscape and identity.

The occupation, which lasted for nearly three decades, resulted in the destruction of settlements, cultural heritage sites, public infrastructure, transport networks, and other assets. The displacement of nearly one million Azerbaijanis disrupted long-established social and economic systems, leaving many settlements without permanent residents or functioning local economies (UNDP, 2022).

In 2020, following the Second Karabakh War, Azerbaijan launched the largest reconstruction programme in its modern history (State Committee on Urban Planning and Architecture of the Republic of Azerbaijan, 2022).

2.2. Spatial Planning, Employment, and Return: Theoretical Foundations

Employment is recognised as one of the key factors influencing return decisions in post-conflict societies. Internally displaced persons are significantly more likely to return to their places of origin when stable sources of income and economic opportunities are available there (IOM, 2021).

Spatial planning is conceptualised not merely as a technical tool, but as a strategic framework that links land use, infrastructure, and economic diversification (OECD, 2021). This perspective is consistent with place-based and integrated territorial development approaches, which emphasise the interrelationship between spatial organisation, economic productivity, and social well-being (European Commission, 2020; UN-Habitat, 2020). International research also shows that successful post-conflict recovery depends not only on housing construction, but also on integrating land-use planning with employment creation and social infrastructure (United Nations and World Bank, 2018).

3. Method / Approach

This study adopts a qualitative, document-based case-study approach. The primary sources are official master plans and reconstruction strategies published for six liberated cities — Shusha, Aghdam, Fuzuli, Zangilan, Lachin, and Kalbajar — by the State Committee for Urban Planning and Architecture of the Republic of Azerbaijan, supplemented by international institutional reports on post-conflict reconstruction, employment, and territorial development (United Nations & World Bank, 2018; UN-Habitat, 2020; OECD, 2021; IOM, 2021; UNDP, 2022;). Findings are organised thematically to identify each city's designated economic function and its expected relationship to employment generation and population return, summarised comparatively in Table 1.

4. Results and Discussion

4.1. Functional Differences Among the Cities Under Reconstruction

Taking regional development into account, the Azerbaijani government has sought to develop individual master plans defining the future role of each city (State Committee on Urban Planning and Architecture of the Republic of Azerbaijan, 2022). For example, Shusha has been declared the cultural capital of Azerbaijan. Given the prominence of Shusha’s historical identity, reconstruction efforts prioritise the preservation of historical monuments, the restoration of the traditional urban fabric, and the development of cultural tourism. The city’s historic centre has been included on UNESCO’s World Heritage Tentative List (UNESCO World Heritage Centre, n.d.), and spatial planning aims to strike a balance between heritage preservation and modern urban infrastructure. In 2023, Shusha was also declared the Cultural Capital of the Turkic World (TÜRKSOY, 2023), further strengthening the international profile of its heritage-based reconstruction strategy.

Taking its geographical location and landscape into account, Aghdam is being rebuilt as a major industrial and logistics centre. The master plan for Aghdam includes industrial zones, logistics facilities, commercial areas, and modern residential neighbourhoods. The city's strategic location and transport connections are expected to stimulate regional economic growth.

In 2021, Fuzuli International Airport was constructed in Fuzuli. The airport primarily serves the Karabakh region. The construction of new transport corridors has also established the city as a transport and service hub. Planning efforts focus on investment and regional accessibility.

Kalbajar, known since the Soviet era for its mountainous landscape, forests, and mineral springs, and as a destination for health tourism, is being developed in line with its traditional role. At the same time, accessibility and public services are being improved in Lachin and Kalbajar to meet the needs of returning residents.

Although each city performs a different function, together they aim to form a polycentric urban system in which complementary economic roles help balance regional development and strengthen the sustainability of the wider settlement network (UN-Habitat, 2020).

4.2. Employment as an Incentive for Sustainable Return

Spatial planning is not merely a technical process of urban development. It serves as a strategic tool for linking investment with regional competitiveness. It brings together residential, economic, institutional, and green infrastructure land uses within a unified framework for social and economic recovery (OECD, 2021). In Karabakh, industrial investment in Aghdam, tourism in Shusha, transport and logistics in Fuzuli, and sustainable agriculture in Zangilan support balanced regional development through diversified urban functions. At the same time, these activities provide tangible evidence of employment creation.

The relationship between employment and spatial planning is not limited to economic production. The geographical distribution of public spaces, community centres, schools, healthcare facilities, and transport systems affects residents' quality of life. This, in turn, encourages residents to remain in the area permanently.

Consequently, successful reconstruction requires the parallel and integrated development of physical infrastructure, economic revitalisation, and social structures within a coordinated planning framework (UNDP, 2022).

From this perspective, the long-term success of Karabakh's reconstruction should not be measured solely by the number of housing units delivered or infrastructure projects completed. Rather, it should be assessed by the extent to which reconstruction creates sustainable, socially inclusive, and environmentally sensitive communities that encourage the permanent return of the population.

City	**Spatial Planning Priority**	**Primary Economic Function**	**Expected Employment Sectors**	**Planning Document**
Shusha	Heritage conservation, tourism-oriented regeneration	Cultural tourism	Tourism, hospitality, creative industries, public services	Shusha Master Plan (State Committee, 2022); UNESCO Tentative List (n.d.); TURKSOY (2023)
Aghdam	Industrial development, regional service centre	Industry and logistics	Manufacturing, logistics, construction, trade	Aghdam Master Plan (State Committee, 2022)
Fuzuli	Regional transport and logistics hub	Transportation and services	Logistics, transport, commerce, public administration	Fuzuli Master Plan (State Committee, 2022)
Zangilan	Smart settlement development, sustainable agriculture	Smart agriculture, green economy	Agriculture, ICT, renewable energy, rural services	Zangilan Master Plan (State Committee, 2022); Aghalı Smart Village Project (2022)
Lachin	Eco-tourism, mountain settlement development	Nature-based tourism	Tourism, agriculture, forestry, local services	Lachin Master Plan (State Committee, 2023)

Kalbajar	Environmental conservation, sustainable resource use	Eco-tourism, natural resources	Tourism, agriculture, environmental management	Kalbajar Master Plan (State Committee, 2022)

Table 1. Designated spatial-planning priority, economic function, and expected employment sectors by reconstructed city.

5. Conclusion

The reconstruction of Karabakh illustrates how physical rebuilding can be integrated with long-term spatial and socio-economic development objectives. Sustainable recovery cannot be achieved through housing and infrastructure alone; it requires a spatial-planning framework that simultaneously supports employment generation, economic diversification, public-service provision, and environmental sustainability. The differentiated functional roles assigned to Shusha, Aghdam, Fuzuli, Zangilan, Lachin, and Kalbajar promote balanced territorial development by aligning local resources and economic potential with regional planning objectives. Employment should accordingly be treated as an integral component of spatial planning, not a secondary outcome of reconstruction. The Karabakh experience offers insights for policymakers and researchers working on post-conflict recovery elsewhere; future research may evaluate the long-term socio-economic impacts of the reconstruction process as population return continues to evolve.

Keywords: post-conflict reconstruction; spatial planning; employment; Karabakh; sustainable return

References (APA 7)

TURKSOY. (2023). Shusha - Cultural Capital of the Turkic World 2023.

https://www.turksoy.org/haberler/2023-turk-dunyasi-kultur-baskenti-susa-belgradda-tanitildi

Ministers responsible for Spatial Planning, Territorial Development and/or Territorial Cohesion. (2020). Territorial Agenda 2030: A future for all places. Adopted at the Informal Ministerial Meeting on Spatial Planning, Territorial Development and/or Territorial Cohesion, 1 December 2020, Germany. https://territorialagenda.eu/wp-content/uploads/TA2030_jun2021_en.pdf

International Organization for Migration. (2021). World migration report 2022.

Ministry of Economy of the Republic of Azerbaijan. (2023). Karabakh regional development programme.

OECD. (2021). Regional development policy reviews. https://www.oecd.org/en/publications/azerbaijan-2021-energy-policy-review_90fa056d-en.html

State Committee for Urban Planning and Architecture of the Republic of Azerbaijan. (2022). Master plans of the liberated cities. https://arxkom.gov.az/sehersalma/bas-planlar

UNESCO World Heritage Centre. (n.d.). Susha historical and architectural reserve — Tentative Lists. Retrieved 2026, from https://whc.unesco.org/en/tentativelists/1574/

United Nations Development Programme. (2022). Human development report 2021/2022.

United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). (2020). People-centred smart cities [Flagship programme].

United Nations & World Bank. (2018). Pathways for peace: Inclusive approaches to preventing violent conflict. World Bank.

Aghdam Master Plan (State Committee, 2022) https://arxkom.gov.az/storage/uploads/plans/bashplan_6659b52330340_az.pdf

Zangilan Master Plan (State Committee, 2022); Aghalı Smart Village Project (2022) https://president.az/az/articles/view/53631 https://arxkom.gov.az/storage/uploads/plans/bashplan_65b38b8cb393c_az.pdf

Gumru Mirzaliyeva ,

E-mail: qumrumirzeliyeva@gmail.com

Prof.Dr. Nevnihal Erdoghan

ORCID iD: 0000-0003-2259-3962

Web of Science Researcher ID: F-7222-2017

E-mail: nevtrakya@gmail.com

DETERMINATION OF THE BORE DIAMETER FOR THREADING WITH CHIPLESS TAPS

Dr. Badea Lepădătescu, assoc. prof.

Dr. Mihaela Mileșan, lecturer

Transilvania University of Brașov (Romania)

Abstract. The paper presents an analytical methodology for determining the diameter of the workpiece used in thread tapping with chipless taps, with the aim of achieving the required accuracy of the internal thread through cold plastic deformation. The method is based on the assumption of material volume conservation during the deformation process and establishes a relationship for calculating the theoretical workpiece diameter as a function of the thread parameters. Since material deformation is not uniform, a volume correction coefficient, determined experimentally, is introduced. The method enables the calculation of the actual workpiece diameter, taking into account the behavior of the material during deformation. The results can be used to improve thread-forming accuracy and to facilitate the programming and computer-based automation of the calculations.

Keywords: chipless tapping, cold plastic deformation, internal thread forming, volume conservation, workpiece diameter

1. Introduction

Thread forming taps are designed for cold forming threads in ductile materials. These include aluminum, copper, brass, zinc, low carbon steels, and free machining stainless steels. They displace material rather than cut or remove it.

A thread former, however, has no flutes (Fig.1). Instead, it is slightly polygonal in shape and presses the thread profile into the material. This geometry makes the tool more solid and less susceptible to fracture loads. The edges are not worn down by cutting-related wear, which later becomes noticeable in the tool life.

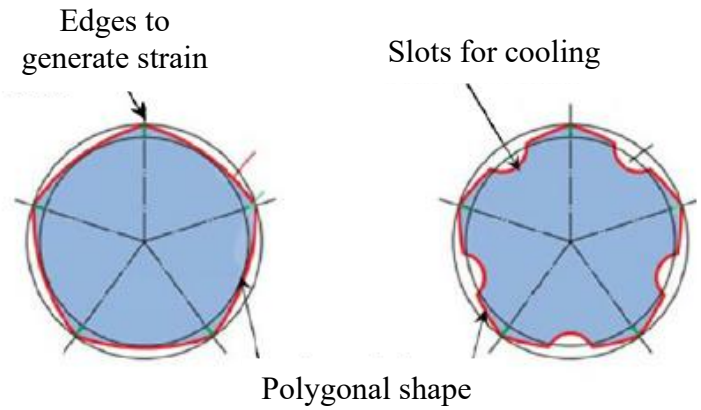


Fig. 1 – Cross section of thread forming tool.

During thread forming, the grain flow in the material is preserved – this ensures more stable threads, longer tool life, and very constant dimensional accuracy (Fig.1). When cutting, the grain flow (microstructure) is severed [1]. The microstructure in the material loses its continuity, and the cutting edges create notches that can later affect the load-bearing capacity. The opposite happens during thread forming. The grain structure is deformed, not separated. A densified, continuous grain flow is created, which makes the thread more stable and reduces notch sensitivity.

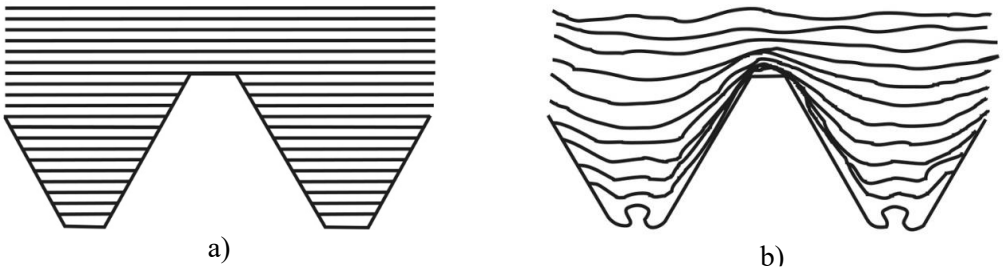


Fig. 2 – Grain flow in cuting thread (a) and forming thread (b).

The need to obtain data concerning the diameter of the semifinished-product is of great importance for achieving the required accuracy of the internal thread produced by cold plastic deformation. In some specialized studies, the following relationships are recommended:

$$\boldsymbol{D_{sr} = D - 0,6\sqrt{p}} \tag{1}$$

or

$$\boldsymbol{D_{sr} = f} \tag{2}$$

where: D_{sr} = diameter of the semi-finished product; D = the outside diameter of the nut; p = the thread pitch; f = the cross-sectional parameters;

Based on relationships (1) and (2), an accurate profile of the internal thread cannot be obtained, since the specific behavior of each material during the cold deformation process is not taken into account [2].

The present paper proposes an analytical methodology for determining the blank diameter in order to achieve the required accuracy of the internal thread.

1.1. Advantages and disadvantages/limitations of forming thread

1.1.1. Advantages of forming thread

No Chips. Without chips, there is no risk of chip congestion, no crater formation in blind holes, and no additional effort for chip evacuation. The component remains clean, which is a real advantage, especially in automated systems and series processes. In manufacturing environments that demand absolute cleanliness – for example, in electronic assemblies or food-related processes – even a single chip can lead to rejects. Working chip-free prevents exactly that.

Longer Tool Life and Higher Thread Strength. The material is cold-hardened and not cut. This ensures robust threads and long tool life because no cutting edges wear out.

Process Stability and Good Automation Capabilities. Thread forming delivers reproducible results and runs very reliably in modern CNC environments. This is a clear advantage for series production.

Better Surface Quality in the Thread. The surface of the formed thread is smoother and denser because no cutting notches are created. This improves the load-bearing capacity, and screws start more easily.

1.1.2. Disadvantages/limitations of forming thread

Higher Torques Required. Thread forming requires about 40–50% more torque than cutting. The machine must have this power reserve, otherwise the process cannot be used reliably.

Material Dependence: Cold Formability is Mandatory. Only ductile, formable materials are suitable for this. Very hard or brittle materials lead to cracks, dimensional problems, or tool damage.

Stricter Requirements for Bore, Lubrication, and Parameters. Core hole diameter, lubricant, and process parameters must fit exactly. Incorrect core holes or a lack of lubrication threaten tool breakage and faulty threads.

2. Analytical Determination of the Semi-Finished Product Diameter in the Case of Threading with Tapless Taps

Fig. 1 presents the main dimensional elements of the threaded joint, having the following parameters: H = 0, 86603 p; H_1 = 0, 54127 p; h_3 = 0, 61343 p; d_2 = d – 0, 64952 p; d_1 = d – 1, 22687 p; D = d; D_2 = d_2; D_1 = d_1; r = 1, 4434 p.

The accuracy of rolled thread production depends to a great extent on the diameter of the semi-finished product, which is not equal to the mean diameter of the thread [3].

Initially, the assumption of constant volume is considered to be satisfied, and the equality between the volumes of the semi-finished product and the rolled part over a length equal to one thread pitch is established (Fig. 1).

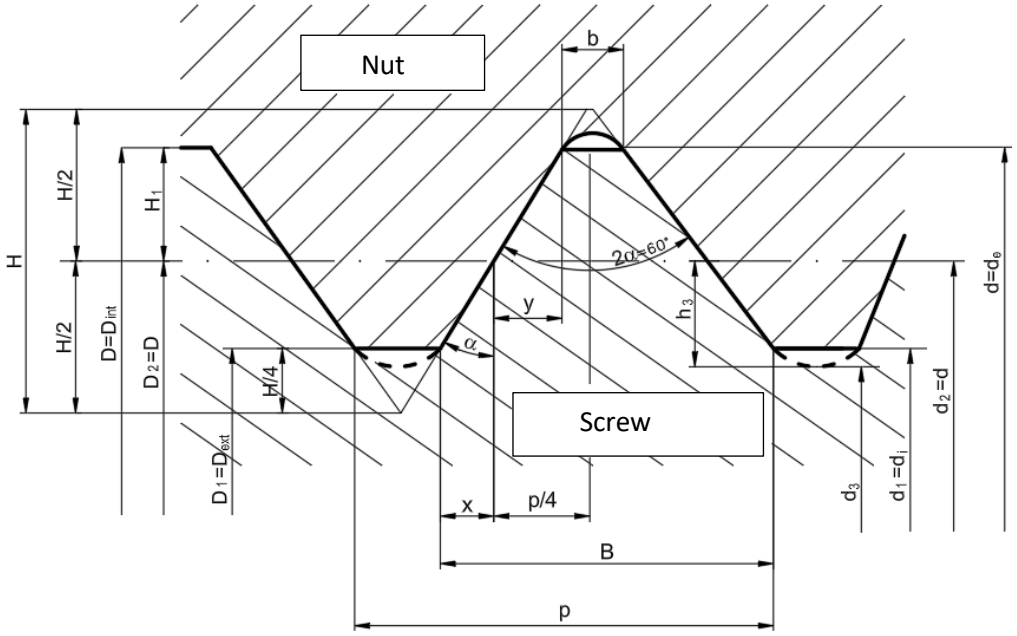


Fig. 3 - Main dimensional elements of the metric thread.

The volume of the semi-finished product over a length equal to one thread pitch is:

$$\boldsymbol{V_s = \frac{\pi \cdot D_s^2}{4} p} \tag{3}$$

The volume of the rolled part over a length equal to one thread pitch is:

$$\boldsymbol{V_p = \frac{\pi \cdot D_{int}^2}{4} p - V_g} \tag{4}$$

$$\boldsymbol{\frac{\pi \cdot D_s^2}{4} p = \frac{\pi \cdot D_{int}^2}{4} p - V_g} \tag{5}$$

where Vg is the volume of the void, which is the volume of a truncated pyramid.

$$\boldsymbol{V_g = \frac{1}{3} H(A_B + A_b + \sqrt{A_B . A_b})} \tag{6}$$

where:

$$\boldsymbol{H = \frac{D_{int} - D_{ext}}{2}} \tag{7}$$

and A_B, A_b are the areas of the bases of the truncated pyramid.

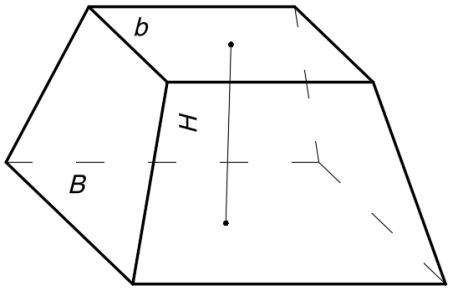


Fig. 4 – Volume of the truncated pyramid

The areas of the bases are:

$$\boldsymbol{A_B = D_{ext} \cdot B;} \qquad \boldsymbol{A_b = D_{int} \cdot b} \tag{8}$$

The dimensions B and b are expressed in terms of the thread elements according to Fig. 3.

$$\boldsymbol{B = 2\left(\frac{p}{4} + x\right) = \frac{p}{2} + 2x} \tag{9}$$

$$\boldsymbol{b = 2\left(\frac{p}{4} - y\right) = \frac{p}{2} - 2y} \tag{10}$$

but:

$$\cot\alpha = \frac{D_{int}-D}{2y} \qquad \Rightarrow y = \frac{D_{int}-D}{c\cot\alpha} \tag{11}$$

$$cot\,\alpha = \frac{D-D_{ext}}{2x} \quad \Rightarrow \quad x = \frac{D-D_{ext}}{2\,cot\,\alpha} \tag{12}$$

consequently:

$$B = \frac{p}{2} + 2\frac{D-D_{ext}}{2\cot\alpha} = \frac{p}{2} - \frac{D-D_{ext}}{\cot\alpha} \tag{13}$$

$$b = \frac{p}{2} - 2\frac{D_{int}-D}{2\cot\alpha} = \frac{p}{2} - \frac{D_{int}-D}{\cot\alpha} \tag{14}$$

Substituting into equations (8), we obtain:

$$A_B = \pi\cdot D_{ext}\left(\frac{p}{2} + \frac{D-D_{ext}}{\cot\alpha}\right);\ A_b = \pi\cdot D_{int}\left(\frac{p}{2} - \frac{D_{int}-D}{\cot\alpha}\right) \tag{15}$$

Substituting equations (7) and (15) into equation (6), we obtain:

$$V_g = \frac{D_{int}-D_{ext}}{6}\left[\pi\cdot D_{ext}\left(\frac{p}{2} + \frac{D-D_{ext}}{\cot\alpha}\right) + \pi\cdot D_{int}\left(\frac{p}{2} - \frac{D_{int}-D}{\cot\alpha}\right) + \sqrt{\pi^2 D_{ext}D_{int}\left(\frac{p}{2} + \frac{D-D_{ext}}{\cot\alpha}\right)\left(\frac{p}{2} - \frac{D_{int}-D}{\cot\alpha}\right)}\right] \tag{16}$$

$$V_g = \frac{D_{int}-D_{ext}}{6}\pi\left[D_{ext}\left(\frac{p}{2} + \frac{D-D_{ext}}{\cot\alpha}\right) + D_{int}\left(\frac{p}{2} - \frac{D_{int}-D}{\cot\alpha}\right) + \sqrt{M}\right] \tag{17}$$

$$D_s = \sqrt{D_{int}^2 - \frac{2}{3}\frac{D_{int}-D_{ext}}{p}\left[D_{ext}\left(\frac{p}{2} + \frac{D-D_{ext}}{\cot\alpha}\right) + \sqrt{M}\right]} \tag{18}$$

where:

$$\boldsymbol{M = D_{ext}D_{int}\left(\frac{p}{2}+\frac{D-D_{ext}}{\cot\alpha}\right)\left(\frac{p}{2}-\frac{D_{int}-D}{\cot\alpha}\right)} \tag{19}$$

Transforming equation (18) according to STAS 510-61 and performing the necessary substitutions, we obtain:

$$\boldsymbol{D_{int} = D;\ D = D_2;\ D_{ext} = D_1} \tag{20}$$

$$\boldsymbol{D_s = \sqrt{D^2 - \frac{2}{3}\frac{D-D_1}{p}\left[D_1\left(\frac{p}{2}+\frac{D_2-D_1}{\cot\alpha}\right)+D\left(\frac{p}{2}-\frac{D-D_2}{\cot\alpha}\right)+\sqrt{M}\right]}} \tag{21}$$

where:

$$\boldsymbol{M = D\cdot D_1\left(\frac{p}{2}+\frac{D_2-D_1}{\cot\alpha}\right)\left(\frac{p}{2}-\frac{D-D_2}{\cot\alpha}\right)} \tag{22}$$

Particularizing equation (21) for the triangular metric thread, according to STAS 510-61, where:

$D_2 = D - 0{,}64952\cdot p;\ D_1 = D - 1{,}08254\cdot p;\ \propto = 30^0;$

we obtain:

$$\boldsymbol{D_s = \sqrt{D^2 - 0{,}7216933\left[(D-1{,}08254\cdot p)\cdot 0{,}75\cdot p + D\cdot 0{,}125\cdot p + \sqrt{D(D-1{,}08254\cdot p)\cdot 0{,}75\cdot p\cdot 0{,}125\cdot p}\right]}}$$

$$\boldsymbol{D_s = \sqrt{D^2 - 0{,}721693\left[0{,}75\cdot D\cdot p - 0{,}811905\cdot p^2 + 0{,}125\cdot D\cdot p + \sqrt{0{,}09375\cdot D^2 - 0{,}101488\cdot D\cdot p^2}\right]}}$$

$$\boldsymbol{D_s = \sqrt{D^2 - 0{,}631481\cdot D\cdot p + 0{,}585946\cdot p^2 - p\sqrt{0{,}048829\cdot D^2 - 0{,}052859\cdot D\cdot p}}} \tag{25}$$

Using equation (25), the theoretical diameter of the semi-finished product can be determined as a function of parameters D and p.

During the threading process, the deformation of the material is not uniform, which makes it necessary to correct the diameter of the semi-finished product by reducing it by a

certain amount [4]. This correction can be achieved by reducing the volume and introducing a correction coefficient:

$$\boldsymbol{k = \frac{V_{sr}}{V_{sr} + \Delta V}} \tag{26}$$

In which:

$V_{sr} -$ is the actual volume that the semi-finished product should have;

$\Delta V -$ is the volumetric correction.

Volumes V_{sr} and $V_{sr} + \Delta V$ can be determined experimentally by applying Archimedes' principle before and after plastic deformation to the semi-finished products from which correctly formed parts are obtained.

$$\boldsymbol{V_{sr} = \frac{G_1}{\gamma_1}\ ;} \quad \boldsymbol{V_{sr} + \Delta V = \frac{G_2}{\gamma_2}} \tag{27}$$

where:

G_1 and G_2 are the weights of the volumes of liquid displaced before and after plastic deformation.

γ_1 and γ_2 are the specific weights of the liquid at the temperatures at which the two measurements are carried out.

Taking into account equations (27), equation (26) becomes:

$$\boldsymbol{k = \frac{G_1 \cdot \gamma_2}{G_2 \cdot \gamma_1}} \tag{28}$$

In the case when:

$$\boldsymbol{\gamma_1 = \gamma_{2,} \Longrightarrow k = \frac{G_1}{G_2}} \tag{29}$$

where:

$$\boldsymbol{G_1 = G_1' - G_2^{"} \; and \; G_2 = G_2' - G_2^{"}} \tag{30}$$

G_1' and G_2' are the weights of the semi-finished product and the plastically deformed part, respectively, measured in air, while $G_1^{"}$ and $G_2^{"}$ are the weights of the semi-finished product and the plastically deformed part, respectively, measured in liquid [5].

The measurements can be carried out using an analytical balance.

Based on the above, the actual diameter of the semi-finished product is:

$$D_{sr} = D_s \cdot \sqrt{k} = \sqrt{D^2 - 0,631481 \cdot D \cdot p + 0,585946 \cdot p^2 - p\sqrt{0,048829 \cdot D^2 - 0,052859 \cdot D \cdot p}} \cdot \sqrt{k} \quad (31)$$

3. Conclusions

The analytical method presented provides specialists with a relationship for calculating the diameter of the semi-finished product in the case of threading with tapless taps, based on the assumption of constant volume of the semi-finished product and the rolled part, as well as on the change in volume occurring during the manufacturing process.

This method also offers the possibility of programming the calculations on a computer.

REFERENCES

[1] Draghici, G., *Manufacturing Technology for Flat Parts with Crossed Axes, Complex Profiles, and Helical Features,* Technical Publishing House, Bucharest, 1977.

[2] Townsend, D. P., - *Dudley's Gear Handbook: The Design, Manufacturing and Application of Gears*, New York: McGraw-Hill, 1991.

[3] Thyer, G., – *Computer Numerical control of Machine Tools,* New York: Industrial press, 1993.

[4] Valentino, J., J. Goldenberg., – *Introduction to Computer Numerical Control*. Englewood Clifts, N.J.: Regents/Prentice-Hall. 1993.

[5] Boothroyd, G., P. Dewhurst, W. Knight. – *Product design for manufacture and assembly.* New York: Marcel Dekker, 1994.

Dr.ing. Badea Lepadatescu, assoc. prof.

ORCID ID:0000-0003-3742-8521

Email: lepadatescu@unitbv.ro

Transilvania University of Brașov

Dr.ing. Mihaela Milesan, lecturer

ORCID ID: 0009-0005-6645-1108

Email: mihaela.milesan@unitbv.ro

Transilvania University of Brașov

PRACTICAL APPLICATION OF A METHODOLOGY FOR MEDICAL DEVICE CLASSIFICATION UNDER THE EU MDR

Chief Assist. Prof. Dr. Victor Arsov
University of Chemical Technology and Metallurgy – Sofia (Bulgaria)

Assoc. Prof. Dr. Eng. Vasil Penchev
Technical University of Sofia (Bulgaria)

Prof. Dr. Eng. Juliana Javorova
University of Chemical Technology and Metallurgy – Sofia (Bulgaria)

Abstract. Medical device classification under Regulation (EU) 2017/745 (MDR) remains difficult in practice, especially for software, reusable surgical instruments, and borderline products. This study presents a structured methodology that translates Annex VIII into a top-down decision sequence based on 72 binary sub-identifiers. The method combines base-category identification, selection of the applicable MDR rule, and progressive refinement through yes/no decision points. Representative marketed devices, including dental tampons, physiological-monitoring mobile applications, and surgical instruments, were evaluated to demonstrate how the approach resolves ambiguous interpretations and produces reproducible class assignments. The results show that the methodology improves traceability, clarifies Notified Body involvement, and reduces the risk of misclassification during design and conformity assessment. The framework is suitable for engineering teams and can support future automation of regulatory decision-making.

Keywords: medical devices, EU MDR, classification, conformity assessment, regulatory compliance, medical software, risk management

1. Introduction

Medical devices are engineering products whose design must satisfy both technical performance requirements and a stringent regulatory framework. Under Regulation (EU) 2017/745 on medical devices (MDR)[1], classification is the first decisive regulatory step because it determines the conformity-assessment route, the extent of technical documentation, and the possible involvement of a Notified Body[2] (Fink & Akra 2023; Peter et al. 2020).

Although Annex VIII of the MDR defines 22 classification rules, their direct practical application is often challenging for manufacturers and engineers. Ambiguity is especially visible for medical software under Rule 11, reusable surgical instruments, and borderline products in contact with body orifices. In practice, the wording of the rules may permit different interpretations, which increases the risk of inconsistent classification and delayed market access[1, 2] (Fink & Akra 2023).

The problem is not purely formal. Medical devices interact directly with the human body and therefore even minor design, material, software, or performance deviations can have significant consequences for patient safety. Engineers must simultaneously account for functional effectiveness, biocompatibility, reliability, risk management, and regulatory compliance throughout development (Peter et al. 2020; Bianchini & Mayer 2022).

Within the European Union, the MDR replaced the earlier Directives 90/385/EEC[3] and 93/42/EEC[4] and introduced a clearer risk-based structure with Classes I, IIa, IIb, and III. Newer rules, including Rule 11 for software, Rule 19 for nanomaterials, and Rule 21 for substances introduced into or absorbed by the human body, may lead to higher classification because of their safety implications[1, 2].

This study examines a structured methodology for medical device classification that formalizes Annex VIII into a traceable decision path based on 72 binary sub-identifiers. The aim is to demonstrate, through practical case studies, how the method reduces subjectivity and supports reproducible class determination for marketed devices with potentially ambiguous regulatory status.

2. Materials and methods

2.1. Regulatory and methodological basis

The proposed approach builds on the MDR classification framework[1, 2] and on prior work that introduced additional logical refinement through binary sub-identifiers (Arsov 2025). The method addresses a frequent practical problem: a single device may appear to satisfy more than one rule, while the rule wording itself often contains conditional language that leaves room for subjective interpretation. By converting the rules into explicit yes/no decisions, the methodology supports objective and repeatable classification[2] (Peter et al. 2020; Arsov 2025).

2.2. Structured classification methodology

The methodology is implemented as a top-down sequence of three steps:

1) Determination of the device base category according to its mode of action, such as non-invasive, invasive, active, or a specific case involving substances or software.
2) Identification of the primary MDR rule that best corresponds to the device intended purpose, duration of use, and interaction with the human body.
3) Refinement through a system of 72 binary sub-identifiers that progressively narrows the decision path until a single reproducible class is obtained.

This decision logic is designed to be engineer-ready and suitable for future automation. It can be applied during the design phase, before formal conformity assessment, to reduce misclassification risk and clarify the expected documentation burden (Peter et al. 2020; Arsov 2025).

2.3. Case-study evaluation

Representative marketed devices were selected to test the method across different regulatory contexts. The cases include dental tampons as orifice-contact consumables under Rule 5, physiological-monitoring mobile applications under Rule 11, and surgically invasive instruments under Rule 6. For each case, the decisive sub-identifiers were recorded and the resulting class was compared with plausible market interpretations and published classification examples[5] to highlight practical consequences for compliance.

3. Results

3.1. Dental tampons

Dental tampons are commercially available devices intended to absorb saliva and blood during dental procedures. Despite identical intended use, similar products can be found on the market with different regulatory presentations. One product bears the number of a Notified Body, suggesting classification at least as Class Is or IIa, while another comparable product is marketed as Class I without Notified Body involvement (Figures 1 and 2). This discrepancy indicates inconsistent self-classification, most likely related to sterility claims, assumptions about bodily-fluid contact, or conservative marketing choices.

The case illustrates how vague interpretation of Rule 5 can create unnecessary differences in regulatory burden. Applying the structured methodology (Figure 3) makes the

decision path explicit and shows how the presence or absence of specific characteristics, such as sterility, drives the final class assignment. The method therefore helps distinguish genuine risk-related differences from documentation or interpretation artifacts.



Figure 1 – Example of a commercially available dental tampon package with a Notified Body number, indicating classification as Class Is or IIa. This higher classification may result from sterility, perceived increased risk, or marketing considerations, despite identical intended use to Class I devices



Figure 2 – Example of a similar dental tampon with identical intended use but classified as Class I (non-sterile) and CE marked without Notified Body involvement, illustrating classification inconsistencies in the market

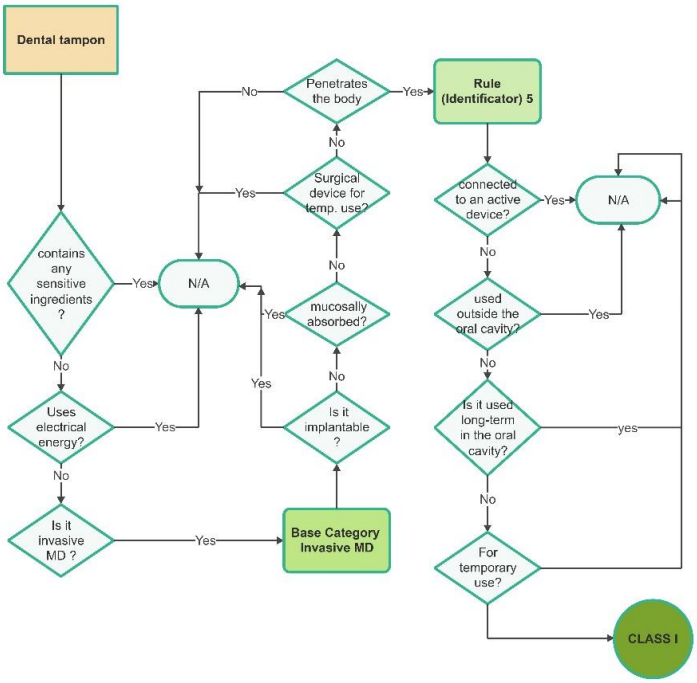


Figure 3 – Application of the proposed classification methodology to dental tampons, demonstrating how binary sub-identifiers guide toward an objective and reproducible class assignment

3.2. Mobile applications for physiological monitoring

Some mobile applications for physiological monitoring are still marketed with underestimated regulatory status. However, when the software output is used to support diagnosis, adjust therapy, predict complications, or remotely monitor patients, Rule 11 generally leads to Class IIa or IIb depending on the significance of the information for clinical decision-making and the risk posed to the patient[2, 6] (Cepeda Zapata et al. 2023).

A pivotal decision point concerns whether the software monitors vital physiological parameters and whether the generated information can influence therapeutic action (Figure 4). When vital data such as heart rate, oxygen saturation, or respiratory rate are used in a way that can drive therapy, the regulatory consequences are more stringent. Skipping one of these logical steps may incorrectly lower the class and, with it, the expected level of safety and documentation.

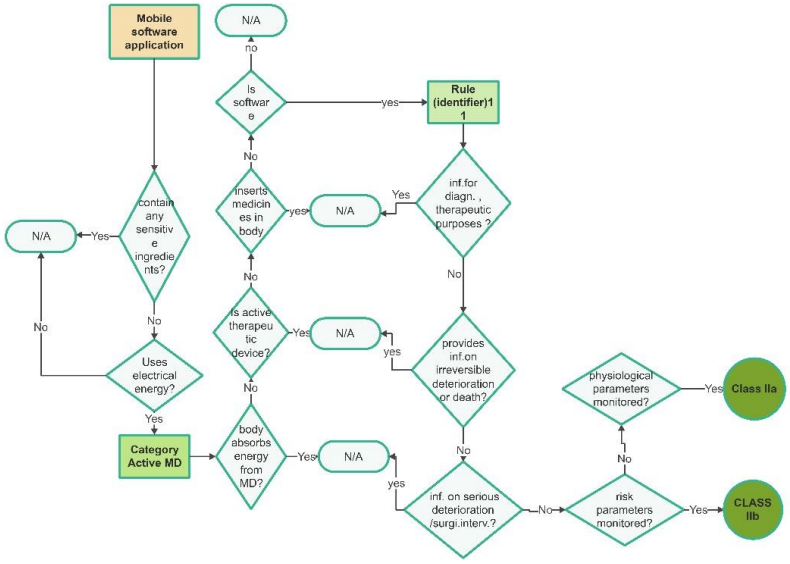


Figure 4 – Logical structure for classification of mobile applications for physiological monitoring under the MDR, focusing on Rule 11. The binary decision path determines whether the software is Class IIa or IIb based on medical purpose, type of monitored data, and impact on therapeutic decision-making

Table 1 – Classification outcomes for representative devices

Case	Primary MDR Rule	Key sub-identifiers (examples)	Resulting Class	Regulatory impact (examples)
Dental tampons (non-sterile)	Rule 5	Oral mucosa contact; transient; not connected to active device; non-sterile	Class I	Self-declaration; no NB
Mobile app for therapy via vital monitoring	Rule 11	Medical purpose; vital monitoring; influences therapy	Class IIb	NB; software life-cycle evidence; clinical evaluation
Mobile app trending non-vital data	Rule 11	Medical purpose; non-vital monitoring; no therapy impact	Class IIa	NB; lower burden than IIb
Surgical scalpel, single-use	Rule 6	Surgically invasive; transient; not in contact with CNS/heart	Class IIa	Performance verification
Surgical scalpel, reusable	Rule 6 + reusable provision	Reprocessing; re-sterilization	Class Ir	NB limited to reusability

3.3. Classification outcomes

The proposed decision logic was also applied to representative marketed devices spanning orifice-contact consumables, software, and surgically invasive instruments. Table 1

summarizes the decisive sub-identifiers, the corresponding MDR rule, and the resulting class. These device groups were selected because they are frequently misclassified in practice and therefore provide a useful test of methodological consistency.

4. Discussion

The case studies confirm that classification operates as a regulatory anchor for engineering decisions. Once the class changes, the downstream implications also change: required testing, technical documentation depth, clinical evaluation expectations, and Notified Body involvement all become more or less demanding. This is particularly visible for software and reusable instruments, where apparently small differences in intended purpose or reuse characteristics can shift the regulatory pathway substantially[2, 7] (Peter et al. 2020). For reusable instruments in particular, validated reprocessing and re-sterilization become decisive design inputs (Josephs-Spaulding & Singh 2021). More generally, harmonised and international standards act as the practical link between legal requirements and engineering practice – a role that has also been demonstrated in other regulated product sectors, such as construction (Ilieva-Mihaylova 2025).

The analysis also shows that misclassification is not a minor administrative issue. Under-classification may lead to insufficient safety justification and incomplete documentation, while over-classification may impose unnecessary certification costs and time burdens[8, 9]. The dental tampon example highlights inconsistent market practice, and the software example shows how a missed decision point under Rule 11 can lower the apparent class inappropriately.

A central strength of the proposed methodology is that it converts legal wording into a logical sequence that different specialists can follow in the same way. By formalizing the decision path through binary sub-identifiers, the method improves objectivity, reproducibility, and traceability. This is especially valuable for borderline devices and hybrid technologies, where intuitive interpretation is least reliable (Peter et al. 2020; Arsov 2025).

The present study remains focused on representative practical cases rather than a large statistical sample. Nevertheless, the results indicate that a structured and engineer-oriented framework can improve consistency when compared with direct, unaided use of Annex VIII alone. Future work should integrate the logic into digital decision-support tools for faster preliminary classification during product development.

Conclusions

Medical device classification under the MDR is a technically important process with direct consequences for safety, conformity assessment, and time to market. The methodology presented here transforms the classification task from an intuitive interpretation exercise into a systematic decision framework based on base-category selection, primary-rule identification, and refinement through 72 binary sub-identifiers.

Applied to representative marketed devices, the framework clarified ambiguous cases and produced reproducible class assignments aligned with MDR logic. The results support its use as a practical tool for engineering teams and manufacturers seeking earlier, more objective regulatory decision-making. Its future digital implementation could further strengthen consistency and efficiency in conformity assessment.

Acknowledgments & Funding

This research received no external funding.

NOTES

1. REGULATION (EU) 2017/745 of the European Parliament and of the Council of 5 April 2017 on medical devices. Official Journal of the European Union, L 117, 5.5.2017, pp. 1–175.
2. MDCG 2021-24. Guidance on classification of medical devices. Medical Device Coordination Group, October 2021. https://health.ec.europa.eu/system/files/2021-10/mdcg_2021-24_en_0.pdf [Viewed 2025-8-11]
3. COUNCIL DIRECTIVE 90/385/EEC of 20 June 1990 on the approximation of the laws of the Member States relating to active implantable medical devices. Official Journal of the European Communities, L 189, 20.7.1990, pp. 17–36.
4. COUNCIL DIRECTIVE 93/42/EEC of 14 June 1993 concerning medical devices. Official Journal of the European Communities, L 169, 12.7.1993, pp. 1–43.
5. OPENREGULATORY. MDR examples: classification examples for EU MDR devices (S. Hornof, 7 October 2024). https://openregulatory.com/articles/eu-mdr-classification-examples [Viewed 2025-8-11]
6. ISO 14971:2019. Medical devices – Application of risk management to medical devices. International Organization for Standardization, 2019.

7. EN ISO 13485:2016/A11:2021. Medical devices – Quality management systems – Requirements for regulatory purposes (ISO 13485:2016). European Committee for Standardization (CEN), 2021.
8. DECOMPLIX. Medical device risk classification under the EU MDR: 8 things you need to know (13 February 2024, updated 4 June 2025). https://decomplix.com/medical-device-classification-eu-mdr/ [Viewed 2025-8-11]
9. MCRA. Oops! A quick quip on device (mis-)classification (K. Budor, July 2024). https://www.mcra.com/news-publications/publications/oops-quick-quip-device-mis-classification [Viewed 2025-8-11]

REFERENCES

ARSOV V., 2025, Risk methodology for medical device classification, In: Management and Engineering, Advances in Science, Technology & Innovation (ASTI), presented at ISCME'25, Sofia, Bulgaria, 7–9 July 2025 (in press).

BIANCHINI E., MAYER C. C., 2022, Medical device regulation: should we care about it?, Artery Research, vol. 28, pp. 55–60. DOI: 10.1007/s44200-022-00014-0.

CEPEDA ZAPATA K. A., PATIL R., WARD T., LOUGHRAN R., McCAFFERY F., 2023, Analysis of the classification of medical device software in the AI Act proposal, In: Proceedings of the Workshops at the Second International Conference on Hybrid Human-Artificial Intelligence (HHAI 2023), Munich, Germany, 26–27 June 2023, CEUR Workshop Proceedings, vol. 3456, pp. 19–34.

FINK M., AKRA B., 2023, Comparison of the international regulations for medical devices – USA versus Europe, Injury, vol. 54, suppl. 5, 110908. DOI: 10.1016/j.injury.2023.110908.

ILIEVA-MIHAYLOVA B., 2025, The role of standards in promoting circular construction and sustainable building practices, In: 2025 XXXV International Scientific Symposium Metrology and Metrology Assurance (MMA), Sozopol, Bulgaria, pp. 1–5. DOI: 10.1109/MMA67107.2025.11311320.

JOSEPHS-SPAULDING J., SINGH O. V., 2021, Medical device sterilization and reprocessing in the era of multidrug-resistant (MDR) bacteria: issues and regulatory concepts, Frontiers in Medical Technology, vol. 2, 587352. DOI: 10.3389/fmedt.2020.587352.

PETER L., HAJEK L., MARESOVA P., AUGUSTYNEK M., PENHAKER M., 2020, Medical devices: regulation, risk classification, and open innovation, Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, vol. 6, no. 2, 42. DOI: 10.3390/joitmc6020042.

Dr. Victor Arsov, Chief Assist. Prof.
Department of Applied Mechanics
University of Chemical Technology and Metallurgy
Sofia, Bulgaria
E-mail: v.arsov@uctm.edu

Dr. Vasil Penchev, Assoc. Prof.
Scopus Author ID: 57217457870
Department of Fundamentals and Technical Means of Design
Technical University of Sofia
Sofia, Bulgaria
E-mail: vasil_penchev@tu-sofia.bg

Dr. Juliana Javorova, Prof.
ORCID iD: 0000-0002-2234-0263
Department of Applied Mechanics
University of Chemical Technology and Metallurgy
Sofia, Bulgaria
E-mail: july@uctm.edu

A TIMED COLOR PETRI NET MODEL FOR THE PRE-DIALYSIS CLINICAL PATHWAY IN CHRONIC KIDNEY DISEASE: COMPARISON WITH CONTEMPORARY PREDICTIVE MODELLING APPROACHES

Sofoklis Christoforidis

Athanasios Thomopoulos

Efstathios Titopoulos

Assoc. Prof. PhD Eng. Boriana Ilieva

Assoc. Prof. PhD Eng. Georgi Stanchev

Technical University of Sofia, Sofia, Bulgaria

Eleni Kromitoglou

Democritus University of Thrace, Kavala, Greece

Maria Ioulia Chatziprodromou, MD

General Hospital Drama Greece

Abstract. Patients with advanced Chronic Kidney Disease (CKD) require continuous surveillance, risk assessment, education, shared decision-making with healthcare providers, preparation for kidney replacement therapy, and timely management of clinical deterioration. The majority of computational work in CKD has focused on predicting the time to end-stage renal disease (ESRD) and the initiation of renal replacement therapy (RRT). Currently, limited computational research has formally modelled the complex processes of healthcare delivery that occur before and during preparation for RRT. In parallel, emerging approaches to occupational health and safety (OSH) emphasize dynamic, individualized risk assessment based on the integration of workplace environmental measurements, occupational exposure data, and employee health information obtained through periodic and prophylactic medical examinations. Such approaches offer the potential to continuously update employee-specific risk profiles and support timely preventive interventions in response to changes in workplace conditions or health status.

This paper presents a timed Colour Petri Net (CPN) model of the pre-dialysis clinical pathway and compares its analytical scope with contemporary predictive and digitally supported models of care for patients with CKD. The model represents patient attributes as tokens of different colours and incorporates the principal kidney replacement therapy options, including haemodialysis, peritoneal dialysis, transplantation and conservative management, together with relevant healthcare resources, treatment preparation delays, and pathways leading to dialysis initiation. The ordinary projection of the net comprises 27 places and 24 transitions. The analytical scope of the CPN is compared with that of KFDeep, a longitudinal deep-learning model for predicting CKD progression, which reported area under the receiver operating characteristic curve (AUROC) values of 0.946 for internal validation and 0.805 for external validation (Ma et al., 2025).

Unlike predictive models, which estimate the probability of CKD progression, process models characterize responses to patient needs, healthcare resource constraints, reachable states, and potential failures of planned care. A hybrid predictive-process architecture is therefore proposed to support patient-specific, resource-aware clinical decisions and dynamic, individualized occupational health and safety risk assessment by integrating workplace measurements and findings from medical examinations to automatically update employee risk profiles and guide preventive interventions.

Keywords: pre-dialysis care, dialysis, kidney replacement therapy, formal verification, healthcare simulation, risk assessment.

Introduction

CKD is a long-term condition that progresses in a stepwise manner from advanced CKD to end stage renal failure (ESRF) through a series of surveillance appointments and treatment preparation. It is portrayed as a clinical process that requires coordinated monitoring and assessment of a patient's renal function, together with a range of compensatory treatments to manage complications, as well as stabilization and management of existing prescribed medications. Underlying these complex treatment approaches is a patient-centered approach to care delivery (kidney disease: Improving Global Outcomes [KDIGO] CKD Work Group, 2024). Completion of assessment for renal replacement therapy or for conservative management of kidney failure is recommended to begin at least a year before the expected need for treatment (National Institute for Health and Care Excellence [NICE], 2018).

Moving on from this type of single event prediction, representing the clinical process of a patient being treated for advanced CKD passing through to a failure of kidneys and

progressing to need for renal replacement therapies (RRT) in a computational model is a complex challenge using conventional prognostic models. Tracking a number of different variables as they change over time, considering the patient's treatment choices, carrying out repeated clinical assessments, preparing for different eventualities, managing limited healthcare resources and dealing with unexpected events such as a patient's sudden deterioration all have to be captured in a clinically sensible computational model. Working with a single eGFR threshold for initiation of dialysis is not appropriate as there are a number of different factors that determine a patient's symptoms and the full range of biochemical abnormalities and a patient's fluid status, as well as shared clinical decision making with the patient (NICE, 2018).

Despite the increasing number of studies using advanced machine-learning methods for diagnosis and prediction of CKD progression, recent reviews on the subject found good discriminatory performance, but also several limitations of the previous studies, including being based on retrospective data, using very heterogeneous methods, limited external validation, lack of explainability and most importantly limited evidence of clinical usefulness in prospective setting (Eskandar, 2026; Van de Putte & Speeckaert, 2026). The present study addresses a different, complementary problem and models the process of a patient going through a preparation for a potential kidney failure under constraints of time and resources in a clinical setting.

Methodology

Study Design and Clinical Abstraction

A formal process-modelling study was completed to develop a timed CPN to model the pre-dialysis process. The model was developed as a conceptual and analytical representation of the pre-dialysis process, rather than as a decision support tool or a clinical decision support system. The main structures and elements of the principal pathway were derived from KDIGO 2024 and NICE NG107 guidelines for the pre-dialysis process. A further 'Urgent' pathway was developed to model patient deterioration resulting in an urgent start of dialysis.

In this abstraction, we distinguish between the clinical need for preparation of a patient with end-stage renal disease for kidney replacement therapy and the operational readiness for that patient to start on this form of treatment. For example, a patient who is determined to need preparation for kidney replacement therapy may not yet have vascular access formed, access matured, PD catheters prepared or even be on the waiting list for a kidney transplant and

associated work-up still to be completed. The model can then assess whether the health care system is able to complete all the required preparation before urgent treatment becomes required.

Colour Petri Net Specification

The design of the net pathway CPN = (P, T, A, Sigma, V, C, G, E, I) has been detailed. P represents the places of a net, T the transitions, A the arcs, Sigma the color set, V a set of variables, C the color function for places, G the transition guard function, E the arc function for arcs, and I the initial marking function. The design of a patient as a colored token c_p = (id, stage, eGFR, ACR, symptoms, modality, access, status, tau) allows patients to be distinguished from each other even when they are in the same place. The Access Preparation place contains tokens representing patients scheduled for planned arteriovenous fistulae, patients with created fistulae and patients scheduled for planned PD access. All these patients are modeled without adding more places to the design of the net pathway. Simulation time tau is registered for each patient.

Patient, Resource, and Temporal Subnets

The ordinary projection contains 19 patient-state places and eight resource places making a total of 27 places plus 24 main transitions. The resource places are allocated to nephrologists, CKD nurses, dietitians, vascular surgeons, PD nurses, transplant teams and dialysis teams and lastly to dialysis capacity places. The transitions requiring a resource can only fire when the patient and resource tokens are available simultaneously. The reusable resource tokens are returned after a transition has been fired.

In this scenario-based model, time is modeled as one simulation unit, equal to one day. The parameters describing delays such as review times, referral times, patient-education time, decision time for dialysis modality, time to access planning, time to access maturation, time to prepare a patient for PD, time for transplant work-up and time to start treatment are all modeled as scenario parameters and not as clinical-standards. In empirical work these would be replaced by appropriate distributions, estimated from real pathway data.

Transition Guards and Outcomes

Transition guards represent the eligibility conditions encoded in the patient-token color. Modality-specific transitions select the correct treatment, access transitions indicate whether it is HD or PD preparation, and dialysis initiation uses a single clinical abstraction that takes into account more than just the eGFR value. The intended methodological principle is to follow NICE guidance for the symptoms, biochemistry, fluid overload, kidney function and shared decision making required for treatment initiation (NICE, 2018). The Final outcome places represent the four types of treatment: planned dialysis, unplanned dialysis, pre-emptive transplantation and conservative management.

Structural Verification

To support conventional Petri-net analysis, a colored Petri-net model was projected onto 27 x 24 input and output incidence matrices, Pre and Post. From the structural incidence matrix C = post-Pre one finds that C has rank 18. As the number of P-invariants equals the dimension of the right-kernel (invariant space) of C^T, one finds a nine-dimensional invariant space from C^T y = 0. One of the P-invariants corresponds to a patient, whereas the remaining eight P-invariants correspond to P-invariants describing re-usable health care resources. T-invariants were computed from Cx = 0 and form a six-dimensional algebraic null space. A clinically meaningful non-negative invariant was found which describes a surveillance cycle (i.e., clinical review, stable assessment, and return to surveillance).

As an example of why we need to use coloured-state analysis of projected PNs, some clinically very relevant transitions have zero ordinary incidence in the projected PN because they consist of a patient that is already in a given structural place of the PN, and the change consists in the change of the token's color, i.e. the patient stays in the same place but the clinically relevant property of the patient changes, e.g. in the Access Preparation place AVF_Planned becomes AVF_Created.

Comparator Selection and Evaluation Framework

We did not find any recent formal model addressing all aspects of end-to-end pre-dialysis care including treatment choice within given resources in given time. Therefore, we selected KFDeep as the most relevant, state-of-the-art, predictive model, using longitudinal health record data and external validation. The corresponding study included 4,587 patients in development-related datasets and 934 patients in an external prospective cohort, reaching AUROCs of 0.946 (intern) and 0.805 (extern) (Ma et al., 2025). Furthermore, we also included

DeepOmix-FLEX as another multimodal predictor model and PREPARE NOW as a workflow-oriented model for digital care in chronic diseases (Green et al., 2021; Qiao et al., 2025).

The models were compared along five dimensions: 1) patient representation, 2) treatment-pathway coverage, 3) temporal behavior, 4) healthcare-resource representation, and 5) analytical capability. Predictive accuracy was not used as a performance measure for the CPN as the models answer different questions: predictive models compute P(Kidney Failure | X_0:t) while process models check whether a given initial marking M_0 can be reached from a subsequent marking M_t by means of an admissible transition sequence. Hence, we can only assess whether these models are complementary or not.

Comparative Analysis

KFDeep (Ma et al., 2025) captures the main advantage of modern longitudinal machine learning models: to estimate the risk of progression for individual patients on the basis of their repeated clinical measurements. To this end, the model uses age, sex, eGFR, urine albumin-to-creatinine ratio, albumin, calcium, phosphorus, and bicarbonate. Importantly, the model was externally validated on a second dataset and performed well on this “completely independent” data set. In contrast, DeepOmix-FLEX (Qiao et al., 2025) is a multimodal prediction model for CKD progression that incorporates clinical, proteomic, metabolomic, and pathology-image data. The mean AUC for predicting CKD progression of this model was 0.887. Here, DeepOmix-FLEX can discover complex relations between input variables and the prediction variable that a designer of a CPN would not think of.

The CPN can also be used to model the consequences of identifying a patient at risk of kidney failure such as, the patient’s need for education on various treatments, the healthcare provider’s choice of treatment modalities, the availability of staff to manage the selected treatment modalities, the availability of vascular access for the patient on peritoneal dialysis, the preparation of the patient for peritoneal dialysis, the initiation of work-up for a possible kidney transplant, the preparation of the patient for treatment, and the deterioration of the patient’s condition. The P-invariants of the CPN can be used to verify the model for patient conservation and for reusable resources’ conservation, while the transition structure of the CPN can be used to verify reachability, boundedness, liveness, and future distinguishability properties.

PREPARE NOW is an intermediate approach to modeling process for patients with CKD. The tools developed as part of the research integrate CKD risk assessment with nurse

case management and patient values clarification, in addition to process tracking for treatment preparation, and documentation of patient preferences for modalities of care. The work was piloted at four CKD clinics and identified 1,032 unique patients, 243 of whom were at high risk of kidney failure within two years (Green et al., 2021).

Discussion

There is considerable value in distinguishing between using a model to predict an outcome and using a model to manage processes within a healthcare system. Predictive models estimate if and when a patient will progress to end-stage kidney failure, whereas timed Colour Petri Nets (CPNs) represent the sequences of patient-centered activities required, the resources needed to deliver care, and whether planned interventions can be completed before clinical deterioration occurs. Such process models are particularly valuable in advanced CKD, where effective care depends not only on predicting disease progression but also on coordinating treatment preparation, patient preferences, healthcare resources, and timely interventions.

The formal CPN model makes its assumptions, transition conditions, resource constraints, and time delays explicit. In contrast, machine-learning models derive predictive relationships from data and can provide individualized estimates of clinical risk, although limitations in prospective validation and methodological consistency remain (Eskandar, 2026; Van de Putte & Speeckaert, 2026). The two approaches are therefore complementary: predictive models estimate the likelihood of an adverse outcome, while process models represent the operational responses and constraints associated with that outcome.

This distinction also provides a basis for extending hybrid predictive-process modelling to occupational health and safety risk assessment. Integrating workplace environmental monitoring with occupational health surveillance can support the identification of harmful exposures, early detection of work-related health problems, and continuous review of preventive measures (Titopoulou et al., 2024). A dynamic approach could incorporate relevant workplace measurements, occupational exposure data, and findings from periodic medical examinations into an individualized employee risk profile. Changes in exposure conditions, examination findings, or working practices would trigger predefined reassessment rules and automatically update the corresponding risk classification, supporting timely preventive interventions and appropriate workplace adjustments. This automated approach represents a proposed development of existing risk assessment and health surveillance practices and would

require validated decision rules, data protection, medical confidentiality, and appropriate professional oversight.

Within such architecture, predictive models could estimate the likelihood of adverse health outcomes, while a timed CPN could represent the sequence of preventive actions, medical assessments, workplace interventions, responsible personnel, resource availability, and required completion times. Transition guards could be updated using validated risk indicators and predefined decision thresholds, allowing the model to represent changes in risk and assess whether appropriate preventive actions can be completed within the required time. Such a framework complements the CKD application by demonstrating how predictive-process modelling supports both patient-centered clinical pathways and individualized occupational risk management. Its implementation requires validated decision rules, reliable measurement data, appropriate handling of uncertainty, data protection, medical confidentiality, and oversight by competent occupational health and safety professionals.

Future hybrid architecture therefore combines longitudinal risk prediction with a formally specified process model. In CKD, updated patient-specific risk estimates could inform clinical surveillance and preparation by kidney replacement therapy. In OSH, updated employee risk profiles could inform reassessment priorities and preventive interventions in response to changes in workplace exposure or health findings, in both applications, the predictive component would inform risk estimation, while the process component would represent the actions, constraints, and possible outcomes associated with managing that risk.

Limitations

Several limitations must be acknowledged. First, the CPN presented here remains a conceptual model that has not yet been validated against real patient pathways. Structural verification does not establish clinical validity, predictive validity, or improved patient outcomes. Second, the timing parameters as illustrative and do not reflect the variability of actual waiting times. Empirical implementation would require validated time distributions and sensitivity and uncertainty analyses.

Third, the current patient-token colour encoding represents only a subset of clinically relevant characteristics and does not fully account for multimorbidity, frailty, mortality risk, acute hospitalization, treatment contraindications, educational needs, or changes in patient preference. Fourth, representing healthcare resources as tokens simplifies workforce constraints, including shift patterns, competing demands, cancellations, geographical

accessibility, and resource substitution. Fifth, the ordinary incidence matrix does not capture clinically meaningful changes in token attributes when the structural place remains unchanged; color-refined state-space analysis is therefore also required.

The proposed OSH application is a methodological extension rather than a demonstrated capability of the current CKD model. Its practical value would need to be assessed through a separate implementation incorporating representative workplace measurements, occupational exposure information, relevant medical surveillance findings, validated risk criteria, and appropriate reassessment procedures. Automatic updates should be subject to data-quality checks, defined rules, and suitable professional oversight rather that being interpreted as autonomous medical diagnosis or an unrestricted determination of fitness for work.

Finally, the comparison with KFDeep, DeepOmix-FLEX, and PREPARE NOW is methodological rather than a head-to-head performance evaluation. Predictive accuracy cannot be directly compared with reachability, invariants or workflow coverage. Future research should validate the CPN against observed clinical pathways, incorporate empirical waiting-time distributions, integrate predictive models of CKD progression, and evaluate clinical and operational outcomes. A separate OSH implementation should similarly evaluate the reliability if dynamic risk updates, the timeliness of preventive interventions, and the transferability of the approach across different workplaces.

Conclusion

The proposed timed Colour Petri Net provides a formal and resource-aware representation of the pre-dialysis clinical pathway in CKD. Unlike contemporary predictive models, such as KFDeep and DeepOmix-FLEX, which estimate individual risks of disease progression, the CPN represents the sequence of clinical activities, treatment decisions, resource constraints, preparation delays, and potential deterioration that influence the delivery of kidney replacement therapy. The most promising approach is therefore to integrate predictive models with timed, formally analyzed process models to support patient-specific, resource-aware decision making.

This hybrid predictive-process architecture also offers a methodological basis for extending dynamic risk assessment to occupational health and safety. By integrating workplace environmental measurements, occupational exposure data, and relevant findings from periodic and prophylactic medical examinations, future systems could automatically update employee-specific risk profiles when new information or changes in working conditions warrant

reassessment. Such updates would support timely preventive interventions, provided that validated assessment criteria, data protection, medical confidentiality, and appropriate professional oversight are ensured.

Although the current CPN remains a conceptual model requiring empirical validation, its formal structure provides a foundation for further development of decision-support systems that combine predictive analytics, time-dependent process modelling, and individualized risk assessment. Future research should evaluate the model against real clinical pathways and investigate the implementation of the proposed OHS extension, including the reliability of automated risk updates and their effectiveness in supporting preventive action. This integrated approach will contribute to more proactive, transparent, and resource-aware management of both clinical care and occupational health and safety risks.

REFERENCES

ESKANDAR, K. (2026). Artificial intelligence in chronic kidney disease: Early detection, risk prediction, and personalized treatment strategies. World Journal of Nephrology, 15(2), 117719. https://doi.org/10.5527/wjn.v15.i2.117719

GREEN, J. A., EPHRAIM, P. L., HILL-BRIGGS, F., ET AL. (2021). Integrated digital health system tools to support decision making and treatment preparation in CKD: The PREPARE NOW study. Kidney Medicine, 3(4), 565-575.e1. DOI: 10.1016/j.xkme.2021.03.009

KIDNEY DISEASE: IMPROVING GLOBAL OUTCOMES (KDIGO) CKD Work Group. (2024). KDIGO 2024 clinical practice guideline for the evaluation and management of chronic kidney disease. Kidney International, 105(4S), S117-S314. https://doi.org/10.1016/j.kint.2023.10.018

MA, J., WANG, J., LU, L., SUN, Y., FENG, M., SHEN, P., JIANG, Z., HONG, S., & ZHANG, L. (2025). Development and validation of a dynamic kidney failure prediction model based on deep learning: A real-world study with external validation [Preprint]. arXiv.

NATIONAL INSTITUTE FOR HEALTH AND CARE EXCELLENCE. (2018). Renal replacement therapy and conservative management (NICE Guideline NG107). https://www.nice.org.uk/guidance/ng107

TITOPOULOU, M., PANCHEVA, V., STAYKOVA, J., & AGOVSKA, A. (2024). Enhancing Workplace Productivity and Health: The Impact of Preventive Medical Screening for Employees in Bulgaria. Journal of IMAB - Annual Proceedings, Supplement 3. DOI:10.5272/jimab.2024Supplement3

QIAO, Y., ZHOU, H., LIU, Y., CHEN, R., ZHANG, X., NIE, S., HOU, F. F., ZHAO, Y., XU, X., & ZHAO, L. (2025). A multi-modal fusion model with enhanced feature representation for chronic kidney disease progression prediction. Briefings in Bioinformatics, 26(1), bbaf003. https://doi.org/10.1093/bib/bbaf003

VAN DE PUTTE, L., & SPEECKAERT, M. M. (2026). Applications of machine learning for early diagnosis and prognosis of chronic kidney disease: Current evidence. Diagnostics, 16(15), 2354. https://doi.org/10.3390/diagnostics16152354

Sofoklis Christoforidis

ORCID iD: 0009-0000-9818-8264

Technical University of Sofia, Bulgaria

Email: sofoklis.christoforidis@gmail.com

Athanasios Thomopoulos

ORCID iD: 0009-0004-5385-0663

Technical University of Sofia, Bulgaria

Email: athanasios.thomopoulos@gmail.com

Efstathios Titopoulos,

ORCID iD: 0000-0003-4084-1675

Technical University of Sofia, Bulgaria

Email: titopoulos@lot-consult.com

Dr. Georgi Stanchev, Assos. Prof.

Department „Fundamentals and Technical Means of Design”,

Technical University of Sofia,

Bulgaria

E-mail: gstanchev@tu-sofia.bg

Dr. Assoc. Prof. Boryana Petkova Ilieva-Mihailova,

Department „Fundamentals and Technical Means of Design”,

TU-Sofia , Bulgaria

E-mail: bilieva@tu-sofia.bg

Eleni Kromitoglou

ORCID iD: 0009-0000-2789-1112

Democritus University of Thrace, Kavala, Greece

Email:elkromi@mst.duth.gr

Maria Ioulia Chatziprodromou, MD

ORCID iD: 0009-0001-4494-3380

General Hospital Drama Greece

Email: marilitablack@gmail.com

A TIMED COLOURED PETRI NET MODEL OF THE SAXS/WAXS MEASUREMENT PROTOCOL FOR HYDRATED ARTICULAR CARTILAGE: RESOURCE-AWARE SIMULATION, STATISTICAL ANALYSIS AND COMPARISON WITH PROTOCOL, DOSE AND DATA-ANALYSIS MODELS

Sofoklis Christoforidis

Efstathios Titopoulos

Assoc. Prof. PhD Eng. Boriana Ilieva

Assoc. Prof. PhD Eng. Georgi Stanchev

Technical University of Sofia, Sofia, Bulgaria

Eleni Kromitoglou

Prof. Nikolaos Vordos

Dimosthenis Pappas

Democritus University of Thrace, Kavala, Greece

Abstract. For the investigation of small- and wide-angle X-ray scattering (SAXS/WAXS) of hydrated articular-cartilage explants a multi-day measurement program has to be performed. The sample preparation, radiation damage, available beamtime, lab manpower and equipment all interact. Thus, the currently used measurement protocols are described in the form of text and tables. However, based on these descriptions the question whether a given, planned measurement program can be completed within the allocated beamtime with which losses, and with which statistical power, cannot be answered before the actual beamtime usage starts. In the present paper a timed Coloured Petri Net (TCPN) of the complete measurement program from the joint dissection over the sample preparation, treatment, freezing, and the subsequent steps of thawing, mounting, calibration, depth line scans, three loading scenarios (static depth mapping, stress relaxation, and cyclic loading) including the subsequent remeasurement steps, data evaluation, and quality control is presented. In this net the samples under investigation are modeled as colored tokens. The tokens carry information on the treatment of the samples, the loading scenario, the

(so far) accumulated dose, the dose beyond which damage of the sample can be expected, the time elapsed after the thawing of the sample until it can be accepted for measurement, and quality flags indicating potential problems with the samples. The lab operators, the loading device, the X-ray beam, the evaluation workstation, the biosafety hood, the incubator, and the deep freezer are modeled as re-usable resources. The control tokens modeling the calibration validity, the background scattering, the radiation-dose test, and the available beamtime are used to control the progression of the measurement program. The net has an ordinary projection of 34 places and 28 transitions with an incidence matrix of rank 20. The 14 minimal P-semiflows cover all places, i.e. they prove the properties of conservativeness and boundedness of the net. The 4 minimal T-semiflows model the recalibration and the remeasurement cycles. The execution of the net was performed in Python as a discrete-event simulation of a timed CPN in 41,900 Monte Carlo replications. For a 54-explant design (three different treatments, three different loading scenarios, six different explants per measurement cell) on a 48h synchrotron beamtime with two operators the model predicts 50.9 accepted datasets (95 % confidence interval 50.8–51.0) with a rejection rate of 5.8 %. However, the probability that all cells of a measurement design contain six or more acceptable datasets is only 3.8 %, i.e. it significantly increases to 91 % if eight instead of six explants per cell are prepared. For the same measurement design on a laboratory Cu K-alpha instrument (CuKAl) 14.2 acceptable datasets (out of 17.5 expected ones) are predicted to be obtained within 80 working hours with a loss of 19 % due to dehydration. A four-factorial ANOVA is used to analyze the influence of the four factors, i.e. the beamtime allocation, the number of lab operators, the interaction of both, the exposure time, and the thaw-batch policy on the number of accepted datasets. The results are beamtime allocation 0.95 (partial eta-squared), number of operators 0.82, interaction of both 0.76, exposure time 0.46, and, finally, the thaw-batch policy 0.19. The dose–response relations of the exposure noise rule of the SAXS Guide, the radiation-damage models, the tissue-preservation studies, and the peak-fitting statistics used in the source papers are all reproduced by the model. The empirical dose and integrity models of the sample are used to parameterize the guards of the net in a hybrid architecture. The representation of the complete measurement protocol of the SAXS/WAXS investigation of cartilage using a timed Coloured Petri Net (TCPN) is, thus, significantly more complete than the representation using the currently used measurement protocols.

Keywords: small-angle X-ray scattering; articular cartilage; collagen D-period; Coloured Petri Net; discrete-event simulation; beamtime planning; radiation damage; protocol design; formal verification.

1. Introduction

Articular cartilage consists of about 90% water, organized in a nanocomposite of type II collagen fibrils embedded in a proteoglycan-rich matrix. In cartilage, proteoglycans create high osmotic swelling pressures which are counteracted by tensile pre-strain within the fibrils in the range of 1–2% of the axial D-period length (about 65 nm). Importantly, cartilage consists of different zones (tangential surface zone, transitional zone, radial zones including deep zone and, in opposition to the soft cartilage, calcified cartilage at the bone interface), thus all type of measurements must be performed in a spatial resolved manner. Synchrotron SAXS with a very small microbeam (15–50 μm²) can measure meridional orders of the D-periods from which pre-strain, intrafibrillar order and distribution width can be derived. Azimuthal intensity distribution of SAXS patterns gives information about the orientation of the corresponding fibrils within the measurement volume. WAXS, which is not used systematically so far in cartilage studies (in contrast to, e.g., bone), measures the packing of collagen molecules laterally and the degree of crystallization of the mineral phase (Giannini et al.,2014); all WAXS parameters are general knowledge (protocol), thus have not been determined in the framework of the source studies.

The two primary documents for the study at hand, synthesizing nine publications on nanocomposite biomaterials by means of Small-angle X-ray Scattering, with focus on biology and pharmacology, synthesize nine publications on nanocomposite biomaterials by means of Small-angle X-ray Scattering (SAXS) to establish a single protocol for the study of fully hydrated cartilage explants (Pabisch et al., 2013). The algorithm, based on previous studies (Inamdar et al., 2017; 2019; 2021; Moger et al., 2007) of full-thickness cartilage explants (diameter: 2 mm) punched from the metacarpophalangeal joints of adult bovines and subsequently allowed to rest in culture medium over a 24 h time frame (optional: prior treatment with chondroitinase ABC, collagenase or interleukin-1-beta) prior to freezing in PBS at -20°C or -80°C without chemical fixation, allows for a single freeze-thaw cycle of the tissue prior to measurement in micro-compression in PBS at the nanoscale (Muehleman et al., 2004). The SAXS measurements are performed with a beam-size smaller than the zone thickness of the cartilage, at a sample-to-detector distance of 0.8 to 1 m, and with exposure times between 0.03 s and 0.5 s per point. The resulting 2D intensity distributions are azimuthally and radially integrated around the 5th meridional order. The documents specifically address the key reasons for all the choices made in establishing the above-mentioned protocol, including the various fixatives that alter D-period and fibril diameter (Kelly et al., 2021), and address reasons for the choice of two different freezing temperatures, between which there is no effect on the

mechanical properties, whereas liquid nitrogen increases hysteresis (Szarko et al., 2010). The document also addresses reasons for a single freeze-thaw cycle of the fully hydrated tissue (slightly reducing the dynamic moduli) and the addition of various protease inhibitors to prevent proteoglycan release (Qu et al., 2014). Finally, the document addresses the reasons for testing for radiation damage prior to commencing a series of SAXS/WAXS measurements on hydrated cartilage, and that higher doses of radiation than used here have been shown to alter collagen (Barth et al., 2010; 2011). The second primary document for the study at hand is an adaptation of the above-mentioned algorithm to a fully equipped laboratory SAXS/WAXS instrument, with a Cu K-alpha microfocus X-ray source, and a hybrid photon-counting detector, at which the beam is of millimeter size, resulting in very long exposure times at the nanoscale (up to 3600 s per point) and at which the fully hydrated tissue samples must be sealed in a cell, since the flight path is under-evacuated (Rinnerthaler et al., 1999; Zizak, 2003).

The two source documents synthesized in this study are primarily prescriptive, thus detailing stepwise procedures (with specified time frames where applicable) that need to be completed in order to reach the study's objectives. In essence, the documents are not executable given current resources and methodologies. Allocation of beamtime is a highly sought after, scarce resource that can range from 24 hours to 72 hours or more. Hydrated cartilage post-thaw samples also have a finite lifespan. Samples can also be damaged by high doses of radiation, and the space at a beamline is generally limited to a few individuals. In addition, there is only one loading rig and one microfocus beam at our disposal, which can be used for three different loading scenarios. The main aim of this study was therefore to investigate whether a given design (e.g., three different treatments times three loading scenarios times 6 samples) can be completed in the allotted time. Other objectives were to determine the amount of potential data loss due to different failure modes, and the statistical power of the resulting data sets. None of the existing models could address these issues, as they either modeled the D-period in response to certain mechanical parameters (mechanobiological models), predicted the onset of radiation damage as a function of dose (dose models), described optimal storage conditions for preservation of cartilage samples (preservation studies), or described the analysis of D-periods from SAXS data (data-analysis models). The same lack of modeling of the process of care (i.e., the clinical pathway) exists for the study of disease progression in chronic kidney patients (Christoforidis et al., 2026).

Timed Coloured Petri Nets (TCPNs) (Jensen & Kristensen, 2009) are also appropriate for modeling the dynamics of a study within a scarce set of resources, such as a synchrotron

facility or even a laboratory, since tokens carry attributes of samples under investigation (e.g., depth, location, angle), transitions are guarded by the rules of the protocol that govern the progress of a sample through different states (activities), resources are consumed and then returned by transitions, and time-stamps are attached to tokens to record the duration of an activity. The usual structural analysis of a Place/Transition net (P- and T-invariants) (Murata, 1989) as well as the execution of the resulting net to simulate the progress of the samples, either deterministically or by Monte Carlo methods, as in a discrete-event simulation (Law, 2015), or as in a Generalized Stochastic Petri Net (Marsan et al., 1995), can be performed on such a representation. Such Nets are typically used to model and analyze business processes (van der Aalst, 1998) but have recently been used by this author to model a pre-dialysis care pathway in patients with chronic kidney disease (Christoforidis et al., 2026).

The main objectives of this study will be to (1) represent the full cartilage SAXS/WAXS protocol in form of a TCPN comprising of sample-, resource- and control-subnets, (2) to check the representation for structural correctness by means of P- and T-invariants, (3) to execute the formal model as a discrete event simulation model in Monte-Carlo fashion in order to mimic synchrotron and laboratory experiments, (4) to analyze the generated event data in more detail by means of descriptive statistics, factorial ANOVA, one-at-a-time-sensitivity-analysis, a dose-exposure-relationship, distribution fitting of times between events, a design and power analysis, an explant-level-logistic-regression and check for convergence, (5) to compare the formal representation with the models used in the source bibliography for the same protocol, and (6) to state the limitations of this approach.

2. Methodology

2.1 Study design and protocol abstraction

In a formal process-modelling study, a conceptual and analytical model was developed for the protocol described in two source documents that in total referred to 9 other publications that were synthesized by the authors of the two documents. The loading-scenarios, exposure-durations, step-sizes, translation-windows and quality-control-rules for the workflow steps were taken from the Inamdar et al. papers (2017, 2019, 2021), the depth-mapping and background-modeling rules from Moger et al. (2007), the preservation-rules for the microtissue preparations from Szarko et al. (2010), Qu et al. (2014), and Kelly et al. (2021), and the

laboratory setup from the second source document and from the SAXS Guide by Schnablegger & Singh (2011).

For a given experimental design (i.e., number of samples, number of experiments per sample) required to meet the scientific need of the experiment, the model can assess the operational feasibility of implementing that design using the available resources within the available time and identify the failure modes that will predominate under a given set of circumstances. The experimental design consisted of three groups (i.e., control, ChABC-treated, IL-1β-treated) x 3 scenarios (i.e., depth-mapping alone, depth-mapping + stress-relaxation, cyclic loading) x 6 explants (i.e., 54 total explants) obtained from 7-9 joints. A model time unit is one minute. This model represents time from joint receipt on day 0 to completion of processing 72 hours following the end of the scheduled beamtime on day 28 (12 days for IL-1β treatment + 24 hours for tissue to return to room temperature + 2 weeks for storage at frozen state + day of beamtime).

2.2 Coloured Petri Net specification

The net is defined as the CPN = (P, T, A, Sigma, V, C, G, E, I), where P is the set of places, T the set of transitions, A the set of arcs, Sigma the set of color sets, V the set of variables, C the color function assigning a color set to each place, G the guard function, E the arc function expressing the arc properties, and I the initialization function. The three-color sets used are the SAMPLE record (id, joint, group, scenario, thaws, t_thaw, t_mount, t_measured, integrity_time, damage_threshold, dose_max, frames, remeasures, exposure_factor, flags, verdict, reason, history), the UNIT color set of indistinguishable resource tokens, and the CTRL color set of control tokens. A token of the CTRL color set is a calibration token, which carries the time of the last calibration. The timed semantics of this net are described in detail in CPN Tools (Jensen et al., 2007). Briefly, every token has a time stamp. A transition i is enabled at model time t if there exists a binding b of the input places of i such that for all k in the binding, the time stamp of the token k at t_k <= t, and G_i(b) = true. A transition fires instantly, and for each output place of i in the binding, a token with the same color as the token in the input place of i in the binding, and the time stamp t + delta_i, is created and placed in the output place. A busy resource is modeled as a resource token that is put back to the corresponding place with a future time stamp. When no transition is enabled in the net, the model time is advanced to the earliest time stamp found in the net. Figure 1 shows the net.

Figure 1. Timed Coloured Petri Net of the cartilage SAXS/WAXS protocol (34 places, 28 transitions)

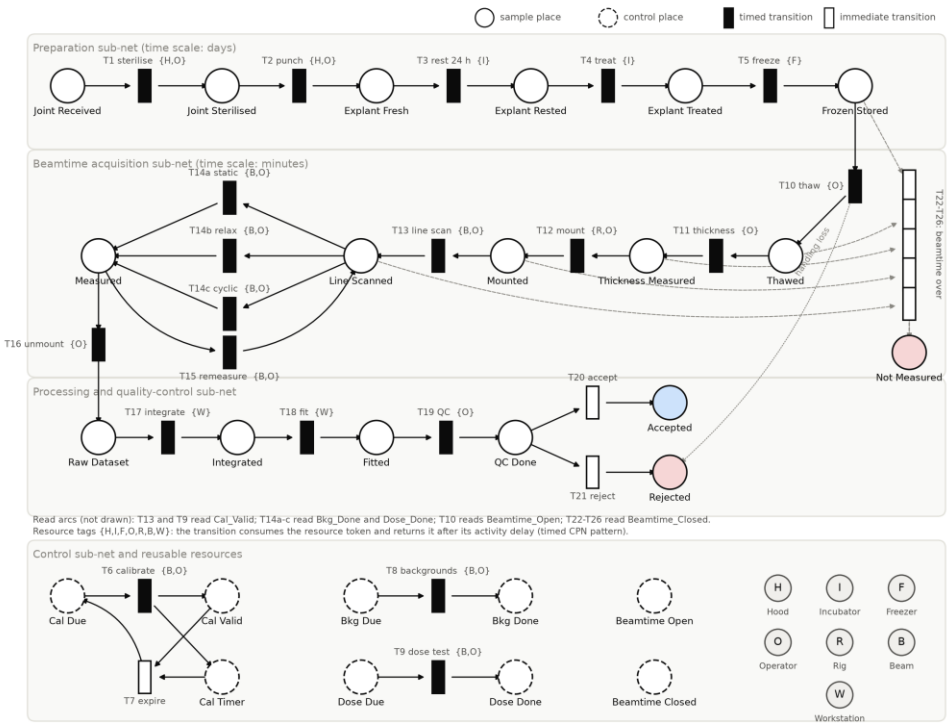


Figure 1. Timed Coloured Petri Net of the cartilage SAXS/WAXS protocol. Sample places are drawn as solid circles, control places as dashed circles and resource places as grey discs; filled bars are timed transitions and open bars immediate transitions. Resource tags in braces list the resource tokens consumed and returned by each transition. Read arcs and the dashed end-of-beamtime arcs are described in the figure text.

2.3 Sample, resource, control and temporal sub-nets

The ordinary projection contains 18 sample-state places, 7 resource places and 9 control places, a total of 34 places, and 28 transitions (20 timed and 8 immediate). The places and transitions of the ordinary projection are listed in Table 1 and Table 2, respectively. The 7 resource places are assigned to biosafety hood, incubator slots, freezer slots, operators, micro-compression rig, beam (or laboratory instrument) and the processing workstation. As noted for the activities, a transition that requires a resource will only fire if there is an explant token and a resource token in the place simultaneously, and this reusable resource token is then returned after the activity delay has expired. The control sub-net is used to model three validity functions: the calibration (for the silver behenate and collagen standard) that is only valid for 12 hours and must then be renewed before the beam can be used again for sample measurement, the

backgrounds recording that is only done once per beamtime, and the radiation-dose test. Furthermore, the beamtime window can be opened and closed using this control sub-net.

The durations for manual steps (sterilizing, punching samples, thawing samples, thickness measurements, mounting samples, unmounting samples, calibration, backgrounds, quality control, combining images, fitting) are lognormally distributed around the given scenario parameter values with a coefficient of variation of 0.2. For the beamline set-up steps (e.g. rest, treatment, line scan, loading scenarios) the durations are deterministic but include a uniform random variable of up to 5 % to model overhead. The line scan in Static depth mapping goes to a depth of 2 mm in 20-micron steps so that 100 points in total are measured, each with the duration of the exposure plus a constant overhead for moving to the next point and reading out the data. So, a scenario parameter for the scan duration of 0.5 s results in a total duration of 2.5 min for the scan. The compression in Static depth mapping is modeled as a simple ramp to 20 % strain at 20 % per minute. After that the sample is relaxed for 15 min and then a second line scan is performed. In Stress relaxation the sample is held at 20 % strain for 900 s with 15 frames of 10 s each followed by frames of 60 s each. In Cyclic loading the sample is cyclically loaded between 0 % and 20 % strain 150 times at a frequency of 0.25 Hz. There are 1 s pauses between the cycles. Frames are acquired every 5th cycle.

Table 1. Places of the net grouped by sub-net (34 places).

Place(s)	**Sub-net**	**Meaning / initial marking**
Joint_Received, Joint_Sterilised	sample	joint tokens before and after surface sterilization (detergent, 70 % ethanol)
Explant_Fresh, Explant_Rested, Explant_Treated	sample	2 mm full-thickness explants after punching, after 24 h rest at 37 C, after treatment
Frozen_Stored	sample	explants in PBS at -20 / -80 C; freezer slot held until thaw
Thawed, Thickness_Measured	sample	single thaw and PBS equilibration; thickness with calibrated calliper
Mounted, Line_Scanned, Measured	sample	on the loading rig: preloaded 0.1 N; depth line scan done; loading scenario done (rig held)
Raw_Dataset, Integrated, Fitted, QC_Done	sample	patterns with synchronised mechanical data; I(q) and I(chi); D, IFO, w_q, chi_0, w_chi fitted; QC verdict
Accepted, Rejected, Not_Measured	sample	terminal outcomes (rejection reason in the colour)
Hood, Incubator, Freezer	resource	1 biosafety hood; 60 incubator slots; 100 freezer slots
Operator, Rig, Beam, Workstation	resource	2 operators (1 in the laboratory); 1 micro-compression rig; 1 beam / instrument; 1 workstation
Cal_Due, Cal_Valid, Cal_Timer	control	calibration state and 12 h validity timer
Bkg_Due, Bkg_Done, Dose_Due, Dose_Done	control	backgrounds (empty cell with PBS, dark current) and exposure-series dose test, once per beamtime
Beamtime_Open, Beamtime_Closed	control	timed tokens that open and close the beamtime window

Table 2. Transitions of the net with resources, control tokens and nominal timing (synchrotron baseline).

Id	Transition	Resources	Control tokens read / consumed	Nominal timing
T01	Sterilize joint	Hood, Operator		15 min
T02	Punch 2 mm explants	Hood, Operator		20 min; 6-10 explants per joint
T03	Rest 24 h, 37 C	Incubator		1440 min
T04	Treatment (CTRL/ChABC/IL-1b)	Incubator		0 / 1440 / 17280 min (CTRL / ChABC / IL-1b)
T05	Flash-freeze, store -80 C	Freezer		5 min flash freeze; storage until thaw
T06	Calibrate (AgBe, collagen std)	Beam, Operator	Cal_Due	20 min; valid 720 min
T07	Calibration expires		Cal_Timer, Cal_Valid	immediate
T08	Record backgrounds	Beam, Operator	Bkg_Due	10 min
T09	Radiation-dose test	Beam, Operator	Dose_Due, Cal_Valid	10 min
T10	Thaw and equilibrate in PBS	Operator	Beamtime_Open	30 min; pipeline limit 4; cut-off 90 min before end
T11	Thickness (+/-10 um)	Operator		5 min
T12	Mount in rig, preload 0.1 N	Rig, Operator		10 min
T13	Initial depth line scan (zones)	Beam, Operator	Cal_Valid	100 x (0.5 + 1.0) s = 2.5 min
T14a	Static depth mapping (0 -> 20 % strain)	Beam, Operator	Bkg_Done, Dose_Done	1 + 15 + 2.5 min
T14b	Stress relaxation (20 %, 900 s)	Beam, Operator	Bkg_Done, Dose_Done	1 + 15 min, 27 frames
T14c	Cyclic loading (150 cycles, 0.25 Hz)	Beam, Operator	Bkg_Done, Dose_Done	15 + 1 min, 30 frames
T15	Remeasure at new position	Beam, Operator		3 min; once; halves exposure after radiation flag
T16	Unmount, release rig	Operator		5 min
T17	Azimuthal/radial integration I(q), I(chi)	Workstation		10 min
T18	Fit D, IFO, w_q, chi0, w_chi	Workstation		15 min
T19	QC: dose, hydration, fit, sync	Operator		10 min
T20	Accept dataset			immediate
T21	Reject dataset			immediate
T22	Beamtime over: still frozen		Beamtime_Closed	immediate at end of beamtime
T23	Beamtime over: thawed, unmeasured		Beamtime_Closed	immediate
T24	Beamtime over: unmeasured		Beamtime_Closed	immediate
T25	Beamtime over: mounted, unmeasured		Beamtime_Closed	immediate
T26	Beamtime over: scanned only		Beamtime_Closed	immediate

2.4 Guards, dose and integrity sub-models and outcomes

The guards, for the Thaw and Thawed protocols, check for the single-thaw rule. Thawing is allowed only during the beamtime, for explants that have not been thawed yet, with less than four other explants in the handling pipeline, and with at least 90 minutes of beamtime left. The line scan and loading scenarios, for which also a valid calibration token and a start time that allows the activity to end before the end of the beamtime has to be given, select an explant based on the scenario color of the token, read the background and dose-test tokens and

proceed as described for the scenarios. After the beamtime five immediate transitions move all explants that have not been measured yet to the Not_Measured outcome. The handling loss with probability 0.02 at thawing of an explant makes it disappear from the model before it can be measured.

To generate token colors for the dose and integrity of the explants, two sub-models were defined. The dose sub-model accumulates the largest dose for each explant at all positions. This results in line scan exposing each point once, static mapping exposing the same points twice, stress relaxation exposing 27 frames of 500s (total 27*500s) distributed over the 25 fresh positions of the 500µm translation window at 20µm pitch (two positions are exposed twice). Cyclic loading exposure of 30*0.03s (0.9s) is distributed over the 25 positions. The damage threshold for each explant is drawn from a lognormal distribution with a median of 5s and log-standard deviation of 0.4. The relative source brightness of 20 represents the ESRF ID02 configuration where 0.03s exposures were chosen (Inamdar et al., 2021). The integrity sub-model draws the time to loss of integrity for each explant from a Weibull distribution with shape parameter 3 and scale parameter 10h (measured from the moment of thawing, Qu et al., 2014) at the synchrotron or 6h (measured from the moment of mounting in the sealed Kapton cell in the laboratory, dehydration under vacuum, Inamdar et al., 2019).

The live check of quality on each final scenario transitions the first frame vs. the last frame. If a scenario has caused radiation damage to the explant, the token is marked with a radiation flag. With probability 0.05 a “problem” with parasitic scattering or fitting is randomly detected. The flagged explant is remeasured at a new position with dose reduced by half, if there is enough time left during beamtime, according to the protocol. The quality-control transition after unmounting, integration and fitting decides between rejection of radiation damage, loss of integrity, fit failure, or even a mechanical synchronization failure with probability 0.02, and acceptance. A handling loss with probability 0.02 at the moment of thawing of an explant makes it disappear from the world before it is ever measured.

2.5 Structural verification

To support conventional Petri-net analysis of the model the coloured net was mapped onto its corresponding Place/Transition net with 34 places and 28 transitions (see Figure 2). For this purpose input- and output-incidence matrices Pre and Post of dimension 34x28 were computed. The rank of the structural incidence matrix C=Post-Pre equals 20. Consequently, the

dimension of the right kernel of C^t (the P-invariant space) is equal to 14, whereas the dimension of the left kernel (the T-invariant space) is 8. Minimal non-negative semiflows have been computed by means of a Farkas / Fourier-Motzkin algorithm (Martinez & Silva, 1982; Colom & Silva, 1991). The set of 14 minimal P-semiflows is presented in Table 3. Sample conservation is expressed by one single P-semiflow covering all 18 sample places, i.e. the rig, by one single P-semiflow (Rig + Mounted + Line_Scanned + Measured = 1), which proves that in the loading rig area at most one explant can be present, the freezer area by one single P-semiflow (Freezer + Frozen_Stored = 100), five single-resource P-semiflows for hood, incubator, operators, beam, and workstation, and four P-semiflows for the four control places, i.e. Cal_Due + Cal_Valid = 1, Cal_Due + Cal_Timer = 1, Bkg_Due + Bkg_Done = 1, and Dose_Due + Dose_Done = 1. The two beamtime-window invariants were included in order to specify the time frame for the beamtime sessions. All places are covered by the P-semiflows computed from the P-invariant space, which means that the net is conservative and, according to the semiflows and the initial marking, even structurally bounded. In particular, the rig-dependent places are 1-bounded, whereas the control places are all safe. The set of 4 minimal T-semiflows consists of the cycle of the calibration and the expiration of the calibration (Calibrate, Expire_Calibration), and the three remeasurement cycles, i.e. scenario and Remeasure_New_Position for each of the three different setup-scenarios. Note that the acyclic sample pipeline in the workflow-model under study is not covered by any T-semiflow, since in such workflow-models every explant token is terminated in an outcome place (van der Aalst, 1998). All runs terminated without any deadlocks and all replications ended in a marked terminal state, where all explants had reached their respective outcome places.

Several clinically important updates affect a token’s color but not its location, i.e., dose accumulation, halved exposure due to radiation flag, updating a parasitic flag to be “raised” or “cleared” and the single “thaw” counter. Also, the fan-out of a single joint to 6 to 10 explants is a color-level feature, i.e., in the projected gray net all arcs have unit weight. Hence, in the projected net the sample places are still constrained by the structural bound of 10 for “sample units”, whereas the designed net has a bound of 54 for the “joint” sample units. If properties depending on these attributes were to be verified by state-space analysis, color-refined state spaces would have to be generated instead; all properties of interest, however, were verified using simulation.

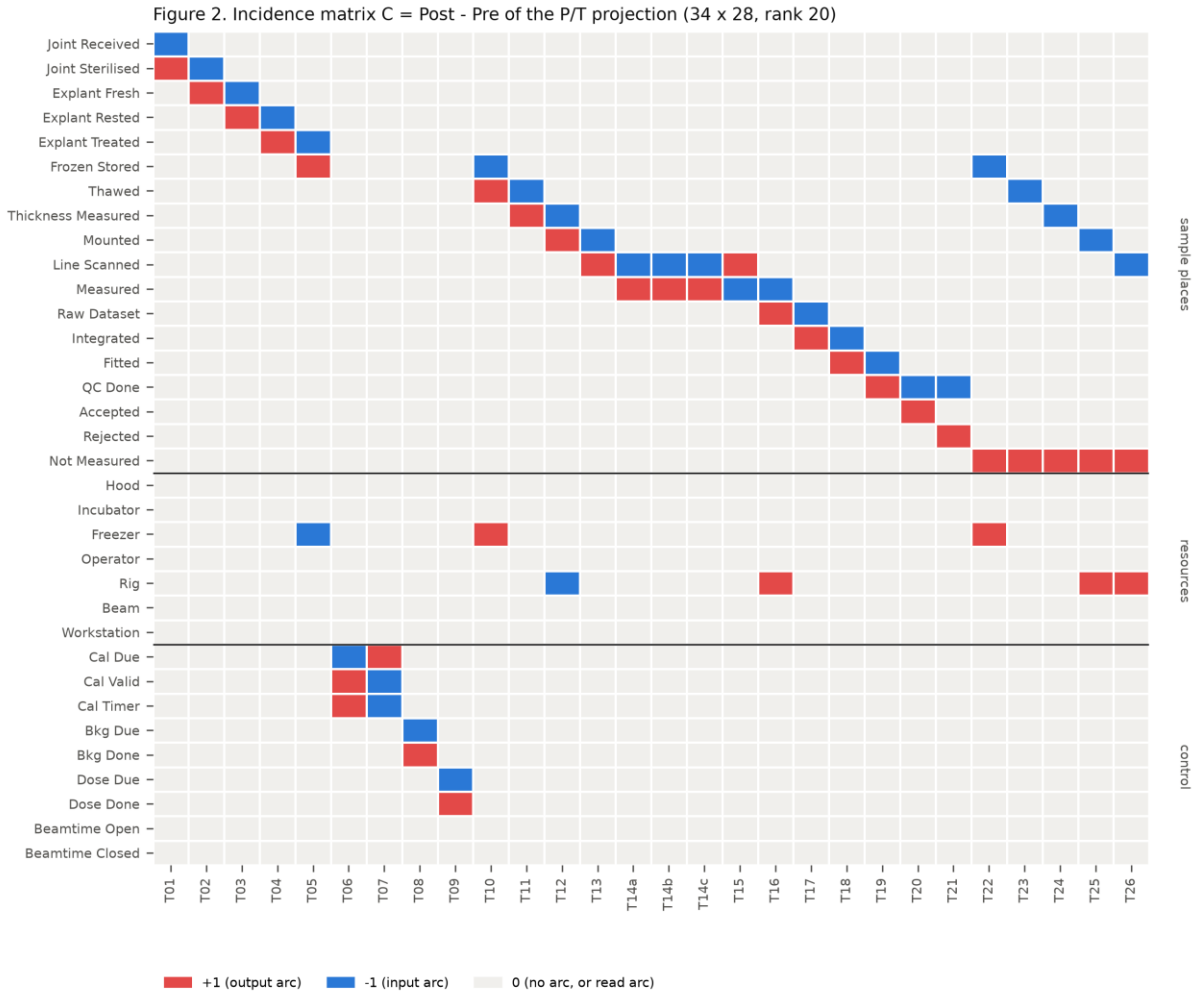


Figure 2. Incidence matrix C = Post - Pre of the Place/Transition projection (34 x 28). Red cells are output arcs, blue cells input arcs; a read arc (consume and return) leaves a zero entry. Horizontal rules separate the sample, resource and control places.

Table 3. Minimal P-semiflows (P1-P14) and T-semiflows (T1-T4) of the projection.

Id	Support	Interpretation
P1	Hood	single resource
P2	Incubator	single resource
P3	Operator	single resource
P4	Beam	single resource
P5	Workstation	single resource
P6	Beamtime_Open	control token
P7	Beamtime_Closed	control token
P8	Frozen_Stored + Freezer	freezer slots
P9	Cal_Due + Cal_Valid	control token
P10	Cal_Due + Cal_Timer	control token
P11	Bkg_Due + Bkg_Done	control token
P12	Dose_Due + Dose_Done	control token
P13	Mounted + Line_Scanned + Measured + Rig	rig occupancy
P14	18 sample places from Joint_Received to Accepted / Rejected / Not_Measured	sample conservation
T1	T14a_Static_Mapping + T15_Remeasure_New_Position	remeasurement cycle
T2	T14b_Stress_Relaxation + T15_Remeasure_New_Position	remeasurement cycle
T3	T14c_Cyclic_Loading + T15_Remeasure_New_Position	remeasurement cycle
T4	T06_Calibrate + T07_Expire_Calibration	calibration cycle

2.6 Simulation experiments

Table 4. Simulation experiments (total 41,900 replications).

Experiment	Factors and levels	Configurations	Replications per configuration	Runs
Baseline synchrotron	48 h beamtime, 2 operators, 0.5 s, pipeline limit 4	1	1000	1000
Baseline laboratory	80 working hours, 1 operator, 3 x 3600 s per explant, sealed cell	1	1000	1000
Factorial	beamtime {24, 48, 72} h x operators {1, 2, 3} x exposure {0.1, 0.5, 2.0} s x pipeline limit {2, 4, 8}	81	200	16,200
One-at-a-time	16 parameters at a low and a high level around the baseline	33	300	9,900
Dose-response	exposure {0.1, 0.25, 0.5, 1, 2, 3, 5, 8} s at relative brightness {1, 20}	16	300	4,800
Laboratory sensitivity	campaign {40, 80, 160} h x exposure per position {1800, 3600, 7200} s x dehydration scale {4, 6, 12} h	27	200	5,400
Explant-level	exposure {0.5, 1.5, 3.0} s x pipeline limit {4, 12} x operators {1, 2}; explant records kept	12	100	1,200
Design robustness	explants per cell {6, 7, 8, 9}; second workstation; pipeline limit {1, 2}	8	300	2,400

Within each experiment the same set of random numbers was used for all configurations (common random numbers). Thus, the different configurations can be compared as paired observations. Running one replication of the baseline takes about 0.1s on one processor core. The full campaign ran in parallel with 18 processor cores within less than 10 minutes.

2.7 Statistical analysis

These replication-level measures were summarized as means and corresponding standard deviations, medians and interquartile ranges as well as 95% bootstrap confidence intervals for means (4000 resamples), and as proportions with corresponding 95% Wilson intervals. Mann-Whitney U tests and corresponding Cliff's deltas were calculated to compare the synchrotron and laboratory baselines. Type II ANOVA and partial eta-squared, a measure of variance for sensitivity, were calculated for the factorial experiment including all main effects and all two-way interactions. The results were complemented by corresponding Kruskal-Wallis tests for each factor. The one-at-a-time experiment was analyzed by calculating paired differences to the corresponding baseline (same seeds) and corresponding bootstrap intervals. The Wilcoxon signed-rank test and corresponding rank-biserial correlations were calculated to test for differences. The dose-response data was compared to the analytical

solution of the lognormal threshold model using the root-mean-square error. Waiting times were fit to a lognormal, gamma and Weibull distribution using maximum-likelihood estimation and compared using the Akaike information criterion (AIC) as well as the corresponding Kolmogorov-Smirnov statistic. Design completion probabilities were calculated as the probability that all 9 cells of the design reached a minimum size. These probabilities were translated into corresponding statistical power for a two-sample t-test with a fixed alpha of 0.05 for a range of standardized effect sizes of 0.8, 1.2 and 1.6, corresponding to the range of D-period and pre-strain effects reported for healthy vs. degraded cartilage explants. Explant-level logistic regressions were used to model the probability of rejection for radiation damage as a function of the log of the dose that was prescribed. The probability of rejection for loss of integrity was modeled as a function of time from thaw to end of measurement. The probability of acceptance was modeled as a function of both plus scenario and group. The corresponding odds ratios including 95% intervals are shown. Convergence of the Monte Carlo simulations was assessed by calculating the running mean and corresponding standard error. All analyses were performed in Python 3.14 using NumPy (1.18), SciPy (1.18), pandas (1.0.1) and stats models (0.15). All figures were created using Matplotlib (3.4.3).

2.8 Comparator selection and evaluation framework

For scattering beamtime, no formal executable model of a workflow is found in the bibliography of this protocol nor in Petri-net literature that we are familiar with. The comparators, therefore, are selected to represent the different classes of models that this protocol relies on: (a) narrative step-by-step how-to protocols like those found in the work of Inamdar et al. (2017, 2019, 2021) and Moger et al. (2007) as well as the two internal how-to documents; (b) the simple exposure-noise rule found in the SAXS Guide where, e.g., noise decreases with the square root of counting time and every measurement is essentially two of them (Schnablegger & Singh, 2011); (c) radiation-damage models that express the dose-dependent change in structure and/or mechanics of collagenous tissues (Barth et al., 2010, 2011) as well as frame-comparison metrics for biological SAXS (Hopkins & Thorne, 2016; Jeffries et al., 2015); (d) the fixed set of storage rules for tissue-preservation found in a number of studies (Szarko et al., 2010; Qu et al., 2014; Kelly et al., 2021; Price et al., 1997); (e) data-analysis models found in the source papers, including: fits of fifth meridional order peak profiles with Gaussian-plus-linear-background models; the linear models D ~ depth + condition

+ depth:condition with type III ANOVA; and orientation statistics (Inamdar et al., 2019; Moger et al., 2007); and processing pipelines like pyFAI, DAWN and Fit2D (Ashiotis et al., 2015; Basham et al., 2015; Hammersley, 2016); (f) formal process-modeling precedents such as: workflow nets; Generalized Stochastic Petri Nets; CPN Tools; and the pre-dialysis TCPN modeled in this study. The comparators were evaluated along the five dimensions used to evaluate clinical pathways in the clinical setting: (1) sample or state representation; (2) workflow coverage; (3) temporal behavior; (4) resource representation; and (5) analytical capability. Predictive accuracy was not used as a criterion because models that answer different questions (e.g., dose-models that compute the probability of certain amounts of damage as a function of dose vs. the process-models computed in this study that ask whether or not a given marking in which the design is complete is reachable from the initial marking within the timeframe of a given beamtime) cannot be compared on this criterion.

3. Results

3.1 Baseline synchrotron beamtime

Figure 3 shows one instance of a baseline experiment where two operators are employed to throw explants into a rolling pipeline of maximum 4. The beam time consists of alternating 2.5min line scans and 16-19min loading periods. The experiment also includes a 12hr refresh of the calibration which is measured after approximately 33hr of beamtime with the last explant. Figure 4 provides a view on the average occupation of all resources over the 1000replications of the experiment. It shows that the operators are the limiting resource (average utilization of 76.6% during beamtime, max. 100%) while the beam (average 41.8%) and the rig (average 27.6%) are idle for more than half of their time. Only the workstations are used to a degree that poses no constraint to the experiments (average 46.0%). Table 5 shows the corresponding descriptive statistics for all resources.

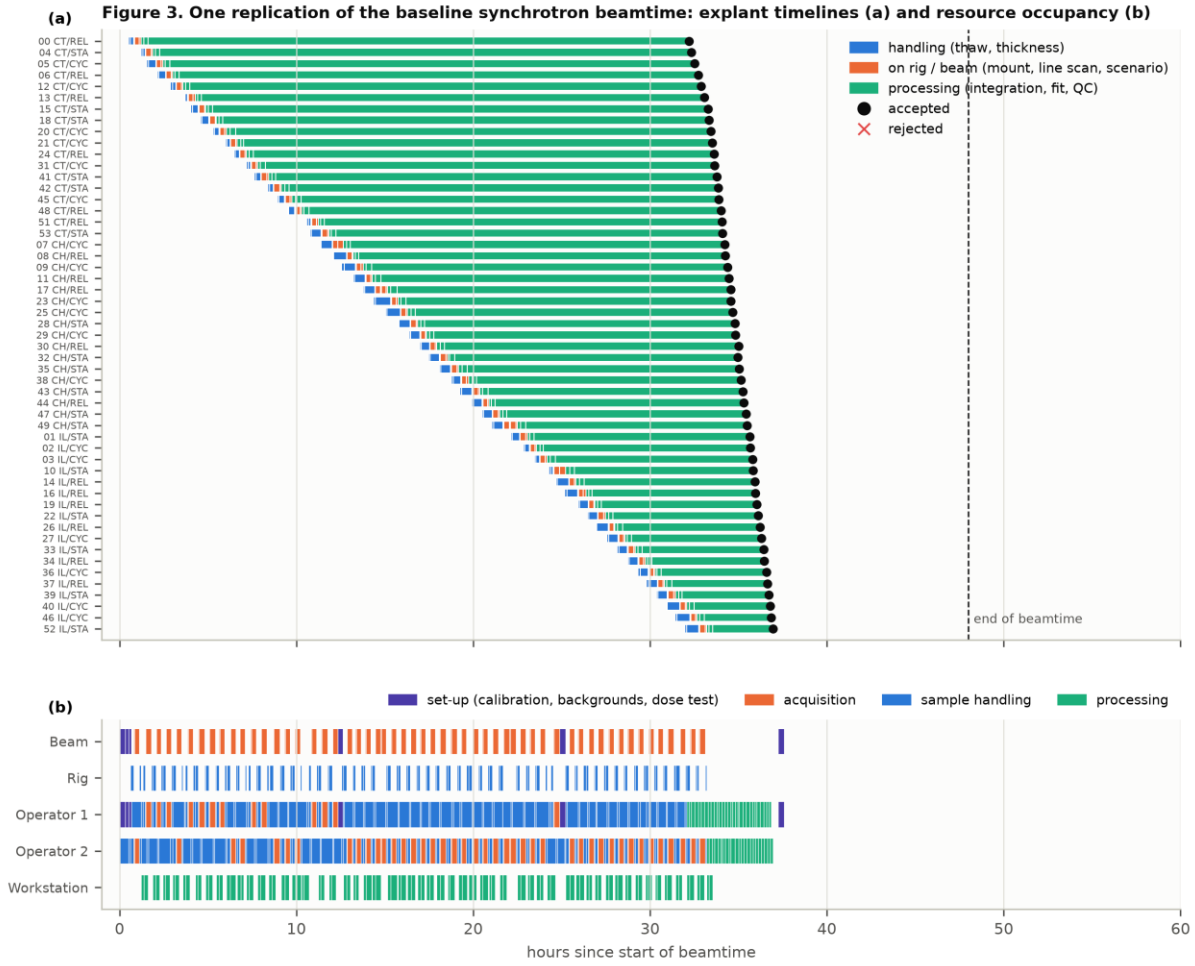


Figure 3. One replication of the baseline synchrotron beamtime (seed 1). (a) Timeline of each of the 54 explants from thaw to outcome, coloured by phase; the long processing segments are datasets waiting for quality control, which the operators defer until acquisition is finished. (b) Occupancy of the beam, the rig, the two operators and the workstation.

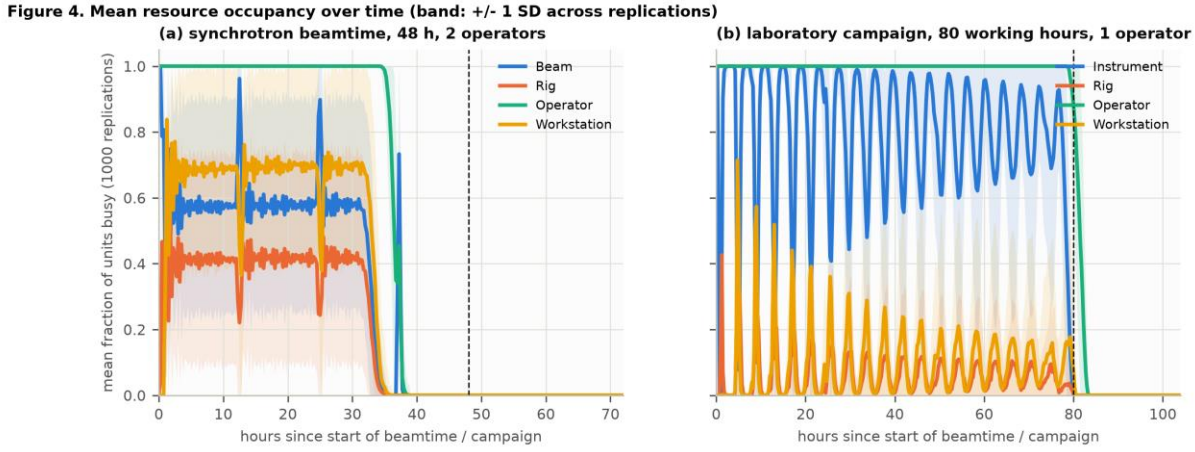


Figure 4. Mean fraction of resource units busy in 15 min bins over 1000 replications (band: one standard deviation). (a) Synchrotron beamtime. (b) Laboratory campaign, where the

instrument occupancy oscillates with the three-hour measurement of each explant and the single operator is saturated.

In the baseline, all 54 explants were measured in every replication (probability of measuring every explant 100.0 %, Wilson interval 99.6 % to 100 %). The mean number of accepted datasets was 50.9 (SD 1.66; 95 % CI 50.8 to 51.0; range 45 to 54), corresponding to a rejection rate of 5.8 % of the measured explants (handling losses 2.0 %, mechanical-synchronization failures 1.9 %, fit failures after a failed remeasurement 1.2 % and losses of integrity 0.7 %). The remeasurement rule was invoked 2.6 times per beamtime on average and recalibration 4 times. The last measurement ended 33.0 h (SD 0.76) after the start of the corresponding allocation block, thus leaving about fifteen hours of the allocation unused.

However, as a design the setup was rarely complete. On average 6.3 of the nine cells had 6 explants left, the smallest cell had 4.7 on average. The probability that all cells of 9 * 6 = 54 explants had 6 explants left was 3.8 % (Wilson interval 2.8 % to 5.2 %), the probability that all cells of 9 * 6 = 54 explants had left at least 4 explants was 97.3 % and for 5 explants left 69.5 %. A loss rate of 6 % on 54 explants thus almost always resulted in the loss of at least one explant from at least one of the nine cells of six explants.

Table 5. Descriptive statistics of the two baselines (1000 replications each; utilizations are fractions of the beamtime or campaign).

Outcome	Synchrotron mean (SD)	95 % CI	median [IQR]	Laboratory mean (SD)	95 % CI	median [IQR]
accepted datasets	50.88 (1.66)	50.78 - 50.99	51.0 [50.0, 52.0]	14.18 (2.08)	14.05 - 14.30	14.0 [13.0, 16.0]
rejected datasets	3.12 (1.66)	3.01 - 3.22	3.0 [2.0, 4.0]	4.28 (1.82)	4.17 - 4.39	4.0 [3.0, 5.0]
explants not measured	0.00 (0.00)	0.00 - 0.00	0.0 [0.0, 0.0]	35.55 (1.01)	35.48 - 35.61	35.0 [35.0, 36.0]
cells with n >= 6 (of 9)	6.28 (1.38)	6.19 - 6.36	6.0 [5.0, 7.0]	0.57 (0.71)	0.53 - 0.61	0.0 [0.0, 1.0]
smallest cell size	4.70 (0.59)	4.66 - 4.74	5.0 [4.0, 5.0]	0.00 (0.00)	0.00 - 0.00	0.0 [0.0, 0.0]
beam / instrument utilization	0.42 (0.01)	0.42 - 0.42	0.4 [0.4, 0.4]	0.79 (0.01)	0.79 - 0.79	0.8 [0.8, 0.8]
rig utilization	0.28 (0.01)	0.28 - 0.28	0.3 [0.3, 0.3]	0.06 (0.00)	0.06 - 0.06	0.1 [0.1, 0.1]
operator utilization	0.77 (0.01)	0.77 - 0.77	0.8 [0.8, 0.8]	1.00 (0.00)	1.00 - 1.00	1.0 [1.0, 1.0]
workstation utilization	0.46 (0.01)	0.46 - 0.46	0.5 [0.5, 0.5]	0.09 (0.01)	0.09 - 0.09	0.1 [0.1, 0.1]
thaw-to-mount wait (min)	75.13 (15.86)	74.12 - 76.12	74.4 [61.7, 87.4]	35.60 (1.54)	35.50 - 35.69	35.5 [34.5, 36.7]
thaw-to-accepted cycle (min)	1125.67 (40.52)	1123.09 - 1128.08	1130.8 [1109.3, 1151.2]	2571.05 (193.27)	2558.74 - 2582.84	2568.8 [2446.1, 2692.6]
time of last measurement (h)	33.02 (0.76)	32.97 - 33.06	33.0 [32.5, 33.5]	78.32 (1.01)	78.26 - 78.38	78.4 [77.8, 79.1]
recalibrations	4.00 (0.00)	4.00 - 4.00	4.0 [4.0, 4.0]	4.00 (0.00)	4.00 - 4.00	4.0 [4.0, 4.0]
remeasurements	2.59 (1.62)	2.49 - 2.69	2.0 [1.0, 4.0]	0.88 (0.88)	0.83 - 0.94	1.0 [0.0, 1.0]

3.2 Baseline laboratory campaign

On the laboratory instrument this design acts very differently (Figure 5). For one operator, three positions of 3600 s per explant and a sealed cell, 14.2 (SD 2.08; 95 % CI 14.1 to 14.3; range 7 to 19) datasets were accepted per 80 working hours. 4.3 datasets were rejected

per 80 hours. 35.5 (66 %) of the explants in the design were never measured. Failure to the experiment was primarily due to dehydration in the sealed cell with 19.1 % of the measured explants failing in this way compared to 2.0 % for handling failure and 1.7 % for synchronization failure. On the instrument the design was busy 79 % of the time whilst the operator was fully utilized 100 % of the time. No replication of the experiment completed a full design cell of four explants. The difference in accepted datasets between the two baselines was 36.7 (95 % CI 36.5 to 36.9; Mann-Whitney test $p < 0.0001$; Cliff's delta 1.00, see above for explanation) gain.

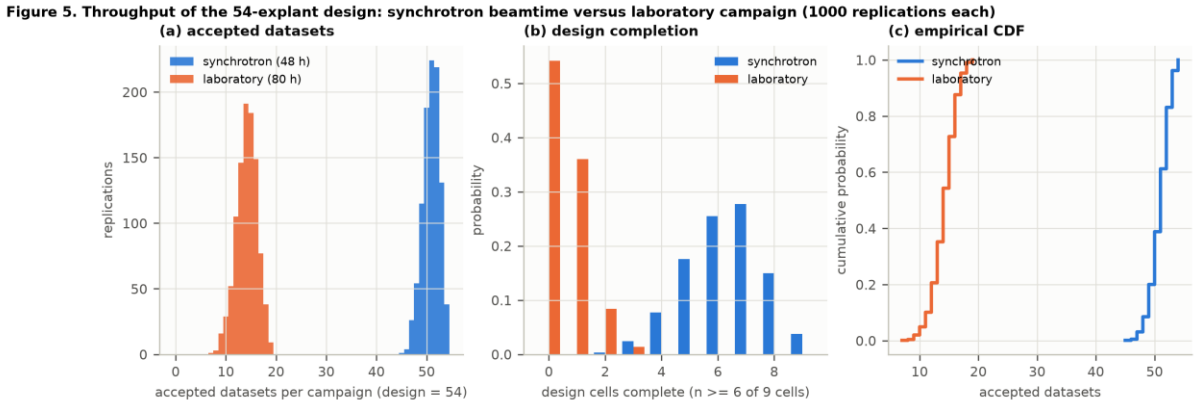


Figure 5. Throughput of the 54-explant design. (a) Distribution of accepted datasets per campaign. (b) Number of design cells that reach six accepted explants. (c) Empirical cumulative distributions.

3.3 Factorial experiment

The mean number of accepted datasets of all 81 configurations ranged from 16.0 (24 h * 1 op * 2 s) to 51.3 (48 h * 3 op * 0.1 s * 2). A least-squares model including all main effects and all two-way interactions explained 96.6 % of the variance between the configurations (cf. Table 6). The most influential parameter was the time allocated for beamtime, followed by the number of operators and their interaction: A single operator needs 72 h to process as many datasets as two operators do within 48 h. A third operator does not add any value, since the pipeline limit and not the number of workers determines the handling rate of the pipeline. The fraction of lost radiation was used to model the effect of exposure time. It turned out to be most influential at 2.0 s (38.1 against 42.0 datasets on average). The integrity losses due to a pipeline limit of eight were modelled by the parameter pipeline limit. The effect turned out to be low with 0.19, but significant ($p = 0.0003$). The respective marginal means are 39.4 and 41.4. Kruskal-Wallis tests confirmed all main effects to be highly significant ($p < 0.0001$).

Table 6. Type II analysis of variance of accepted datasets in the factorial experiment (16,200 runs).

Source	df	Sum of squares	F	p	partial eta-squared
beamtime	2	1325106	151984	$p < 0.0001$	0.949
operators	2	323245	37075	$p < 0.0001$	0.821
exposure	2	60755	6968	$p < 0.0001$	0.463
pipeline limit	2	16958	1945	$p < 0.0001$	0.194
beamtime:operators	4	220770	12661	$p < 0.0001$	0.758
beamtime:exposure	4	7630	438	$p < 0.0001$	0.098
beamtime:pipeline limit	4	1472	84	$p < 0.0001$	0.020
operators:exposure	4	3168	182	$p < 0.0001$	0.043
operators:pipeline limit	4	18151	1041	$p < 0.0001$	0.205
exposure:pipeline limit	4	4609	264	$p < 0.0001$	0.061
Residual	16167	70478			

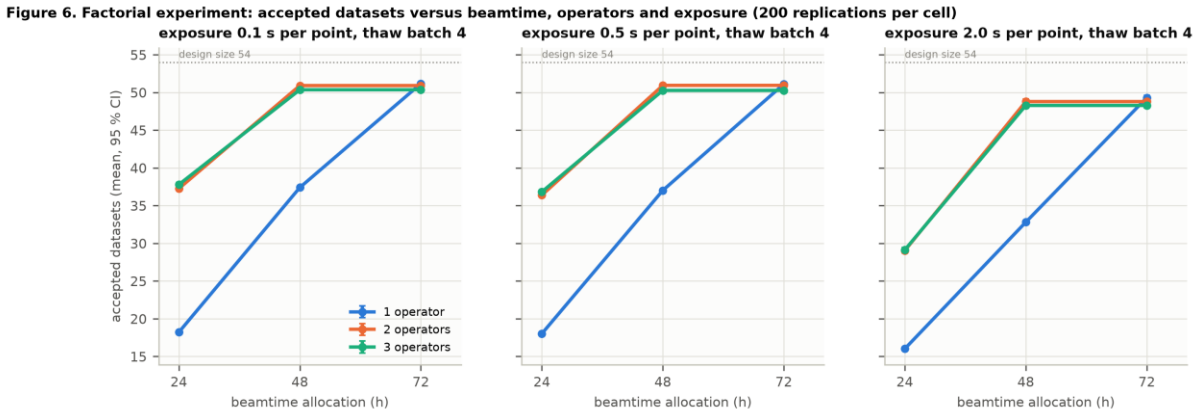


Figure 6. Accepted datasets (mean and 95 % confidence interval) versus beamtime allocation and number of operators, for three exposure times at a pipeline limit of four.

3.4 Outcome profiles

Figure 7 decomposes the fate of the design under eight configurations. Three distinct regimes appear. In the resource-limited regime (24 h with one operator) 65 % of the explants are never measured while the measured ones are almost all accepted. In the dose-limited regime (2.0 s per point) all explants are measured but 1.2 % are lost to radiation damage and 2.8 % to loss of integrity, because the halved-exposure remeasurement lengthens the time explants spend thawed. In the integrity-limited regime (one operator with a pipeline limit of eight) 28 % remain unmeasured and the thawed explants wait longer. The laboratory instrument is time-limited at 3600 s per position (66 % unmeasured) and dehydration-limited at 7200 s (14 % dehydrated, 5 % accepted); only a 160-h campaign with 1800 s per position approaches the synchrotron profile (91 % accepted).

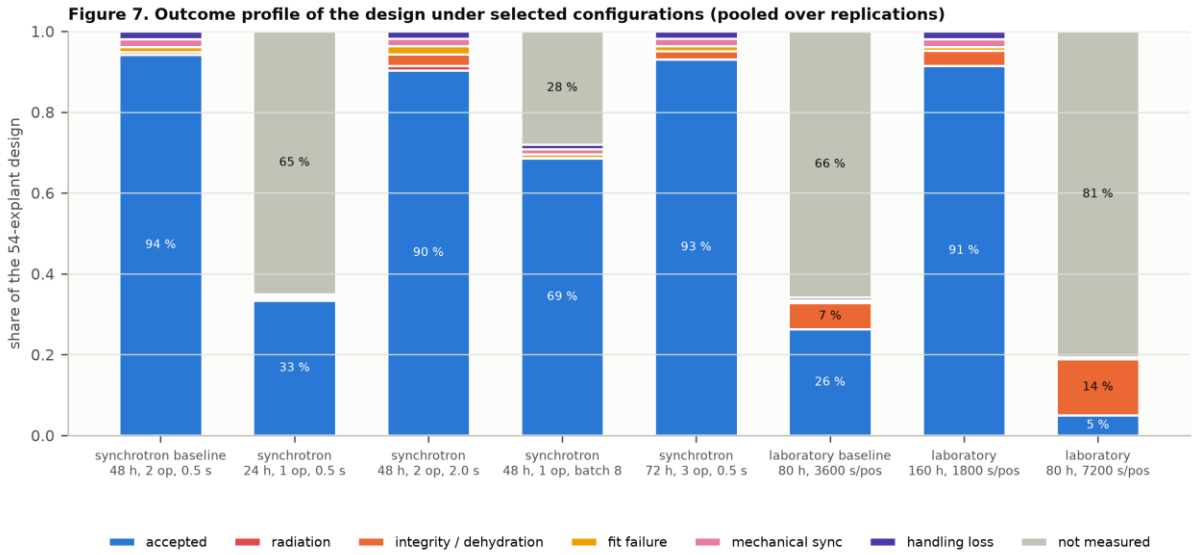


Figure 7. Share of the 54-explant design ending in each outcome, pooled over replications, for selected synchrotron and laboratory configurations.

3.5 One-at-a-time sensitivity

The analysis of sixteen input parameters and their effect on the throughput of the design (number of datasets) is depicted in Figure 8 and in Table 7. As for the design size (number of explants per cell 4 or 9: -16.9 and +23.0 datasets), the beamtime (-14.6 at 24 h) and the number of operators (-14.2 with one operator) are the most dominant parameters in this analysis with a rank-biserial correlation of -1.00 meaning that in all cases the replication was worse than the average. The most important physical parameter in terms of sensitivity to the datasets' loss is the post-thaw integrity scale (Baseline lost -4.7 datasets, 95 % CI -5.1 to -4.4) at a scale of 4 h. In terms of quantitative handling losses of -2.8 (8 %), parasitic scattering of -2.2 (15 %) and exposure of -2.0 (2.0 s) the dataset loss follows in decreasing order. Three operators were found to decrease the throughput by 0.7 ($p < 0.0001$) datasets. As explained before, having more handling capacity than required will keep the pipeline full of thawed explants waiting for the single available rig to become free and integrity losses to rise from 0.39 to 1.04 per beamtime on average. A second rig increased the number of datasets by +0.35, a finer line-scan step of -0.6 (10 micrometers) decreased the number of datasets by 0.6 and a shorter calibration validity of -0.3 (4 h) decreased the number of datasets by 0.3 on average. The variability of the manual steps affected the number of datasets by -0.2 on average. Translation window, no-thaw cut-off and cyclic-loading exposure had no effect on the number of datasets within the investigated ranges.

Table 7. One-at-a-time sensitivity: paired change in accepted datasets relative to the baseline (mean 50.9; 300 paired replications; bootstrap 95 % CI; Wilcoxon signed-rank test).

Parameter	Low value	Change at low [95 % CI]	p	High value	Change at high [95 % CI]	p
beam hours	24	-14.64 [-14.83, -14.42]	p < 0.0001	72	+0.00 [+0.00, +0.00]	p = 1.000
cal validity min	240	-0.25 [-0.49, -0.01]	p = 0.051	1440	+0.06 [-0.15, +0.26]	p = 0.383
cyclic exposure s	0.01	+0.00 [+0.00, +0.00]	p = 1.000	0.1	+0.00 [+0.00, +0.00]	p = 1.000
damage median s	1.5	-0.65 [-0.89, -0.42]	p < 0.0001	10	+0.00 [+0.00, +0.01]	p = 0.317
duration cv	0.05	+0.07 [-0.17, +0.31]	p = 0.425	0.5	-0.16 [-0.40, +0.08]	p = 0.174
exposure s	0.1	+0.07 [-0.15, +0.29]	p = 0.424	2	-2.00 [-2.28, -1.71]	p < 0.0001
handling loss p	0	+0.99 [+0.82, +1.16]	p < 0.0001	0.08	-2.80 [-3.08, -2.52]	p < 0.0001
integrity weibull scale min	240	-4.73 [-5.09, -4.39]	p < 0.0001	1200	+0.31 [+0.24, +0.38]	p < 0.0001
live check fail p	0.01	+0.56 [+0.38, +0.73]	p < 0.0001	0.15	-2.24 [-2.52, -1.97]	p < 0.0001
n operators	1	-14.15 [-14.40, -13.90]	p < 0.0001	3	-0.72 [-1.02, -0.43]	p < 0.0001
n per cell	4	-16.94 [-17.17, -16.71]	p < 0.0001	9	+22.98 [+22.65, +23.29]	p < 0.0001
n rigs	1	+0.00 [+0.00, +0.00]	p = 1.000	2	+0.35 [+0.13, +0.56]	p = 0.0009
step um	10	-0.56 [-0.80, -0.31]	p < 0.0001	50	+0.19 [-0.03, +0.41]	p = 0.049
thaw batch	2	+0.27 [+0.06, +0.48]	p = 0.012	8	-0.05 [-0.16, +0.06]	p = 0.463
thaw cutoff min	45	+0.00 [+0.00, +0.00]	p = 1.000	180	+0.00 [+0.00, +0.00]	p = 1.000
window um	250	+0.00 [-0.02, +0.02]	p = 0.705	1000	+0.00 [+0.00, +0.00]	p = 1.000

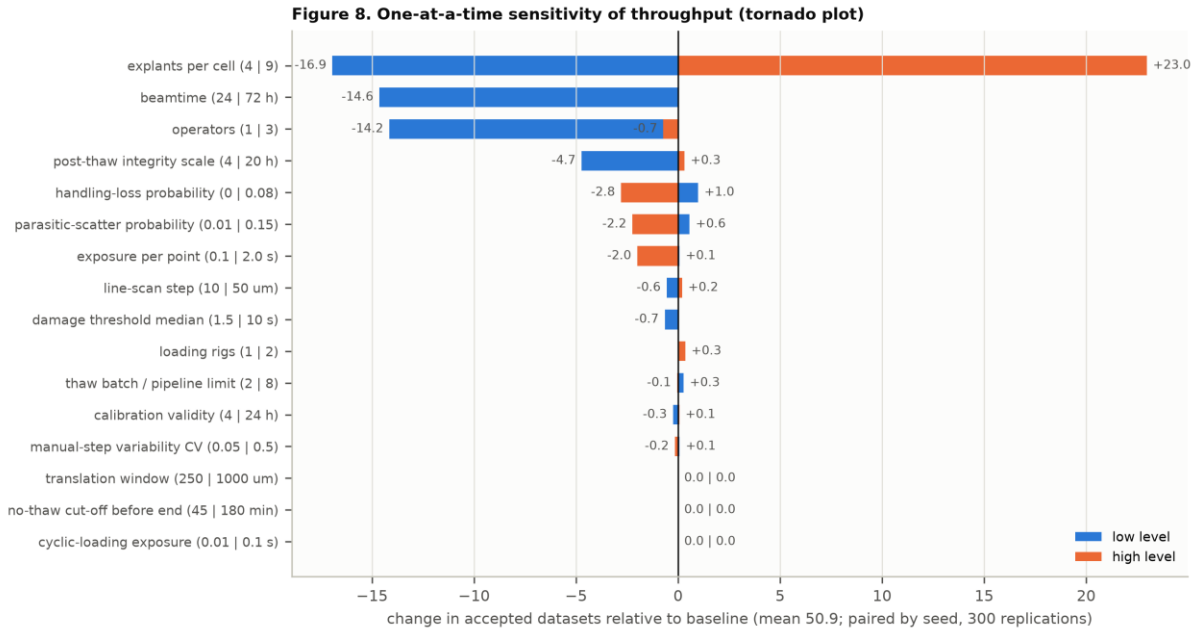


Figure 8. Tornado plot of the one-at-a-time sensitivity of throughput (paired by seed, 300 replications per level).

3.6 Exposure dose-response

The simulated threshold behavior for throughput and radiation damage rejections as a function of exposure per point for two source brightness levels is shown in Figure 9. For

reference brightness, less than 1% rejection of radiation damage explants for all simulated exposures up to 2 s per point (1.0 % on average) and 10% at 3 s per point were found, while the throughput of datasets decreased from 50.9 for 0.5 s to 3.5 for 8 s of exposure. For twenty times brighter source, 1.0% of explants were already rejected at an exposure of 0.1 s per point (on average), 49% at 0.25 s and 94% at 0.5 s. The exposure with less than 5% of radiation damage explants rejected as a function of source brightness is between 2 s at reference brightness and 0.1 s at twenty times brighter source, which in turn brackets the exposure chosen for Diamond I22 (0.5 s) and ESRF ID02 (0.03 s) in the source protocols. The ratio of number of remeasurements, which cost as much beamtime as any other point, to number of points for all simulated conditions is plotted in the right-hand panel of Figure 9. This ratio increased from 2.7 for 0.5 s of exposure per point at reference source brightness to 26.7 for 3 s of exposure per point. The relative differences between the simulated values and the values from lognormal threshold model for one remeasurement of half of the exposure (0.5/2=0.25 s) are plotted in the right-hand panel of Figure 9. The root-mean-square error of these differences is 0.08. Note that several remeasurements, which cost the same amount of beamtime as any other point, were not simulated to end of beamtime for several explants.

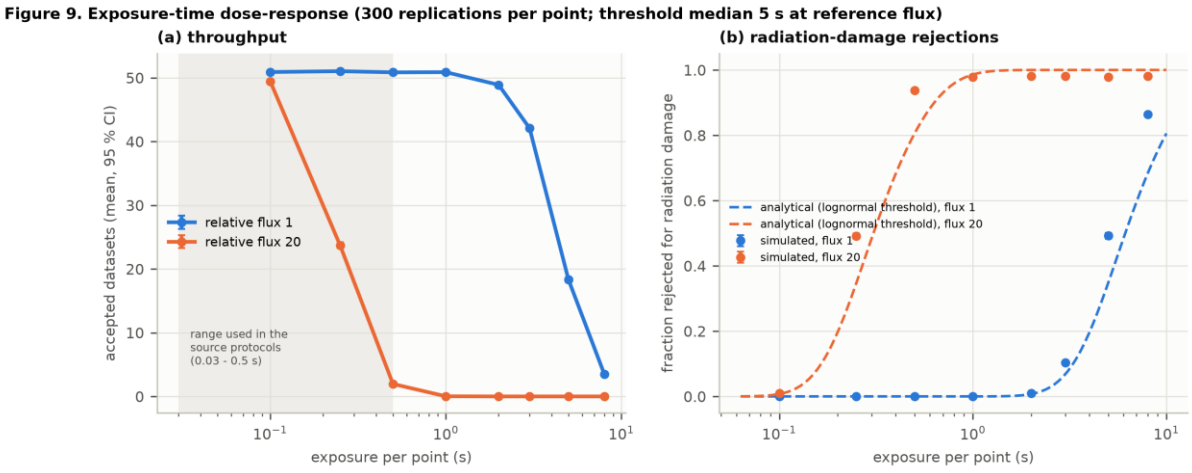


Figure 9. Exposure dose-response at two relative source brightness levels (300 replications per point). (a) Accepted datasets. (b) Fraction of measured explants rejected for radiation damage, with the analytical prediction of the lognormal threshold model (dashed). The shaded band in (a) is the exposure range used in the source protocols.

3.7 Time in system

In the synchrotron baseline scenario (Fig 10) the mean waiting time (from thawing to mounting) is 1.25 h (SD 0.49; median 1.16; interquartile range 0.84 to 1.63 h; maximum 3.21 h) for 52,937 thawed explants. This waiting time can cause integrity losses and does not depend on the loading scenario, see Kruskal-Wallis test p = 0.876. The cycle time from thawing an explant to acceptance of the corresponding dataset has a mean of 18.8 h (SD 7.5) and is almost uniformly distributed between 5 h and 33 h. Thus, a lognormal, gamma or Weibull distribution does not fit this data. Instead, the cycle time can be decomposed into three parts: (1) waiting time in the pipeline of 1.25 h (SD 0.51 h); (2) time on the rig of 0.51 h (SD 0.23 h); and (3) idle time of workstations between the end of the acquisition and acceptance of the corresponding dataset of 17.0 h (SD 7.3 h). Note that (3) is not a workstation backlog since the corresponding workstation is idle more than half of the time. The workstation in Scenario 2 changes the cycle time by +0.03 h (95 % CI -0.00 to +0.07 h; p = 0.304) on average. Thus, (3) corresponds to the quality-control (QC) review, which is carried out by an operator and, thus, has lower priority than acquisition. In order to make thawing explants just-in-time (pipeline limit 1) the cycle time is reduced to 1.9 h (SD 1.4 h). Introducing just-in-time thawing results in integrity losses of 0.09 per beamtime on average, while in the baseline scenario they were 0.42 per beamtime on average. The last measurement is carried out 45.2 h (SD 10.3 h) after the first acquisition (instead of 33.0 h, SD 10.8 h) on average.

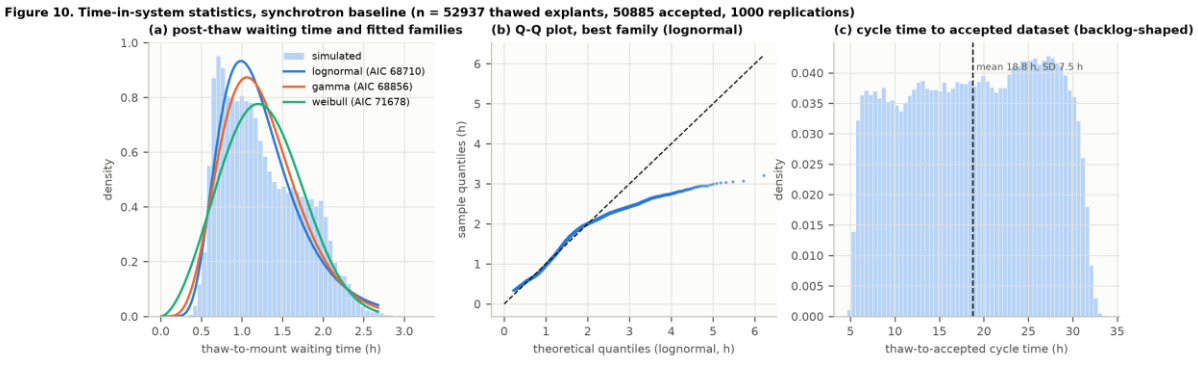


Figure 10. Time-in-system statistics in the synchrotron baseline. (a) Thaw-to-mount waiting time with lognormal, gamma and Weibull maximum-likelihood fits. (b) Quantile-quantile plot against the best family. (c) Thaw-to-accepted cycle time, whose shape is set by the deferral of quality control.

3.8 Design completion, spare explants and statistical power

Fig 11 and Table 8 allow us to translate the number of experiments performed into the quantity of interest for the purposes of the inference, i.e. the number of experimental units that complete the design. There are two operators available to run software. Exposure time is set to 0.5 s and the limit on the number of experiments that can be added to the "pipeline" of experiments awaiting acquisition is set to 4. We found that the probability that all 9 cells had at least 4, 5 or 6 experimental units (for 24h, 48h or 72h designs respectively) was less than 4% for all 3 targets at 24h. For 48h and 72h designs, the probability of all cells having at least 4, 5 or 6 experimental units was 3.5%, 69.5% and 3.5% respectively. Increasing the time to 72h did not change the results for 48h experiments as the "beamtime" was no longer a limiting factor. In order to address this problem, it is therefore sufficient to add spare experimental units to each cell so that, in total, 7 (or 8 or 9) explants are added to each of the 9 cells. Using 7 experimental units per cell (i.e. 63 in total) increases the probability that all cells complete the design to 61% (95%CI = 55% to 66%). The probability increases to 91% (95% CI = 84% to 95%) when 8 experimental units are added per cell (i.e. 72 in total) and to 93% (95% CI = 85% to 97%) when 9 experimental units are added per cell (i.e. 81 in total). At this number of explants per cell the two operators were fully saturated as all experimental units had been added to the design by the time the last experiment had ended after 47.7h. Thus, the most efficient number of experimental units per cell for 48h designs with 2 operators is 8. The power panel shows that the number of cells is also of critical importance when fixing a difference of interest (e.g. the D-period vs. pre-strain difference values reported for healthy and degraded cartilage). Using 6 experimental units per cell (i.e. 54 total) yields a power of 0.47 for a standardized difference of 1.2 (i.e. a difference of 1.2*SD between healthy and degraded cartilage). This increases to 0.39 for a difference of 1.2*SD between healthy and degraded cartilage when 5 experimental units per cell are used (i.e. 45 in total) and to 0.30 for a difference of interest of 1.2*SD between healthy and degraded cartilage when 4 experimental units per cell are used (i.e. 36 in total). A power of 0.8 is reached for a difference of interest of 1.6*SD between healthy and degraded cartilage when 7 experimental units per cell are used (i.e. 63 in total). The power is increased to 0.71 for a difference of interest of 1.2*SD between healthy and degraded cartilage when 6 experimental units per cell are used (i.e. 54 in total). The power increases to 0.89 for a difference of interest of 1.2*SD between healthy and degraded cartilage when 9 experimental units per cell are used (i.e. 81 in total).

Table 8. Design-robustness experiment (48 h, two operators, 300 replications per configuration).

Configuration	Explants	Accepted [95 % CI]	P(all cells n >= 6) [Wilson CI]	Smallest cell	Last measurement (h)	Cycle time (h)	Integrity losses	Unmeasured
baseline	54	50.9 [50.7, 51.1]	0.04 [0.03, 0.07]	4.70	33.0	18.7	0.42	0.0
n_per_cell = 7	63	59.4 [59.2, 59.6]	0.61 [0.55, 0.66]	5.59	38.5	21.6	0.50	0.0
n_per_cell = 8	72	68.0 [67.8, 68.2]	0.91 [0.88, 0.94]	6.41	43.9	24.4	0.57	0.0
n_per_cell = 9	81	74.2 [73.9, 74.4]	0.93 [0.89, 0.95]	6.66	47.7	26.8	0.59	2.4
workstations = 2	54	50.9 [50.7, 51.1]	0.04 [0.03, 0.07]	4.71	33.0	18.7	0.43	0.0
thaw_batch = 1	54	51.1 [50.9, 51.3]	0.07 [0.04, 0.10]	4.75	45.2	1.9	0.09	0.0
thaw_batch = 2	54	51.1 [50.9, 51.3]	0.03 [0.02, 0.06]	4.71	33.4	15.4	0.14	0.0
n_per_cell = 7; workstations = 2	63	59.4 [59.1, 59.6]	0.60 [0.55, 0.66]	5.58	38.5	21.6	0.50	0.0

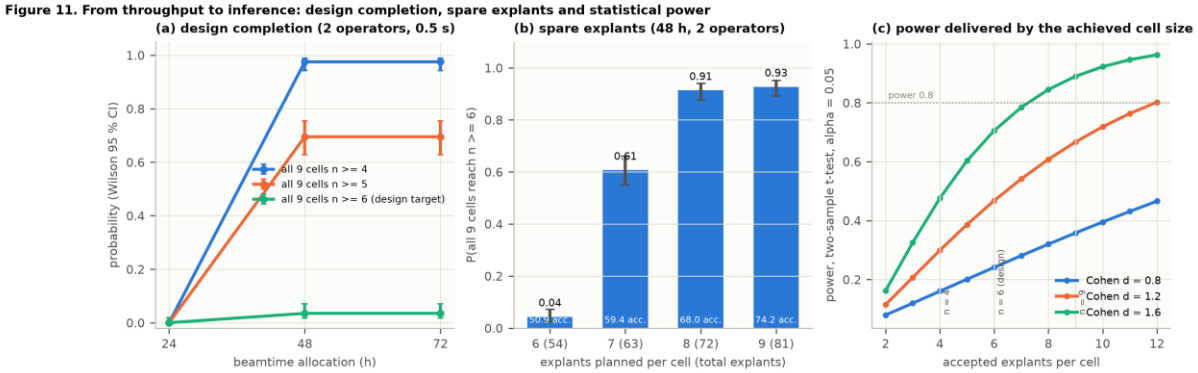


Figure 11. (a) Probability that all nine design cells reach four, five or six accepted explants versus beamtime allocation. (b) Probability of a complete design versus the number of explants prepared per cell. (c) Power of a two-sample t-test versus accepted explants per cell for three standardized effect sizes.

3.9 Monte Carlo convergence

Figure 12 shows the running mean of accepted datasets for both baselines, converging already within the first hundreds of replications. The Monte Carlo standard error of the mean for 1000 replications is 0.053 (ds) for the synchrotron and 0.066 (ds) for the laboratory baseline. These are two orders of magnitude below the effects that have been found. The number of

replications in the sensitivity experiments was chosen to be in the range of 200 to 300 per configuration, resulting in standard errors of below 0.15 datasets.

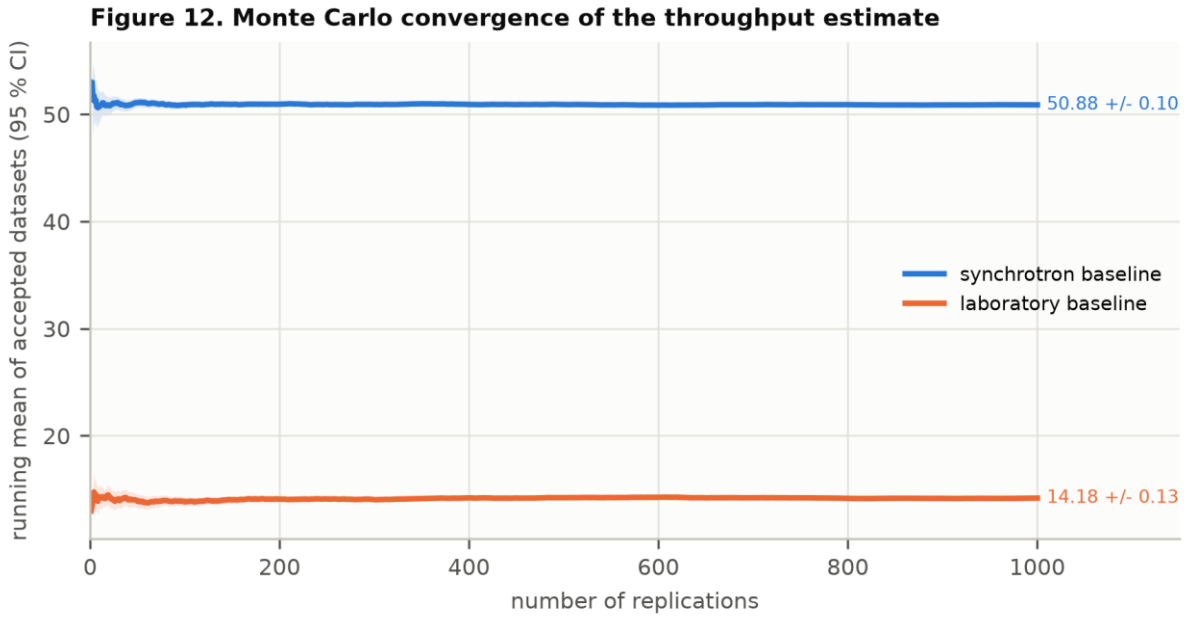


Figure 12. Running mean of accepted datasets with its 95 % confidence interval versus number of replications.

3.10 Laboratory sensitivity

On the laboratory instrument the accepted datasets were almost entirely determined by the three factors exposure per position (partial eta-squared 0.96), campaign length (0.95) and their interaction (0.87), whereas the dehydration time scale entered third (0.71). The model explained 98.3 % of the variance of the observed data (Figure 13). In contrast to the rejection rate of dehydration of 5.4 % of the explants measured at 1800 s per position, the rejection rate of explants increased to 23.2 % at 3600 s and 61.7 % at 7200 s. In contrast to the rejection rate of 4.3 % of the explants at a dehydration time scale of 12 h, the rejection rate of explants increased to 39.1 % at a time scale of 4 h. Only the most favorable cell with a campaign time of 160 h, an exposure per position of 1800 s and a dehydration time scale of 12 h produced the desired number of datasets (51.0). The warning in the second source document must be taken into account, i.e. the ten-hour exposures used for bone are not transferable to hydrated tissue. Measuring three hours per explant at 3600 s per position yielded the highly oscillating instrument occupancy shown in Figure 4b. In summary, it is estimated that there is room for approximately two explants per working day on the instrument.

Table 9. Type II analysis of variance of accepted datasets in the laboratory sensitivity experiment (5,400 runs).

Source	df	Sum of squares	F	p	partial eta-squared
campaign hours	2	400137	53041	p < 0.0001	0.952
exposure per position	2	556676	73792	p < 0.0001	0.965
dehydration scale	2	49157	6516	p < 0.0001	0.708
campaign hours: exposure per position	4	139820	9267	p < 0.0001	0.873
campaign hours: dehydration scale	4	14317	949	p < 0.0001	0.414
exposure per position: dehydration scale	4	9064	601	p < 0.0001	0.309
Residual	5381	20297			

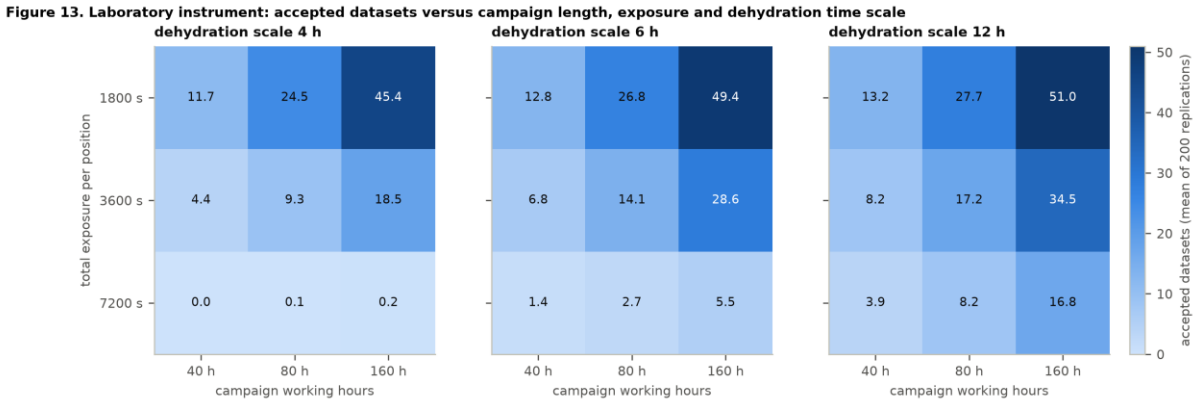


Figure 13. Laboratory instrument: mean accepted datasets versus campaign length and exposure per position, for three dehydration time scales (200 replications per cell).

3.11 Explant-level logistic regression

We analyzed 52,807 explants from 12 different setups, which all were exposed for 0.5, 1.5 or 3 s, had different pipeline limits (4 or 12) and were processed by 1 or 2 people (Fig. 14 and Table 10). As shown in Fig. 14, the probability of rejection due to radiation damage increased dramatically with the prescribed dose. The odds ratio for a one unit change of the natural logarithm of the dose was 3275 (95 % CI: 1336–8024; pseudo R-squared = 0.34) and the dose for 50 % rejection of the explants was estimated to be 7.5 reference-flux seconds. The probability of rejection due to loss of integrity was found to increase with time from thawing to end of measurement. The odds ratio for an one hour increase of time was 1.80 (95 % CI: 1.78–1.83; pseudo R-squared = 0.45) and the time for 50 % rejection was estimated to be 9.4 h, close to the median of the integrity of the Weibull model (8.9 h). In the joint model of acceptance, only dose (odds ratio 0.36 for log dose unit) and time (odds ratio 0.72 for an hour)

were found to be significant. The loading of the samples had a marginal effect, i.e. static mapping had an odds ratio of 1.87 compared to cyclic loading, and the strongest effect was that of the control group having lower odds of acceptance than the chondroitin's treated group. The latter is an artifact of the way the model was specified to reflect the experimental design and is a feature of the protocol that would not be revealed in a narrative representation of the experiment. The strong effect of treatment group on the odds of acceptance of the explants is a confounder, because, in the model as specified, the untreated explants were frozen first, thawed first in a first-in-first-out fashion and therefore wait the longest time in the large thaw batches of the stressed configurations. Thus, treatment group is confounded with waiting time. This is a design flaw that would not be revealed in a narrative protocol and therefore has to be addressed in the design of future experiments. A simple way to address this would be to randomize or block the thaw order of the explants across groups.

Table 10. Explant-level logistic regressions (n = 52,807 measured explants).

Model	**Term**	**Odds ratio**	**95 % CI**	**p**	**pseudo R-squared**
radiation ~ log (prescribed dose)	log dose	3.27e+03	1.34e+03 - 8.02e+03	p < 0.0001	0.341
integrity ~ elapsed time (h)	elapsed time (h)	1.8	1.78 - 1.83	p < 0.0001	0.454
acceptance ~ log dose + elapsed + scenario + group	scenario RELAX	1.74	1.6 - 1.89	p < 0.0001	0.254
acceptance ~ log dose + elapsed + scenario + group	scenario STATIC	1.87	1.72 - 2.03	p < 0.0001	0.254
acceptance ~ log dose + elapsed + scenario + group	group CTRL	0.862	0.8 - 0.929	p = 0.0001	0.254
acceptance ~ log dose + elapsed + scenario + group	group IL1B	0.929	0.856 - 1.01	p = 0.074	0.254
acceptance ~ log dose + elapsed + scenario + group	log dose	0.357	0.336 - 0.379	p < 0.0001	0.254
acceptance ~ log dose + elapsed + scenario + group	elapsed time (h)	0.717	0.708 - 0.726	p < 0.0001	0.254

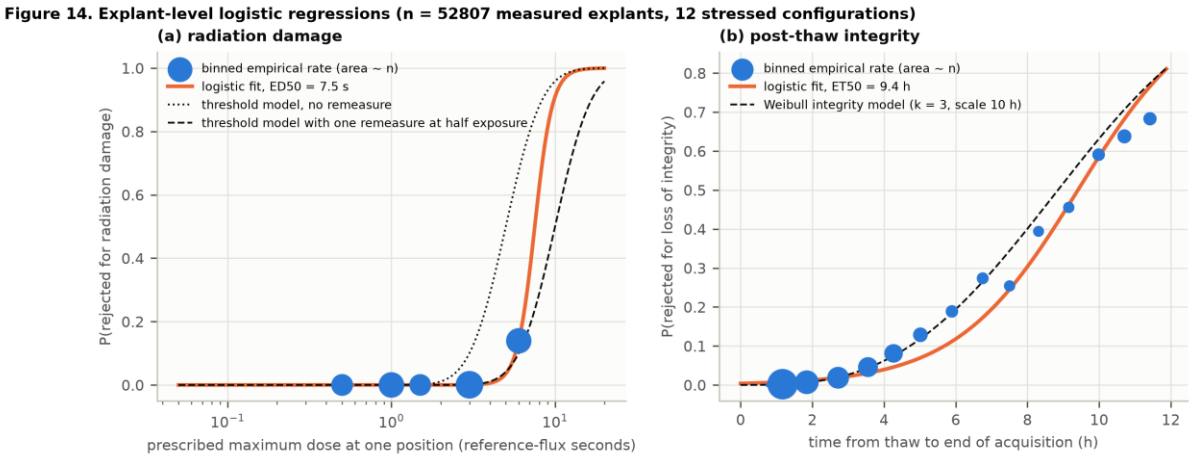


Figure 14. Explant-level logistic regressions. (a) Probability of rejection for radiation damage versus prescribed dose, with the threshold model without and with one halved-exposure remeasurement. (b) Probability of rejection for loss of integrity versus time from thaw to the end of acquisition, with the Weibull integrity model. Marker area is proportional to the number of explants.

4. Comparative Analysis

The TCPN model is compared with the six classes of existing models of Section 2.8, Table 11, with respect to the five dimensions of interest. The existing narrative protocols (Inamdar et al., 2017, 2019, 2021; Moger et al., 2007) of the entire workflow are given as nominal values for all steps of the protocol. The only information about the sample given in the protocols is implicit; time is modeled as a sequence; resources are not modeled at all. Thus, reading the protocols is the only kind of analysis that can be performed with the existing models. The SAXS Guide's exposure–noise rule (Schnablegger & Singh, 2011) and the existing radiation–damage models (Barth et al., 2010, 2011; Hopkins & Thorne, 2016; Jeffries et al., 2015) are quantitative, but local, i.e., an exposure is related to an outcome at a specific position (and explants, and hours, etc. for the remaining positions of the beamline). The preservation studies of the existing models of the source paper (Szarko et al., 2010; Qu et al., 2014; Kelly et al., 2021; Price et al., 1997) establish which storage and handling conditions are admissible, i.e., they define guards for the corresponding transitions. However, the models do not establish any bounds on the waiting time of admissible explants. The data-analysis models of the source papers (Inamdar et al., 2017, 2019, 2021; Moger et al., 2007) of the entire workflow are given as nominal values for all steps of the protocol. The existing data-analysis models of the source papers (Inamdar et al., 2017, 2019, 2021; Moger et al., 2007) of the entire workflow are given

as nominal values for all steps of the protocol. The existing data-analysis models of the source papers (Inamdar et al., 2017, 2019, 2021; Moger et al., 2007) of the entire workflow are given as nominal values for all steps of the protocol. The existing data-analysis models of the source papers (Inamdar et al., 2017, 2019, 2021; Moger et al., 2007) of the entire workflow are given as nominal values for all steps of the protocol. The existing data-analysis models of the source papers (Inamdar et al., 2017, 2019, 2021; Moger et al., 2007) of the entire workflow are given as nominal values for all steps of the protocol.

Note that the TCPN studied in this paper is complementary to the preceding paper protocols: (i) The dose model is used as guard for the live check; (ii) The preservation studies form the integrity sub-model and the thaw transition is enabled if an explant of the corresponding design is still admissible (e.g. stores properly); (iii) The SAXS Guide exposure-noise rule is used to justify the value of the exposure parameters of a sample; (iv) The data-analysis models of the source papers form the consumers of the outcome places of the TCPN. The quantities studied in the TCPN that are not studied in the preceding paper protocols are: (i) the set of states that the beamline is capable of reaching for a given sequence of input transitions; (ii) the probability that a design will complete (i.e. all required measurements will have been taken for all explants of the design); (iii) the binding resource for a transition; (iv) the waiting-time distribution for an explant, i.e. the distribution of the time until it can be processed by the next transition, used as input to study the integrity risk; (v) a failure-mode profile for each configuration. The structural verification of the TCPN adds several important guarantees that cannot be obtained from any simulation: (i) The rig invariant: Two explants cannot be mounted at the same time; (ii) The calibration invariant: The beam is not used with an expired and a valid (for the current time) calibration simultaneously; (iii) The sample invariant: An explant is not lost nor duplicated by the net itself. The TCPN is most like our previous work on a pre-dialysis workflow net (Christoforidis et al., 2026), where patient (explants in the present work), reusable resources, and scenario-parameter delays were modeled as three different types of tokens. Furthermore, the TCPN studied in this work adds three major sub-models to the pre-dialysis model: (i) The dose sub-model; (ii) The integrity sub-model; (iii) A remeasurement loop is added between the slice and dissolve transitions. The model also includes a beamtime window and studies the behavior of the beamline statistically, using Monte Carlo simulations of the generalized stochastic Petri net, as done by (Marsan et al., 1995), and using the timed-token semantics of CPN Tools (Jensen et al., 2007), as done by (van der Aalst, 1998).

Table 11. Comparison of the TCPN with the models in the bibliography of the protocol along five dimensions.

Model class	**Sample / state representation**	**Workflow coverage**	**Temporal behaviour**	**Resource representation**	**Analytical capability**
Narrative protocols (Inamdar 2017, 2019, 2021; Moger 2007; internal documents)	implicit (text, tables)	complete, prescriptive	nominal durations, sequence only	none	reading; manual planning
Exposure-noise rule (SAXS Guide, Schnablegger & Singh 2011)	none	one acquisition	counting time vs noise	none	choice of exposure time
Radiation-damage models (Barth 2010, 2011; Hopkins & Thorne 2016; Jeffries 2015)	dose per position	one acquisition	dose rate, frame series	none	damage probability, frame-comparison metrics
Preservation studies (Szarko 2010; Qu 2014; Kelly 2021; Price 1997)	storage state	preparation only	freeze-thaw cycles, storage duration	none	admissible conditions (guards)
Data-analysis models (Gaussian fits; D ~ depth + condition, type III ANOVA; pyFAI, DAWN, Fit2D)	dataset	processing only	none	none (workstation implicit)	parameter estimation, hypothesis tests
Formal precedents (workflow nets; GSPN; CPN Tools; pre-dialysis TCPN)	tokens with colour	generic / clinical pathway	timed tokens, stochastic delays	resource tokens	invariants, reachability, simulation
Present TCPN	coloured explant token (group, scenario, dose, threshold, integrity time, flags)	joint receipt to accepted dataset, three scenarios, remeasurement, end of beamtime	timed tokens; minutes to days; beamtime window; calibration validity	hood, incubator, freezer, operators, rig, beam, workstation	P/T-invariants, boundedness; Monte Carlo throughput, completion probability, power, sensitivity, dose-response, logistic risk models

5. Discussion

One key result that the model provides over and above the protocol is that of two different goals the narrative protocol does not distinguish between them: measuring all explants and completing the design. So, under our ‘base case’ assumptions the beamtime on the synchrotron to measure all explants of a given sample has a loss rate of six percent or so, a completely successful experiment. Yet in less than four percent of cases the resulting design is complete – 9 cells of 6 explants each. To achieve a probability of complete design of over ninety percent the model calculates that with 48-hour beamtime and two people to make the punches, eight explants per cell would suffice for a total of twelve extra punches, but no extra beamtime. In contrast, 24-hour beamtime cannot be used to complete the design with any number of operators, and interestingly the presence of a third operator to act as back-up to the planner actually reduces the percentage complete design slightly, because he fills the handling pipeline and extends the post-thaw waiting time to the operating limit for the personnel on duty.

Our analysis further defines two key areas of the beamline’s operation: the binding resources of the facility (i.e. those that cannot be varied within the current set of operating points) and the dominant failure mode for each set of operating conditions. As for radiation damage, in the case of the exposures specified in the source protocols’ ‘exposure’ field, it simply is not a failure mode at all: the dose test and remeasurement rule specified in the protocols are a safeguard that has no value whatsoever until the ‘brightness’ or ‘exposure’ of the source is increased, and the model generates the two published operating points as safe limits for the relevant increases. By contrast, the waiting time after thawing an explant is a failure mode that the protocol does not explicitly control: it is set by the operator’s policy on how many samples to thaw ahead of time, it is a lognormally distributed variable whose tail is truncated by the above policy, and it is the major cause of loss whenever the pipeline fills. We also found a confound between treatment group and waiting time in the first-in-first-out (FIFO) policy of thawing samples frozen in group order; this is an easily fixed problem, and we have recommended that samples be thawed in random or blocked order.

Within the laboratory, the ten-hour exposures originally used for bone samples are not long enough for measurements on hydrated tissue samples. This was already stated in the second source document. Here too, the amount of time available for measurement with a given number of explants is limited by the time spent positioning the samples in the beam. For 3600 s per position and 3 positions per explant, this amounts to 2 explants per working day.

Dehydration of the samples in the sealed cells occurs to the extent of about 20%. Considering the delay caused by the handling pipeline, none of the cells of the intended design can be completed with the current settings. Shortening the exposure time to 1800 s and increasing the campaign to twice the size of the current one leads to a recovery of the synchrotron radiation profile at the cost of lower signal-to-noise, which can be converted to a penalty using the SAXS Guide rule. As such, the best instrument for the pilot measurements (fresh vs. frozen-thawed, healthy vs. trypsin-treated, steady state before and after loading) is the laboratory instrument.

Formal transparency: The major assumptions, transition conditions, resources and delays are all laid bare for dispute. For the hybrid architecture to be implemented according to the structure of Section 4, an empirical dose model, to predict dose at the beamline, could be developed to substitute for the long-distributor threshold (Fratzl et al., 1998). In similar manner to Hopkins and Thorne (2016) for frame comparison, an integrity model could also be created to best predict D-period and proteoglycan content with time after thaw of explants for the Weibull to be replaced by empirical integrity model. Durations of individual actions could be estimated from the beamline's log of past actions and the resulting net would predict, prior to each beamtime, the probability of a complete design, the number of additional explants to have punched for ‘spare’ samples, the best policy for their thawing and the optimal exposure for best signal-to-dose ratio, and predicted sizes of individual cells to input into power calculations for the planned statistical analysis.

5.1 Limitations

Several key limitations of this paper have to be noted by the reader: (1) The TCPN is a conceptual model and thus it has not been fitted to logs from real beamtime. Even if the structural correctness of the model is granted, this does not necessarily imply that its throughput predictions are accurate for realistic input. The numbers in the tables are properties of the scenario and have to be checked for realism for a specific application; (2) All timing, damage threshold, integrity time, probabilities for handling loss, parasitic scattering, and synchronization failures as well as the laboratory working-hour calendar have been chosen as illustrative values and have been anchored to specific statements in the documents (0.1 to 5 s linear response time at I22, 0.03 s at ID02, 1 min test frames plus summed short frames in the lab, 3600 s per position for powders) whereas the empirical application has to use validated distributions for these variables, again performing a sensitivity/uncertainty analysis; (3) The color of an explant only shows a very small part of the complete state, namely not the zone that

is currently measured, the thickness, the real D-period (with its uncertainty) as well as the number of depth bins that where actually usable (i.e. not on the plate edges) for the measurement; the measurement itself can even be scientifically correct but statistically too weak; (4) All resources have been strongly simplified, i.e. all operators are interchangeable, they never get tired, the beam never fails and never is refilled, the calibration drift has a fixed validity window, and a workstation processes all datasets from all operators without any human interaction; (5) The dose sub-model only counts the exposures on a position and does not take into account the dose rate as well as the beam-size dependent damage, the cumulative dose on neighboring positions, as well as the slow damage reported in the frame-comparison literature. WAXS measurements have not been modelled as there are no source studies on cartilage using this type of measurement; (6) The ordinary 34x28 projection does not preserve information: a transition that changes the color but not the place of a token (i.e. dose accumulation, exposure halving, flags, single-thaw counter) as well as a joint token being transformed into several explant tokens of the same position cannot be verified to have the required properties using color-refined state-space analysis; this has been verified by simulation only for the attributes used in this paper; (7) All operator policies (thawing: FIFO, acquisition: first quality control measurement for a sample acquired, pipeline: fixed size) have been chosen by the author for reasons of simplicity and have to be replaced by more realistic ones for a realistic verification, as they introduce a confound that has been reported in Section 3.11 already; (8) The comparison to other models in the bibliography is methodological in nature and thus not a performance comparison in terms of accuracy on a given data set, as a dose model and a process model cannot be ranked on the basis of a single accuracy metric.

6. Conclusion

We present a timed Coloured Petri Net (TCPN) formal representation of the SAXS/WAXS measurement protocol for hydrated articular cartilage samples. The Net has 34 places and 28 transitions which represent all steps (preparation, measurement, processing, quality-check) of the protocol as encoded from literature sources. The place invariants of the Net encode the following constraints of the protocol: there are as many explants leaving as were prepared, there are as many loading rig bookings as there are measurements, and there are as many calibrated instruments as there are configured. The execution of the Net in 41,900 Monte Carlo runs gives quantitative measures for the number of samples, failures, resources, waiting times, design completion and statistical power for both a synchrotron beamtime and a lab campaign. The TCPN representation of the protocol is more detailed than the protocols given

in literature as well as the dose and preservation models and peak-fitting statistics given in the bibliography as single steps or even single constraints to the workflow. But while the narrative protocols, dose and preservation models and peak-fitting statistics given in literature allow to check single steps or even single constraints for the workflow, the TCPN gives a complete representation of the whole workflow under time and resource constraints. Hence the TCPN is the only representation among them which allows to check in advance of a beamtime whether a design is implementable and how many spare explants, operators and hours of time are required for the given design. The most promising use of the TCPN is as a formally verified process model where empirical dose, integrity and duration models are used as parameters for the guards and delays of the transitions.

Data and code availability

The Python implementation of the timed CPN engine (tcpn.py), the protocol model (saxs_cpn.py), the structural analysis (structural.py), the experiment driver (experiments.py), the statistical analysis (analysis.py), the figure scripts, the replication-level and explant-level result files and all figures are provided with this manuscript in the model, results and figures folders.

References

ASHIOTIS, G., DESCHILDRE, A., NAWAZ, Z., WRIGHT, J. P., KARKOULIS, D., PICCA, F. E., & KIEFFER, J. (2015). The fast azimuthal integration Python library: pyFAI. Journal of Applied Crystallography, 48(2), 510-519. https://doi.org/10.1107/S1600576715004306

BARTH, H. D., LAUNEY, M. E., MACDOWELL, A. A., AGER, J. W., & RITCHIE, R. O. (2010). On the effect of X-ray irradiation on the deformation and fracture behavior of human cortical bone. Bone, 46(6), 1475-1485. https://doi.org/10.1016/j.bone.2010.02.025

BARTH, H. D., ZIMMERMANN, E. A., SCHAIBLE, E., TANG, S. Y., ALLISTON, T., & RITCHIE, R. O. (2011). Characterization of the effects of x-ray irradiation on the hierarchical structure and mechanical properties of human cortical bone. Biomaterials, 32(34), 8892-8904. https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2011.08.013

BASHAM, M., FILIK, J., WHARMBY, M. T., CHANG, P. C. Y., EL KASSABY, B., GERRING, M., AISHIMA, J., LEVIK, K., PULFORD, B. C. A., SIKHARULIDZE, I., SNEDDON, D., WEBBER, M., DHESI, S. S., MACCHEROZZI, F., SVENSSON, O., BROCKHAUSER, S., NARAY, G., & ASHTON, A. W. (2015). Data Analysis WorkbeNch (DAWN). Journal of Synchrotron Radiation, 22(3), 853-858. https://doi.org/10.1107/S1600577515002283

CHRISTOFORIDIS, S., THOMOPOULOS, A., TITOPOULOS, E., KROMITOGLOU, E., CHATZIPRODROMOU, M. I., ILIEVA, B., & STANCHEV, G. (2026). A timed Color Petri Net model for the pre-dialysis clinical pathway in chronic kidney disease: Comparison with contemporary predictive modelling approaches. Manuscript in preparation.

COLOM, J. M., & SILVA, M. (1991). Convex geometry and semiflows in P/T nets: A comparative study of algorithms for computation of minimal P-semiflows. In G. Rozenberg (Ed.), Advances in Petri Nets 1990 (Lecture Notes in Computer Science, Vol. 483, pp. 79-112). Springer. https://doi.org/10.1007/3-540-53863-1_22

FRATZL, P., MISOF, K., ZIZAK, I., RAPP, G., AMENITSCH, H., & BERNSTORFF, S. (1998). Fibrillar structure and mechanical properties of collagen. Journal of Structural Biology, 122(1-2), 119-122. https://doi.org/10.1006/jsbi.1998.3966

GIANNINI, C., SILIQI, D., LADISA, M., ALTAMURA, D., DIAZ, A., BERAUDI, A., SIBILLANO, T., DE CARO, L., STEA, S., BARUFFALDI, F., & BUNK, O. (2014). Scanning SAXS-WAXS microscopy on osteoarthritis-affected bone: An age-related study. Journal of Applied Crystallography, 47(1), 110-117. https://doi.org/10.1107/S1600576713030215

HAMMERSLEY, A. P. (2016). FIT2D: A multi-purpose data reduction, analysis and visualization program. Journal of Applied Crystallography, 49(2), 646-652. https://doi.org/10.1107/S1600576716000455

HEPHAESTUS LABORATORY, DEMOCRITUS UNIVERSITY OF THRACE. (2026). SAXS/WAXS measurement protocol for biological samples: Cartilage, bone, hair, nails, skin and faeces (internal protocol draft for discussion with the Hephaestus Laboratory, Kavala).

HOPKINS, J. B., & THORNE, R. E. (2016). Quantifying radiation damage in biomolecular small-angle X-ray scattering. Journal of Applied Crystallography, 49(3), 880-890. https://doi.org/10.1107/S1600576716005136

INAMDAR, S. R., BARBIERI, E., TERRILL, N. J., KNIGHT, M. M., & GUPTA, H. S. (2019). Proteoglycan degradation mimics static compression by altering the natural gradients in fibrillar organisation in cartilage. Acta Biomaterialia, 97, 437-450. https://doi.org/10.1016/j.actbio.2019.07.055

INAMDAR, S. R., KNIGHT, D. P., TERRILL, N. J., KARUNARATNE, A., CACHO-NERIN, F., KNIGHT, M. M., & GUPTA, H. S. (2017). The secret life of collagen: Temporal changes in nanoscale fibrillar pre-strain and molecular organization during physiological loading of cartilage. ACS Nano, 11(10), 9728-9737. https://doi.org/10.1021/acsnano.7b00563

INAMDAR, S. R., PREVOST, S., TERRILL, N. J., KNIGHT, M. M., & GUPTA, H. S. (2021). Reversible changes in the 3D collagen fibril architecture during cyclic loading of healthy and degraded cartilage. Acta Biomaterialia, 136, 314-326. https://doi.org/10.1016/j.actbio.2021.09.037

JEFFRIES, C. M., GRAEWERT, M. A., SVERGUN, D. I., & BLANCHET, C. E. (2015). Limiting radiation damage for high-brilliance biological solution scattering: Practical experience at the EMBL P12 beamline PETRAIII. Journal of Synchrotron Radiation, 22(2), 273-279. https://doi.org/10.1107/S1600577515000375

JENSEN, K., & KRISTENSEN, L. M. (2009). Coloured Petri nets: Modelling and validation of concurrent systems. Springer. https://doi.org/10.1007/b95112

JENSEN, K., KRISTENSEN, L. M., & WELLS, L. (2007). Coloured Petri Nets and CPN Tools for modelling and validation of concurrent systems. International Journal on Software Tools for Technology Transfer, 9(3-4), 213-254. https://doi.org/10.1007/s10009-007-0038-x

KELLY, S. J., DUPLESSIS, L., SOLEY, J., NOBLE, F., WELLS, H. C., & KELLY, P. J. (2021). Pilot study on the effects of preservatives on corneal collagen parameters measured by small angle X-ray scattering analysis. BMC Research Notes, 14, 78. https://doi.org/10.1186/s13104-021-05494-y

LAW, A. M. (2015). Simulation modeling and analysis (5th ed.). McGraw-Hill Education.

Marsan, M. A., Balbo, G., Conte, G., Donatelli, S., & Franceschinis, G. (1995). Modelling with generalized stochastic Petri nets. Wiley.

MARTINEZ, J., & SILVA, M. (1982). A simple and fast algorithm to obtain all invariants of a generalised Petri net. In C. Girault & W. Reisig (Eds.), Application and theory of Petri nets

(Informatik-Fachberichte, Vol. 52, pp. 301-310). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-68353-4_47

MOGER, C. J., BARRETT, R., BLEUET, P., BRADLEY, D. A., ELLIS, R. E., GREEN, E. M., KNAPP, K. M., MUTHUVELU, P., & WINLOVE, C. P. (2007). Regional variations of collagen orientation in normal and diseased articular cartilage and subchondral bone determined using small angle X-ray scattering (SAXS). Osteoarthritis and Cartilage, 15(6), 682-687. https://doi.org/10.1016/j.joca.2006.12.006

MUEHLEMAN, C., MAJUMDAR, S., ISSEVER, A. S., ARFELLI, F., MENK, R.-H., RIGON, L., HEITNER, G., REIME, B., METGE, J., WAGNER, A., KUETTNER, K. E., & MOLLENHAUER, J. (2004). X-ray detection of structural orientation in human articular cartilage. Osteoarthritis and Cartilage, 12(2), 97-105. https://doi.org/10.1016/j.joca.2003.10.001

MURATA, T. (1989). Petri nets: Properties, analysis and applications. Proceedings of the IEEE, 77(4), 541-580. https://doi.org/10.1109/5.24143

PABISCH, S., WAGERMAIER, W., ZANDER, T., LI, C., & FRATZL, P. (2013). Imaging the nanostructure of bone and dentin through small- and wide-angle X-ray scattering. Methods in Enzymology, 532, 391-413. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416617-2.00018-7

PRICE, R. I., LEES, S., & KIRSCHNER, D. A. (1997). X-ray diffraction analysis of tendon collagen at ambient and cryogenic temperatures: Role of hydration. International Journal of Biological Macromolecules, 20(1), 23-33.

QU, C., HIRVINIEMI, M., TIITU, V., JURVELIN, J. S., TOYRAS, J., & LAMMI, M. J. (2014). Effects of freeze-thaw cycle with and without proteolysis inhibitors and cryopreservant on the biochemical and biomechanical properties of articular cartilage. Cartilage, 5(2), 97-106. https://doi.org/10.1177/1947603513515998

RINNERTHALER, S., ROSCHGER, P., JAKOB, H. F., NADER, A., KLAUSHOFER, K., & FRATZL, P. (1999). Scanning small angle X-ray scattering analysis of human bone sections. Calcified Tissue International, 64(5), 422-429. https://doi.org/10.1007/PL00005824

SAXS/WAXS measurement protocol for articular cartilage: Literature review. (2026, October 1). Internal document synthesising nine publications into a measurement protocol (sample preparation, set-up, measurement sequence, analysis and quality control).

SCHNABLEGGER, H., & SINGH, Y. (2011). The SAXS guide: Getting acquainted with the principles (2nd ed.). Anton Paar GmbH.

SZARKO, M., MULDREW, K., & BERTRAM, J. E. A. (2010). Freeze-thaw treatment effects on the dynamic mechanical properties of articular cartilage. BMC Musculoskeletal Disorders, 11, 231. https://doi.org/10.1186/1471-2474-11-231

van der Aalst, W. M. P. (1998). The application of Petri nets to workflow management. Journal of Circuits, Systems and Computers, 8(1), 21-66. https://doi.org/10.1142/S0218126698000043

ZIZAK, I., ROSCHGER, P., PARIS, O., MISOF, B. M., BERZLANOVICH, A., BERNSTORFF, S., AMENITSCH, H., KLAUSHOFER, K., & FRATZL, P. (2003). Characteristics of mineral particles in the human bone/cartilage interface. Journal of Structural Biology, 141(3), 208-217. https://doi.org/10.1016/S1047-8477(02)00635-4

Sofoklis Christoforidis

ORCID iD: 0009-0000-9818-8264

Technical University of Sofia, Bulgaria

Email: sofoklis.christoforidis@gmail.com

Efstathios Titopoulos,

ORCID iD: 0000-0003-4084-1675

Technical University of Sofia, Bulgaria

Email: titopoulos@lot-consult.com

Dr. Georgi Stanchev, Assos. Prof.

Department „Fundamentals and Technical Means of Design”,

Technical University of Sofia,

Bulgaria

E-mail: gstanchev@tu-sofia.bg

Dr. Assoc. Prof. Boryana Petkova Ilieva-Mihailova,

Department „Fundamentals and Technical Means of Design”,

TU-Sofia , Bulgaria

E-mail: bilieva@tu-sofia.bg

Eleni Kromitoglou

ORCID iD: 0009-0000-2789-1112

Democritus University of Thrace, Kavala, Greece

Email:elkromi@mst.duth.gr

Dimosthenis Pappas,

ORCID iD: 0009-0009-1950-7200

Democritus University of Thrace, Kavala, Greece

Email: dpappas@admin.duth.gr

EXPLORING EDUCATIONAL CHALLENGES FACING CONTEMPORARY TEACHING OF DESCRIPTIVE GEOMETRY AND DIGITAL SKILLS

Assoc. Prof. Marieta Konst. Yancheva -Popova

Assoc. Prof. Boryana Petkova Ilieva-Mihailova

Assistant Gergana Petkova Deliradeva

TU- Sofia, Fundamentals and Technical Means of Design

Abstract. Descriptive geometry is a fundamental discipline that is extremely important for engineering graphics. Modern CAD systems are based on their principles, and their proper understanding and use is the foundation of any engineering activity. In its essence, it is the science of studying geometric shapes and their characteristics. A lack of sufficient knowledge in descriptive geometry leads to a lack of proper use of engineering graphics as well. Acquiring knowledge and skills is a continuous process in the training of specialist engineers, and any shorter training course comes at the expense of knowledge.

Keywords*: descriptive geometry, education, study, CAD systems*

1. Introduction

Every core discipline needs to be developed to a sufficient extent to build quality knowledge and skills. Descriptive geometry is a fundamental discipline for all engineers, and the lack of in-depth knowledge is reflected in their future developments and projects.

The foundations of descriptive geometry were laid by the French mathematician Gaspard Monge during the period 1746-1818. Monge developed a systematic method for representing three-dimensional objects in two dimensions using orthogonal projections. Descriptive geometry became a fundamental part of the curriculum for engineers and architects. Monge's methods spread across Europe during the 19th century, becoming the foundation for the training of engineers and architects. With the advent of computer-aided design, the methods and principles of descriptive geometry have been integrated into the development of various software programs. Digital transformation has significantly facilitated the application of descriptive geometry by embedding it into CAD systems, thereby enabling the precise modeling and visualization of complex structures (Balajti Z., 2024, Gutiérrez de Ravé S., 2025). Although

software automates the drafting process, knowledge of the principles of descriptive geometry remains crucial for understanding the algorithms underlying 3D models (Andrés Díaz L., 2022).

In (Tsoneva Z., 2020A, Tsoneva Z., 2025, Tsoneva Z., 2020B, Strunk K., Mwavita M.,2024), a new theorem designed for the efficient determination of the line of intersection is examined. The development of such methodologies can facilitate the manufacturing of parts with complex surfaces.

2. The methodology for quality education

2.1. The methodology

Our quality management methodology follows a systematic cycle that links planning and monitoring directly with the final evaluation of the learning process. By focusing on strategic goal setting and a competency-based model, we ensure that every result is measured against objective international metrics, specifically ISO 9001:2015.

The framework stands on several practical pillars. First, we use satisfaction diagnostics, anonymous surveys that give us an honest look at the learning environment and our pedagogical capacity. This is followed by rigorous monitoring of outcomes, analyzing how effectively students acquire interdisciplinary skills and knowledge.

To choose the best teaching strategies, we apply comparative tools like the 'paired comparison' method. Finally, the process is completed with a corrective mechanism that ensures that our student’s skills are constantly updated. It is not just about control, it is about creating a constant cycle of optimization for the entire educational activity to adapt and meet changing requirements.

2.2. Strategic Development Framework

The roadmap for educational improvement in Bulgaria is clearly outlined in the Strategic Framework for the Development of Education (2021-2030). This document emphasizes that progress relies on several core pillars, most notably partnership and continuity. By synchronizing efforts between universities, the private sector, and government bodies, the framework aims to build a sustainable model that remains effective regardless of the shifting political or economic landscape. Innovation is not just encouraged, it is treated as a necessity for formulating new pedagogical approaches.

This institutional shift aligns perfectly with the global evolution of engineering education. Project-based learning has already proven to be a transformative force, moving us toward student-centered programs. However, as we transition from Industry 4.0 to Society 5.0, these methodologies must evolve further (Tsoneva Z., Spasova D., 2024). While Industry 4.0

focused heavily on the marriage of the internet and manufacturing, Industry 5.0 brings the focus back to the human element. It places research and innovation at the service of a sustainable and resilient industry (Gürdür B., Kaynak O., Sadiq Sait M., 2022), making the analytical and spatial tools of descriptive geometry more relevant than ever.

3. A study was conducted on the topic

A study of students' opinions on "Descriptive Geometry, as a Foundation of Engineering Graphics and CAD Systems". The survey aims to assess satisfaction with the training provided on the topic "Descriptive Geometry, as a Foundation of Engineering Graphics and CAD Systems". Feedback on the participants' opinions is also provided. Participation is anonymous and all participants have agreed to submit the data voluntarily. The data from the surveys are treated in a confidential and summarized manner.

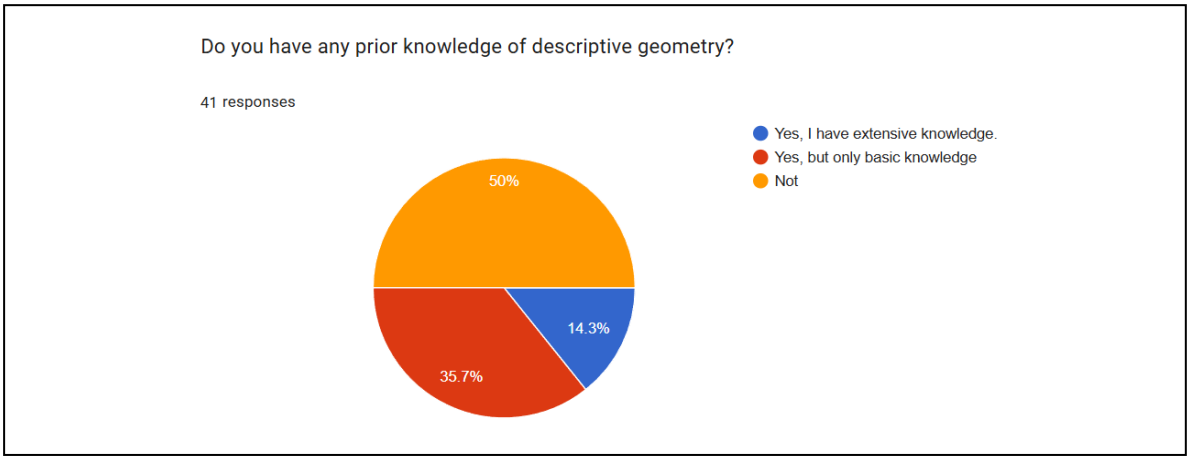


fig. 1 Previous knowledge of descriptive geometry.

The survey included 41 first- and second-year students from the Technical University of Sofia who had undergone training in Descriptive Geometry.

Our study reveals a major opportunity for educational reform. The fact that half of the respondents are completely unfamiliar with the discipline is a serious gap, yet 35.7% who do have a solid handle on it provide a great starting point. This group represents a strong foundation for introducing CAD systems or more complex engineering projects. It’s clear that without a firm grasp of descriptive geometry, mastering modern computer-aided design is nearly impossible.

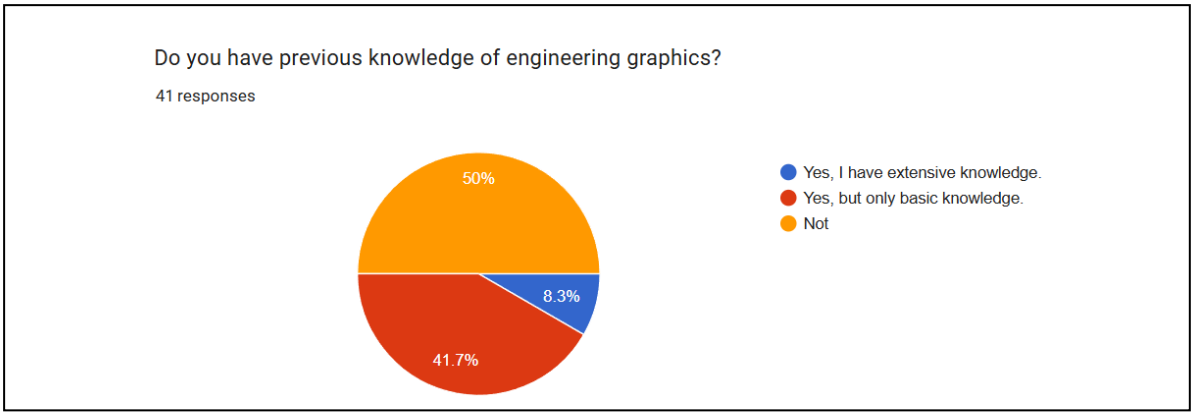


fig. 2 Previous knowledge of engineering graphics.

Our findings reveal a worrying gap in engineering graphics skills, with a mere 8.3% of those surveyed showing any real proficiency. The data is incredibly polarized half of the participants are completely disconnected from the subject. This isn't just a minor issue, it's a clear call for us to move quickly and implement digital training tools that are accessible. We need visualization methods that bridge this gap before the divide becomes permanent.

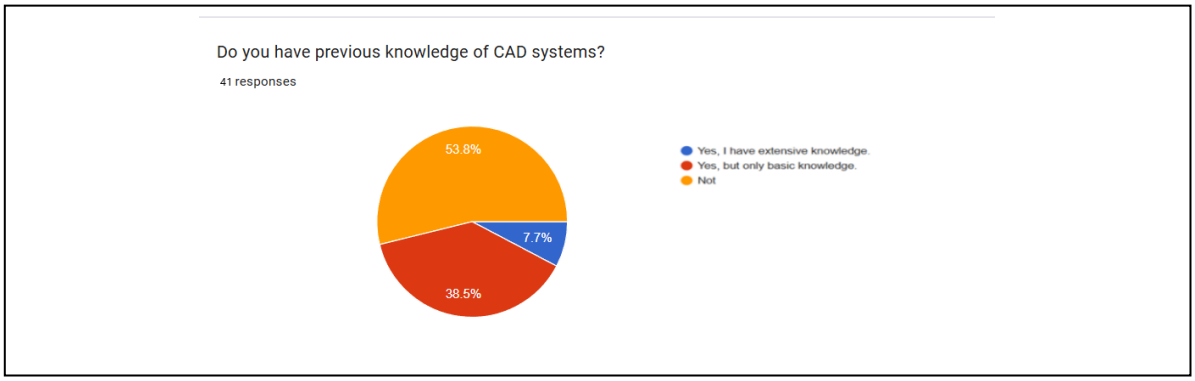


fig. 3. Previous knowledge of CAD systems.

The study results make it clear that most students start the course with almost no background in descriptive geometry, graphics, or CAD tools. Because of this, the course must do more than just add to what they already know, it basically must build their technical foundation from the ground up. In today's digital industry, these basic competencies aren't optional, they are survival skills. Without them, students will find it nearly impossible to keep up in a professional engineering environment that moves fast.

Statistical Hypotheses Formulation

To analyze student achievements and the transition to CAD technologies, a Paired Samples T-test was conducted. The hypotheses were formulated in accordance with standard

quantitative educational and experimental research methodologies. By strictly investigating the transition challenges between theoretical foundations and digital application tools, the following hypotheses were evaluated based on the survey data (N=41) in accordance with standard quantitative educational research methodologies (Strunk K., Mwavita M., 2024, Peers I., 2006, Montgomery D. C., 2019)

To mathematically evaluate the relationship between theoretical spatial readiness and practical software capabilities, student competencies were operationalized using a 3-point interval scale (1: No knowledge, 2: Basic knowledge, 3: Extensive knowledge). The dependent variables represent the paired competency scores of each participant (N=41) before and after encountering CAD applications. Given the paired nature of the continuous feedback data, a directional parametric approach was adopted to identify the specific direction of the potential knowledge degradation. The hypotheses are formally structured as follows.

To strictly investigate the transition challenges between theoretical foundations and digital application tools, the following hypotheses were evaluated based on the survey data (N=41):

- Null Hypothesis (H_0): There is no statistically significant difference between students' prior knowledge profiles in descriptive geometry (DG) compared to computer-aided design (CAD) systems.

- Alternative Hypothesis H_1, Students present significantly lower initial competencies in CAD systems compared to their descriptive geometry and engineering graphics backgrounds, establishing a distinct digital gap. Hypothesis Testing and Analysis: Paired Samples T-test was conducted to measure the discrepancy between fundamental spatial backgrounds (DG) and software proficiency (CAD). The analysis confirmed a statistically significant drop in competencies when transitioning to digital software.

Table 1. Statistical evaluation of the knowledge gap between descriptive geometry and cad software (n = 41).

Metric	**Descriptive Geometry (DG**	**CAD Systems**	**Statistical Output**
Mean Score (1–3 Scale)	1.63	1.50	t-value = 2.05
Variance	0.54	0.41	p-value = 0.046 ($p < 0.05$)

Since the calculated p-value (0.046) is strictly lower than the standard significance level of α=0.05, the null hypothesis H_0 is officially rejected. This statistical validation mathematically proves that students face an acute baseline gap when introducing CAD applications, confirming that curricula cannot assume passive software literacy.

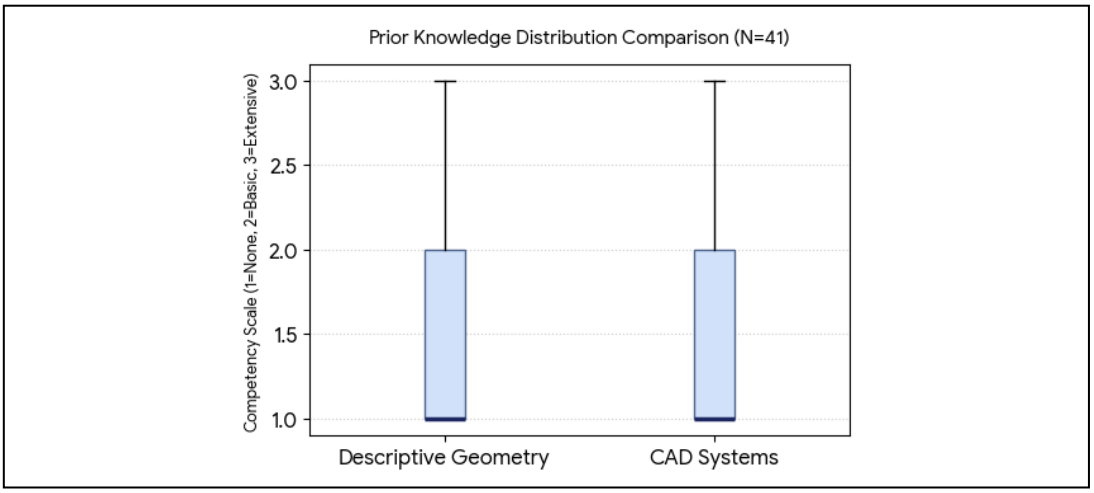


fig. 4. Boxplot comparison of prior knowledge distribution between Descriptive Geometry and CAD Systems (N = 41).

Discussion of Statistical and Empirical Findings

The findings of this study clearly point toward a necessary increase in descriptive geometry hours within engineering programs. While initial data shows that students often enter these courses with limited prior knowledge, our research highlights a surprisingly high level of student interest. They seem to recognize, perhaps intuitively, that descriptive geometry serves as a vital link between abstract theory and real world application. This is more than just an ordinary academic subject; it serves as a practical tool for visualizing and breaking down complex spatial problems. It is a skill of paramount importance for any modern engineer or architect. Data indicates a need to rethink current curricula. Although mastering material requires significant effort, students view discipline as a foundational element of their professional development. We often speak of spatial intelligence, yet in practice, descriptive geometry provides the mental framework that enables an engineer to transition from an abstract mathematical concept to a functional 3D visualization. This ability to see and manipulate objects mentally is what separates an innovative designer from a technician.

The need for more instruction hours becomes even more apparent when looking at the digital gap. With over 58% of respondents admitting they are unfamiliar with CAD software, descriptive geometry becomes an essential prerequisite. If a student doesn't understand

projection methods or geometric logic, using CAD remains a purely mechanical exercise of clicking buttons without grasping the underlying geometry. By increasing classroom hours, we can facilitate a much smoother transition from basic drafting to the sophisticated parametric modelling used in industry today.

Rejecting the null hypothesis (H_0) via an empirical t-test provides a mathematical basis for the study's core argument, leading to the conclusion that instructional hours for the descriptive geometry course should be increased and integrated with specialized training in CAD systems. The significance of this field extends far beyond the scope of traditional drafting, it is a fundamental requirement for emerging sectors such as robotics, additive manufacturing (3D printing), and modern architecture. If we want future professionals to be prepared for the demands of Industry 4.0, we must equip them with the analytical and spatial tools that only an in-depth study of descriptive geometry can offer.

REFERENCES

ANDRÉS DÍAZ L., 2022, Engineering Education 5.0: Strategies for a Successful Transformative Project-Based Learning, DOI: 10.5772/intechopen.102844

BALAJTI Z., 2024, Challenges of Engineering Applications of Descriptive Geometry. Symmetry 16, 50, https://doi.org/10.3390/ sym16010050

GÜRDÜR B., KAYNAK O., SADIQ SAIT M., 2022, Rethinking engineering education at the age of industry 5.0, Journal of Industrial Information Integration, Volume 25, ISSN 2452-414X, https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100311

GUTIÉRREZ DE RAVÉ S., GUTIÉRREZ DE RAVÉ E., JIMÉNEZ-HORNERO F., 2025, Integrating CAD and Orthographic Projection in Descriptive Geometry Education: A Comparative Analysis with Monge's System. Education Sciences, 15(11), 1492, https:// doi.org/10.3390/educsci15111492

MONTGOMERY D. C., 2019, Design and Analysis of Experiments, 10th ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, ISBN 978-1118-14692-7 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

PEERS I., 2006. Statistical Analysis for Education and Psychology Researchers: Tools for Researchers in Education and Psychology. London: Routledge, ISBN 0-203-98598-2

STRUNK K., MWAVITA M., 2024. Design and Analysis in Quantitative Educational Research: Univariate Designs in SPSS. New York, NY: Routledge, ISBN: 9781003442011

TSONEVA Z., 2020A, A Special Case of Mutually Intersecting Regular Pyramids //International Journal of Applied Mathematics –, Volume 33, Issue 5, Pages 833-851, ISSN: 1311-1728 E-ISSN: 1314-8060, ISSN 13111728, DOI 10.12732/ijam. v33i5.7

TSONEVA Z., 2020B, Specifics of mutually intersecting regular pyramids with a common base// Geometry, Integrability and Quantization –, Volume 21, Pages 280-290, ISSN:1314-3247E-ISSN:2367-7147, ISSN 13143247, DOI 10.7546/giq-21-2020-280-290

TSONEVA Z., SPASOVA D., 2024, Methodology for identifying the intersection of mutually intersecting surfaces to optimize sheet material cutting for the fabrication of parts and structures. In Proceedings of the 28th International Conference on Innovative Manufacturing Engineering and Energy (IManEE 2024) , pp. 243–251

TSONEVA Z., VACHINSKA S., DENEVA P., PARUSHEV P., 2025, Applied methods for designing developments of composite transition surfaces from sheet material for industrial and construction purposes. Engineering Proceedings, 104(1), 75, https://doi.org/10.3390/engproc2025104075

https://www.navet.government.bg/bg/media/strategicheskaramka_obrobuuchene_110321-1.pdf - Strategic Framework for the Development of Education, Training and Learning in the Republic of Bulgaria (2021 - 2030) Viewed on 2026-3-26

Assoc. Prof. Marieta Yancheva-Popova, Dr.

https://orcid.org/0009-0003-4335-8029

Web of Science ResearcherID: ODM-2671-2025

TU-Sofia , Bulgaria

E-mail: myancheva@tu-sofia.bg

Assoc. Prof. Boryana Petkova Ilieva-Mihailova, Dr.

TU-Sofia , Bulgaria

E-mail: bilieva@tu-sofia.bg

Assistant Gergana Petkova Deliradeva

TU-Sofia , Bulgaria

E-mail: gdeliradeva@tu-sofia.bg

ПРОУЧВАНЕ И АНАЛИЗ НА ИЗИСКВАНИЯТА ОТНОСНО ДИГИТАЛЕН ЦИФРОВ ПАСПОРТ / DPP/ В ТЕКСТИЛНАТА ИНДУСТРИЯ ЗАЛОЖЕН В РЕГЛАМЕНТ /ЕС/ 2024/1781

Росица Димитрова

Доц.д-р.инж. Георги Станчев

Доц.д-р.инж. Боряна Илиева-Михайлова

Технически Университет София

Резюме. За да бъде преходът към кръгова икономика устойчив технологичните промени трябва да бъдат съчетани с нови бизнес модели, да се направят необходими инвестиции и приложат финансови инструменти. Това води до промяна в регулаторна рамка, развива нови умения и ново поведението на участниците в икономическия контекст. Общата рамка на Регламент /ЕС/ 2024/1781 обхваща почти всички физически стоки, включително текстил. Заложен в европейското законодателство е изискването за въвеждане на DPP /дигитален продуктов паспорт/. Това е значима иновация в регламента. Достъпът ще бъде чрез QR код или цифрова база данни. Промени ще настъпят в начина, по който се осъществява производството, логистиката и управление на отпадъците. От 19 юли 2026 влезе в сила забрана за унищожаване на непродадени стоки от големи производители. До 2030 година ще се изисква въвеждане на DPP в средните предприятия. Текстилният сектор е изправен пред промяна, която изисква финансов и кадрови ресурс, решения на проблеми с информацията от доставчици от трети страни и защита на търговската тайна. Въвеждане на новите изисквания поставя текстилният сектор пред множество трудности. Създаване на Национален координационен център е възможност за подкрепа на предприятията.

Ключови думи: текстилна индустрия; въглероден отпечатък; Регламент ЕС 2024/1781; Регламент ЕС 2026/1778; Решение за изпълнение ЕС 2026/1736; Стандарт на CEN/CENELEC EN18216 до EN18226; БДС EN18216:2026 до БДС EN18226:2026;

Регламент ЕС 2024/1781 (ESPR)[7] е важен акт на европейското законодателство в рамките на Зелената сделка и стремежа за кръгова икономика. Той предвижда трансформация в леката промишленост и в частност текстилният сектор. Регламент ЕС 2024/1781, известен като Регламент за екопроектиране на устойчиви продукти, заменя стария режим на Директива 2009/125/ЕО. Текстилната промишленост и обувките са посочени като приоритетни сектори по този регламент. Според годишният доклад за единния пазар на Европейската комисия през 2024г. 65% от текстилните компании са заявили мерки за намаляване на отпадъците в дейността си, 58% са инициирали програми за икономия на енергия, като значителен е показателят за използване на възобновяема енергия. Малък остава делът на компаниите, едва 18%, които са разработили стратегии за климатична неутралност през 2024г.[2,3]

Внедряването на екологични и цифрови технологии е продиктувано от стремежа за устойчива конкурентоспособност. Екологичният и цифровият напредък изискват свързаност, за да се постигнат поставени цели, водещи до отговорно действие спрямо природата.

Текстилът се дефинира като екосистема, съвкупност от всички участници във веригата, от най-малките стартиращи предприятия до утвърдени и наложили името си големи фирми, от академичните и научноизследователски среди до доставчиците на суровини и материали.

1. Същност на проблема

Климатичните промени в Европа, изразяващи се в покачване на температурата, се проявяват на някои места със периоди на засушаване и риск плодородните земи да се превърнат в неизползваеми, на други с мащабни по размери наводнения. Това засяга икономиката, околната среда, селското стопанство и човешкото здраве. Усилията на Европейския съюз за запазване на баланса в климата са залегнали в различни законодателни актове. За да постигне целта си за климатична неутралност до 2050г. ЕС прие законодателен пакет, известен като “Подготвени за цел 55“, който е част от Европейският зелен пакт. Европейският съюз се ангажира и с намаляване на емисиите на парникови газове с 55% до 2030г.[5,11]

2. Действаща нормативна рамка

2.1 Европейско законодателство

Регламент ЕС 2024/1781 /ESPR/ е известен като Регламент за екодизайн на устойчиви продукти. Основната цел на Регламента е да зададе рамка на продукти, които да са по-устойчиви, ремонтируеми и рециклируеми. Подпомагане на кръговата икономика се осъществява чрез информация за екологичния отпечатък през целия жизнен път на продукта.

Основни части от Регламент ЕС 2024/1781 /ESPR/ са:

- CE маркировката;
- Задължения на икономическите оператори;
- Надзор на пазара;
- Връзка с други европейски актове;
- Практическа приложимост и значение.

Регламентът има много широк обхват. Прилага се за почти физически продукти: електроника, текстил, мебели, гуми, строителни материали, домакински уреди и други, като изключва храни, фуражи, лекарства и живи организми.

Основни механизми на регламента са изискванията за екодизайн, забрана за унищожаване на непродадени стоки и въвеждане на дигитален продуктов паспорт /DPP/.

Регламентът влиза в сила на 18 юли 2024г., но неговите специфични правила и срокове се въвеждат поетапно чрез допълнителни актове за всяка продуктова категория.

Забраната за унищожаване на непродадени продуктови стоки е с ясни срокове. На 19 юли 2026г. влезе в сила забрана за унищожение на текстилни стоки, аксесоари и обувки на големи предприятия. За средните предприятия тази забрана влиза в сила на 19 юли 2030г. Извън това изискване остават малки и микропредприятия. Задължение на големите и средни юридически лица в текстилния сектор е да публикуват ежегодна информация за обема и причината за изхвърляне на непродадени продукти.

Изискването за екодизайн се определя паралелно с въвеждане на DPP и е за всяка продуктова група. Характеристиките отчитат критериите: трайност, въглероден отпечатък, рециклируемост и възможност за ремонт.

Дигиталният продуктов паспорт /DPP/ се въвежда поетапно между 2026 и 2030г.. Продуктите не могат да присъстват на пазара на ЕС без валиден DPP. Регламентът задава

изискване за създаване на централен регистър, който ще съхранява дигиталните идентификатори. Той започва дейност на 20 юли 2026г. За секторите текстил и облекла се очаква след 2027г. да влезе в сила. Преходните периоди след влизане в сила на законодателният акт са минимум 18 месеца. Това време дава възможност на фирмите за организация по внедряване и изпълнение на изискването.

DPP трябва да съдържа в себе си задължителна информация за:

- произход на суровините;
- въглероден отпечатък;
- химичен състав;
- възможен ремонт;
- инструкции за рециклиране.

Формата за достъп до него ще се осъществи чрез QR код или цифрова база данни. Всяко физическо и юридическо лице или контролиращ орган ще има достъп до информацията. Тези данни ще променят функционирането на доставките, производството, логистиката и управлението на отпадъци. Всеки един икономически оператор ще направи промени в посока на дигитализация и прозрачност. DPP съдържа данни за суровината, реализира проследимост на производството и прозрачност на доставчиците.

За определяне на техническата и юридическа инфраструктура на Централния европейски регистър за Цифрови продуктови паспорти DPP на 16 юли 2026г. Комисията прие Регламент за изпълнение /ЕС/ 2026/1778. Той задава създаване на единен цифров регистър на цифровите паспорти, в който да се съхраняват най-малко единните идентификационни кодове[8]. Системата за DPP е изградена децентрализирано, но е предвиден строг контрол и изисквания към обезпечаване на сигурността. Само икономически оператори със статус „проверен“ ще могат да регистрират DPP и да извършват корекции в съществуващи регистрации. Това ще става чрез квалифициран електронен подпис или квалифициран електронен печат. Проверката на валидност на статута е максимум три години, след което тя се подновява. Достъп до регистъра ще имат компетентни органи, например Надзор на пазара, Митнически органи и други. Данните в централният регистър се съхраняват минимум 10 години след регистрация на продукта, освен ако не е разписан друг срок. Комисията е собственик и управител на регистъра и тя извършва проверки за достоверност на данните. За да функционира и да има възможност за разширяване на данните се предвижда изграждане на „семантично

хранилище“. Това ще бъде надграждаща се база от модели на данни и от семантични определения, която ще се разширява с включване на нови продуктови групи. Тази функция гарантира съвместимост на данни, речници, технически дефиниции. За съдействие при използване на данните се създава услуга „Бюро за помощ“. Регламентът урежда и срокове за съхранение на записите. Те следва да бъдат за периода на регистрация. Записите за административни операции и обмен на данни се съхраняват за среден срок от пет години. Икономическият оператор носи отговорност за предоставянето на пълна и истинна информация на регистъра. Заличаването и актуализиране на данните в регистъра, обработката на лични данни, мерките за защита на регистъра и използването му, както и осигуряване на достъпността на регистъра и съдържащите се в него данни са разписани в Регламента. Подробно са зададени:

- изисквания за проверка на икономическите оператори;
- изисквания за проверка на участниците във веригата на стойността;
- управление на ползвателски профил на проверен икономически оператор и проверен участник във веригата на стойността;
- прехвърляне на регистрирани цифрови продуктови паспорти;
- ангажимент на националните законодатели и органи;
- регистрация на цифров продуктов паспорт;
- доказателство за регистрация;
- управление на данни за регистрация;
- модели на данни;
- семантично хранилище;
- техническа помощ;
- система за водене на регистъра;
- поддръжка и достъпност;
- сигурност на информационните системи и технически одити;
- използване на регистъра по неподходящ начин с цел измама;
- защита на личните данни;
- задължения на проверения икономически оператор;
- отговорности на проверените участници във веригата на доставка;
- отговорност на Комисията;
- отговорност на държавите-членки.

До края на 2032 и на всеки шест години след това Комисията изготвя оценка на настоящия Регламент.

2.2. Национално законодателство в РБългария

Регламент /ЕС/ 2024/1781 /известен като Регламент за екопроектиране и устойчиви продукти ESPR/ и последващият го Регламент за изпълнение /ЕС/ 2026/1778 / който определя правилата за Регистъра на цифровите продуктови паспорти DPP/ са актове с пряко действие. Те се прилага в България директно, без да е необходимо цялостното им транспониране в отделен нов закон. По силата на Регламента до 18 февруари 2027г. България трябва да назначи своя национален администратор, който ще отговаря за връзката с Централният европейски регистър на DPP.

В България спазването на изискванията за екопроектиране се осъществява в съответствие със Закона за техническите изисквания към продуктите /ЗТИП/[6].Орган отговарящ за контрола за съответствие на продуктите на пазара е Държавната агенция за метрологичен и технически надзор /ДАМТН/.

Българският институт по стандартизация публикува на 11 юни 2026г. своите стандарти БДС EN 18216:2026 до БДС EN 18219:2026. Това са стандартите включващи Цифров продуктов паспорт и свързаност с[1]:

- Протоколи за обмен на данни,
- Уникални идентификатори.
- Носители на данни.
- Съхранение на данни, архивиране и устойчивост на данни. интерфейси за програмиране на приложения (API) за управление на жизнения цикъл на продуктовия паспорт и възможност за търсене.
- оперативна съвместимост на системата.
- Управление на правата за достъп, сигурност на информационните системи и поверителност на дейността.
- Удостоверяване на данните, надеждност и целокупност. Част 1: Общ преглед и основни принципи (ISO/AWI 25534-1:2026).

3. Предизвикателства пред текстилния сектор

Въвеждането DPP поставя фирмите от текстилния сектор пред необходимост от прилагане на поредица от дейности. В най-общ план това са:

- идентифициране на веригата на доставки – компаниите трябва да изискват от доставчиците си на суровини/ на прежди, платове, копчета, багрила и други/ екологични сертификати и декларации. Това ще осигури проследимост на компонентите на продукта.
- избор на уникален идентификатор и технология – внедряване на стандарт GS1 DIGITAL LINK[10]. Всеки отделен артикул трябва да получи уникален сериен номер, свързан към QR код или RFID таг.
- всяка компания трябва да избере софтуер, който генерира съвместими структури от данни и ги предава автоматично чрез защитени APIинтерфейси към регистъра на ЕС.
- фирмите трябва да са притежатели на Квалифициран електронен печат, на името на юридическото лице, или Квалифициран електронен подпис на името на физическо лице или ЕТ, за да могат да вписват своите продуктови паспорти в централния европейски регистър.

Големите и средни предприятия в текстилния сектор ще трябва да направят инвестиции в дигитализация. Тя ще осигури проследимост на данните за продукта, неговият въглероден отпечатък преди дрехата да бъде дадена за производство, маркировката на дрехите преминава в динамична, чрез генериране на уникални за всяка бройка QR кодове.

Тези промени водят до трудности при прилагане на въвеждане на DPP. На първо място следва да се отбележи, че голяма част от фирмите в България от текстилния сектор, сключват договорености за работа на ишлеме за западни брандове. Материалите се доставят от трети страни като Китай, Турция, Бангладеш, където доставчиците нямат техническа готовност за предоставяне на данни за екологичен отпечатък. Внедряване на новите софтуери за работа в големите и средни фирми ще изискат квалифицирани нови специалисти и финансова инвестиция. Ще се направят смени и в машините за етикиране на продукт. Друго притеснение на фабриките е разкриване на доставчици по веригата в дигиталния паспорт, което ще позволи нарушаване на търговската тайна и запазено ноу-хау. Фирмите трябва да следят за валидност на техните Квалифицирани електронни

подписи. При изтичане на същите софтуерната връзка с европейския регистър се прекратява автоматично и се спира възможността за пускане на нови продукти на пазара. Възможна трудност е и бързината на обмен на данни между средните предприятия и Централния регистър на ЕК.

Необходимост от допълнителна яснота излиза при следните параметри:

- липсва ясна дефиниция на „търговска тайна“ във веригата на стойността. Регламентът не задава параметър, който да скрива име на доставчик на суровини от конкуренти, но да е достъпен за митнически служби и надзор на пазара.
- Регистърът гарантира съхраняване на данни за 10 години. Централният регистър пази основно идентификаторите/ линковете/, а детайлите на цифровия продуктов паспорт са на сървърите на производителя. При ситуация на фалит и спиране заплащането на сървъра, ще спре работа и QR код или RFID таг. Липсва протокол кой поема хостинг данните при ликвидация на фирма.
- Получаване на данни ще трябва да бъде и към DPP, и към националните екологични инспекции, отговорни за спазване на изисквания по други Регламенти. Това изисква свързаност и обмен на данни.
- За допускане до територия на ЕС митническите органи ще проверяват автоматично паспортите при внос. Изграждането на система за свързаност на митници и централния европейски регистър за DPP е в процес на внедряване.

В краткосрочен план въвеждане на DPP ще доведе до увеличение на разходите за съответствие на продукти, до инвестиции в нови технологични системи и специалисти. В дългосрочен план планираните промени ще улеснят достъпа до пазари, които са устойчиви, продуктите ще са с по-висока добавена стойност и фирмите ще са по-конкурентноспособни.

Проблемът, който създаде в световен мащаб fast fashion /бързата мода/, трябва да бъде решен с приетите законодателни мерки. Масовото производство на дрехи с ниско качество и свръхпроизводството на такива в световен обем, нанасят на българските производители в текстилния сектор големи трудности в реализация на произведени продукти. Изискванията за технологична модернизация в сектора и дигитализация на

данните за продукта с насоченост към екологичното въздействие ще работят за промяна водеща към търсене на устойчиви влакна, технологии за рециклиране и улеснение в обмена на данни.

Българските предприятия са конкурентни при изпълнение на малки серии, на сложни детайли и прототипи. Това е в съответствие с тенденцията за по-качествени, по-дълготрайни продукти и по-къси вериги на доставка. Сложната световна политическа обстановка и приетите мерки към зелен преход ще доведат до по-голямо търсене на производители от ЕС. Устойчивата мода е един от най-бързо растящите сегменти в ЕС.

Последните години в текстилният сектор се наблюдава спад на износ, на производство и намаляване на заетите в сектора. Повишаването на разходите на фирмите също е от съществено значение за развитието на текстилния сектор. При политика в подкрепа на текстилната индустрия се очаква стабилизиране на сектора и постепенна дигитализация, инвестиции в устойчиви материали и партньорства с европейски марки.

В България текстилните предприятия работещи с големи модни брандове са в готовност за въвеждане на DPP. Голяма част от средните предприятия не са започнали или са в процес на проучване на възможности за внедряване DPP и търсене на безвъзмездна помощ по линия на Програма „Конкурентоспособност и иновации в предприятията“. Това им дава възможност да покрият разходи по внедряване на DPP.

Европейската комисия в своя Доклад за България за цифровото десетилетие през 2026 г.[4] отчита напредъка в страната в цифрова трансформация. Като предизвикателство се отчита слабата цифровизация в МСП, внедряване на авангардни технологии и капацитет на иновации. Предвиденият бюджет от 2.19 милиарда едро е възможност за МСП да преструктурират и обновят своите ресурси и внедрят модерни цифрови технологии.

Проблемите при прилагане на Регламент /ЕС/ 2024:1781 и Регламент /ЕС/ 2026:1778 в България могат да са сведат до:

- недостатъчна информираност на предприятията в България за разграничаване на общи изисквания на Регламент /ЕС/ 2024:1781 и конкретните правила за продуктови паспорти;
- една част от фирмите нямат реализирана цифровизация на базата от данни, с която работят;

- разчита се на коректност от доставчиците за предоставените данни;
- пропуски в стандартизирани данни за влакна, произход, използвана енергия, въглеродни емисии;
- фирмите не са създали организация за рециклиране и ремонтиране на продукти;
- необходимост от специалисти квалифицирани едновременно в стандартизация, екологично въздействие и дигитализация;
- съществува риск от формално отчитане на данни в DPP;
- изискване на координация между институции и дигитална свързаност между заинтересованите страни.

За решение на посочените възможни проблеми е необходимо да се създаде Национален център, който да координира и улесни въвеждане на изискванията в икономическите сектори. Ще са необходими насоки, обучения, консултации и подкрепа на МСП, в частност тези от текстилния сектор. В сътрудничество с браншови организации и университети е необходимо надграждане на умения и подготовка на специалисти, компетентни в новите изисквания. За текстилната индустрия ще е улеснение и подкрепа от страна на държавата създаването на регионални центрове за сортиране, рециклиране и внедряване на иновации. Те могат да предоставят информация за нормативните изисквания, обучения за кръгова икономика, помощ за изчисляване на въглероден отпечатък, достъп до техническа експертиза и съдействие за финансово подпомагане по съществуващи европейски и национални програми. Последващ мониторинг за проследяване на резултати от въведени законодателни изисквания, установяване на пропуски и специализирана подкрепа за новости в законодателните актове ще изгради устойчивост в стремежа за кръгова икономика. Широката информираност на икономическите оператори чрез различни дейности /конференции, кампании в социални мрежи, медийно присъствие/ ще е основа за информирани и компетентни мениджърски решения.

За да бъдат улеснени предприятията и да са реални екологичните характеристики на продуктите е необходимо да се прилага единна методика за приложение и използване на стандарти. За текстилните предприятия методиката трябва да включва показателите: енергийна интензивност, водна интензивност, въглероден отпечатък на продукта, дял на производствените отпадъци използвани повторно, дял на рециклирани влакна. Работата по структуриране на посочената методика ще зададе възможност за улеснено

преструктуриране на разгледаните параметри. Конкретни стойности на показателите за екологична и ресурсна ефективност ще бъдат реално измерими параметри даващи информация на широк кръг заинтересовани лица.

4. **Решения на български фирми за DPP**

В България към настоящият момент добро представяне на пазара има фирма ВИАРА ДААС ЕООД WIARA, която предлага решение за DPP[9]. Разработката е за голяма част от производствените отрасли, включително и текстил. DPP включва изискуемата информация от фирмите за продукта. WIARA е сертифицирана по ISO/IEC 27001:2022. Фирмата гарантира, че внедрените решения имат висока степен за защита на данни и отговарят на световните изисквания за киберсигурност.

Изводи и обобщения

Внедряване на DPP заложено в Регламент/ЕС/ 2024:1781 има общи икономически последици изразяващи се в промяна модела на производство, стимулиране на кръгова икономика и прозрачност на пазара. Промените водят до нови зелени индустрии, развитие на секторите за рециклиране и ремонт, както и намаляване на отпадъците. Текстилният сектор ще подобри качеството на материалите и на стоката. Чрез DPP потребителите ще избират информирано и отговорно към себе си. За да бъде преходът устойчив и да се реални екологичните характеристики на продуктите е необходима единна методика за приложение на използваните стандарти. Ниският въглероден отпечатък като стремеж към кръгова икономика и устойчиви продукти ще е ангажимент на производители и потребители. Това го превръща в сила за световна промяна на мислене и действие към отговорност за настояще и бъдеще.

БЕЛЕЖКИ

1. Български институт по стандартизация https://bds-bg.org/bg/standards-collections_p5015.html
2. Годишен доклад за единния пазар на Европейската комисия https://monitor-industrial-ecosystems.ec.europa.eu/sites/default/files/2025-06/EMI_WP4_Textiles_report_2024_Final.pdf

3. Доклад относно стратегия на ЕС за устойчиви и кръгови текстилни изделия, /Доклад – A_-0176/2023/, достъпна онлайн:

   https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2023-0176_BG.html

4. Доклад за България за цифровото десетилетие през 2026

   https://digital-strategy.ec.europa.eu/bg/node/16915/printable/pdf

5. Европа и промените в климата: данни и факти
   https://www.europarl.europa.eu/topics/bg/article/20180703STO07123/evropa-i-promenite-v-klimata-danni-i-fakti
6. Закон за технически изисквания към продуктите

   https://www.lex.bg/laws/ldoc/2135467682

7. Регламент /ЕС/ 2024/1781 на Европейския парламент и на Съвета от 13 юни 2024 година за установяване на рамка за определяне на изискванията за екодизайн за устойчиви продукти, за изменение на Директива /ЕС/ 2020/1828 и на Регламент /ЕС/ 2023/1542 и за отмяна на Директива 2009/125/ЕО /Текст от значение за ЕИП/, текуща консолидирана версия: 28/06/2024, достъпна онлайн:

   http://data.europa.eu/eli/reg/2024/1781/oj

8. Регламент за изпълнение (ЕС) 2026/1778 на Комисията (приет на 16 юли 2026 г.) РЕГЛАМЕНТ ЗА ИЗПЪЛНЕНИЕ (ЕС) 2026/1778 НА КОМИСИЯТА от 16 юли 2026 година за определяне на реда и условията за прилагане на регистъра на цифровите продуктови паспорти, създаден съгласно Регламент (ЕС) 2024/1781 на Европейския парламент и на Съвета (текст от значение за ЕИП)

   https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202601778

9. DigitalProductPassport by WIARA: платформа за DPP в ЕС

   https://www.digitalproductpassport.bg/solutions/dpp-za-tekstil

10. GS1 DIGITAL LINK
    https://www.gs1.org/standards/gs1-digital-link

11. EU STRATEGY FOR SUSTAINABLE AND CIRCULAR TEXTILES COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS, (Brussels, 30.3.2022 COM(2022) 141 final)

https://environment.ec.europa.eu/document/download/74126c90-5cbf-46d0-ab6b-60878644b395_en?filename=COM_2022_141_1_EN_ACT_part1_v8.pdf

STUDY AND ANALYSIS OF REQUIREMENTS REGARDING THE DIGITAL PRODUCT PASSPORT /DPP/ IN THE TEXTILE INDUSTRY AS SET OUT IN REGULATION /EU/ 2024/1781

Abstract. For the transition to a circular economy to sustainable, technological changes must be combined with new business models, necessary investments, and the implementation of financial instruments. This drives changes in the regulatory framework and fosters the development of new skills and behaviors among economic actors. The general framework of Regulation /EU/ 2024/1781 covers almost all physical goods, including textiles. European legislation mandates the introduction of Digital Product Passport /DPP/ - a significant innovation within the regulation. Access will be provided via QR codes or digital databases. Changes will occur in production, logistics, and waste management processes. A ban on the destruction of unsold goods by large comes into effect on July 19, 2026. By 2030, the implementation of DPPs will also be required for medium-sized enterprise. The textile sector faces a transformation that demands financial and human resources, solutions regarding information from third-country supplies, and the protection of trade secrets. Establishing a National Coordination Centre offers an opportunity to support enterprises.

Keywords: textile industry; carbon footprint; EU Regulation 2024/1781;EU Regulation 2026/1778; EU Implementing Decision 2026/1736; CEN/CENELEC standards EN 18216 to EN 18226; BDS EN 18216:2026 to BDS EN 18226:2026.

Rositsa Dimitrova

E-mail: r.dimitrova@tu-sofia.bg

Dr. Georgi Stanchev, Assos. Prof.

Department „Fundamentals and Technical Means of Design”,

Technical University of Sofia,

Bulgaria

E-mail: gstanchev@tu-sofia.bg

Dr. Assoc. Prof. Boryana Petkova Ilieva-Mihailova,

Department „Fundamentals and Technical Means of Design”,

TU-Sofia , Bulgaria

E-mail: bilieva@tu-sofia.bg

ОСНОВНИ ЗАКОНОДАТЕЛНИ ИЗИСКВАНИЯ КЪМ ЛИЧНИТЕ ПРЕДПАЗНИ СРЕДСТВА

доц. д-р Ирена Николова

доц. д-р Васил Пенчев

Техническия университет - София

Резюме. Личните предпазни средства са важни продукти, тясно свързани със здравето и безопасността на работното място. Те се използват, когато рисковете не могат да бъдат избегнати или намалени в достатъчна степен чрез средствата за колективна защита или организацията на работа. В настоящия труд са анализирани европейски и национални нормативни актове относно основни законодателни изискванията, които се отнасят за личните предпазни средства. Изследвани са съществените изисквания, икономическите оператори, оценяването на съответствието, минималните изисквания за здравето и безопасността на работниците при използването на лични предпазни средства.

Ключови думи: лични предпазни средства, съществени изисквания, икономически оператори, оценяване на съответствието, минимални изисквания за здравето и безопасността

Въведение

Личните предпазни средства (ЛПС) са широко използвани в производствените процеси и са важни продукти, тясно свързани със здравето и безопасността на работното място. Те се използват, когато рисковете не могат да бъдат избегнати или намалени в достатъчна степен чрез средствата за колективна защита или организацията на работа.

ЛПС[2] е всяко приспособление (екипировка), което е проектирано с цел да предпази работника от възможни опасности за здравето и безопасността му при работа. Работодателят[4] е длъжен да предоставя безплатно ЛПС на работниците, които работят с опасни или вредни за здравето или живота машини, съоръжения, течности, газове и други подобни, а работниците са длъжни да ги използват по предназначението им по време на работа.

Когато ЛПС се пускат на пазара или се пускат в действие, трябва да отговарят на действащите законодателни изисквания. Законодателството на ЕС за хармонизация се

прилага при всички начини на доставка на продуктите. За ЛПС това е Регламент (ЕС) 2016/425.

За да се осигурят безопасността и здравето на работниците при използването на ЛПС на работното място се прилага Директива 89/656/ЕИО, която е транспонирана в националното законодателство на Република България с Наредба № 3 от 19.04.2001 г.

1. Съществени изисквания

Регламент (ЕС) 2016/425 определя съществените изисквания за проектиране и производство на ЛПС с цел осигуряване на защитата на здравето и безопасността на ползвателите, за да се движат свободно в ЕС. ЛПС се предоставят на пазара, само ако са в съответствие с този регламент. Те трябва да се поддържат правилно и да се използват по предназначение.

Съществените изисквания[3] определят резултатите, които трябва да се постигнат, или опасностите, които трябва да се предотвратят. Те не определят техническите решения за постигане на целта. Съществените изисквания за опазване на здравето и за безопасност са задължителни. Тези изисквания основно се отнасят за защитата на здравето и безопасността на работниците.

Съществените изисквания имат за цел да осигурят и гарантират високо ниво на защита. Те произтичат от определени опасности, свързани с продукта или се отнасят за продукта и неговите работни характеристики. Съществените изисквания се прилагат като функция на опасността, която е присъща на даден продукт. Затова производителите трябва да направят анализ на риска. Така установят възможните рискове, които могат да произтекат от продукта, и определят съществените изисквания, значими за продукта. След това проектират и произвеждат своите продукти, като вземат предвид тази оценка. ЛПС трябва да съответстват на съществените изисквания[6] за опазване на здравето и за безопасност от Регламент (ЕС) 2016/425.

1.1. Общи изисквания

Общите изисквания са приложими за всички ЛПС. Установени са следните изисквания:

- принципи при проектиране;

- ергономия;

- нива и класове на защита (оптимално ниво на защита, класове на защита, подходящи за различните нива на риск);

- безвредност на ЛПС;

- отсъствие на присъщи рискове и други нежелателни въздействия (подходящи съставни материали, удовлетворително състояние на повърхностите на всички части на ЛПС, имащи допир с ползвателя, максимално допустимо възпрепятстване на ползвателя);

- удобство и ефикасност;

- приспособяване на ЛПС към физическите особености на ползвателя;

- лекота и здравина;

- съвместимост на различни типове ЛПС, предназначени за едновременна употреба;

- защитно облекло, съдържащо подвижни предпазни средства;

- инструкции и информация на производителя.

1.2. Допълнителни изисквания

Допълнителните изисквания се подразделят на две групи. Първата група включва изисквания общи за няколко типа ЛПС, които:

- включват системи за регулиране;

- изолират защитаваните части на тялото;

- са за лицето, очите и дихателната система;

- могат да бъдат засегнати от стареене;

- могат да бъдат захванати при употребата им;

- са за употреба в потенциално експлозивна атмосфера;

- са предназначени за бърза намеса или да бъдат поставени или свалени бързо;

- са за намеса при много опасни ситуации;

- включват компоненти, които могат да се регулират или свалят от ползвателя;

- са за свързване на допълнително оборудване, което е външно за ЛПС;

- включват система за циркулация на флуиди;

- имат една или повече идентификационни маркировки или индикатори, пряко или непряко свързани със здравето и безопасността;

- които могат визуално да сигнализират за присъствието на ползвателя;

- са срещу няколко риска.

Втората група включва изисквания, които са приложими за конкретни рискове:

- защита срещу механичен удар;

- удар, причинен от падащи или изхвърлени предмети и сблъскване на части от тялото с препятствие;

- падания (предотвратяване на падания от подхлъзване, предотвратяване на падания от височина);

- механични вибрации;

- защита срещу статичен натиск върху част от тялото;

- защита срещу механични наранявания;

- защита срещу течна среда;

- предотвратяване на удавяне;

- помощни средства за плаваемост;

- защита срещу вредното въздействие на шума;

- защита срещу топлина и/или огън;

- съставни материали и други компоненти на ЛПС;

- напълно комплектувани ЛПС, готови за употреба;

- защита от ниски температури;

- защита срещу електрически удар;

- изолираща екипировка;

- токопроводима екипировка;

- защита от лъчения;

- нейонизиращи лъчения;

- йонизиращи лъчения (защита срещу външно радиоактивно заразяване, защита срещу външна радиация);

- защита срещу вещества и смеси, които са опасни за здравето, и срещу вредни биологични агенти;

- защита на дишането;

- защита от контакт с кожата и очите;

- водолазна екипировка.

2. Задължения на икономическите оператори

Регламент (ЕС) 2016/425 определя задълженията на всички икономически оператори[6] във веригата на доставка (производители, упълномощени представители, дистрибутори и вносители) и съответните им роли във връзка с ЛПС.

2.1. Производители

При пускане на ЛПС на пазара производителите са задължени да гарантират, че те са проектирани и произведени в съответствие със съществените изисквания. Те

изготвят техническа документация и провеждат процедура за оценяване на съответствието. Когато съответствието на ЛПС със съществените изисквания е доказано чрез подходящата процедура, производителите съставят ЕС декларацията за съответствие и нанасят маркировката „CE“.

Производителите трябва да идентифицират своите ЛПС чрез нанесен тип, партиден или сериен номер, или някакъв друг елемент. Те нанасят върху ЛПС своето име, регистрирано търговско наименование или регистрирана търговска марка и адрес. ЛПС се придружават от необходимите инструкции и информация.

2.2. Упълномощени представители

Производителят може да определи писмено упълномощен представител. Упълномощеният представител изпълнява задачите, определени от производителя като:

- да съхранява ЕС декларацията за съответствие и техническата документация;

- при искане от компетентен национален орган да предостави цялата информация и документация за доказване на съответствието на ЛПС;

- да сътрудничи на компетентните национални органи за отстраняване на рисковете, свързани с ЛПС.

2.3. Вносители

Вносителите са задължени да пускат на пазара само ЛПС, които съответстват на съществените изисквания. Преди пускането на пазара те гарантират, че производителят е извършил съответната процедура за оценяване на съответствието. Вносителите гарантират, че производителят е изготвил техническата документация, че е нанесена маркировката „CE“ и че ЛПС е придружено от изискваните документи.

Когато ЛПС не е в съответствие с приложимите съществени изисквания вносителят не го пуска на пазара, докато не бъде приведено в съответствие. При риск информира за това производителя и органите за надзор на пазара.

Вносителите нанасят върху ЛПС своето име, регистрирано търговско наименование или регистрирана търговска марка, и адреса. След пускането на пазара на ЛПС вносителите съхраняват копие от ЕС декларацията за съответствие в продължение на 10 години и гарантират, че при поискване техническата документация може да бъде предоставена на органите за надзор на пазара.

2.4. Дистрибутори

Когато предоставят ЛПС на пазара, дистрибуторите са задължени да действат с грижа по отношение на изискванията на Регламент (ЕС) 2016/425. Преди да предоставят ЛПС на пазара, дистрибуторите трябва да проверяват, че на него е нанесена

маркировката „CE“, че е придружено от необходимите документи, инструкции и информация, както и че производителят и вносителят са спазили установените изисквания.

Дистрибуторите трябва да гарантират, че докато отговарят за ЛПС, условията на съхранение или транспортиране не застрашават неговото съответствие с приложимите съществени изисквания. Когато те считат, че ЛПС, което са предоставили на пазара, не е в съответствие, трябва да се уверяват, че са предприети необходимите коригиращи мерки, за да бъде приведено в съответствие. Когато ЛПС представлява риск, дистрибуторите информират за това компетентните национални органи, като предоставят подробни данни, по-специално за несъответствието и за предприетите коригиращи мерки.

Икономическите оператори трябва да могат да идентифицират всеки икономически оператор, който им е доставил ЛПС и всеки икономически оператор, на когото те са доставили ЛПС, както и да представят тази информация в продължение на 10 години, след като ЛПС им е било доставено, и в продължение на 10 години, след като те са доставили ЛПС.

3. Оценяване на съответствието

Оценяване на съответствието[3] е процесът, който се извършва от производителя, за да се докаже изпълнението на определени изисквания, свързани с продукта. Продуктът подлежи на оценяване на съответствието по време проектирането и производството. Основната цел на процедурата за оценяване на съответствието е да се докаже, че пуснатите на пазара продукти отговарят на законодателните изисквания.

Съгласно законодателството на ЕС за хармонизация процедурите за оценяване на съответствието[7] са съставени от един или два модула. Всяка процедура за оценяване на съответствието обхваща и двата етапа - проектиране и производство, докато даден модул може да обхваща един от тези два етапа или и двата етапа. Процедурите за оценяване на съответствието са равностойни от правна гледна точка. Тяхното прилагане има за цел осигуряване на високо ниво на доверие по отношение на съответствието на продуктите с приложимите съществени изисквания.

3.1. Класификация на ЛПС според категориите рискове

ЛПС се класифицират според категориите рискове, както следва:

- категория I включва единствено следните минимални рискове: повърхностни механични наранявания; контакт с почистващи средства със слабо действие или продължителен контакт с вода; контакт с горещи повърхности, чиято температура не надвишава 50°C; увреждане на очите, дължащо се на излагане на слънчева светлина (различно от това при наблюдение на слънцето); атмосферни условия, които не са екстремни;

- категория II включва рискове, различни от тези, изброени в категории I и III;

- категория III включва единствено рисковете, които могат да предизвикат много сериозни последици, като смърт или необратимо увреждане на здравето, свързани със: вещества и смеси, които са опасни за здравето; атмосфера с недостиг на кислород; вредни биологични агенти; йонизиращи лъчения; среда с висока температура, ефектът от която е сравним с този при температура на въздуха най-малко 100°C; среда с ниска температура, ефектът от която е сравним с този при температура на въздуха -50°C или по-ниска; падане от височина; електрически удар и работа по устройства под електрическо напрежение; удавяне; порязване с ръчни моторни триони; струи под високо налягане; огнестрелни или прободни рани; вреден шум.

3.2. Процедури за оценяване на съответствието

Процедурите за оценяване на съответствието за всяка от категориите рискове[6] са следните:

- категория I: вътрешен производствен контрол (модул A);

- категория II: ЕС изследване на типа (модул B), последвано от съответствие с типа въз основа на вътрешен производствен контрол (модул C);

- категория III: ЕС изследване на типа (модул B) и една от следните процедури - съответствие с типа въз основа на вътрешен производствен контрол с надзор на проверката на продукта на случайни интервали (модул C2) и съответствие с типа въз основа на осигуряване на качеството на производството (модул D).

Вътрешен производствен контрол (Модул А) е процедурата за оценяване на съответствието, чрез която производителят изпълнява определените задължения и гарантира и декларира, че ЛПС отговарят на приложимите изисквания.

ЕС изследването на типа (Модул В) е част от процедурата за оценяване на съответствието, при която нотифициран орган изследва техническия проект на ЛПС и проверява и удостоверява, че той отговаря на приложимите към него изисквания.

Съответствие с типа въз основа на вътрешен производствен контрол (Модул С) е част от процедурата за оценяване на съответствието, чрез която производителят

изпълнява определените задължения и осигурява и декларира, че ЛПС са в съответствие с типа, както е описан в сертификата за ЕС изследване на типа, и отговарят на приложимите изисквания.

Съответствие с типа въз основа на вътрешен производствен контрол с надзор на проверката на продукта на случайни интервали (Модул С2) е тази част от процедурата за оценяване на съответствието, чрез която производителят изпълнява определените задължения и осигурява и декларира, че ЛПС са в съответствие с типа, описан в сертификата за ЕС изследване на типа, и отговарят на приложимите изисквания.

Съответствие с типа въз основа на осигуряване на качеството на производството (Модул D) е тази част от процедурата за оценяване на съответствието, чрез която производителят изпълнява определените задължения и осигурява и декларира, че ЛПС са в съответствие с типа, описан в сертификата за ЕС изследване на типа, и отговарят на приложимите изисквания.

Производителите могат да използват разработената методология за оценяване на съответствието на ЛПС (ARSOV, KOLEVA, YANCHEVA-POPOVA 2021, pp. 149-155). Тя интегрира както управленски, така и експертни задачи, като осигурява систематизирана документация, проследимост и категоризиране според риска.

4. Минимални изисквания за здравето и безопасността на работниците при използването на ЛПС

4.1. Директива 89/656/ЕИО и Наредба № 3 от 19.04.2001 г.

Директива 89/656/ЕИО определя минималните изисквания[1] за здравето и безопасността на работниците при използването на ЛПС на работното място. По смисъла на тази директива ЛПС е всяка екипировка, която е с цел да бъде носена или държана от работника, за да го предпазва от един или много рискове, които биха могли да го застрашат по време на работа. ЛПС трябва да се използват, когато рисковете не могат да се избегнат или да се ограничат чрез средствата за колективна защита или чрез мерките, методите или процедурите на организация на работата. То трябва да отговаря на съответните разпоредби за проектиране и производство на законодателството на ЕС за хармонизация с оглед на здравето и безопасността.

Чрез Наредба № 3 от 19.04.2001 г. за минималните изисквания за безопасност и опазване на здравето на работещите при използване на лични предпазни средства на работното място[5] се въвеждат разпоредбите на Директива 89/656/ЕИО в

законодателството на Република България. Тази наредба се прилага във всички предприятия и места, където се осъществява трудова дейност.

4.2. Задължения на работодателя

Чрез оценка на рисковете работодателят трябва да определи необходимостта от осигуряване на ЛПС и неговите характеристики. ЛПС трябва да се предоставят безплатно от работодателя. Той е длъжен да осигурява тяхното нормално функциониране и хигиенно състояние чрез необходимата поддръжка, ремонт и замяна. Работодателят уведомява работника за рисковете, срещу които го предпазва носенето на ЛПС. Осигурява обучение и, ако е необходимо организира демонстрация на носенето на личното предпазно средство.

4.3. Рискове, свързани с частите на тялото

Рисковете, свързани с частите на тялото, подлежащи на защита с ЛПС са:

- физически;
- химически;
- биологични агенти;
- други рискове.

Физическите рискове са механични, топлинни, електрически, шум, лъчения. Химическите са аерозоли, течности, газове и пари. Биологични агенти (съдържащи се в) - аерозоли, течности, материали, лица, животни и др. Други рискове са удавяне, недостиг на кислород, липса на видимост.

4.4. Видове ЛПС с оглед на рисковете

Видовете ЛПС с оглед на рисковете, от които защитават, са за защита на главата, слуха, очите и лицето, дихателните пътища, ръцете, ходилата и краката и против хлъзгане, кожата (защитни кремове), тялото/друга защита на кожата.

Изводи и обобщения

Анализирани са европейски и национални нормативни актове и са представени основни законодателни изискванията към личните предпазни средства. Разгледани са съществените изисквания, икономическите оператори, оценяването на съответствието, минималните изисквания за здравето и безопасността на работниците при използването на ЛПС. Съществените изисквания за опазване на здравето и за безопасност са задължителни и основно се отнасят за защитата на работниците. Всички икономически оператори (производители, упълномощени представители, дистрибутори и вносители)

имат значима роля във връзка с ЛПС. Основната цел на процедурата за оценяване на съответствието е да се докаже, че продуктите отговарят на законодателните изисквания. Минималните изисквания за здравето и безопасността на работниците осигуряват защитата им при използването на ЛПС на работното място.

БЕЛЕЖКИ

1. ДИРЕКТИВА НА СЪВЕТА от 30 ноември 1989 година относно минималните изисквания за безопасността и здравето на работниците при използването на лични предпазни средства на работното място (трета специална директива по смисъла на член 16, параграф 1 от Директива 89/391/ЕИО) (89/656/ЕИО)
2. ЗАКОН ЗА ЗДРАВОСЛОВНИ И БЕЗОПАСНИ УСЛОВИЯ НА ТРУД
3. ИЗВЕСТИЕ НА КОМИСИЯТА „Синьото ръководство“ за прилагане на правилата на ЕС относно продуктите - 2022 г. (текст от значение за ЕИП)
4. КОДЕКС НА ТРУДА
5. НАРЕДБА № 3 от 19.04.2001 г. за минималните изисквания за безопасност и опазване на здравето на работещите при използване на лични предпазни средства на работното място
6. РЕГЛАМЕНТ (ЕС) 2016/425 НА ЕВРОПЕЙСКИЯ ПАРЛАМЕНТ И НА СЪВЕТА от 9 март 2016 година относно личните предпазни средства и за отмяна на Директива 89/686/ЕИО на Съвета (текст от значение за ЕИП)
7. РЕШЕНИЕ № 768/2008/ЕО НА ЕВРОПЕЙСКИЯ ПАРЛАМЕНТ И НА СЪВЕТА от 9 юли 2008 година относно обща рамка за предлагането на пазара на продукти и за отмяна на Решение 93/465/ЕИО (Текст от значение за ЕИП)

ЛИТЕРАТУРА

ARSOV V., KOLEVA D., YANCHEVA-POPOVA M., 2025, Conformity assessment of personal protective equipment: A methodological framework and practical application, Професионално образование, бр. 3-4, с. 149-155. ISSN 1314–8567 (Online).

REFERENCES

ARSOV V., KOLEVA D., YANCHEVA-POPOVA M., 2025, Conformity assessment of personal protective equipment: A methodological framework and practical application, Professional Education, issue 3-4, pp. 149-155. ISSN 1314–8567 (Online).

BASIC LEGISLATIVE REQUIREMENTS FOR PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT

Abstract. Personal protective equipment consists of important products closely linked to workplace health and safety. Such equipment is used when risks cannot be avoided or sufficiently reduced through collective protection measures or work organization. The present work analyzes European and national regulations concerning the basic legislative requirements applicable to personal protective equipment. It examines essential requirements, economic operators, conformity assessment, and the minimum health and safety requirements for workers regarding the use of personal protective equipment.

Keywords: personal protective equipment, essential requirements, economic operators, conformity assessment, minimum health and safety requirements

Dr. Irena Nikolova, Assoc. Prof.
Technical University of Sofia,
Bulgaria
E-mail: inikolova @tu-sofi.bg

Dr. Vasil Penchev, Assoc. Prof.
Technical University of Sofia,
Bulgaria
E-mail: vasil_penchev@tu-sofia.bg

РАЗРАБОТВАНЕ НА НОВ ВИД СТАНДАРТИЗАЦИОНЕН ДОКУМЕНТ НА CEN/CENELEC. ЕВРОПЕЙСКИ СПЕЦИФИКАЦИИ ПО УСКОРЕНА ПРОЦЕДУРА [EUROPEAN AGILE SPECIFICATION (EAS)]

асистент маг. инж. Поля Велинова,

доц. д-р инж. Васил Пенчев

Техническия университет – София

Резюме. Настоящият доклад цели да представи предложението на CEN/CENELEC за разработване и въвеждане на нов вид европейски стандартизационни документи - Европейски спецификации по ускорена процедура [European Agile Specification (EAS)].

Документите имат за цел да предложат на Европейската комисия по-гъвкава алтернатива на традиционните хармонизирани стандарти. Процесите по създаването на тези документи са съкратени и дават възможност на Органите за стандартизация да реагират по-бързо на новите изисквания произтичащи от пазара, технологичното развитие и нормативната уредба, като публикуват техническо съдържание в рамките на няколко месеца. Тези документи трябва да се разработват в рамките на съществуващата европейска система за стандартизация и да могат да предоставят презумпция за съответствие.

В началото на 2026 г. стартира разработването на първите 5 проекта, които бяха публикувани през август 2026 г.

Ключови думи: Стандартизация, стандарти, хармонизация, European Agile Specification (EAS)

С бързото развитие на технологиите, все повече нараства необходимостта стандартизацията да отговаря своевременно на пазарните и регулаторни нужди. В тази връзка CEN-CENELEC създадоха работна група, която да предложи механизъм, позволяващ за кратко време да се разработят технически документи отговарящи на тези потребности.

В резултат на това работната група създаде изцяло нов процес за разработване и въвеждане на нов вид европейски стандартизационни документи – European Agile Specification (EAS). Така предложените Европейски спецификации по ускорена процедура (EAS) дават възможност за прилагане на алтернативно решение в случаите, когато хармонизираните стандарти са недостатъчни или изобщо не съществуват.

Подробна информация беше предоставена на Техническите съвети (BT) на CEN/CENELEC BT през октомври 2025 г. (Schulte, 2026)

Основното при разработването на EAS е, че се изисква промяна не само в начина, но и в нагласата на работа. Вместо да се предоставя текст на документ, едва когато той е проверен и прецизиран в най-голяма степен, трябва да се определи, на кой етап този документ предоставя изисквания с достатъчна степен на безопасност и сигурност, за да бъде публикуван, след което може да се събира обратна връзка от ползвателите на документа и бързо да се премине към разработване на ново издание, с цел непрекъснатото му усъвършенстване.

Процесът изисква националните органи по стандартизация/националните комитети (NSB/NC) да предприемат действия, за да осигурят успешното въвеждане на този нов процес. NSB/NC ще трябва да подкрепят техническата общност при прилагането на стъпките на процеса и при постигането на консенсус, че текстът на документа е готов. Освен това NSB/NC трябва да гарантират, че се придържат към прозрачност и приобщаване.

Процесът по разработване на EAS е значително опростен и се състои от шест основни етапа, както следва:

1. Предложение за нова работна тема (NWIP)

- На този етап се определя обекта и областта на проекта, за да се избегнат последващи дискусии и забавяния. Обекта и областта трябва да са максимално прецизирани, но окончателния вид на документа трябва да бъде определен едва в хода на процеса;

- Документът се разпространява до NSBs/NCs за гласуване „за/против“, като срокът за гласуване е 4 седмици. Националните органи за стандартизация трябва да участват в гласуването, да провеждат консултации на национално равнище и да номинират или определят експерти в работната група;

Основната цел е да се потвърди готовността за работа по темата и да бъде осигурено достатъчно участие на експерти в работната група. (Schulte, 2026)

2. Разработване на проект (Draft Development)

- Работата започва, след като е осигурена достатъчна експертна подкрепа. Тя може да започне дори преди гласуването на предложението за нова работна тема;

- В процеса на разработване участват и малки редакционни екипи, подпомагани от редактор със задълбочени познания по Вътрешните правила (Internal Regulations Part 3), което би ускорило подготовката на документа. Когато документът вече предоставя изисквания с достатъчна степен на сигурност, безопастност и надеждност, работната група (WG) може да предложи публикуването му като European Agile Specification (EAS). За тази цел следва да се търси консенсус в работната група, но не е задължително действително да бъде постигнат. (Schulte, 2026)

3. Гласуване

- Провежда се гласуване за одобряване на окончателния документ за публикуване. Проектът се представя на техническия комитет (TC) за 4-седмично гласуване (съгласно IR2, точка 6.2.2 или 6.4 при Искане за стандартизация);

- При положително гласуване документът преминава към етап публикуване;

- При отрицателно гласуване коментарите се връщат към работната група, която решава дали проектът може да бъде преработен, актуализиран или спрян;

След гласуването и преди публикуването не могат да бъдат внасяни технически промени в текста на документа. Коментарите ще бъдат разглеждани при бъдещото му преразглеждане. (Schulte, 2026)

4. Одобряване на EAS/Adoption на European Agile Specification

- Ако бъде одобрена, EAS преминава към етап публикуване и става достъпна на национално ниво;

- EAS не трябва да противоречи на съществуващ европейски стандарт. Не съществува задължение EAS да бъде приета на национално равнище, както и изискване

за отмяна на противоречащите на EAS национални стандарти, нито изискване националните стандарти, които са в противоречие с нея, да бъдат отменени.

EAS трябва да бъде публикувана на английски език от националните органи за стандартизация. Допуска се извършването на преводи, но те не трябва да забавят процеса на разработване и публикуване. (Schulte, 2026)

5. Следващи стъпки

Техническият комитет (ТС) на този етап може:

- да продължи работата по документа с цел подобряване за да бъдат издадени негови актуализирани версии;

- да завърши работата до етап публикуване като завършен EN по обичайната процедура (включваща етап обществено допитване).

Техническият комитет може да вземе решение за следващата стъпка на развитие на проекта. Може да се вземе решение за въвеждане на допълнителни подобрения в текста на EAS, като в този случай документът се връща към работната група за продължаване на работата по него. При започване на работа по ново издание, съществува възможност за публикуване на актуализирана версия на EAS и се преработва като ново издание с нова дата. Отговорният комитет може също да предприеме действия за по-нататъшното му преработване и публикуване като европейски стандарт. В този случай се прилагат обичайните процедури и етапи на одобрение (проектът преминава през обществено допитване и всички други съответни етапи). (Schulte, 2026)

6. Преглед

- За всяка EAS трябва да бъде инициирано преразглеждане най-малко веднъж на три години;

- Целта е да се прецени, дали EAS е подходяща за пазарните очаквания, и ако е възможно да се преработи като EN стандарт.

Отговорният технически орган на CEN/CENELEC трябва да гарантира, че EAS се подлага на периодичен преглед на всеки три години, считано от датата на достъпност (dav). Целта на прегледа е да се преоцени ситуацията, като се вземе решение дали документът да бъде преразгледан и публикуван отново като EAS или да бъде преработен във вид на европейски стандарт, разработен по обичайната процедура.

В момента се провежда пилотна фаза, в рамките на която избрани ТК изпитват процеса за разработване на EAS.

Изводи и обобщения

Новият процес е разработен като механизъм, чрез който CEN и CENELEC могат да публикуват документи с техническо съдържание в рамките на месеци, за да отговорят на спешни потребности на пазара и/или регулаторни изисквания, като най-подходящия пример е когато Искането за стандартизация съдържа кратки срокове, в рамките на които CEN и CENELEC не могат да изготвят окончателно завършен EN стандарт.

Тези документи вече са стартирани като пилотни. Пилотната фаза на EAS стартира на 29.01.2026 г. на база на което бяха създадени пет работни теми в следните технически комитети:

TC	EAS Title	Reference	Planned DAV
CEN-CLC/JTC 25	Requirements for Implementation tools and artefacts for data governance, data management and data quality supporting trusted data sharing	JT025015	EAS 18425:2026
CEN/TC 434	Electronic invoicing - Part 14: Creation of examples to support the implementation of the EN 16931-1 Revision	00434038	EAS 16931-14:2026
CEN-CLC/JTC 22	Quantum Computing – High-Level Programming Language	JT022021	EAS 18433:2026
CEN-CLC/JTC 22	Roadmap for Post-Processing Software in Space	JT022022	EAS 18434:2026
CEN-CLC/JTC 22	Quantum Computing – Hardware Abstraction Layer – Part 1: Descriptions and functional requirements	JT022023	EAS 18435-1:2026

Тези документи бяха публикувани през август 2026 г.

Проблеми свързани с EAS - регулаторна несигурност

Липсата на яснота и ангажимент от страна на Европейската комисия по отношение на презумпцията за съответствие беше определена като ключов проблем. Това подчертава зависимостта на по-широкото прилагане на документите от вида EAS за осигуряването на съответствие с регулаторната рамка.

ЛИТЕРАТУРА

1) KATHARINA SCHULTE., 2026-01, KAN – Commission for Occupational Health and Safety and Standardization https://www.kan.de, https://www.kan.de/en/publications/kanbrief/2026/1-26/european-agile-specification-cen-cenelec-plans-a-new-standardisation-product/ [Viewed 2026-10-08]

REFERENCES

1) KATHARINA SCHULTE., 2026-01, KAN – Commission for Occupational Health and Safety and Standardization https://www.kan.de, https://www.kan.de/en/publications/kanbrief/2026/1-26/european-agile-specification-cen-cenelec-plans-a-new-standardisation-product/ [Viewed 2026-10-08]

DEVELOPMENT OF A NEW TYPE OF CEN/CENELEC STANDARDIZATION DELIVERABLE – EUROPEAN AGILE SPECIFICATION (EAS)

Abstract. The purpose of this report is to present the proposal of CEN/CENELEC for the development and introduction of a new type of European standardization deliverable – **European Agile Specification (EAS)**.

The EAS deliverables are intended to provide the European Commission with a more flexible alternative to traditional harmonised standards. The processes for developing these deliverables are streamlined and enable the European Standards Organisations to respond more rapidly to new requirements arising from market needs, technological developments and regulatory requirements, by making technical content available within a matter of months.

These deliverables are intended to be developed within the existing European standardization system and to be capable of giving rise to a **presumption of conformity**.

At the beginning of 2026, the development of the first five projects was launched, and they were published in August 2026.

Keywords: Standardization, standards, harmonisations, European Agile Specification (EAS).

Assist. Prof. MSc. Eng. Polya Velinova
Faculty of Mechanical Engineering,
Department „Fundamentals and Technical Means of Design,
Technical University of Sofia,
Bulgaria
E-mail: polya.velinova@tu-sofi.bg

Dr. Vasil Penchev, Assoc. Prof.
Faculty of Mechanical Engineering,
Department „Fundamentals and Technical Means of Design,
Technical University of Sofia,
Bulgaria
E-mail: vasil_penchev@tu-sofia.bg

ПРИНЦИПИ И СРЕДСТВА ЗА БЕЗОПАСНОСТ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЧОВЕК-МАШИНА. ОСНОВНИ СТАНАРТИ

ас. инж. Гергана Делирадева

Технически университет – София

доц., д-р инж. Васил Пенчев

Технически университет – София

ас. инж. Поля Велинова

Технически университет – София

Резюме. Добрите условия на труд и оптималната безопасност са една от първостепенните грижи на работодателите в индустриалния сектор, тъй като безопасността и здравето заедно с рентабилността, качеството и опазването на околната среда са неделим аспект от техните отговорности. В борбата за все по-висока производителност мениджърските екипи на индустриалните обекти понякога са принудени да правят компромиси с безопасността на машинното и технологично оборудване, защото безопасната експлоатация на машините не е въпрос само на добро желание от страна на работещите и ръководителите им, а най-вече на значителни инвестиции. Разбирането, че безопасността и здравето на работещите са важни показатели за фирмата е една добра индикация за икономическите и организационни ползи. Добрата бизнес политика означава да се осигури безопасен и здравословен труд и да се реализира на пазара безопасен и търсен продукт. Живеем в епохата на уеб базираните, мобилните и сензорните интерфейси, а познатите бутони постепенно биват изместени от тъчскрийн екраните, виртуалните клавиатури, жестовото и гласовото взаимодействие. Разкриват се нови хоризонти пред връзката между човека и машината.

Ключови думи: безопасност, човек-машина, стандарт, HMI, PLC

Научните дейности и стандартите имат ключов принос за машиностроителния сектор и по-специално за безопасността на машините в България. Методите, процесите и материалите, на които се базират стандартите, са установени, било частично или

изцяло, чрез наличните научни знания. Съвременният европейски модел за прилагане на мерки за безопасност на машините е подчинен на строго структурирана система от норми и стандарти, които осигуряват надеждна защита както за операторите, така и за крайните потребители. В основата на тази рамка стои новият Регламент (ЕС) 2023/1230 относно машините, който ще започне да се прилага от 20 януари 2027 г., заменяйки досегашната Директива 2006/42/ЕО. Новият регламент въвежда съвременни изисквания, отчитащи напредъка в технологиите и нуждата от по-високо ниво на защита в контекста на киберсигурността, взаимодействието човек-машина и управлението на рискове при роботизирани и автоматизирани системи. [ИНЖЕНЕРИНГ РЕВЮ,2025]

1. Стандарти осносвни аспекти на безопасността

Стандартите от тази област изпълняват функция, свързана с основната безопасност в електротехническата и неелектротехническата област. Включени са насоки по отношение на маркирането, идентификацията и подреждането на информацията в електрически инсталации, оборудване и интерфейси „човек-машина“. Документите, които обхващат основната безопасност са от съществено значение за постигане на безопасен и надежден интерфейс между машините и хората. Прилагането им осигурява общ и разпознаваем подход за безопасна експлоатация на механични изделия, електрически, хидравлични, пневматичните машини и електрическите инсталации.[ИНЖЕНЕРИНГ РЕВЮ]

Стндартите от вид А и вид Б, които обхващат общите аспекти на безопасност при машините са следните:

- *БДС EN ISO 12100:2011 Безопасност на машините. Общи принципи за проектиране. Оценяване на риска и намаляване на риска (ISO 12100:2010)*
  Стандартът определя основната терминология, принципите и методологията за конструиране на безопасни машини. Чрез него се установяват принципите за оценяване на риска и за намаляване на риска, Описани са методи за идентифициране на опасности, за преценяване и оценяване на риска в съответните фази от жизнения цикъл на една машина, за отстраняване на опасностите или за достатъчно намаляване на риска; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]

- *БДС EN ISO 13849-1:2023 Безопасност на машините. Части от системите за управление, свързани с безопасността. Част 1: Общи принципи за проектиране (ISO 13849-1:2023)*

  Стандартът определя методология и предоставя свързани изисквания, препоръки и указаия за проектиране и интегриране на частите от системите за управление, свързани с безопасността (SRP/CS), включително проектирането на софтуер. Прилага се към SRP/CS за режим на висок приоритет при искане и непрекъснат режим на работа, включително техните подсистеми, независимо от вида на технологията и енергията (например електрическа, хидравлична, пневматична и механична). Този документ не се прилага за режим с нисък приоритет при поискване; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]
- *БДС EN ISO 13849-2:2012 Безопасност на машините. Части от системите за управление, свързани с безопасността. Част 2: Валидиране (ISO 13849-2:2012)*

  Тази част на ISO 13849 определя процедурите и условията, които трябва да се следват при валидиране чрез анализ и изпитване на: предвидените функции за безопасност, постигнатата категория и постигнатото ниво на изпълнение на частите от системите за управление, свързани с безопасността (SRP/CS), проектирани в съответствие с ISO 13849-1; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]
- *СД ISO/TR 14121-2:2015 Безопасност на машините. Оценяване на риска. Част 2: Практически указания и примерни методи (ISO/TR 14121-2:2012)*

  Този технически доклад дава практически насоки за провеждане на оценяване на риска за машини в съответствие с ISO 12100 и описва различните методи и средства за всяка стъпка в процеса; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]
- *БДС EN 60073:2004 Основни принципи и принципи за безопасност при взаимодействие човек-машина, маркировка и идентификация. Принципи за кодиране на индикатори и органи на задействане (IEC 60073:2002)*

  Установява общи правила за поставяне на конкретни значения на определени зрителни, звукови и осезателни индикации. Има статут на основна публикация

за безопасност в съответствие с IEC Guide 104;[БЪЛГАРСКИ ИНСТИТУТ ЗА СТАНДАРТИЗАЦИЯ (БДС),2026]

- *БДС EN IEC 60445:2021 Основни принципи и принципи за безопасност при взаимодействие човек-машина, маркировка и идентификация. Идентификация на клеми на съоръжения, изводни краища на проводници и проводници (IEC 60445:2021)*

  IEC 60445:2021 се прилага за идентифициране и маркиране на клеми на електрическо оборудване като резистори, предпазители, релета, контактори, трансформатори, въртящи се машини и, когато е приложимо, за комбинации от такова оборудване (например сглобени единици), и също така се отнася за идентифицирането на изводите на някои определени проводници. Той също така предоставя общи правила за използването на определени цветове или буквено-цифрови означения за идентифициране на проводници с цел избягване на неясноти и осигуряване на безопасна работа; [БЪЛГАРСКИ ИНСТИТУТ ЗА СТАНДАРТИЗАЦИЯ (БДС),2026]

- *БДС EN 60447:2006 Основни принципи и принципи за безопасност на взаимодействие човек-машина, маркировка и идентификация. Принципи на действие (IEC 60447:2004)*

  Установява общи принципи за ръчно задействани органи за задействане, които са част от взаимовръзката човек-машина, свързана с електрическото съоръжение, с цел увеличаване на безопасността, като безопасна експлоатация на съоръжението и улесняване на правилното и подходящото функциониране на органите за задействане; [БЪЛГАРСКИ ИНСТИТУТ ЗА СТАНДАРТИЗАЦИЯ (БДС),2026]

- *prБДС EN IEC 60073:2026 Основни принципи и принципи за безопасност при взаимодействие човек-машина, маркировка и идентификация. Принципи за кодиране на индикатори и органи на задействане (IEC 60073 ED7)*

  Този стандарт установява общи правила за придаване на специфични значения на някои зрителни, звукови и осезателни индикации, за да: повиши безопасността на лицата, имуществото или околната среда чрез безопасно наблюдение и контрол на оборудването или процеса, за да улесни бързото разпознаване на условията на управление и позициите на изпълнителните механизми на HMI; [БЪЛГАРСКИ ИНСТИТУТ ЗА СТАНДАРТИЗАЦИЯ (БДС),2026]

- *prБДС EN IEC 60447:2026 Основни принципи и принципи за безопасност на взаимодействие човек-машина, маркировка и идентификация. Принципи на действие (IEC 60447 ED4)*

  Този международен стандарт установява общи принципи за задействане на ръчно задействани изпълнителни механизми, представляващи част от интерфейса човек-машина, свързан с електрическо оборудване, с цел: повишаване на безопасността (например на хора, имущество, околна среда) чрез безопасна експлоатация на оборудването, улесняване правилната и навременна работа на задвижващите механизми. Тези принципи се прилагат не само за работата на електрическо оборудване, машини или цялостни инсталации при нормални условия, но и при повреди или аварийни ситуации. Този стандарт е за общо приложение, от прости случаи като единични изпълнителни механизми (напр. бутони) до множество изпълнителни механизми, представляващи част от голям комплект електрическо и неелектрическо оборудване или част от централна станция за управление на процеси;

2. Стандарти видове средства за защита на машини

В индустрията човеко-машинните интерфейси (ЧМИ/HMI) изминават сходна пътека на развитие. Механичните превключватели, аналоговите панели и физическите контролни табла постепенно биват заместени от PLC и SCADA системи, LED екрани и монитори, които на свой ред отстъпват място на графичните операторски терминали и HMI панелите. Сред основните средства за са електромеханичните устройства като защитни прегради, аварийни стоп-бутони, устройства за управление с две ръце и безконтактните средства за машинна безопасност - оптични бариери, светлинни завеси, лазерни скенери, PLC вериги за безопасност, сигнални колони и други. Изборът на блокиращо устройство зависи от условията на експлоатация и предназначението на средството за защита; последствията от възможно нараняване; вероятността от повреда на блокиращото устройство; изискванията към времето за стоп на машината; честотата на достъп на персонала до опасната зона и др.

Следните стандарти обхващат принципи и устройства за безопасност на машини:

- *БДС EN ISO 13850:2015 Безопасност на машините. Аварийно спиране. Принципи за проектиране (ISO 13850:2015)*

  Стандартът определя функционалните изисквания и принципите на проектиране за функцията за аварийно спиране при машини, независимо от вида на използваната енергия; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]
- *БДС EN ISO 13851:2019 Безопасност на машини. Устройства за управление с две ръце. Принципи на проектиране и избор (ISO 13851:2019)*

  Този документ уточнява изискванията за безопасност на устройство за управление с две ръце (THCD) и зависимостта на изходния сигнал от задействане от страна на устройствата за управление на задействане. Също описва основните характеристики на устройствата за управление с две ръце THCDs за постигане на безопасност и установява комбинации от функционални характеристики за три типа. Този документ предоставя изисквания за проектиране и насоки за избор (въз основа на оценка на риска) на THCD, включително предотвратяване на повреда, избягване на неизправности и проверка на съответствието; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]
- *БДС EN ISO 14119:2013 Безопасност на машини. Блокиращи устройства, свързани със защитни прегради. Принципи на проектиране и избор (ISO 14119:2013)*

  Стандартът специфицира принципи на проектиране и избор (независимо от естеството на енергийния източник) на блокиращи устройства, свързани със защитни прегради и предоставя указания на мерки за възможната най-малка повреда на блокиращи устройства по разумно предвидим начин. Този документ обхваща принципите за проектиране, избор и прилагане на следните: части от защитните прегради, които задействат блокиращи устройства, заключващи устройства и системи с блокиращи устройства за машинни приложения; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]
- *БДС EN ISO 14120:2015 Безопасност на машините. Защитни прегради. Общи изисквания за проектиране и изработване на неподвижни и подвижни защитни прегради (ISO 14120:2015)*

В този документ се посочват общите изисквания за проектиране и изграждане на защитни прегради, предвидени преди всичко за защита на лица от механични опасности. Стандартът се прилага основно за машините, които са произведени след датата на издаване на настоящия стандарт. Обръща се внимание на използването на защитни прегради, които да минимизират излагането на немеханични опасности. Изискванията се отнасят при използване на фиксирани и подвижни защитни прегради. [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]

- *БДС EN ISO 13856-1:2013 Безопасност на машините. Предпазни устройства, чувствителни на натиск. Част 1: Общи принципи за проектиране и изпитване на чувствителни на натиск постелки и чувствителни на натиск настилки (ISO 13856-1:2013)*

  Този стандарт определя изискванията за чувствителни на натиск настилки и чувствителни на натиск подове, които обикновено се задействат от краката и се използват като предпазни мерки за защита на хората от опасни машини. Прилага се за чувствителни на натиск настилки и чувствителни на натиск подове, независимо от вида на използваната енергия (например електрическа, хидравлична, пневматична или механична), които са предназначени да откриват хора с тегло над 35 килограма и лица (например деца) с тегло от 20 кг.; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]

- *БДС EN ISO 13856-2:2013 Безопасност на машините. Предпазни устройства, чувствителни на натиск. Част 2: Общи принципи за проектиране и изпитване на чувствителни на натиск ръбове (лайсни) и чувствителни на натиск щанги (ISO 13856-2:2013)*

  Този стандарт определя общите принципи и изисквания за проектиране и изпитване на чувствителни на натиск ръбове (лайсни) и чувствителни на натиск щанги, които се използват като предпазни мерки, а не като изпълнителни устройства за нормална работа. Той е приложим за чувствителни на натиск ръбове (лайсни) и чувствителни на натиск щанги, с или без външен механизъм за рестартиране, използвани за откриване на лицата или части на тялото, които могат да бъдат изложени на опасност, като движещи се части. Този стандарт има за цел предимно безопасността и надеждността, а не годност. [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]

- *БДС EN ISO 13856-3:2013 Безопасност на машините. Предпазни устройства, чувствителни на натиск. Част 3: Общи принципи за проектиране и изпитване на чувствителни на натиск брони, плочи, корди и други подобни устройства (ISO 13856-3:2013)*

  Този документ дава основните изисквания за тези чувствителни на натиск защитни устройства, с или без външно рестартиране на обекта, които не са определени във част 1 и част 2 на този документ, по-голямата част от които са предназначени за специфични приложения и не са на разположение, като детайли от серийно производство. Той също така дава специфични изисквания за чувствителни на натиск брони, чувствителни на натиск плочи и чувствителни на натиск корди (с прекъсване на корди); [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]
- *БДС EN IEC 61496-2:2020 Безопасност на машини. Електрочувствителни защитни съоръжения. Част 2: Специфични изисквания за съоръжения, използващи активни оптоелектронни апарати за защита (IEC 61496-2:2020)*

  IEC 61496-2: 2020 определя изискванията за проектиране, конструиране и изпитване на електрочувствителни защитни съоръжения (ESPE), проектирани специално за откриване на лица като част от свързана с безопасността система, използваща активни оптоелектронни апарати за защита (AOPD) за сензорна функция. Специално внимание е насочено към характеристиките, които гарантират, че се постига подходящо изпълнение, свързано с безопасността. ESPE може да включва незадължителни функции, свързани с безопасността, изискванията за които са дадени в приложение A към IEC 61496-1: 2020 и на този документ; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]
- *БДС EN ISO 4413:2011 Хидравлични задвижвания. Общи правила и изисквания за безопасност на системи и техните съставни части (ISO 4413:2010)*

  ISO 4413:2010 определя общите правила и изисквания за безопасност за хидравлични системи и компоненти, използвани за машини, както са определени от ISO 12100. ISO 4413:2010 се занимава с всички значими опасности, свързани с хидравлични системи и уточнява принципи, които да се прилагат с цел да се избегнат тези опасности, когато системите са поставени за тяхното използване по предназначение. ISO 4413:2010 се отнася за проектирането, изграждането и модификация на системите и техните компоненти, като се вземат предвид следните аспекти: сглобяване, монтаж,

настройка, непрекъсната работа на системата, лекота и икономична поддръжка и почистване, надеждна работа във всички предназначенията, енергийната ефективност и околната среда; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]

- *БДС EN ISO 4414:2011 Пневматични задвижвания. Общи правила и изисквания за безопасност на системи и техните съставни части (ISO 4414:2010)*

  ISO 4414:2010 определя общите правила и изисквания за безопасност за пневматични системи и компоненти, използвани машини, както са определени от ISO 12100. SO 4414:2010 разглежда с всички значими опасности, свързани с пневматични системи и уточнява принципи, които да се прилагат с цел да се избегнат тези опасности, когато системите са поставени за тяхното използване по предназначение. ISO 4414:2010 се отнася за проектирането, изграждането и модификация на системите и техните компоненти, като се вземат предвид следните аспекти: сглобяване, монтаж, настройка, непрекъсната работа на системата, лекота и икономичност на поддръжка и почистване, надеждна работа във всички предназначения, енергийната ефективност и околната среда; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]
- *БДС EN 60204-1:2019 Безопасност на машини. Електрообзавеждане на машини. Част 1: Общи изисквания (IEC 60204-1:2016, с промени)*

  IEC 60204-1:2016 се предлага като IEC 60204-1:2016 RLV, който съдържа Международния стандарт и неговата Redline версия, показваща всички промени в техническото съдържание в сравнение с предишното издание.

  IEC 60204-1: 2016 се отнася за електрическо, електронно и програмируемо електронно оборудване и системи за машини, които не са преносими ръчно по време на работа, включително група машини, които работят съвместно по координиран начин. Оборудването, обхванато от тази част на IEC 60204, започва в точката на свързване на захранването към електрическото оборудване на машината; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]
- *БДС EN ISO 14122-1:2016 Безопасност на машини. Стационарни средства за достъп до машините.Част 1: Избор на фиксирани средства и общи изисквания за достъп (ISO 14122-1:2016)*

ISO 14122-1:2016 дава общите изисквания за достъп до стационарни машини и насоки за правилния избор на средства за достъп, когато необходимият достъп до стационарна машина не е възможен директно от нивото на земята или от пода; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]

- *БДС EN ISO 14122-2:2016 Безопасност на машини. Стационарни средства за достъп до машините. Част 2: Работни платформи и пешеходни мостове (ISO 14122-2:2016)*

  ISO 14122-2:2016 дава изисквания за неподвижни работни платформи и пътеки, които са част от една стационарна машина, и на които регулируеми части не са задвижвани (например сгъваеми, плъзгащи) и подвижните части на тези фиксирани средства за достъп; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]
- *БДС EN ISO 14122-3:2016 Безопасност на машини. Стационарни средства за достъп до машините. Част 3: Стълбища, стълби със стъпала и парапети (ISO 14122-3:2016)*

  ISO 14122-3:2016 дава изискванията за неподвижни стълбища, стълби и парапети, които са част от една стационарна машина, и с регулируеми части, които не са задвижвани (например сгъваеми, с възможност за плъзгане) и подвижните части на тези фиксирани средства за достъп; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]
- *БДС EN ISO 14122-4:2016 Безопасност на машини. Стационарни средства за достъп до машините. Част 4: Фиксирани стълби (ISO 14122-4:2016)*

  ISO 14122-4:2016 дава изисквания за стълби, които са част от една стационарна машина, и с регулируеми части, които не са задвижвани (например сгъваеми, с възможност за плъзгане) и подвижните части на системи фиксирани стълби.

  Забележка 1 "Фиксирани" средства за достъп, са тези, монтирани по такъв начин (например чрез винтове, гайки, заваряване), така че те могат да бъдат отстранени само чрез използването на инструменти. ISO 14122-4:2016 определя минимални изисквания, които да се прилагат и когато същите средства за достъп са необходими, тъй като са част от сградата или гражданско строителство (например стълби), където е инсталирана на машината, при условие, че основната функция на тази част от строителството е да осигури

средства за достъп до машината. [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]

Изводи и обобщения

Живеем във време в което индустриалните революции все по-бързо навлизат в производството и ускорените темпове на роботизация и автоматизация изправят производителите пред решения за преминаване от традиционни, компонентно базирани решения към единна централизирана система, която обхваща всички аспекти на защитата, през целия жизнен цикъл на машината. Трудовата и машинната безопасност отдавна е ясно изразен фактор в националните политики на индустриално развитите държави и когато се работи в посока изграждане на нормативна и техническа база, която не просто цели да намали, а да елиминира риска от инциденти, безопасността ще се приема като основна, интегрирана цел още на етапа на проектиране, въвеждане в експлоатация и поддържане на оборудването.

ЛИТЕРАТУРА

БЪЛГАРСКИ ИНСТИТУТ ЗА СТАНДАРТИЗАЦИЯ (БДС) https://bds-bg.org/bg/ [Viewed 2026-10-12]

КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ.

https://bds-bg.org/bg/project/show/bds:proj:121338 [Viewed 2026-10-12]

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) https://www.iso.org/home.html [Viewed 2026-10-12]

EUROPEAN COMMITTEE FOR ELECTROTECHNICAL STANDARDIZATION (CENELEC) https://www.cencenelec.eu [Viewed 2026-10-12]

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN) https://www.cencenelec.eu [Viewed 2026-10-12]

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC) https://www.iec.ch/homepage [Viewed 2026-10-12]

EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK (OSHA)https://osha.europa.eu/bg [Viewed 2026-10-12]

ИНЖЕНЕРИНГ РЕВЮ https://www.engineering-review.bg/ [Viewed 2026-10-12]

SAFETY PRINCIPLES AND EQUIPMENT FOR MAN-MACHINE INTERFACE. BASIC STANDARDS

Abstract. Good working conditions and optimal safety are among the top priorities for employers in the industrial sector, as health and safety-alongside profitability, quality, and environmental protection-are integral aspects of their responsibilities. In the drive for ever-higher productivity, management teams at industrial facilities are sometimes compelled to compromise on the safety of machinery and technological equipment; this is because the safe operation of machines depends not merely on the good intentions of workers and their supervisors, but primarily on significant investment. Recognizing that worker health and safety are key performance indicators for a company signals potential economic and organizational benefits. Sound business policy entails ensuring safe and healthy working conditions while bringing safe, high-demand products to market. We live in an era of web-based, mobile, and sensor-driven interfaces, where traditional buttons are gradually being replaced by touchscreens, virtual keyboards, and gesture- or voice-based interaction. New horizons are opening up for the human-machine relationship.

Keywords: safety, man-machine, standard, HMI, PLC

Assistant Gergana Deliradeva
Technical University of Sofia
Bulgaria
E-mail: gdeliradeva @tu-sofia.bg
Assoc. Prof. Vasil Penchev
Technical University of Sofia
Bulgaria
E-mail: vasil_penchev @tu-sofia.bg
Assistant Polya Velinova
Technical University of Sofia
Bulgaria
E-mail: polya.velinova@tu-sofia.bg

ИЗСЛЕДВАНЕ И АНАЛИЗ НА ЕВРОПЕЙСКО ЗАКОНОДАТЕЛСТВО ПО ПОЛИТИКИТЕ ЗА БЕЗОПАСНОСТТА НА ДВИЖЕНИЕТО ПО ПЪТИЩАТА

доц. д-р инж. Васил Пенчев
ас. инж. Гергана Делирадева
ас. инж. Поля Велинова
Технически университет – София

Резюме. Настоящата работа има за цел да анализира някои документи на Европейската комисия относими към действия за намаляване на пътнотранспортните произшествие и пострадалите при тях, както и повишаване на безопасността на движението на територията на Европейския съюз. Разгледани и анализирани са основни документи, имащи отношение към конкретната материя. Извършена е съпоставка и анализ на приложимостта в Република България.

Ключови думи: Европейски съюз, безопасност на движението, превозни средства, транспортен травматизъм

1. Актуално състояние на Европейското законодателство в областта на безопасността на движението по пътищата

В дял VI от Договора от Лисабон, който кореспондира пряко с член 91 от Договора за функционирането на Европейския съюз (ДФЕС), е представено основното правно основание за създаването методи, средства и норми за пътна безопасност, чиято цел е да се подобри безопасността на движението на превозни средства по пътищата на Европейски съюз. Европейската Комисия публикува през май 2018 г. стратегически план чиято цел е развитие на дейностите свързани с пътната безопасност на територията на целия Европейски съюз (ЕС), както и за доближаване до дългосрочно поставена цел за нулев брой смъртни случаи при пътнотранспортни произшествия на територията на страните-членки на ЕС в срок до 2050 г. (тази цел е означена терминологично „*Нулева смъртност*“).

Постигането на описаните по-горе цели е предвидено чрез изпълнение на определен вид и характер дейности, като основните са: хармонизиране на правилата за движение по пътищата във всички държави-членки на Европейския съюз и хармонизиране на стандартите за движение по пътищата във всички държави-членки на

ЕС чрез осъществяване на следните действия от техните законодателни органи и със съществено значение за единната Европейска правна уредба в тази област, а именно безопасността на движението по пътищата, чрез хармонизиране на законите относно свидетелствата за правоуправление на пътни превозни средства, стандартите, относими към пътните превозни средства и уеднаквяване на правоприлагането в областта на транспорта и безопасността на движението по пътищата на територията на целия ЕС.

Всички тези действия са насочени към целта, чрез предвидена по-голяма безопасност и предвидимост на трансграничните пътувания; подобрения на технологии свързани с активната и пасивна безопасност на превозните средства –различни видове „трафик асистенти“ и други системи на превозните средства. Не на следващо, а на поредно такова място, трябва да бъде поставено изискването за подобряването на безопасността на инфраструктурата – проектиране и поддръжка на пътищата и техните съоръжения, чрез ефективни решения за управление на риска (оптимална организация на движението по пътищата, подобряване на сигнализацията в пътни участъци с повишена концентрация на пътнотранспортни произшествие и опасни участъци от пътната мрежа, както и редовни проверки на изправността на пътната инфраструктура и нейната способност да поеме трафикът предвиден да премине през нея за определени времеви периоди.

Към настоящия момент и на база на статистически данни и тяхното сравнение е установено, че смъртните случаи по пътищата през 2001 г. са 51400, а през 2021 г -19800 като извод може да се посочи, че целта поставена от ЕС за 75% намаление на смъртните случи за гореописания период не е достигната, като актуалните данни са:

19800:51400=0,385.100%=38,5%, (тридесет и осем цяло и пет процента),

Която стойност показва намаление от 100%-38,5%=61,5%. (шестдесет и един цяло и пет процента) при поставена цел от 75% (седемдесет и пет процента).

Факт е, че през 2021 г. броят на загиналите при пътнотранспортни произшествия в ЕС се е увеличил с 6% (шест процента) в сравнение с 2020 година, като този тревожен показател инициира нови усилия в областта на пътната безопасност. През юни 2019 г., като част от третия пакет за мобилността, Комисията публикува проект на рамка на политиката в областта на пътната безопасност за периода 2021-2030 г. Предприети са законодателни действия на Европейско равнище относно регулации за:

-максимално допустимото съдържание на алкохол в кръвта за водачите на моторни превозни средства;

-използването на блокиращи устройства при установяване на достъп в превозното средство на водач след употреба на алкохол;

-адаптиране на правната рамка на „e-Call‘ към новите телекомуникационни технологии и разширяването й, така че да бъдат обхванати и двуколесните моторни превозни средства, камионите, автобусите и селскостопанските машини – трактори и комбайни, както и други самоходни машини със специално предназначение, които са пълноправни участници в пътното движение.

През март 2023 г. от Комисията е представен пакет от законодателни мерки за пътна безопасност, като предложенията са за три независими законодателни акта: - директива относно свидетелствата за правоуправление на превозни средства, директива относно действието в целия ЕС на определени решения, засягащи правото на управление, и преразглеждане на директивата за улесняване на трансграничния обмен на информация относно пътнотранспортни нарушения, свързани с безопасността по пътищата (Европейска комисия, 2023). Основната цел на предложенията е подобряване на пътната безопасност за всички участници в движението, свободното движение на хора, подготовката за превозни средства с нулеви или ниски емисии, както и действия за постигане на визията на ЕС за недопускане на смъртни случаи по пътищата на ЕС до 2050 г.

Директивата относно свидетелствата за управление на превозни средства (Директива (ЕС) 2025/2205), която обхваща и признаването в целия ЕС на определени решения, засягащи правото на управление, е преход към хармонизиране на правилата за свидетелствата за правоуправление на превозни средства в рамките на ЕС. В допълнение към установяването на общи минимални възрастови граници, изисквания за физическа и психологическа годност и минимални стандарти за изпитване, с директивата се въвежда валидна в целия ЕС уредба, регламентираща управление с придружител за водачи от категория „B“, в определени условия (най-често – „млад“ водач - водач с недостатъчен стаж като такъв след придобиване на съответната правоспособност (до две години)), минимален изпитателен срок с по-строги наказания и взаимно прилагане на решения, които засягат правото на управление на превозни средства при причиняване на или участие в пътнотранспортни произшествия и нарушения, наказания за които са наложени от други държави-членки. С директивата се въвежда и възможността за издаване и притежание на цифрово свидетелство за управление.

Относно техническото състояние на превозните средства е изготвен т.нар. „пакет за техническа изправност“, който съдържа следните директиви:

Директива относно периодичните прегледи за проверка на техническата изправност (Директива 2014/45/ЕС);

Директива относно крайпътната техническа проверка на изправността на търговски превозни средства (Директива 2014/47/ЕС) и

Директива относно документите за регистрация на превозни средства (Директива 2014/46/ЕС).

През пролетта на 2025 г. Комисията е предложила преразглеждане на пакета за техническа изправност с цел актуализиране на текстове по отношение на технологичното развитие и регулаторните изисквания, свързани с безопасността на пътищата и устойчивото развитие.

През 2026 г. са приети следните решения: Невъзможно е преминаването на годишен технически преглед с изключени, изолирани или модифицирани системи за безопасност. Задължително се тества изправността всички системи за активна и пасивна безопасност.

Относно електромобили и хибридни автомобили се въвежда контрол върху състоянието и безопасността на техните батерии поради фактът, че тези части са честа причина за възникване на пожар в превозното средство.

Предприети са действия за спиране на манипулирането на пробега на превозното средство - автосервизи и производители се задължават да въвеждат показанията на километропоказателя при всеки ремонт, отнемащ повече от един час астрономическо време.

По отношение на екологичните изисквания се прецизират както нормативните процедури за провеждане на измервания на фини прахови частици, азотни оксиди (NOx) и нива на шум, така и техните крайни нормативни стойности.

Директивата относно задължителното използване на предпазни колани в превозни средства под 3,5 тона (Директива 2003/20/ЕО) от 8 април 2003 г. предвижда задължително използване на системи за обезопасяване на деца и предпазни колани за всички седящи пътници в автобусите, оборудвани с такива колани (с изключение на местния превоз в градските райони).

С Директивата относно използването на устройства за ограничаване на скоростта (Директива 2002/85/ЕО) е разширено задължението за използване на устройства, във всички товарни превозни средства и пътнически превозни средства с тегло между 3,5 и 12 тона с повече от осем места (без мястото на водача).

Регламент относно активните системи за безопасност е Регламент (ЕС) 2019/2144 (Регламент относно общата безопасност на моторните превозните средства). Този регламент след няколко изменения, се въвеждат изисквания за ограничаване на „мъртвата зона“ при огледалата за обратно виждане в новите тежкотоварни превозни средства и автобусите за междуградски и международни съобщения, като в Директива 2007/38/ ЕО се установяват изискванията тежкотоварните превозни средства и автобусите от гореописания вид да бъдат оборудвани с допълнителни огледала за обратно виждане за намаляване обхвата на „мъртва зона“.

В края на 2025 г. Комисията приема сборен пакет от мерки за автомобилната промишленост - пакет, с който се рационализират и актуализират правилата на ЕС за превозните средства по отношение на безопасността, емисиите и цифровите изисквания. Комисията предлага да бъде изменен Регламентът относно общата безопасност на моторните превозни средства и електрическите микробуси от категория N2 с максимално допустима маса над 3,5 тона и под 4,25 тона установява да бъдат освободени от задължението за оборудване с устройства за ограничаване на скоростта.

В (Регламент (ЕО) № 561/2006) един от аспектите е да се предостави възможност на държавите членки да налагат санкции за нарушения на правилата за тахографите, констатирани на тяхна територия, независимо от това къде са извършени тези нарушения. През 2024 г. този регламент е изменен с цел да се се осигури достатъчно време за почивка на водачите.

С Директива 2008/68/ЕО от 24 септември 2008 г., последно изменена през 2025 г., се установява общ режим, обхващащ всички аспекти на вътрешния превоз на опасни товари в рамките на ЕС, включително с железопътен, вътрешен воден и шосеен транспорт.

С Регламент (ЕО) № 1/2005 на Съвета са установени общи минимални правила за защитата на животните по време на транспортиране. През декември 2023 г. са преразгледани тези правила, с цел да се ограничи максималната продължителност на пътуванията за автомобилния транспорт на животни до девет часа, да се увеличат допустимите пространствени площи, да се въведат температурни ограничения и да се подобрят условията за износа им в държави извън ЕС. Към април 2026 г. все още предстои комисията по земеделие и развитие на селските райони (AGRI) и комисията по транспорт и туризъм (TRAN) на Парламента, да приемат проект на доклад относно това предложение.

С Директивата относно интелигентните транспортни системи (ИТС) в автомобилния транспорт (Директива 2010/40/ЕС) се цели да се осигури съгласувано и последователно внедряване на оперативно съвместими ИТС в ЕС. От 2017 г. до настоящия момент оперативно съвместимата в целия Съюз услуга eCall функционира в целия ЕС. Комисията е оправомощена периодично да проверява системата eCall в някои превозни средства (делегирана директива (ЕС) 2021/1716 от юни 2021 г.). През май 2018 г. е приета стратегия „По пътя към автоматизираната мобилност: стратегия на ЕС за мобилността на бъдещето“. С Регламента относно общата безопасност на превозните средства се установява регулаторна рамка за задължителни усъвършенствани системи за подпомагане на водачите с цел подобряване на пътната безопасност и се създава правна рамка за приемането на напълно автоматизирани превозни средства, движещи се без надзор от водач. През февруари 2024 г. Комисията е приела делегиран регламент за адаптиране на изискванията към центровете за спешни повиквания за приемане и обработване на повиквания от системата eCall в мрежите 4G и 5G.

С Директива 2004/54/ЕО са въведени минимални изисквания за безопасност на тунелите от трансевропейската пътна мрежа. В нея се предвижда, че всички тунели – в експлоатация, в процес на строеж или на планиране – с дължина над 500 м следва да бъдат предмет на хармонизирани разпоредби за безопасност. Директива 2008/96/ЕО от има за цел да гарантира, че безопасността по пътищата се взема предвид посредством използването на оценка на въздействието във всички фази на изграждане, експлоатация или съществено изменение на пътищата. Директива 2008/96/ ЕО относно управлението на безопасността на пътните инфраструктури последно е изменена през октомври 2019 година, а през януари 2023 г. Комисията изготвя насоки относно оценката на безопасността на пътната инфраструктура. Тези насоки не са обвързващи, но подпомагат държавите членки при извършването на оценките, изисквани съгласно Директива (ЕС) 2019/1936.

По отношение на пътнотранспортните произшествия, включително тези, в следствие на шофиране в нетрезво състояние и тяхното предотвратяване, част от политиката на ЕС е насочена към подобряване на поведението на водачите. Комисията изисква държавите-членки да извършват проверки за употреба на алкохол чрез дихателен тест (най-често „Дрегер“-тест) на случаен принцип и са наложени пределно допустими стойности на съдържанието на алкохол в кръвта установено по надлежен установен в държавата-членка ред. С оглед на подобряване на пътната безопасност, Комисията е създала хармонизиран кодекс на устройствата за измерване на

съдържанието на алкохол в издишания въздух, приет от редица държави членки. (Директива (ЕС) 2015/653 от 24 април 2015 г. за изменение на Директива 2006/126/ЕО относно свидетелства за управление на превозни средства) - Новата директива относно свидетелствата за управление на превозни средства, приета на 21 октомври 2025 г., има за цел да се подобри пътната безопасност чрез въвеждане на допълнителни мерки за пътна безопасност, като например по-ясни изисквания за обучение на водачите, схема за управление с придружител за целия ЕС и задължителен изпитателен срок, както и удължаване на изпитателния срок, ако свидетелството за управление е издадено за различна категория.

Директива (ЕС) 2015/413 от 11 март 2015 г. за улесняване на трансграничния обмен на информация относно пътнотранспортни нарушения, свързани с безопасността по пътищата, е приета въз основа на член 91, параграф 1, буква в) от ДФЕС (дял VI „Транспорт“). Тя има за цел да се сложи край на анонимността на чуждестранните водачи и да се създаде възможност за преследване на нарушенията на правилата за движение, извършени в дадена държава-членка, дори ако превозното средство не е регистрирано в нея. През март 2023 г. Комисията предлага преразглеждане на Директива (ЕС) 2015/413, за да се отстранят недостатъците в нея. Преразглеждането е съсредоточено върху предоставянето на възможност на правоприлагащите органи да получават достъп до националните регистри на свидетелствата за управление на моторни превозни средства и върху засилването на ролята на установените национални звена за контакт, с цел подобряване на сътрудничеството между правоприлагащите органи при разследването на нарушителите. Директивата за обмен на информация относно пътнотранспортни нарушения влезе в сила на 19 януари 2025 г. Директивата относно решенията, засягащи правото на управление, ще се прилага в случаите, когато държава-членка е отнела правата на водач поради пътнотранспортно нарушение, извършено на нейна територия, и ще гарантира, че отнемането на правата ще се изпълнява в целия ЕС.

В Регламент (ЕС) 2016/403 на Комисията се определят тежките нарушения, които биха довели до загуба на добрата репутация на автомобилния превозвач. През май 2022 г. Комисията прие Регламент за изпълнение (ЕС) 2022/694, за да гарантира, че държавите членки оценяват тези нарушения по хармонизиран начин.

Комисията TRAN в политиката в областта на пътната безопасност работи за обхващане и признаване в целия ЕС на определени решения, засягащи правата за управление на моторни превозни средства, както и се подчертава важността на безопасността на движението по пътищата. Дейностите на всички държави-членки на ЕС

следва да са в посоката за подобряване на пътната безопасност, достъпност и сигурност в целия ЕС, като същевременно да се насърчава активната мобилност и подчертава значението на трансевропейската транспортна мрежа и екологичния преход в градския транспорт.

2. Актуално състояние на проблема на територията на Република България

Българското законодателство в областта на безопасността на движението по пътищата е концентрирано чрез специалните закони свързани с движението на пътищата, а именно Закон за движението по пътищата, Закон за автомобилните превози, Закон за пътищата и други относими към материята на пътното движение и неговата безопасност нормативни актове, както и поднормативни такива свързани с актовете им от по-висок ранг. Тъй като всички Регламенти са с директен ефект, те се прилагат на територията на България без необходимост от допълнителни действия относно санкцията на българския законодателен орган по отношение на тяхното приемане и последващо прилагане.

Не така стоят нещата при директивите, който е необходимо да бъдат транспонирани и въведени в националното законодателство на съответната държава-членка на ЕС, в частност - и в България. Една част от директивите се прилагат вече – например по отношение на контрола на водачите за спазване на работното им време и почивки, управление на превозни средства над допустимата максимална маса (претоварени автомобили). Всички тези действия свързани с професионалния труд на водачите на превозни средства са в правомощията на Изпълнителна агенция „Автомобилна администрация“.

В (Arsov a, 2025, Arsov b, 2025, Nekova 2025) са направени предложения, но за друг вид материално осигуряване, който предложения биха могли да се вземат предвид и внедрят с оглед прилагането им в материята на пътната безопасност и автомобилния транспорт като се следват съответните нормативи на Европейското законодателство в областта на транспорта.

Процесът на транспониране на директива, като начало е дългогодишна дейност, която националния законодател е необходимо да извърши. Поради липса на политическа воля, не малка част от директивите на европейския съюз са не транспонирани от националното ни законодателство и съответно, в България, има не малко отклонения от „посоката“ зададена ни от Европа. Видно е, че пътният травматизъм не намалява, борят

на пътнотранспортните произшествия остава в най-добрия случай неизменен, спрямо предходни периоди, а броят на загиналите по пътищата също , за голямо съжаление, вместо да намалява, той нараства. Това е показател, че в България не са предприети и приложени ефективни мерки, независимо дали те са въз основа на Европейски или национални нормативни актове и е необходимо да се предприемат по „твърди“ действия в тази посока, като търсеният краен резултат е намаляване на броя на произшествията, извършените нарушения от страна на участниците в пътното движение, намаляване на броя на загиналите в пътни инциденти.

Изводи и обобщения

От извършения анализ е видно, че една част от Европейското законодателство е приложено в България. Всички Регламенти, които са с директен ефект се прилагат. Не така обаче стоят нещата с Директивите – те трябва да бъдат транспонирани от националното законодателство след което да бъдат прилагани в него. Този процес в България е бавен и това винаги носи негативи за страната ни, като не малка част от наказателните процедури срещу България са за не транспониране на директива в сроковете указани от Европейската комисия. Оставаме с надеждата, че законодателят ще предприеме действия , които да подобрят системата на пътната безопасност и да се достигне до намаляване на пътния травматизъм, както и да се подобри икономическият ефект от тези дейности.

ЛИТЕРАТУРА

Договор за функционирането на Европейския съюз (ДФЕС)

Информационни фишове за Европейския съюз – 2026 г. /www.europarl.europa.eu/factsheets/bg

Некова С, Димитрова Й., Арсов В., Яворова Ю., Регулации и безопасност на медицинските изделия, XXII Научна Постерна Сесия, ХТМУ, 20 Юни 2025, Сборник с резюмета, стр. 112, ISSN 3033-0769.

Arsov, V., Koleva, D., Yancheva-Popova, M. (2025).a Conformity assessment system for products – power equipment: Methodological approach and practical application. Presented at the International Scientific Conference OTSK 2025, October 28–29, 2025, Sofia, Bulgaria.To

be published in Professional Education (ISSN 1314-555X / 1314-8567 Online), Sofia, Bulgaria. Indexed in ERIH PLUS, CEEOL, EBSCOhost, and Google Scholar.

Arsov, V., Koleva, D., Yancheva-Popova, M. (2025).b Conformity assessment of personal protective equipment: A methodological framework and practical application.Presented at the International Scientific Conference OTSK 2025, October 28–29, 2025, Sofia, Bulgaria.To be published in Professional Education, indexed in ERIH PLUS, CEEOL, EBSCOhost, and Google Scholar.

https://eur-lex.europa.eu /посетена на 10.09.2026 г/

www.europarl.europa.eu /посетена на 11.09.2026 г./

https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/ALL/?uri=CELEX:52020DC0789 /посетена на 13.09.2026 г/

REFERENCES

Treaty on the Functioning of the European Union

Fact Sheets on the European Union, 2026

Nekova S. et al, 2025, Regulations and Safety of Medical Devices, UCTM, Abstracts, issue 2025 pp.112, ISSN 3033-0769.

ARSOV V., Koleva, D., Yancheva-Popova, M. (2025). Conformity assessment system for products – power equipment: Methodological approach and practical application. Presented at the International Scientific Conference OTSK 2025, October 28–29, 2025, Sofia, Bulgaria.To be published in Professional Education (ISSN 1314-555X / 1314-8567 Online), Sofia, Bulgaria. Indexed in ERIH PLUS, CEEOL, EBSCOhost, and Google Scholar.

ARSOV V., Koleva, D., Yancheva-Popova, M. (2025). Conformity assessment of personal protective equipment: A methodological framework and practical application.Presented at the International Scientific Conference OTSK 2025, October 28–29, 2025, Sofia, Bulgaria.To be published in Professional Education, indexed in ERIH PLUS, CEEOL, EBSCOhost, and Google Scholar.

https://eur-lex.europa.eu /accessed on 10.09.2026 y/

www.europarl.europa.eu /accessed on 10.09.2026 y/

https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/ALL/?uri=CELEX:52020DC0789 /accessed on 10.09.2026 y/

RESEARCH AND ANALYSIS OF EUROPEAN LEGISLATION ON ROAD SAFETY POLICIES

Abstract. The aim of the paper is to analyse documents of European Commission relating to ways to reduce road traffic accidents and the number of casualties resulting from them, as well as to improve road safety within the European Union. Key relevant documents to this subject have been examined and analysed. A comparison and analysis of their applicability in the Republic of Bulgaria has been carried out.

Keywords: European Union, road safety, vehicles, transport-related injuries

Dr. Eng. Vasil Penchev, Assoc. Prof.
Eng. Gergana Deliradeva Assist. Prof.
Eng. Polja Velinova Assist. Prof.
Technical University of Sofia,
Bulgaria
E-mail: vasil_penchev@tu-sofia.bg

МЕТРОЛОГИЧНО ОСИГУРЯВАНЕ НА КОНТРОЛА НА МЕТАЛНИ ИЗДЕЛИЯ В КОНТЕКСТА НА ISO 10012:2026 И ISO 9001:2026

инж. Кирил Кирилов
Техническия университет – София

доц. д-р инж. Боряна Илиева
Техническия университет – София

доц. д-р инж. Георги Станчев
Техническия университет – София

Резюме: Осигуряването на качеството на металните изделия се свързва с надеждността на измервателните процеси. Чрез тях се установява съответствието на продукцията с определени изисквания. Такива са техническите, нормативните и договорните. В условията на развитие на международната стандартизация метрологичното осигуряване придобива съществено значение чрез своята техническа дейност на системното управление на качеството. Настоящата статия анализира приложимостта на ISO 10012:2026 и ISO 9001:2026 при организирането и управлението на контрола на метални изделия. Изследват се функционалните взаимовръзки между двата стандарта. Разглеждат се метрологичната проследимост, компетентността на персонала и надеждността на измервателните резултати. Представя се управлението на риска при оценяване на съответствието. Коментира се и допълващата функция на ISO/IEC 17025:2017 по отношение на лабораторните изпитвания и калибрирането. В резултат от сравнителния и системния анализ се предлага интегриран организационно-методически модел за метрологично осигуряване на контрола на метални изделия. Той обединява различни резултати в обща единна последователност. Такива са изискванията към продукта, планирането на контрола, управлението на измервателните процеси и документирането на резултатите. Извеждат се възможностите за практическо приложение на модела като основа за усъвършенстване на вътрешнофирменото стандартизационно осигуряване.

Ключови думи: метрологично осигуряване, метални изделия, ISO 10012:2026, ISO 9001:2026, управление на качеството, стандартизация, оценяване на съответствието.

1. Увод

Производството на метални изделия представлява съвкупност от процеси. Те са технологични, организационни и контролни. Тяхното ефективно управление е ключово за надеждното качество на крайната продукция. Съответствието на изделията се доказва

чрез установени изисквания. За постигането на целта се прилагат подходящи методи за контрол и изпитване. Те се основават на обективна и достоверна измервателна информация.

Основните показатели за оценяване на качеството на метални изделия са: геометрични размери, механични характеристики, химичен състав, температурни режими на обработка и състояние на повърхностите. За да се получат достоверни резултати от тези характеристики се налага използването на определени ресурси. Такива са: технически пригодно оборудване, приложими методи за измерване, компетентен персонал и подходящи условия за провеждане на контрола.

В производствената практика метрологичното осигуряване често се възприема като дейност, свързана с поддръжка, проверка и калибриране на измервателните средства. Подобен подход отразява само в известна степен зависимостта между измервателния процес, достоверността на резултата и последващото решение за съответствие на продукцията.

Калибрираното измервателно средство не е надежден гарант за рационално измерване. Достоверността на резултата зависи от метода и характеристиките на измервания обект. Тук са важни и условията на работа, подготовката на персонала и правилното интерпретиране на получената информация.

Това обстоятелство налага метрологичното осигуряване да бъде разглеждано в по-широк организационен и стандартизационен контекст. В него измервателните дейности са интегрирани в системата за управление на качеството.

Актуалността на разглежданата проблематика се засилва с публикуването на ISO 10012:2026 *Quality management — Requirements for measurement management systems*. Той заменя предходното издание от 2003 г. Обновеният стандарт разширява системния подход към управлението на измерванията. Поставя акцент върху осигуряването на доверие във валидността и надеждността на измервателните резултати (ISO 10012: 2026, pp. 5-6).

Важна роля има и публикуваното на 16 септември 2026 г. ново издание на ISO 9001:2026 *Quality management systems — Requirements* - шесто издание на международния стандарт, което заменя ISO 9001:2015. То развива установените принципи на управлението на качеството. Акцентира върху лидерството, организационната култура, процесния подход и управлението на рисковете и възможностите (ISO 9001: 2026, pp. 5-8).

Двата стандарта, разгледани във взаимовръзка, създават основа за по-последователно интегриране на метрологичното осигуряване в управлението на производствения контрол. Създава се необходимост от установяване на връзка между общите изисквания към управлението на качеството и специфичните изисквания към измервателните процеси при производството на метални изделия.

Целта на настоящото изследване е да се анализира приносът на ISO 10012:2026 и ISO 9001:2026 за метрологичното осигуряване на контрола на метални изделия. Въз основа на установените взаимовръзки да се предложи организационно-методически модел за практическото им прилагане.

За постигането на целта се формулират следните **задачи**:

1. Да се установи мястото на метрологичното осигуряване в системата за управление на качеството.
2. Да се анализира приложимостта на ISO 10012:2026 и ISO 9001:2026 при контрола на метални изделия.
3. Да се идентифицират основните фактори, влияещи върху надеждността на измервателните процеси.
4. Да се изведат функционалните взаимовръзки между стандартизационните изисквания и практическите контролни дейности.
5. Да се предложи интегриран модел за тяхното управление и документиране.

2. Методология на изследването

Изследването има теоретико-приложен характер. Основава се на анализа на международните стандарти и метрологични документи. Те са приложими към системите за управление на качеството и измервателните процеси.

Основен метод е *сравнителният анализ* на изискванията и предназначението на ISO 10012:2026 и ISO 9001:2026. Чрез него се установяват общите принципи, специфичните функции и възможностите за взаимно допълване на двата стандарта.

Използван е и *системен подход*. Чрез него метрологичното осигуряване се разглежда като съвкупност от дейности. Те са взаимосвързани организационни, технически и контролни. Насочени са към получаване на надеждна информация за съответствието на металните изделия.

Приложен е качествен *риск-базиран анализ* за идентифициране на различни фактори. Те могат да доведат до неправилни измервателни резултати, които от своя страна водят до погрешни решения относно качеството на продукцията.

Използван е методът на концептуалното моделиране въз основа на обобщенията. Чрез него са разработени последователност от дейности за интегрирано управление на контрола.

3. Метрологичното осигуряване в системата за управление на качеството

Метрологичното осигуряване представлява важен елемент от дейности. Чрез тях производствените организации създават нужните предпоставки за получаване на достоверна измервателна информация. В условията на индустриално производство се обединяват организационни и методически дейности. Те са насочени към осигуряване на пригодността на измервателния процес за конкретната контролна задача.

В Международния речник по метрология (VIM) метрологичната проследимост е свойство на резултата от измерване. Чрез него може да се свърже с определена референция посредством верига от калибрирания. Тук всяко отделно звено допринася към неопределеността на измерването (JCGM 2012, pp. 29).

В контекста на контрола на метални изделия тази характеристика придобива съществено значение. На база измервателните резултати се вземат бъдещи производствени и управленски решения. При контрол на размерна характеристика, резултатът от измерването определя дали детайлът ще бъде допуснат до следваща технологична операция. Той може да бъде върнат за допълнителна обработка или да бъде класифициран като несъответстваща продукция. При механичните изпитвания резултатите могат да бъдат основание за приемане на материала. Могат да потвърдят неговите характеристики или да установят отклонения от изискванията спрямо техническата спецификация.

По този начин измервателният процес изпълнява едновременно техническа и управленска функция. Техническата функция се изразява в определянето на съответната характеристика. Управленската — в използването на резултата като основание за решение. Тази двойствена функция налага необходимостта метрологичното осигуряване да се вгради в цялостната система за управление на качеството.

Особено важно е да се разграничават операциите *калибриране на измервателно средство* и *осигуряване на пригодността на измервателния процес*.

Калибрирането установява метрологични характеристики при определени условия. То осигурява информация, която е нужна, за да се проследи и оцени пригодността на оборудването. Това от своя страна не измества необходимостта от

проверка дали избраното средство отговаря на изискванията на конкретната измервателна задача.

Разграничението е съществено за предприятията, които произвеждат метални изделия. Едно и също измервателно средство може да бъде приложимо при определени допуски и неподходящо при други. Това е причината изборът на измервателно оборудване да се основава на съответствието между възможностите на оборудването и изискванията към контролирания продукт.

4. Принос на ISO 10012:2026 към управлението на измервателните процеси

ISO 10012:2026 е основа за систематизиране на метрологичното осигуряване в организациите, чиято основна цел е да осигури надеждни измервателни резултати.

Неговото значение се изразява в прехода от управление на отделните измервателни средства към общо систематизирано управление на измервателните процеси и свързаните с тях дейности.

Новото издание е структурирано в съответствие с международните стандарти за системи за управление. Това създава предпоставки за по-лесното му интегриране със съществуващи системи за управление на качеството (ISO 10012: 2026, pp. 5-6).

Важно е, че стандартът разглежда измерванията като управляеми процеси. Те следва да бъдат планирани, изпълнявани, наблюдавани, оценявани и подобрявани. За производството на метални изделия този подход позволява метрологичните дейности да се свържат с етапите от производствения цикъл. Такива са входящ контрол, междинен технологичен контрол, окончателен контрол и изпитване на готовата продукция.

4.1. Организационно значение на стандарта

Прилагането на ISO 10012:2026 дава възможност на организацията да определи отговорностите за метрологичното осигуряване. Извеждат се по-лесно необходимите ресурси и се определят изискванията към компетентността и условията, при които се извършват измерванията.

По този начин метрологичната дейност се включва в обща организационна структура. Тя спира да функционира като самостоятелна техническа дейност. От значение е разпределянето на отговорностите между производствените звена, отдела за контрол на качеството и лицата, управляващи измервателното оборудване. При липса на подобна координация може да възникне ситуация, при която технически изправно оборудване да се използва по неподходящ метод или за задача. За нея е възможно да не притежава необходимата измервателна способност.

4.2. Значение за планирането на контрола

Друг значим принос на ISO 10012:2026 е създаването на възможността изискванията към измервателния процес да бъдат определяни още на етап планиране.

При производството на метални изделия измервателните дейности се организират след определянето на технологичния процес. По-ефективният подход предполага изискванията към контрола да бъдат съобразени с особеностите на продукта още при разработването на технологичната и контролната документация.

Това означава предварително да бъдат установени:

- характеристиките, които подлежат на контрол;
- приложимите технически изисквания;
- подходящите методи за измерване или изпитване;
- необходимото измервателно оборудване;
- условията за провеждане на контрола;
- критериите за приемане на резултатите;
- необходимите записи за доказване на съответствието.

Така измервателният процес се превръща в предварително планирана част от производствената дейност.

4.3. Управление на метрологичния риск

Съществена особеност на ISO 10012:2026 е интегрирането на риск-базираното мислене в управлението на измервателните процеси. То позволява да се отчете различната значимост на измерванията за качеството и безопасността на продукцията.

При изделия с високи изисквания към надеждността, последиците от грешното измерване могат да бъдат значително по-сериозни. Това е причината метрологичното осигуряване да бъде съобразено с техническите характеристики на оборудването и с възможните последствия от неправилното решение за съответствие. Тук може да се изведе един от основните приноси на стандарта към управлението на качеството. *Метрологичният риск се разглежда като част от общия риск за качеството на продукта, а не като изолиран технически проблем.*

4.4 Значение за документирането и подобряването

ISO 10012:2026 създава единна рамка. Тя включва управление на документираната информация, оценяване на резултатите, контрол на несъответствията и подобряване на измервателната система.

За предприятията от металообработващата промишленост това означава възможност да бъдат проследявани резултатите от контрола и условията, при които са получени. Подобна информация е ценна за установяване на производствени отклонения. Значим е и анализът на причините за несъответствия. В полза ще бъде при клиентски рекламации и последващо усъвършенстване на контролните процедури.

Приносът на ISO 10012:2026 се проявява в три взаимосвързани направления:

1) повишаване на организационната управляемост на измерванията;

2) ограничаване на риска от недостоверни резултати;

3) създаване на предпоставки за непрекъснато подобряване.

5. Приложимост на ISO 9001:2026 и функционална взаимовръзка с ISO 10012:2026

ISO 9001:2026 определя общата рамка за изграждане, функциониране и усъвършенстване на системите за управление на качеството. Приложимостта му е насочена към осигуряване на способността на организацията последователно да предоставя продукти и услуги, съответстващи на изискванията (ISO 9001: 2026, pp. 1).

За производителите на метални изделия стандартът има съществено значение. Той обединява редица звена. Такива са управлението на производствените процеси, ресурсите, компетентността, документираната информация, наблюдението на резултатите и предприемането на коригиращи действия. В рамките на тази система измерванията представляват основен източник на обективна информация за ефективното производство на процеси и съответстващи крайни продукти.

Оттук произтича и функционалната връзка между ISO 9001:2026 и ISO 10012:2026.

Първият стандарт определя общите принципи и организационните изисквания за управление на качеството. Вторият поставя специализирана рамка за управление на измервателните процеси, които подпомагат доказването на това качество.

Двата стандарта не могат и не бива да се разглеждат като взаимозаменяеми. Тяхната приложимост се проявява на различни свързани функционални равнища. На таблица 1 се представя сравнителен анализ на приложимостта им.

Таблица 1

Направление	**ISO 9001:2026**	**ISO 10012:2026**
Основна насоченост	Управление на качеството в организацията	Управление на измервателните процеси
Обхват	Организационни и производствени процеси	Измервателни дейности и свързаните с тях ресурси
Планиране	Определяне на цели, ресурси, процеси и рискове	Определяне на изисквания и условия към измерванията
Компетентност	Компетентност на персонала за изпълнение на възложените дейности	Компетентност, необходима за надеждното изпълнение на измервателните процеси
Контрол	Наблюдение и оценяване на съответствието на продукцията	Осигуряване на валидността и надеждността на резултатите
Управление на риска	Рискове, влияещи върху качеството и дейността	Рискове, свързани с измервателните процеси
Документиране	Доказателства за изпълнение на изискванията	Записи за измервателните дейности и тяхната надеждност
Подобряване	Подобряване на системата за управление на качеството	Подобряване на измервателните процеси

Сравнителният анализ показва, че двата стандарта могат да бъдат интегрирани чрез обща процесна логика. Изискванията на ISO 9001:2026 към управлението на ресурсите за наблюдение и измерване създават непосредствена връзка с изискванията на ISO 10012:2026 към системата за управление на измерванията. Взаимовръзката може да бъде обобщена чрез следната последователност:

Изискване към качеството на продукта → планиране на контрола → управление на измервателния процес → получаване на надежден резултат → оценяване на съответствието → документирано доказателство за качество.

За производствените предприятия практическата стойност на подобна интеграция дава възможност да се избегнат организационни несъответствия между продукта и контролната система.

Технологичната документация може да определя допустимо отклонение, без да се прави оценка дали използваните измервателни средства и методи позволяват надеждно установяване на това отклонение. В такава ситуация наличието на формално изпълнена контролна операция не е основание за доверие в решението за съответствие.

Прилагане на двата стандарта позволява тези зависимости да бъдат анализирани още при планирането на производствения и контролен процес. Съществено значение има и възможността метрологичната информация да се използва като инструмент за подобряване на производството. Системното анализиране на измервателните резултати подпомага откриването на технологични отклонения, несъответствия и необходимост от промяна на контролните процедури.

Интеграцията между ISO 9001:2026 и ISO 10012:2026 има доказателствена и превантивна функция. Тя създава предпоставки за преминаване от контрол към управление, предотвратяващо условията за тяхното възникване.

6. Метрологична проследимост, компетентност и оценяване на съответствието

Надеждният контрол на метални изделия зависи от общото действие на взаимосвързани фактори. Сред тях важно място заемат метрологичната проследимост, компетентността и правилното интерпретиране на измервателните резултати.

Метрологичната проследимост осигурява връзка на резултата с подходяща референция. Нейното значение се проявява във възможността получената измервателна стойност да бъде обоснована и съпоставяна при определени условия.

В практиката обаче наличието на калибрирано измервателно средство не се отъждествява с автоматично доказване на съответствието на продукта.

Резултатът от измерването трябва да се оценява спрямо изискванията на конкретната контролна задача. Тук се включва и отчитането на релевантната неопределеност и приложимото правило за решение. В тази връзка ISO 14253-1:2017 има значение при доказването на съответствие или несъответствие на геометрични характеристики, особено когато измерените стойности са близки до границите (ISO 2017, pp. 1)**.**

Основният практически проблем възниква, когато измерената стойност се намира непосредствено до допустимата граница. В подобни случаи заключението за съответствие не се основава само на сравняването на отчетената стойност с посочения допуск. Това обстоятелство извежда необходимостта от предварително определяне на критериите за приемане и начина на тълкуване на резултатите.

Заедно с метрологичната проследимост, съществено значение има компетентността на персонала и на звената, които извършват контролни и изпитвателни дейности. В тази област ISO/IEC 17025:2017 определя международно признати изисквания към компетентността, безпристрастността и последователната работа на изпитвателните и калибриращите лаборатории (ISO/IEC 2017, pp. 1).

Стандартът има допълваща функция по отношение на ISO 9001:2026 и ISO 10012:2026. Той не замества общата система за управление на качеството. Не може да бъде отъждествяван с управлението на всички производствени измервания. Специфичната му приложимост се проявява при дейности, свързани с изпитвания и калибрирания. За тях е необходимо осигуряване и доказване на техническа компетентност.

При производството на метални изделия тази взаимовръзка е важна, когато резултатите изпитвания се използват като основание за приемане на материали или представяне на готова продукция.

Прилагането на стандартите може да бъде разгледано на три функционални равнища:

- **Организационно равнище:** ISO 9001:2026 осигурява общата рамка за управление на качеството.
- **Метрологично равнище:** ISO 10012:2026 осигурява системния подход към управлението на измервателните процеси.

- **Лабораторно равнище:** ISO/IEC 17025:2017 определя изискванията към компетентността на лабораториите в рамките на техните изпитвателни и калибриращи дейности.

Разграничаването на тези функции позволява международните стандарти да бъдат прилагани целенасочено. Те не позволяват дублиране на дейности или неправилно разширяване на техния обхват.

7. Риск-базиран подход при организиране на контрола на метални изделия

Прилагането на риск-базирания подход представлява възможност за усъвършенстване на метрологичното осигуряване. По този начин се извършва съобразяване на контролните дейности със характеристиките и последствията от неправилните измервателни резултати. Основното предимство на този подход е възможността различните измервателни процеси да се управляват с подходяща интензивност в зависимост от критичност им.

В условията на металообработващото производство не всички характеристики са уеднаквени еднозначно относно функционалност, надеждност и безопасност на изделията.

Отклонението при второстепенна геометрична характеристика може да има ограничено влияние върху предназначението на определено изделие. Неправилното определяне на механична характеристика може да постави под съмнение неговата годност при експлоатация.

Това налага ресурсите за метрологично осигуряване да бъдат планирани в съответствие с риска на измервателна дейност.

За целите на настоящото изследване се предлага критичността на измервателните процеси да се оценява въз основа на три основни компонента:

1. Значимост на контролираната характеристика за качеството, функционалността и безопасността на изделието.
2. Вероятност за получаване на недостоверен резултат при конкретните условия на измерване.
3. Последствия от неправилно решение за съответствие.

Тези компоненти могат да бъдат използвани за качествено класифициране на измервателните процеси в три условни групи.

Таблица 2

Категория	**Характеристика**	**Препоръчителен подход**
Ниска критичност	Ограничени последствия при неправилно решение	Основен регламентиран контрол
Средна критичност	Възможно влияние върху качеството и технологичния процес	Засилено наблюдение и периодична оценка
Висока критичност	Съществени последствия за функцията, надеждността или безопасността	Разширен контрол, допълнителна проверка и по-строго управление на резултатите

Предложената качествена класификация на измервателните процеси в таблица 2 има организационно-методически характер. Тя не заменя техническите изисквания или определените критерии за приемане, а подпомага планирането на контролните дейности.

При висококритичните измервателни процеси могат да бъдат предвидени допълнителни мерки. Те осигуряват компетентност, проследимост, междинни проверки на оборудването и независимо потвърждаване на резултатите. По този начин метрологичните ресурси могат да бъдат насочени към дейности, при които възможните последствия от неправилно решение са най-съществени. Възприемането на подобен подход създава условия за по-ефективно съчетаване на изискванията на ISO 9001:2026 и ISO 10012:2026.

8. Интегриран организационно-методически модел за метрологично осигуряване на контрола на метални изделия

Въз основа на извършения сравнителен анализ и установените взаимовръзки между разгледаните стандарти се предлага интегриран организационно-методически модел за метрологично осигуряване на контрола на метални изделия. Той е насочен към преодоляване на организационното разграничение между техническите изисквания,

планирането на контрола, управлението на средствата и вземането на решения за съответствие. Основната концепция се основава на разбирането, че метрологичното осигуряване трябва да бъде организирано като последователен процес. Той започва с изискването към изделието и завършва с документирано и обосновано решение за неговото съответствие. Моделът обединява три взаимосвързани компонента: нормативно-стандартизационен, организационно-управленски и контролно-доказателствен.

Нормативно-стандартизационният компонент обхваща идентифицирането и прилагането на изискванията към продукта.

Организационно-управленският компонент включва планирането, ресурсното осигуряване и управлението на измервателните процеси.

Контролно-доказателственият компонент обединява извършването на измерванията, оценяването на резултатите и документирането на решенията за съответствие.

Етапи на предложения модел

Етап 1. Идентифициране на приложимите изисквания - определят се техническите, нормативните, стандартизационните и договорните изисквания към металното изделие.

Етап 2. Определяне на контролираните характеристики - установяват се характеристиките, които подлежат на измерване или изпитване; определят се и съответните спецификационни граници и критерии за приемане.

Етап 3. Оценяване на критичността - определя се значимостта на контролната дейност и възможните последствия от получаване на неправилен измервателен резултат.

Етап 4. Планиране на контролната дейност - избират се подходящи методи, последователност на операциите, необходимите ресурси и отговорностите за изпълнение.

Етап 5. Осигуряване на измервателно оборудване - проверява се пригодността на използваното оборудване спрямо изискванията на контролна задача.

Етап 6. Осигуряване на метрологична проследимост - установяват се необходимите дейности за калибриране, метрологично потвърждаване и документиране на пригодността на средствата.

Етап 7. Изпълнение на измервателния процес - контролната дейност се извършва при определените условия, чрез съответния метод и от компетентен персонал.

Етап 8. Оценяване на измервателните резултати - анализира се получената информация.

Етап 9. Вземане на решение за съответствие - резултатите се съпоставят с приложимите изисквания чрез предварително определеното правило за решение.

Етап 10. Документиране и подобряване - съхранява се необходимата информация за извършените дейности, анализират се установените несъответствия и се определят възможности за подобряване.

Предложеният модел може да бъде обобщен чрез следната последователност:

Приложимо изискване → контролирана характеристика → оценка на риска → планиране на контрола → измервателен процес → надежден резултат → решение за съответствие → документирано доказателство → анализ и подобряване.

Съществено предимство на посочената последователност е възможността за проследяване на връзката между първоначалното изискване към изделието и крайното решение за неговото приемане. За да бъде приложим в производствена среда, моделът може да бъде реализиран чрез единен регистър или контролна матрица. Тя съдържа информация за характеристиката, изискването, метода, оборудването, отговорното лице, резултата и решението за съответствие.

9. Практическа приложимост и възможности за вътрешнофирмено стандартизационно осигуряване

Практическата приложимост на предложения модел се изразява във възможността международните стандарти да бъдат трансформирани в последователна система от организационни правила и контролни дейности. Те от своя страна ще бъдат съобразени със спецификата на конкретното производствено предприятие. Международните стандарти създават обща рамка за управление. Тяхното прилагане изисква конкретизиране на отговорностите, процедурите, методите и начините за документиране. Тази необходимост определя значението на вътрешнофирменото стандартизационно осигуряване.

При производството на метални изделия вътрешните правила могат да изпълняват свързваща функция между техническата документация, международните стандарти и действителната организация на производствените процеси. На база предложения модел може да бъде разработен вътрешнофирмен стандарт или регламентирана процедура за метрологично осигуряване на контрола на метални изделия. Подобен документ би могъл да включва различни изисквания. Те могат да бъдат насочени към планирането на

контролните дейности, определянето на подходящи методи и оборудване, оценяването на критичността, документирането на резултатите и управлението на установените несъответствия. Необходимо е вътрешнофирменият документ да конкретизира начина, по който тези изисквания се реализират в условията на производство.

По този начин вътрешната процедура може да определя отговорностите и критериите, по които се взема решение за пригодността на оборудването към дадена контролна операция. Общите принципи за управление на риска могат да бъдат конкретизирани чрез вътрешна класификация на измервателните процеси според тяхната критичност.

В този смисъл предложеният модел създава предпоставки за повишаване на управляемостта чрез:

- по-ясна връзка между техническите изисквания и контролните процедури;
- етапно разпределение на отговорностите;
- обоснован избор на измервателни методи и средства;
- намаляване на риска от неправилни решения за съответствие;
- подобряване на проследимостта на контролната информация;
- създаване на условия подобряване на производствените процеси.

Особено значение има възможността моделът да бъде използван при разработване на единни вътрешни правила за предприятия, в които контролът се извършва от различни организационни звена. В такива случаи общата организационно-методическа рамка може да съдейства за уеднаквяване на подхода към изискванията, отговорностите и документирането. Ефективността на модела може впоследствие да бъде оценена чрез показатели като установени метрологични несъответствия, повторни измервания, случаи на използване на непригодно оборудване, рекламации и други. Подобряването на тези показатели не може да бъде предварително прието за доказан резултат от модела. То представлява очаквана възможност, която подлежи на последваща практическа проверка.

Изводи и обобщения

Метрологичното осигуряване представлява съществен компонент на системата за управление на качеството при производството и контрола на метални изделия. Неговото значение произтича от необходимостта решенията за съответствие да бъдат надеждни, проследими и правилно разчетени.

Дейностите, базирани на ISO 10012:2026 и ISO 9001:2026 показват възможностите за интегриране на измервателните процеси в общата организационна система за управление на качеството. ISO 10012:2026 създава рамка за системно управление на измерванията и свързаните с тях рискове. ISO 9001:2026 осигурява общите принципи за планиране, управление, оценяване и подобряване на производствената дейност. Допълваща функция изпълнява ISO/IEC 17025:2017 по отношение на компетентността на изпитвателните и калибриращите лаборатории.

Особеностите на металните изделия налагат диференциран подход към метрологичното осигуряване. Той трябва да бъде съобразен с характеристиките на продукцията, приложимите технически изисквания и значимостта на контролните дейности.

Предложеният интегриран организационно-методически модел обединява тези зависимости в последователна система. Тя започва с идентифицирането на изискванията към изделието и завършва с документирано решение за съответствие и обратна връзка за подобряване.

Основната научно-приложна значимост се изразява във възможността общите изисквания на международните стандарти да бъдат систематизирани и адаптирани към конкретните условия на производствения контрол. По този начин метрологичното осигуряване може да бъде разглеждано като средство за поддържане на измервателното оборудване и като интегриран организационен механизъм за повишаване на доверието в резултатите от контрола.

Разработеният модел предоставя основа за последващо практическо изследване и за създаване на вътрешнофирмени правила и процедури. Тяхната насоченост има за цел единствено да усъвършенства нормативното и стандартизационното осигуряване при производството на метални изделия.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

ISO 9001:2026. Quality management systems — Requirements. 6th ed. Geneva: International Organization for Standardization, 2026. pp. 1-8

Официална страница на ISO 9001:2026

ISO 10012:2026. Quality management — Requirements for measurement management systems. 2nd ed. Geneva: International Organization for Standardization, 2026. pp. 5-6 Официална страница на ISO 10012:2026

International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission. ISO/IEC 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. Geneva: ISO, 2017. pp. 1 https://www.iso.org/standard/66912.html

International Organization for Standardization. ISO 14253-1:2017. Geometrical product specifications (GPS) — Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment — Part 1: Decision rules for verifying conformity or nonconformity with specifications. Geneva: ISO, 2017. pp. 1 https://www.iso.org/standard/70137.html

Joint Committee for Guides in Metrology. JCGM 200:2012. International Vocabulary of Metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM). BIPM, 2012. DOI: 10.59161/JCGM200-2012. pp. 29

ETROLOGICAL ASSURANCE OF METAL PRODUCT CONTROL IN THE CONTEXT OF ISO 10012:2026 AND ISO 9001:2026

Abstract: Quality assurance of metal products is linked to the reliability of measurement processes. These processes are used to establish the conformity of products with specified requirements. Such requirements include technical, regulatory, and contractual requirements. As international standardization develops, metrological assurance assumes significant importance through its technical activities within systematic quality management. This article analyzes the applicability of ISO 10012:2026 and ISO 9001:2026 in the organization and management of metal product control. The functional interrelationships between the two standards are examined. Metrological traceability, personnel competence, and the reliability of measurement results are considered. Risk management in conformity assessment is presented. The complementary function of ISO/IEC 17025:2017 with regard to laboratory testing and calibration is also discussed. Based on comparative and systems analysis, an integrated organizational and methodological model for the metrological assurance of metal product control is proposed. It brings together various results into a single unified sequence. These include product requirements, control planning, management of measurement processes,

and documentation of results. The possibilities for the practical application of the model as a basis for improving in-house standardization assurance are identified.

Keywords: metrological assurance, metal products, ISO 10012:2026, ISO 9001:2026, quality management, standardization, conformity assessment.

eng. Kiril Kirilov
Technical University Sofia,
Bulgaria
e-mail: kirilekirilov@tu-sofia.bg

Assoc. Prof. PhD Boryana Ilieva
Technical University Sofia,
Bulgaria
e-mail: bilieva@tu-sofia.bg

Assoc. Prof. PhD Georgi Stanchev
Technical University Sofia,
Bulgaria
e-mail: gstanchev@tu-sofia.bg

ГЕОМЕТРИЧЕН АНАЛИЗ НА КОРЕКТНОСТТА НА ДАННИ СНЕТИ ОТ МЕСТОПРОИЗШЕСТВИЕ

доц. д-р инж. Васил Пенчев
ас. инж. Поля Велинова
ас. инж. Гергана Делирадева

Технически университет – София

Резюме. В публикацията е представен подход за проверка на коректността на данни, които са снети при извършване на оглед на местопроизшествие. Въз основа на подхода се установява и оценява качеството на извършеното процесуално следствено действие и компетентността на разследващия орган.

Ключови думи: Оглед на местопроизшествие, пътнотранспортно произшествие, коректност, данни

1. Оглед на местопроизшествие и данни снети при извършването му

При извършено престъпление от общ характер е необходимо да се извършат първоначални и неотложни следствени действия (НПК). Тези действия започват с извършването на оглед на местопроизшествие, като в конкретния случай ще разгледаме пример за пътнотранспортно такова.

Извършеният оглед от разследващия орган е документиран, чрез „Протокол за оглед на местопроизшествие“ в , който протокол се съдържа цялата информация относно фактите и обстоятелствата установени към този момент от време, заедно с фиксиране на находки. В пътнотранспортните произшествия основни находки, които следва да се фиксират и документират са положения на участниците в конкретното произшествие – превозните средства установени в състояние на покой след събитието. Коректността на фиксиране на тези положения са с особена важност за последващия инженерно-технически анализ на произшествието, чрез изготвяне на автотехническа експертиза назначена от съответния орган. В (Penchev 2025) са представени различни начини за документиране на находки при извършване на оглед на пътнотранспортно произшествие и тяхното фиксиране. Данните, особено геометричните параметри, снети на мястото на произшествието са важни, за да се определи в последствие взаимното положение на

находките, фиксирани в мястото на настъпване на събитието, както и положението им спрямо началната точка която е избрана за тяхното документиране, т, нар. „Ориентир“

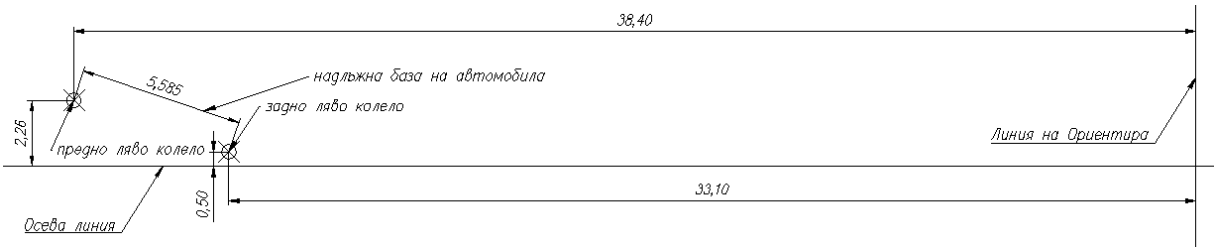
2. Проблемът и начин за решаването му

В протокол за оглед на местопроизшествие в което участници са четириколесно и двуколесно превозно средство е въведена подробна информация, която е необходима за последващия анализ на събитието.

„Автомобилът Форд ……. център на задна лява гума се намери на 33,10 м след „Ориентира“ и 50 см в дясно от осевата линия. Център на предна лява гума се намери на 38,4 м след „Ориентира“ и на 2,26 м в дясно от осевата линия….“

Това е извадка от протокола за оглед в която е фиксирано положението на четириколесното превозно средство участник в конкретното събитие.

Използвайки геометрията е създадена мащабна скица (www.autodesk.com) в която са нанесени съответните размери, снети от мястото на настъпване на събитието.



фиг. 1 – Геометрична визуализация на описаните по-горе данни

По аналитичен път при решаване на задача за правоъгълен триъгълник прилагайки Питагорова теорема и заместване с конкретните стойности се получава:

$$L^2 = \sqrt{(38{,}40 - 33{,}10)^2 + (2{,}26 - 0{,}50)^2} \;=$$

$$=\sqrt{5{,}3^2 + 1{,}76^2} = \sqrt{28{,}09 + 3{,}0976} = 5{,}5845 \text{ м} \quad \textbf{(1)}$$

По геометричен и аналитичен начин е получена дължината на надлъжната база на автомобила. По каталожни данни автомобил, същата марка, модел и модификация има дължина на надлъжната му база 3,32 м, което показва съществена разлика (5,58-3,32=2,26 м) между установената в момента на извършване на огледа стойност и тази, която е в действителност.

Изводи и обобщения

Показаният пример не е изолиран случай при извършване на оглед на местопроизшествие и в частност документиране на положенията на обектите чрез геометрични параметри. В тези случаи работата на автоексперта, който е назначен за изготвяне на техническия анализ на произшествието, се усложнява, поради основната причина, че положението на обекта не е коректно и би довело до некоректни крайни изводи. В такива случай е необходимо да се използват други методи и средства за определяне на точното положение на обектите.

ЛИТЕРАТУРА

Наказателно процесуален кодекс (НПК)

ПЕНЧЕВ В., ЯНЧЕВА-ПОПОВА М., КОЛЕВА Д., Технически особености на неотложните и първоначални следствени действия при разследване на пътнотранспортни произшествия Година XXVII, 2025/5-6, стр. 281 – 289, ISSN: 1314–555X (Print), 1314–8567 (Online)

www.autodesk.com /посетена на 21.09.2026 г/

REFERENCES

Code of Criminal Procedure

PENCHEV V., YANCHEVA-POPOVA M., KOLEVA D., Technical aspects of urgent and initial investigative measures in the investigation of road traffic accidents Year XXVII, 2025/5-6, pp. 281 – 289, ISSN: 1314–555X (Print), 1314–8567 (Online)

www.autodesk.com /accessed on 21.09.2026 y/

GEOMETRIC ANALYSIS OF THE ACCURACY OF DATA COLLECTED FROM THE SCENE OF AN INCIDENT

Abstract. This paper presents an approach for verifying the accuracy of data collected during an on-site inspection of the scene of an incident. Based on this approach, the quality of the investigative procedure carried out and the competence of the investigating authority are established and assessed.

Keywords: Inspection of the scene of an incident, road traffic accident, accuracy, data

Dr. Eng. Vasil Penchev, Assoc. Prof.

Eng. Polja Velinova Assist. Prof.

Eng. Gergana Deliradeva Assist. Prof.

Technical University of Sofia,

Bulgaria

E-mail: vasil_penchev@tu-sofia.bg

МОДЕЛИРАНЕ НА БУЛДОЗЕРНО ГРЕБЛО В ЗАВИСИМОСТ ОТ ФУНКЦИОНАЛНИ И ПРОИЗВОДСТВЕНИ ИЗИСКВАНИЯ

гл. асистент д-р Николай Рачев

Технически Университет - София

кат. „Основни и технически средства за конструиране“

Резюме. Профилът и формата на булдозерното гребло са от съществено значение за правилната работа на машината. Съществуват различни приложения на греблата, което обуславя техните работните натоварвания и производителност и поставя специфични изисквания към геометричните, кинематичните и силовите им характеристики. Геометричните параметри на греблото играят важна роля за оптималното му използване в различни производствени и почвени условия. В работата е предложен геометричен анализ на булдозерно гребло с цел предотвратяването на евентуални усложнения на функционалността и работните натоварвания на машината.

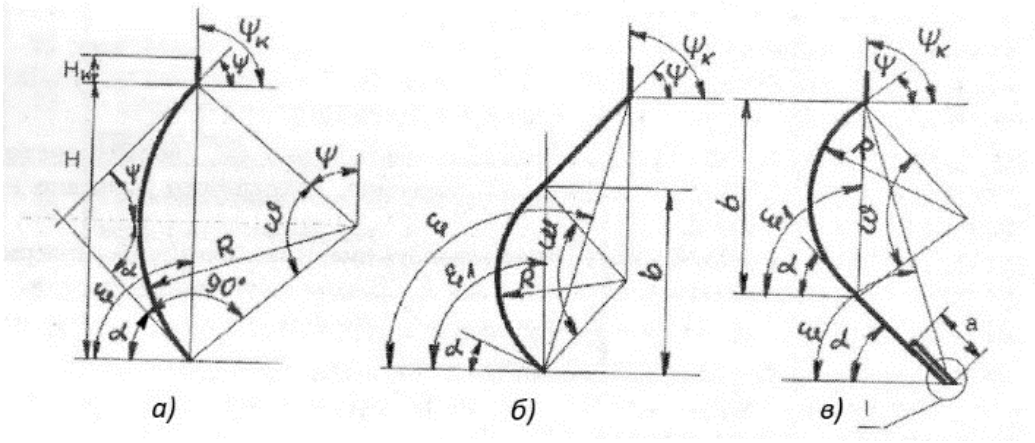
Ключови думи: булдозерно гребло, профил, геометрични параметри

1. Увод

Известни са различни видове профили на булдозерни гребла, разработени за изпълнение на конкретни строителни, земекопни и послойни работи при различни видове почви (Xia, 2008), (Jere, 2026), (You, 2022). Разработеният (Kim, 2019 vol. 23(7)) тримерен модел позволява да се предвиди посоката на движение на материала при разстилане, начина на врязване на режещия ръб на греблото, при преместване на обем почва и др. Различни геометрични форми (Abdeldayem, 2024), (Hirayama, 2019) са прилагани за симулиране на процеса на рязане и преместване на почвата. Ъглите на рязане и сместване на почвата по височина са от съществено значение за ефективната му работа (Kim, 2019 vol. 106).

Най-често използваните профили и геометрия на булдозерните гребла са представени на фиг. 1 (Панов, 2009). Профил *а*) е за завъртащи се гребла, профил *б*) - за

преместване на голям обем почва, профил *в*) е предвиден за работа на булдозера чрез по-малко триене по време на влачене на почвата по земната повърхност. Стойностите на ъглите, които се прилагат за изчертаването на профила, са описани в табл. 1. Дължината на греблото (Данчев, 1990) се избира в диапазона от 3 до 4-ри пъти височината му, като в настоящата работа не се разглежда по-подробно този параметър на греблото. Също така към профила се добавя т. нар. козирка, чрез която се постига по-голям обем влачена пред булдозера почва. Допуска се допълнително изменение на някои от геометричните параметри на профила на греблото, но това вече се извършва в зависимост от спецификата на приложението на машината и допълнителните прикачни устройства, които могат да бъдат използвани по време на работата ѝ (Abdeldayem, 2025).



Фиг.1 - Форма на греблото.

Необходимостта от разработване на различни профили на греблото се налага заради технологичното изменение и развитие на този тип машини. За пример, през последните 2 - 3 десетилетия, кинематичното задвижване на греблото зависи

Символи и означения	
α	ъгъл на рязане на почвата
ε	ъгъл на наклон на профила
ψ	ъгъл на наклон на върха
$\psi_к$	ъгъл на наклон на козирката
H	височина на греблото
R	радиус на кривина на профила
H_k	височина на козирката
ω	централен ъгъл
b	височина на дъгата

допълнително от верижното задвижване на машината[1]. На фиг. 1 не е показан режещия нож на греблото.

2. Основни зависимости за изчертаване на булдозерното гребло

Радиусът на дъгата на профила се определя чрез:

$$R = (0{,}8 \div 0{,}9)\, H\,. \qquad (1)$$

Височината на гребло се избира в зависимост от номиналната теглителна сила на булдозера, а централния ъгъл се определя чрез:

$$\omega = 2\, arcsin \frac{b}{2\, R}, \qquad (2)$$

където височината на дъгата b се избира така че дъгата да бъде образувана спрямо вертикалната ос, както е показано на фиг. 1.

3. Цел

Целта на настоящата работа е да се предложи един геометричен подход за рационализиране на профила на булдозерното гребло, за постигане на по-голяма ефективност при конкретното му приложение.

4. Разработване на модел на булдозерно гребло

Обикновено влачената пред греблото почва се представя като призма, чрез която се определя нейния обем[2]. Нейните геометрични размери, зависят от профила и размерите на греблото.

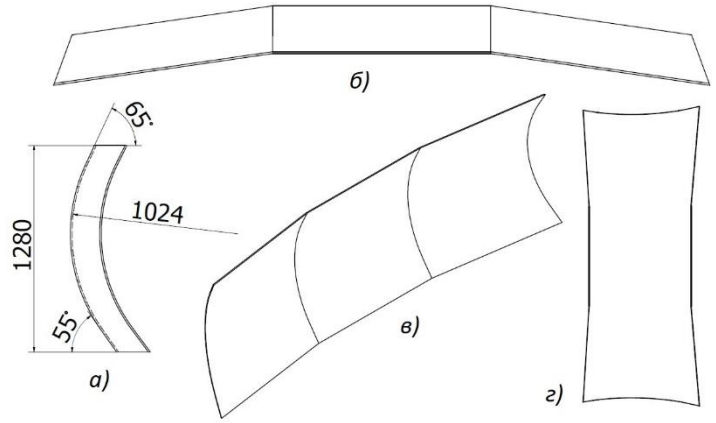
Таблица 1 - Стойности на геометричния профил на греблото

$\alpha=55^0$
$\varepsilon=75^0$
$\psi=65^0$
$\psi_к=90^0$

Разработен е геометричен модел на полууниверсално булдозерно гребло[1], което е с обща височина 1747 mm. Моделът е разработен на базата на гребло на булдозер тип CAT D8[1], но с известни изменения съобразени с теоретичните изисквания за оформяне на греблото, според условията на работа на машината. Конкретно, профилът на модела на греблото е с височина 1280 mm, без режещия нож и козирката. Радиусът на дъгата на профила е избран 1024 mm. Ширината на греблото е 4042 mm.

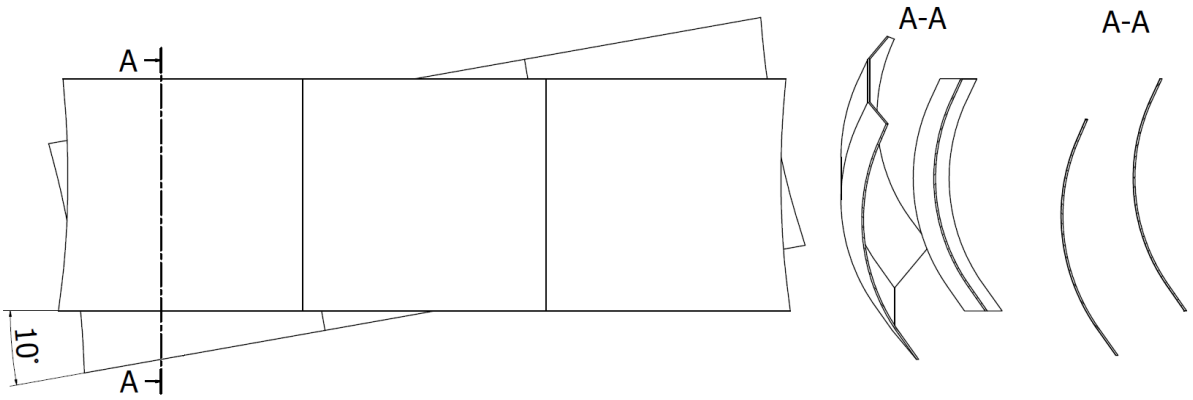
На фиг. 2 е представен модела на профила на греблото[3] с посочените размери, като изглед *а*) показва профила на греблото - страничен изглед, *б*) - поглед отгоре, *в*) - общ вид, *г*) - разгъвка.

Чрез изменение на стойностите на някои от параметрите, лесно може да се постигне профил на греблото, който до известна степен да замести първите два или първият и последният тип профили, показани на фиг. 1.



Фиг.2. Модел на греблото.

Поради изложените по-горе особености на работа на булдозерите, голям интерес би предизвикал и завъртането на греблото около оста на движение на булдозера. На фиг. 3 е представен разрез и сечение на завъртане на греблото в надлъжна посока. Тя показва евентуалното изменението на движение на почвата по профила на греблото, по време на работа на машината, при различни позиции на завъртане му.



Фиг.3. Разрез и сечение на греблото при завъртане в надлъжна посока.

При останалите видове профили на булдозерното гребло (фиг. 1 *б* и *в*) е възможно да се постигне минимално изменение на профила при завъртането му. Така ще се

постигне максимална ефективност на работа на машината, според възможностите ѝ предвидени на етап проектиране. Също така, това изменение на профила влияе и на натоварващите усилия, породени в работното съоръжение на машината. Предварителният геометричен анализ спомага за предотвратяване на непредвидени натоварвания, изменения в правилната работа и непредвидена функционалност на машината.

Изводи и обобщения

1. Развитието на съвременните булдозери изисква изменението на профила на греблото му, така че да отговори едновременно на по-голям брой технологични изисквания, които определят ефективността на работа на машината.
2. Създаденият геометричен модел позволява да се направи предварителен геометричен анализ на греблото с цел повишаването на неговата ефективност, при конкретни приложения.
3. Разгъвката на основната част на греблото предопределя начина на производството му.
4. Установено е, че минималното изменение на профила на греблото, при завъртането му в надлъжна посока, благоприятства движение на почвата по повърхнината му.

Благодарности

Авторът благодари на ръководителя и колегите с които е работил, за постигането на научните цели и възможности за бъдещо развитие.

БЕЛЕЖКИ

1. Caterpillar.com https://www.cat.com/en_GB.html [Viewed 2026-6-15]
2. ISO 9246:1988 https://www.iso.org/standard/16896.html [Viewed 2026-5-12]
3. Autodesk Inventor Professional, 2023, Mill Valley. https://www.autodesk.com/eu [Viewed 2025-7-06]

ЛИТЕРАТУРА

ДАНЧЕВ, Д., ХРИСТОВ, Д., 1990. Основи на пътни и строителни машини. София: Техника. Изд. № 16149.

ПАНОВ, В., 2009. Проектиране на булдозерите. София: Пропелер. ISBN 978-954-392-032-7.

XIA, K., 2008. A framework for earthmoving blade/soil model development. Journal of Terramechanics, vol. 45, pp. 147-165. ISSN 0022-4898.

JERE, A., LESO, T., PRASAD, R., OLAKANMI, E., SETSWALO, K., BOTES, A., NDEDA, R., MARUPING, B.., EMATANG, N., 2026. Analysis of wear and failure mechanisms of dozer blade liners (DBLs) in a kimberlite tailings environment at a diamond mine in Botswana. Engineering Failure Analysis, vol. 183, no. 110221. ISSN 1873-1961.

YOU, K., DING, L., DOU, Q., JIANG, Y., WU, Z., ZHOU, C., 2022. An imitation from observation approach for dozing distance learning in autonomous bulldozer operation. Advanced Engineering Informatics. vol. 54, no. 101735. ISSN 1873-5320.

KIM, R., PARK, Y., LEE, D., 2019. Dozer Productivity Correction Method for Eco-Dozing Assessment. KSCE Journal of Civil Engineering. vol. 23(7), pp. 2829-2838. ISSN 1976-3808.

HIRAYAMA, M., GUIVANT, J., KATUPITIYA, J., WHITTY, M., 2019. Path planning for autonomous bulldozers. Journal of Mechatronics. vol. 58, pp. 20-38. ISSN 0957-4158.

ABDELDAYEM, M., TEKESTE, M., 2024. Scaling law modeling artificial soil-to-bulldozer blade interaction. Journal of Terramechanics. vol. 116, no. 101001. ISSN 0022-4898.

ABDELDAYEM, M., TEKESTE, M., 2025. Multiresponse optimization of DEM Elasto-plastic model for soil-to-bulldozer blade interaction. Journal of Powder Technology. vol. 460, no. 121056. ISSN 0032-5910.

KIM, S., LEE, Y., SUN, D., LEE, S., YU, B., JANG, S., KIM, W., HAN, C., 2019. Development of bulldozer sensor system for estimating the position of blade cutting edge. Automation in Construction. vol. 106, no. 102890. ISSN 1872-7891.

Acknowledgments & Funding

The author thanks his scientific supervisor and his colleagues that he has worked with, for the scientific results achieved and opportunities for future development.

This article was prepared in TU-Sofia computer laboratory.

REFERENCES

DANCHEV, D., HRISTOV, D., 1990. Osnovi na putni i stroitelni machini. Sofia: Technics. [in Bulgarian]. Publ. № 16149.

PANOV, V., 2009. Proektirane na buldozerite, Sofia: Propeller. [in Bulgarian]. ISBN 978-954-392-032-7.

XIA, K., 2008. A framework for earthmoving blade/soil model development. Journal of Terramechanics, vol. 45, pp. 147-165. ISSN 0022-4898.

JERE, A., LESO, T., PRASAD, R., OLAKANMI, E., SETSWALO, K., BOTES, A., NDEDA, R., MARUPING, B., EMATANG, N., 2026. Analysis of wear and failure mechanisms of dozer blade liners (DBLs) in a kimberlite tailings environment at a diamond mine in Botswana. Engineering Failure Analysis, vol. 183, no. 110221. ISSN 1873-1961.

YOU, K., DING, L., DOU, Q., JIANG, Y., WU, Z., ZHOU, C., 2022. An imitation from observation approach for dozing distance learning in autonomous bulldozer operation. Advanced Engineering Informatics. vol. 54, no. 101735. ISSN 1873-5320.

KIM, R., PARK, Y., LEE, D., 2019. Dozer Productivity Correction Method for Eco-Dozing Assessment. KSCE Journal of Civil Engineering. vol. 23(7), pp. 2829-2838. ISSN 1976-3808.

HIRAYAMA, M., GUIVANT, J., KATUPITIYA, J., WHITTY, M., 2019. Path planning for autonomous bulldozers. Journal of Mechatronics. vol. 58, pp. 20-38. ISSN 0957-4158.

ABDELDAYEM, M., TEKESTE, M., 2024. Scaling law modeling artificial soil-to-bulldozer blade interaction. Journal of Terramechanics. vol. 116, no. 101001. ISSN 0022-4898.

ABDELDAYEM, M., TEKESTE, M., 2025. Multiresponse optimization of DEM Elasto-plastic model for soil-to-bulldozer blade interaction. Journal of Powder Technology. vol. 460, no. 121056. ISSN 0032-5910.

KIM, S., LEE, Y., SUN, D., LEE, S., YU, B., JANG, S., KIM, W., HAN, C., 2019. Development of bulldozer sensor system for estimating the position of blade cutting edge. Automation in Construction. vol. 106, no. 102890. ISSN 1872-7891.

BULLDOZER BLADE DESIGN FOR OPTIMAL FUNCTIONAL AND PRODUCTITY PURPOSES

Abstract. Bulldozer blade profile and shape is of a great importance for proper usage of the machine. There are different applications for these blades, preliminary defined by their machine work, loading capabilities, geometric, kinematic and loading parameter characteristics. Geometric design parameters are most important for optimal operation in different working conditions and soil states. Drafting analysis is applied that for preventing the machine from overloading and abnormal functionality of the machine.

Keywords: dozer blade, profile, geometric parameters

Dr. Nikolay Rachev, Assist. Prof.
Technical University of Sofia
Bulgaria
E-mail: nikolayrachev@tu-sofia.bg

МЕТРИЧНИ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ИЗОБРАЗЯВАНЕ НА ОСЕСИМЕТРИЧНИ ПОВЪРХНИНИ ВЪРХУ РАВНИНА

Виктор Бончев - БАН

Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика

Резюме. Изследват се радиални изображения на регулярни осесиметрични пояси върху плоски пръстени. При фиксиран вътрешен радиус, свободен външен радиус и двустранно ограничен площен множител се минимизира максималното абсолютно логаритмично разтягане. Задачата се свежда до скаларно диференциално уравнение и единствен корен. Получава се каноничен минимизатор от клас C1,1; единственост се установява при контакт на горното метрично ограничение в края на пояса. Аналитичното цилиндрично решение и числени примери за сфера, елипсоиди и профил със стеснение проверяват алгоритъма. Резултатите показват защо запазването на площите не гарантира малки линейни деформации и защо проверката само по границата може да бъде недостатъчна

осесиметрична повърхнина; метрична деформация; равноплощност; минимаксна задача; индикатриса на Тисо.

1. Въведение и цел

Плоските представяния на повърхнини се използват в инженерната графика, картографията и визуализацията на геометрични модели. Изборът на координати сам по себе си не деформира повърхнината; изображението към равнина сравнява две различни метрики. Равноплощната карта запазва произведението на главните разтягания, а конформната — отношението им. Нито едно от тези свойства поотделно не гарантира запазване на дължините.

Целта е конструктивен контрол на най-голямата локална деформация при зададен площен допуск. Оптимизацията се извършва в изрично ограничен клас радиални карти, които запазват азимута. Не се предполага, че минимумът сред всички двумерни изображения непременно е осесиметричен.

2. Геометрична постановка и метрични множители

Нека $s \in [0, L]$ е дължина по проста регулярна профилна крива $(r(s), z(s))$, където $r, z \in C3$, $r > 0$ и $r'2 + z'2 = 1$. Повърхнината и нейната първа фундаментална форма са

$$X(s,\theta) = (r\cos\theta, r\sin\theta, z), \quad g = \mathrm{d}s^2 + r^2\mathrm{d}\theta^2, \quad (1)$$

където θ е периодичен с период 2π. От $|Xs| = 1$, $|X\theta| = r$ и $\langle Xs, X\theta \rangle = 0$ следват ортогоналността на координатните направления и елементът лице $\mathrm{d}A = r\,\mathrm{d}s\,\mathrm{d}\theta$.

Гаусовата кривина е $K = -r''/r$.

При $r_0 = r(0)$ разглеждаме картата

$$F_\rho(s,\theta) = (\rho(s)\cos\theta, \rho(s)\sin\theta), \quad \rho(0) = r_0, \quad \rho' > 0. \quad (2)$$

Външният радиус $\rho(L)$ е свободен. Сравняването на g с индуцираната метрика

$\rho'^2\,\mathrm{d}s^2 + \rho^2\,\mathrm{d}\theta^2$ дава главните линейни множители и площния множител:

$$\lambda_s = \rho', \quad \lambda_\theta = \frac{\rho}{r}, \quad J_A = \lambda_s\lambda_\theta = \frac{\rho\rho'}{r}. \quad (3)$$

Това е стандартният метричен подход към параметризациите (Floater и Hormann, 2005). Образът на единичната окръжност в ортонормираната допирателна равнина е елипса с полуоси $\lambda s, \lambda\theta$ — индикатриса на Тисо. При еднаква начална нормировка конформната и равноплощната карта са съответно

$$\rho_C = r_0\exp\left(\int_0^s \frac{\mathrm{d}v}{r(v)}\right), \quad \rho_A = \sqrt{r_0^2 + 2\int_0^s r\,(v)\,\mathrm{d}v}. \quad (4)$$

Изометрия в класа (2) изисква едновременно $\rho' = 1$ и $\rho = r$, следователно $r' = 1$ и $z' = 0$. Това ограничение е по-силно от $K = 0$: цилиндърът е развиваем след разрез, но неговата правоъгълна разгъвка не принадлежи на разглеждания пръстеновиден клас.

Картографският контекст е класически (Snyder, 1987). Екстремални изображения между пръстени при средна деформация са изследвани от Astala и др. (2010) и Kalaj (2010). Тук се използват различни функционал, площно ограничение и свободна външна граница; не се заявява библиографски приоритет на редукцията.

3. Минимаксна задача и точен критерий за допустимост

За площен допуск $\delta \ge 0$ полагаме $c = e^{-\delta}$. Допустими са липшицови функции $\rho \in W^{1,\infty}(0, L)$ с $\rho(0) = r_0$, $\rho > 0$ и $c \le JA \le c^{-1}$ почти навсякъде. Използва се непрекъснатият им представител. Минимизира се

$$D[\rho] = \operatorname*{ess\,sup}_{s\in(0,L)} \max\left\{|\log\rho'|, \left|\log\frac{\rho}{r}\right|\right\}, \quad D_* = \inf D[\rho]. \quad (5)$$

Логаритмите са на безразмерни множители и третират реципрочните разтягане и свиване симетрично. За $T \ge 1$ условието $D[\rho] \le \log T$ означава $T^{-1} \le \lambda s,\ \lambda\theta \le T$.

Теорема 1. Нека $u_{T,c}$ решава началната задача

$$u' = f_{T,c}(s,u) := \max\left\{T^{-1}, \frac{cr(s)}{u}\right\}, \quad u(0) = r_0. \quad (6)$$

Съществува допустима карта с $D[\rho] \le \log T$ точно когато

$$u_{T,c}(s) \le Tr(s) \quad \text{за всяко } s \in [0, L]. \quad (7)$$

При това самото $u_{T,c}$ е допустимо и $c \le JA[u_{T,c}] \le 1$. *Доказателство.* За $u \ge r_0$ дясната страна е липшицова по u и ограничена. От $u' \ge T^{-1}$ следва глобално съществуване. Сравнението с горното решение $r_0 + s$, за което $r \le r_0 + s$, дава

$$r_0 + \frac{s}{T} \le u_{T,c}(s) \le r_0 + s, \quad u_{T,c} \ge \frac{r}{T}. \quad (8)$$

Всяка допустима ρ с $D[\rho] \le \log T$ удовлетворява $\rho' \ge f_{T,c}(s, \rho)$ и $\rho \le Tr$. Скаларното сравнение дава $u_{T,c} \le \rho$, което доказва необходимостта. Обратно, от (7) и (8) следва $T^{-1} \le u/r \le T$ и $T^{-1} \le u' \le \max(T^{-1}, cT) \le T$. По площния клон $u' = cr/u$ е $JA = c$; по линейния клон $u' = T^{-1}$ е $JA = u/(Tr) \le 1$. Долната площна граница важи и в двата случая. Следователно u е допустимо. □

4. Оптимално решение и аналитичен контрол

Равноплощната карта е допустима за всеки δ. Понеже $(\rho^2 A - r^2)' = 2r(1 - r') \ge 0$, имаме $\rho A \ge r$. Нека $TA = \max_{[0,L]} \rho A/r$. Определяме

$$h_c(T) = \max_{s\in[0,L]} \frac{u_{T,c}(s)}{r(s)} - T. \quad (9)$$

Теорема 2. Функцията *hc* има единствен корен $T^* \in [1,\ TA]$. Каноничният минимизатор е $\rho^* = uT^*,c$, като $D^* = \log T^*$, $\rho^* \in C1,1$ и $c \le JA[\rho^*] \le 1$. *Доказателство.* Ако $T2 > T1$, сравнението в (6) дава $uT2,c \le uT1,c$, следователно

$$h_c(T_2) \le h_c(T_1) - (T_2 - T_1). \quad (10)$$

Непрекъснатата зависимост на началната задача от *T* осигурява непрекъснатост на *hc*. Освен това $hc(1) \ge 0$, а допустимостта на ρA дава $hc(TA) \le 0$. Теорема 1 установява оптималността на корена. Всеки друг минимизатор е поне ρ^* по точков ред. Накрая cr/ρ^* е липшицова, затова и $\rho'^* = \max(T^* - 1,\ cr/\rho^*)$ е липшицова.

При краен контакт $\rho^*(L) = T^* r(L)$ минимизаторът е единствен: за друг минимизатор $w = \rho - \rho^* \ge 0$, $w(L) = 0$ и $w' \ge -Mw$, където $M = c \max r/r_0^2$. Следователно $(eMsw)' \ge 0$ и $w = 0$. Достатъчно условие за краен контакт е $r(L) = \min r$, защото uT,c нараства.

Без площно ограничение долната граница се достига от ρfree = r0 + s/Tfree, където

$$T_{\text{free}} = \max_{[0,L]} \frac{r_0 + \sqrt{r_0^2 + 4r(s)s}}{2r(s)}, \quad \log T_{\text{free}} \le D_* \le \log T_A. \quad (11)$$

За цилиндър $r = R$, $x = L/R$, $T_{\text{free}} = (1 + \sqrt{1 + 4x})/2$ и

$$T_*(\delta) = \begin{cases} \sqrt{(1 + 2cx)/\big(c(2 - c)\big)}, & 0 \le \delta \le \log T_{\text{free}}, \\ T_{\text{free}}, & \delta \ge \log T_{\text{free}}. \end{cases} \quad (12)$$

Формулата следва чрез интегриране на двата клона на (6) и крайното условие $u(L) = TR$; тя служи за независим числен контрол.

5. Числена реализация и резултати

Изследвани са елипсоидни пояси $r(t) = a \sin t$, $z(t) = b \cos t$, $t \in [\pi/6,\ 5\pi/6]$, при $a = 1$ и $b/a \in \{0.7,\ 1,\ 1.4\}$. Тук $\mathrm{d}s = q(t)\,\mathrm{d}t$, $q = \sqrt{a2 \cos2\ t + b2 \sin2\ t}$, така че (6) се интегрира като $\mathrm{d}u/\mathrm{d}t = qfT,c(t,\ u)$. Понеже $r(L) = \min r = r0$, коренът се намира от $u(L) = Tr0$

Използвани са Python и SciPy (Virtanen и др., 2020), метод DOP853, относителен толеранс $10-11$, абсолютен толеранс $10-13$ и максимална стъпка $(t1 - t0)/128$. Бисекцията по *T* има абсолютен толеранс $2 \cdot 10-11$. За общ профил максимумът се сканира по 257 възела и се уточнява локално. Тази процедура е числена проверка, а не удостоверена глобална оптимизация за произволен профил.

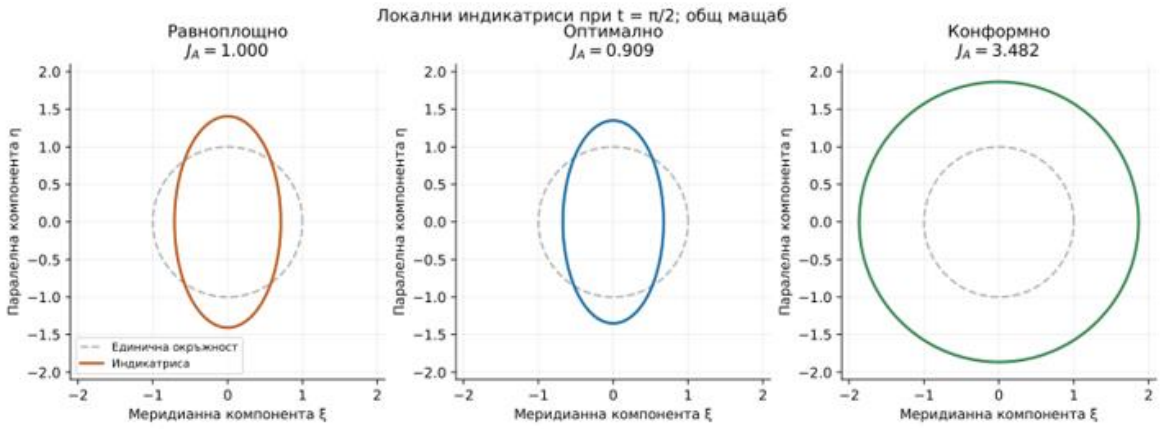
При $f = 1.10$ допустимият площен множител е между $1/1.10 \approx 0.90909$ и 1.10. Намалението на критерия е около 3–3.5%, но линейната деформация остава значителна: площният контрол ограничава произведението, а не всеки мащаб поотделно.

Таблица 1: Основни резултати при $f = e^{\delta}$. Намалението е спрямо $D^*(0)$; A^*/A е отношението на общите площи.

b/a	f	T^*	D^*	A^*/A	Намаление, %
0.7	1.00	3.441500	1.235907	1.000000	0.000
0.7	1.10	3.296513	1.192865	0.909910	3.483
1.0	1.00	3.854401	1.349216	1.000000	0.000
1.0	1.10	3.688689	1.305271	0.909791	3.257
1.4	1.00	4.374390	1.475767	1.000000	0.000
1.4	1.10	4.183015	1.431032	0.909697	3.031

В пълната числена серия са преминали 32 автоматични проверки. При 15 цилиндрични случая максималната абсолютна разлика в T^* спрямо (12) е $4.22 \cdot 10{-}11$. Независимо диференциране на декартовите компоненти дава разлики $1.27 \cdot 10{-}10$ за сингулярните числа и $2.05 \cdot 10{-}10$ за площния множител. Това са наблюдавани грешки в изпълнените тестове, а не строги оценки за всички входни геометрии.

6. Геометрична интерпретация и приложимост



Фигура 1: Индикатриси на Тисо за сферичния пояс при $t = \pi/2$ и общ мащаб. За оптималната карта $e^{\delta} = 1.10$; пунктирът е единичната окръжност.

Равноплощната индикатриса има лице π, но различни полуоси; конформната е окръжност, чийто радиус не е единица. Следователно визуално правилната форма не означава правилен мащаб. Меридианите и паралелите остават ортогонални при всички карти (2), поради което правоъгълността на координатната мрежа също не доказва конформност.

Необходимостта от проверка по целия меридиан се вижда при

$$r(s) = 1 - 0.4\exp\left[-\left(\frac{s - 0.9}{0.35}\right)^2\right], \quad 0 \le s \le 1.5. \quad (13)$$

Тук $r \ge 0.6$ и $|r'| < 1$, затова $z(s) = \int_0^s \sqrt{1 - r'(v)^2}\,\mathrm{d}v$ определя регулярен профил. При $e^{\delta} = 1.10$ правилният резултат е $T_* = 2.598435$, с контакт при $s \approx 0.922775$. Проверка само в края дава $T = 1.934211$, но реалният максимум на λ_θ за тази карта е 2.651338 — около 37.08% над заявената граница. Причината е неправилно ограничаване на областта на проверката.

За инженерната графика следва практически ред: задаване на профила и началната нормировка; избор на площен допуск; намиране на T_*; проверка на локалните мащаби и визуализация при общ мащаб на осите. Критерият оценява геометрична точност. Той не предсказва механична якост или технологична пригодност без допълнителен физически модел.

7. Изводи

Главните множители ρ' и ρ/r дават пряк и еднозначен контрол на линейните и площните деформации. Равноплощност, конформност и изометричност са различни изисквания и не трябва да се заключават само от вида на плоската мрежа.

При фиксиран вътрешен радиус и свободен външен радиус минимаксната задача се свежда до начална задача и единствен скаларен корен. Каноничният минимизатор е $C1{,}1$ и не разширява локално площите. При краен контакт е доказана и единственост на картата; тя не следва само от единствеността на оптималната стойност.

Числените резултати подкрепят аналитичната конструкция и показват умерено подобрение при малък площен допуск. Примерът със стеснение установява значението на глобалната проверка. Изводите се отнасят до регулярни пояси без полюси и до

избрания радиален клас; данните са синтетични, а претенция за общ двумерен оптимум не се прави.

Литература / References

- ASTALA, K., IWANIEC, T., MARTIN, G., 2010. Deformations of Annuli with Smallest Mean Distortion. *Archive for Rational Mechanics and Analysis*, 195, 899–921. DOI: 10.1007/s00205-009-0231-z.
- FLOATER, M. S., HORMANN, K., 2005. Surface Parameterization: a Tutorial and Survey. In: *Advances in Multiresolution for Geometric Modelling*. Springer, 157–186. DOI: 10.1007/3-540- 26808-1_9.
- KALAJ, D., 2010. *Deformations of Annuli on Riemann surfaces with Smallest Mean Distortion*. arXiv:1005.5269, version 3. DOI: 10.48550/arXiv.1005.5269.
- SNYDER, J. P., 1987. *Map Projections: A Working Manual*. U.S. Geological Survey, Professional

  Paper 1395. DOI: 10.3133/pp1395.

- VIRTANEN, P., GOMMERS, R., OLIPHANT, T. E., et al., 2020. SciPy 1.0: Fundamental Algo-

  rithms for Scientific Computing in Python. *Nature Methods*, 17, 261–272. DOI: 10.1038/s41592-

  019-0686-2.

METRIC DISTORTION IN PLANAR MAPPINGS OF AXISYMMETRIC SURFACES

Abstract. Radial mappings of regular axisymmetric belts onto planar annuli are studied. With a fixed inner radius, a free outer radius and a two-sided local area constraint, the maximum absolute logarithmic stretch is minimized. The problem reduces to a scalar initial-value problem and a unique root. A canonical $C^{1,1}$ minimizer is obtained; uniqueness holds when the upper metric bound is attained at the outer boundary. An exact cylindrical solution and numerical examples involving a sphere, ellipsoids and a necked profile validate the algorithm. The results show why area preservation does not guarantee small linear distortion and why boundary-only checks may be insufficient.

Keywords: surface of revolution; metric distortion; area preservation; minimax problem; Tissot indicatrix.

Viktor Bonchev
BAS, INRNE
Bulgaria
E-mail: vabonchev@gmail.com

ОТНОСНО ФУНКЦИОНАЛНОСТТА НА СВОБОДНИЯ CAD СОФТУЕР

доц. д-р Петър Горанов

Техническия университет – София

Резюме. Разглежда се функционалността на свободна CAD система от трите вида – електрическа (EDA), чертожна и механична (MDA) и се сравнява с тази на широко разпространена комерсиална CAD.

Ключови думи: CAD, свободен софтуер, автоматизация на документирането, автоматизация на проектирането

1. Увод

Разглежда се функционалността на свободна CAD система от трите вида – електрическа (EDA), чертожна и механична (MDA) и се сравнява с тази на широко разпространена комерсиална CAD.

2. Основни видове софтуерни лицензи

Софтуерният лиценз е споразумение между създателя на компютърната програма и потребителя. Той определя какво може и какво не може да се прави със софтуера (Wood 2026). Съществуват много различни софтуерни лицензи (Jin, 2024), които тук условно се разделят на три групи:

- комерсиален софтуер;

Комерсиалният лиценз налага най-много ограничения върху потребителя и най-пълно защитава правата на разработчика. Най-често копирането, модифицирането, разпространението и обратното инженерство са забранени. Потребителят трябва да се съгласи с клаузите, описани в т.н. EULA (End-User License Agreement).

Обикновено потребителят не става собственик на софтуера, а само получава права за неговото ползване съгласно EULA.

- безплатен (комерсиален) софтуер;

Правилата за ползване на безплатния софтуер са същите, както при комерсиалния софтуер, но потребителят може да го ползва безплатно, обикновено при определени условия.

- свободен софтуер.

Свободният софтуер е свободен за ползване, модифициране и разработване на производни компютърни програми. Изходният код на програмата трябва да се предоставя на потребителя.

Съществуват различни лицензии за свободен софтуер, които основно са свързани с възможността за последваща комерсиализация. Като представители, които определят двете граници, може да се посочат [Десподов 2020]:

- GPL – „ограничителен“ лиценз, който задължава всички модифицирани и производни версии да са под същия лиценз;

- MIT – „разрешителен“ лиценз – не се налага задължението изходният код на програмата да се разпространява, което създава условия за последваща комерсиализация.

Обикновено свободният софтуер е безплатен, но това не е задължително – „свободен“ означава свобода при неговото използване.

3. KiCad – свободен EDA софтуер

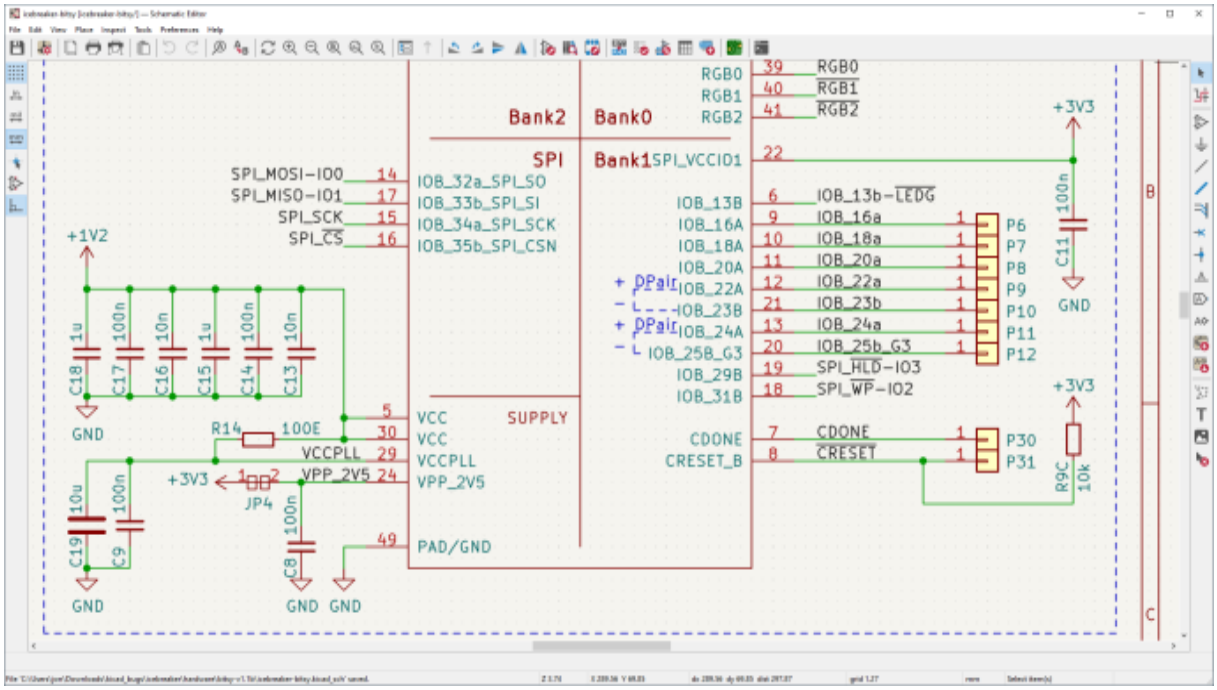
KiCad е свободен софтуерен пакет за EDA (Electronic Design Automation), който предлага интегрирана среда за всички етапи от процеса на конструиране: проектиране на електронни схеми, разработване на печатни платки, генериране на файловете за тяхното производство и редактор на библиотеките от компоненти (KiCad 2026) – фиг.1.

KiCad е създаден през 1992г. от Жан-Пиер Шарра от Университетския технологичен институт в Гренобъл (IUT de Grenoble). През 2013г. CERN започва да подпомага проекта, което спомага за бързото му развитие (F-Si 2022).

KiCad предлага основната функционалност на CadStar. В тази посока може да се посочи:

- създаване на проекти с контрол на версиите;
- йерархични схеми (които са на няколко листа);
- поддържане на различни варианти;
- симулация на работата на електрическата верига;
- проверка по зададени правила;
- 3D модел на печатната платка.

KiCad позволява да се импортират файлове, създадени от редица комерсиални EDA системи (с различна степен на поддръжка). Генерират се всички файлове, необходими за документиране и производство на изделието, включително Списък на елементите и 3D модел на печатната платка.



фиг. 1 – KiCad, свободна EDA система (KiCad 2026)

Като заключение може да се посочи, че комерсиалните EDA системи предлагат по добър интерфейс и по-голямо удобство за работа, но при малки проекти това не е съществено. При мащабни проекти, които изискват сложни правила и съвместна работа между много специалисти, комерсиалните системи имат съществени предимства (r/KiCad 2026).

3. LibreCAD – свободен чертожен софтуер

LibreCAD е свободен софтуер за създаване на двумерни чертежи – фиг.2. Проектът започва през 2010г. като производна версия на QCAD. QCAD е чертожна програма, която предлага две версии – комерсиална и свободна (свободната версия има ограничена функционалност).

LibreCAD предлага голяма част от основната функционалност на AutoCAD (за създаване на чертежи) като построяване и модифициране на двумерни примитиви,

слоеве, блокове, инструменти за точни построения, щриховка, размери, различни видове линии. Естественият формат на файловете на LibreCAD е DXF, което предполага съвместимост с AutoCAD (по-ранни версии).

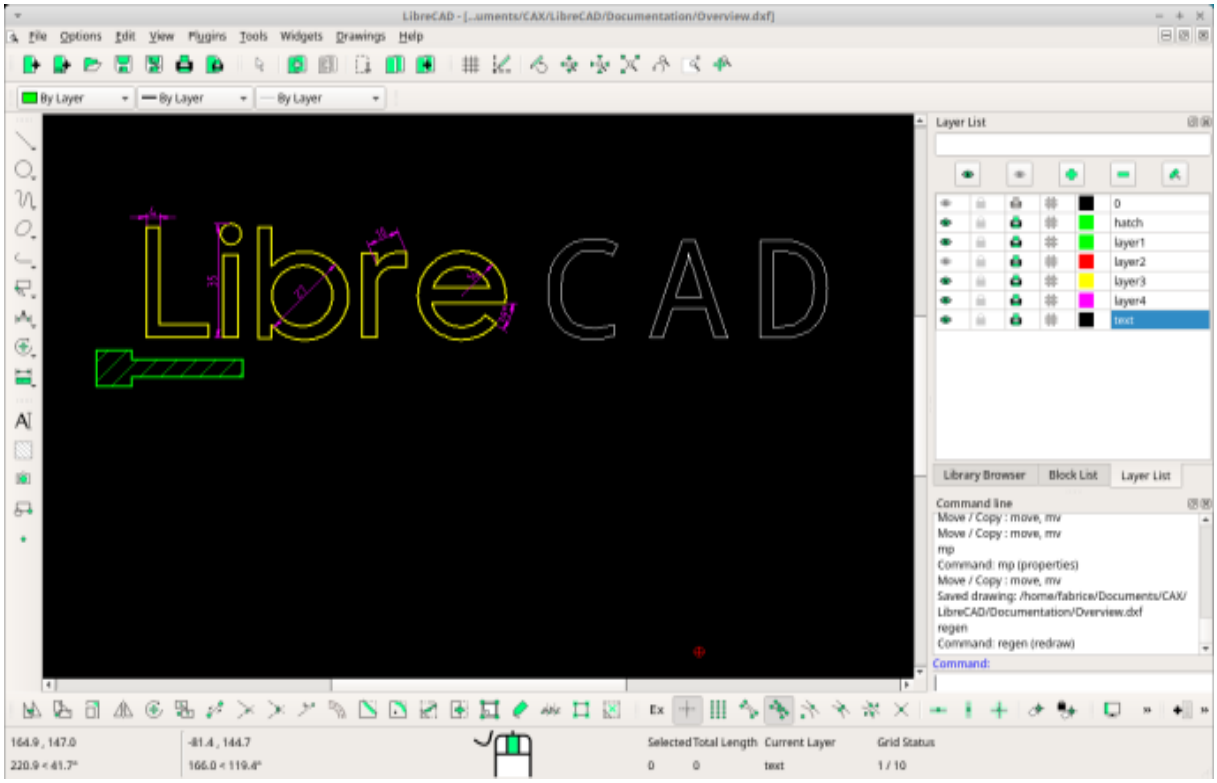
AutoCAD предлага по-удобен интерфейс и по-голяма функционалност. Като дефицити на LibreCAD може да се посочат:

- типовете линии са твърдо записани в кода на програмата;

- за построяване на щриховка трябва да се посочи затворен контур;

- няма изрични хартиени пространства – LibreCAD позволява да се чертае в режим на предварителен изглед, което може да се приеме като наличие на едно хартиено пространство;

- при записване на текст не може да се използват TTF шрифтове.

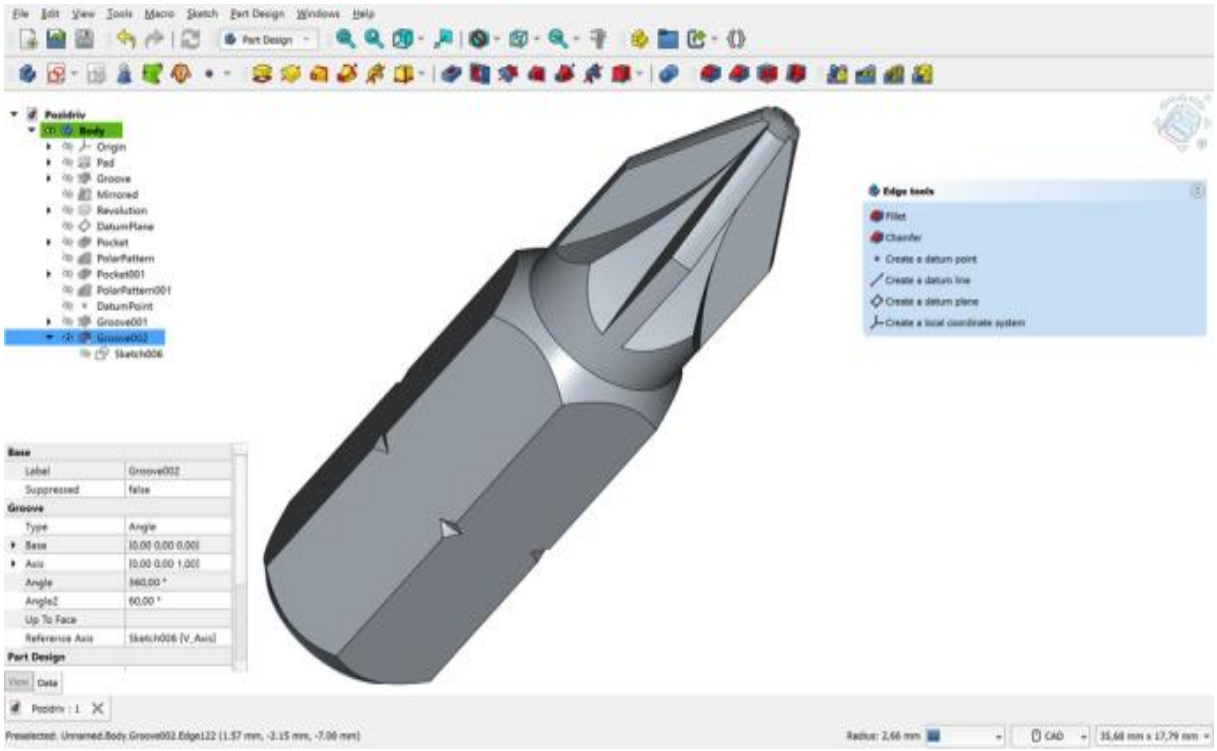


фиг.2 – LibreCAD, свободен чертожен софтуер (LibreCAD Wiki 2025)

4. FreeCad – свободен MDA софтуер

FreeCAD е 3D параметрична CAD система насочена основно към машинното конструиране (Mechanical Design Automatization). Проектът е създаден от Юрген Ригел през 2001г. В основата на FreeCAD е 3D моделиерът OpenCASCADE на едноименната

френска компания, който е свободен софтуер. За поддръжка на проекта е създадена асоциацията с нетърговска цел FPA със седалище в Белгия (History 2026).



фиг.3 – FreeCad, свободна MDA система (Screenshots 2025)

Основната функционалност включва (FreeCAD 2026):

- работна среда за създаване на двумерни технически чертежи;

- създаване на тримерен модел на детайл – може да се избира между твърдотелно моделиране (CSG) и моделиране с инженерни геометрични елементи (feature based methodology), FEM анализ;

- създаване на модел на сглобена единица посредством геометрични ограничения за позициониране, списък на съставните части, експлодиран изглед, анимация;

- генериране на чертеж от 3D модел;

- интегрирана електронна таблица за изчисления и създаване на варианти;

- създаване на повърхнина и работа с триъгълна мрежа (импортиране, проверка, анализ, опростяване, булеви операции);

- BIM (Building Information Modelling) – работна среда за моделиране на сгради;

- CAM работна среда – генериране на програми за CNC машини.

В FreeCAD притежава основната функционалност на SolidWorks. Трябва да се посочи, че отделните инструменти все още нямат достатъчна степен на развитие и може да възникнат проблеми при сложни или големи проекти (r/FreeCAD 2025, Forum 2025).

FreeCAD не предлага съществена функционалност за директно импортиране файлове от други (комерсиални) CAD. Това може да стане ако предварително моделите се запишат в някой от стандартизираните обменни формати (Documentation 2026).

5. Изводи и заключение

Свободните CAD системи са достигнали до ниво на развитие, което позволява цялостно решаване на задачи в съответната област. Сравнението с комерсиалните CAD показва по-слаба степен на развитие на инструментите, което може да доведе до проблеми и по-сложно осъществяване на проекта.

Свободните CAD може да се разглеждат като алтернатива при малки и индивидуални проекти. При сложни и мащабни задачи комерсиалните CAD предлагат функционалност, която е съществена за тяхното успешно приключване.

От гледна точка на учебния процес трябва да се вземе предвид дали обучаваните трябва да познават определена комерсиална CAD система. Ако това не е необходимо, свободните CAD предлагат същата функционалност (като начин на работа) и с получените умения обучаваните сравнително бързо и без усилия ще могат да се научат да работят практически с всяка комерсиална CAD.

Трябва да се посочи, че при свободните CAD системи е наличен изходният код на програмата; също така има и много публични дискусии и документи които са свързани с тяхното разработване. Това спомага, в зависимост от профила на обучаваните, те по-подробно да разберат начина на работа на CAD системите, а също така да се включат в дискусиите или непосредствено в тяхното развитие.

ЛИТЕРАТУРА

JIN, 2024, What is a Software License? Everything You Need to Know, Available from: https://shiftasia.com/column/what-is-a-software-license-everything-you-need-to-know/#wrapper, [Viewed 2026-09-05].

WOOD N., 2026, What Is a Software License? Types, Models, and Examples, Available from: https://zylo.com/blog/software-license, [Viewed 2026-09-05].

Десподов Д., 2020, Светът на свободните лицензи или какво е GNU GPL, Available from: https://www.kaldata.com/it-новини/светът-на-свободните-лицензи-или-какв-334706.html, [Viewed 2026-09-05].

KICAD, 2026, KiCad - Schematic Capture & PCB Design Software, Available from: https://www.kicad.org, [Viewed 2026-09-05].

F-SI, 2022, KiCad - F-Si wiki, Available from: https://wiki.f-si.org/index.php?title=KiCad, [Viewed 2026-09-05].

R/KICAD, 2026, Available from: https://www.reddit.com/r/KiCad/comments/1s13dpj/how_can_i_convince_other_people_that_kicad_is/, [Viewed 2026-09-05].

LIBRECAD WIKI, 2025, LibreCAD Wiki, Available from: https://dokuwiki.librecad.org/doku.php/start, [Viewed 2026-09-05].

HISTORY, 2026, History - FreeCAD Documentation, Available from: https://wiki.freecad.org/History, [Viewed 2026-09-05].

SCREENSHOTS, 2025, Screenshots - FreeCAD Documentation, Available from: https://wiki.freecad.org/Screenshots, [Viewed 2026-09-05].

FREECAD, 2026, FreeCAD: Your own 3D parametric modeler, Available from: https://www.freecad.org/features.php, [Viewed 2026-09-05].

R/FREECAD, 2025, Best approach to big project with lots of parts, Available from: https://www.reddit.com/r/FreeCAD/comments/1nhzjhq/best_approach_to_big_project_with_lots_of_parts/, [Viewed 2026-09-05].

FORUM, 2025, Tips to improve a Big and Slow Project - FreeCAD Forum, Available from: https://forum.freecad.org/viewtopic.php?t=102100 [Viewed 2026-09-05].

DOCUMENTATION, 2026, FreeCAD: Import Export Preferences - FreeCAD Documentation, https://wiki.freecad.org/Import_Export_Preferences, [Viewed 2026-09-05].

REFERENCES

JIN, 2024, What is a Software License? Everything You Need to Know, Available from: https://shiftasia.com/column/what-is-a-software-license-everything-you-need-to-know/#wrapper, [Viewed 2026-09-05].

WOOD N., 2026, What Is a Software License? Types, Models, and Examples, Available from: https://zylo.com/blog/software-license, [Viewed 2026-09-05].

Despodov D., 2020, The World of Free Licenses, or What Is the GNU GPL, Available from: https://www.kaldata.com/it-новини/светът-на-свободните-лицензи-или-какв-334706.html, [Viewed 2026-09-05].

KICAD, 2026, KiCad - Schematic Capture & PCB Design Software, Available from: https://www.kicad.org, [Viewed 2026-09-05].

F-SI, 2022, KiCad - F-Si wiki, Available from: https://wiki.f-si.org/index.php?title=KiCad, [Viewed 2026-09-05].

R/KICAD, 2026, Available from: https://www.reddit.com/r/KiCad/comments/1s13dpj/how_can_i_convince_other_people_that_kicad_is/, [Viewed 2026-09-05].

LIBRECAD WIKI, 2025, LibreCAD Wiki, Available from: https://dokuwiki.librecad.org/doku.php/start, [Viewed 2026-09-05].

HISTORY, 2026, History - FreeCAD Documentation, Available from: https://wiki.freecad.org/History, [Viewed 2026-09-05].

SCREENSHOTS, 2025, Screenshots - FreeCAD Documentation, Available from: https://wiki.freecad.org/Screenshots, [Viewed 2026-09-05].

FREECAD, 2026, FreeCAD: Your own 3D parametric modeler, Available from: https://www.freecad.org/features.php, [Viewed 2026-09-05].

R/FREECAD, 2025, Best approach to big project with lots of parts, Available from: https://www.reddit.com/r/FreeCAD/comments/1nhzjhq/best_approach_to_big_project_with_lots_of_parts/, [Viewed 2026-09-05].

FORUM, 2025, Tips to improve a Big and Slow Project - FreeCAD Forum, Available from: https://forum.freecad.org/viewtopic.php?t=102100 [Viewed 2026-09-05].

DOCUMENTATION, 2026, FreeCAD: Import Export Preferences - FreeCAD Documentation, https://wiki.freecad.org/Import_Export_Preferences, [Viewed 2026-09-05].

ON THE FUNCTIONALITY OF FREE CAD

Abstract. The functionality of a free CAD system covering the three types—electrical (EDA), drafting, and mechanical (MDA)—is examined and compared with that of a widely used commercial CAD system.

Keywords: CAD, free software, documentation automation, design automation

Dr. Petar Goranov, Assoc. Prof.
Technical University of Sofia,
Bulgaria
E-mail: pvgor@tu-sofia.bg

ВГРАЖДАНЕ И ПРЕДСТАВЯНЕ НА 3D ОБЕКТИ ОТ SOLIDWORKS В СРЕДА НА ДОБАВЕНА РЕАЛНОСТ ЧРЕЗ МОБИЛНОТО ПРИЛОЖЕНИЕ EDRAWINGS

гл. асистент д-р Росица Манолова,
гл. асистент д-р Десислава Георгиева,
доц. д-р Радка Петкова,
гл. асистент д-р Светлана Янева.

Технически университет – София
катедра „Основи и технически средства за конструиране"

Резюме. В публикацията се разглежда представянето на нови съвременни конструкции на част от основните звена осъществяващи процеса на плетене при плоскоплетачни автомати, като 3D обекти посредством добавена реалност. Проектираните сглобени единици са моделирани с помощта на CAD системата Solidworks. Посредством дъщерното приложение Solidworks Composer сглобените единици се представят в сглобено и разглобено състояние. Solidworks и неговите допълнителни приложения предоставят възможност файловете да бъдат съхранени в различни формати, предназначени за визуализация на различни устройства включително и чрез използването на т.нар. облачни технологии. В настоящия труд е използвано мобилното приложение за визуализация и разпространение на файлове в добавена реалност eDrawings. Мобилната версия на eDrawings може да бъде инсталирана независимо на всяко мобилно устройство, като съхраняването на данните става посредством облачна технология.

Ключови думи: плоскоплетачни автомати; 3D; Solidworks; Solidworks Composer; добавена реалност; eDrawings

Въведение

Добавената реалност представлява дигитален слой наложен върху действителната заобикаляща среда, като по този начин се комбинират дигиталните компоненти (3D модели, звуци, видео, анимация, изображения) и реалния свят[4]. Като илюстрация на това 3D модели може да бъдат поставени на избрана повърхност пред нас в реално време и човек да се разходи около тях и да ги разгледа от всеки ъгъл – като „на живо"[4].

Генерираният файл може да бъде изпращан и преглеждан на стандартните приложения за Windows, IOS и Android, което от своя страна позволява прилагането на файла в различни приложения за добавена реалност „AR”[2]. По този начин AR предоставя изключителни възможности за презентиране на 3D обекти, на различни операционни системи и/или видове носители. [1]

В публикацията са използвани част от основните звена осъществяващи главните процеси по време на плетене които са: иглите, нишкодоставящите механизми и изплитащите системи, който оказват съществено влияние върху качеството на произвежданите плетива (Стоилов, 2008). Ето защо са представени визуализации конкретно на тези нови конструкции за плоскоплетачен автомат (Манолова, 2021, с. 71 - 77).

Автоматизираното проектиране с помощта на съвременните CAD системи създава реалистична визуализация. В публикацията е разгледана работа в среда на Solidworks, която има функции за автоматизирана симулация на процес на сглобяване и разглобяване на отделните детайли и запазването им в различни файлови формати, съвместими с по-голямата част от приложенията за 3D моделиране, а също така генериране на формати за вграждане в приложения за виртуална реалност. След асемблирането на сглобената единица в Solidworks има възможност файлът да бъде съхранен с разширение за файловия формат за Solidworks Composer.[1] Това прави двете приложения напълно съвместими, като файлът може да бъде отворен с разширение (.smg) директно в Solidworks Composer, а също така спомага визуализирането на сглобено и разглобено състояние в мобилното приложение eDrawings, което за разлика от настолното приложение не позволява автоматично вграждане на създадени процеси за симулация на движението от Solidworks.[1]

1. Избор на приложение за използване на добавена реалност.

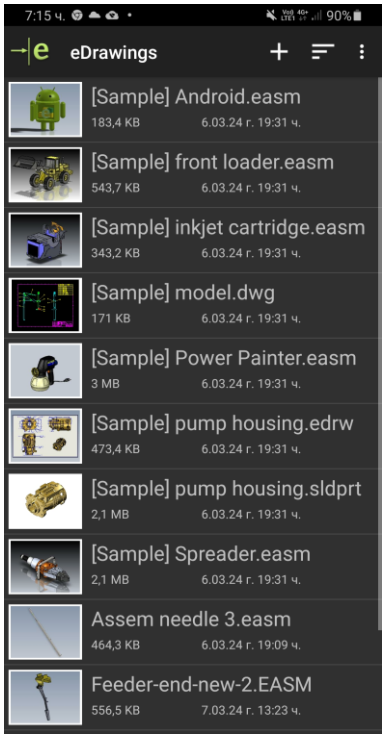
Както бе споменато проектирането в среда на Solidworks, предоставя необходимите средства на по-късен етап да бъдат извършени изследвания на натоварването, но също така и широк набор от допълнителни приложения за изследване, визуализация, презентиране на моделираните 3D обекти[1].

Съществува голямо разнообразие от вградени или онлайн базирани приложения, които дават възможност за прилагане на 3D обекти в добавена реалност. В настоящата публикация е представено мобилното приложение eDrawings.

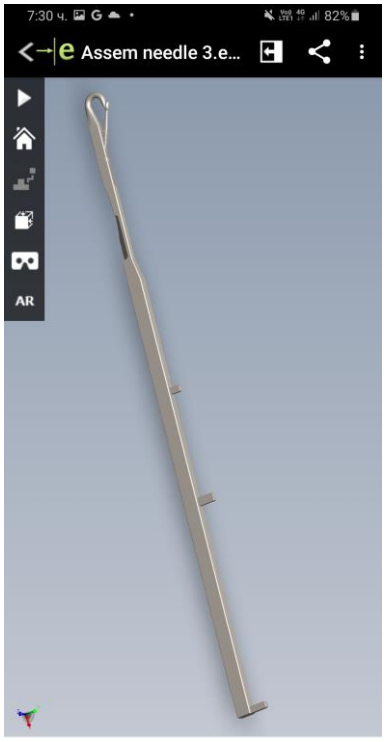
Приложението eDrawings се предоставя на потребителите в 2 версии - мобилна и версия за настолни конфигурации. Мобилното приложение eDrawings работи на базата на облачни технологии, също така предоставя добра интерактивност на интерфейса, достатъчен набор от инструменти и възможност за използване на приложението в базов план[3].

2. Интегриране на 3D обекти в добавена реалност чрез eDrawings.

Както бе отбелязано приложението eDrawings се предоставя на потребителите в 2 версии. В настоящата публикация ще бъдат разгледани основните възможности за презентиране на тримерни обекти с помощта на мобилната версия на eDrawings. Базовата версия е с еднократен абонамент и може да бъде изтеглена от Google Play магазин[3].



фиг.1 - Стартиране на функция за представяне в добавена реалност.



фиг.2 - 3D визуализация на конструкцията на езичкова игла в мобилното приложение eDrawings

На фиг.1 е представен основният стартов екран на мобилното приложение, което е съвместимо с операционна система Android. Първите 8 файла от стартовия екран са вградени за представяне възможностите на приложението[3].

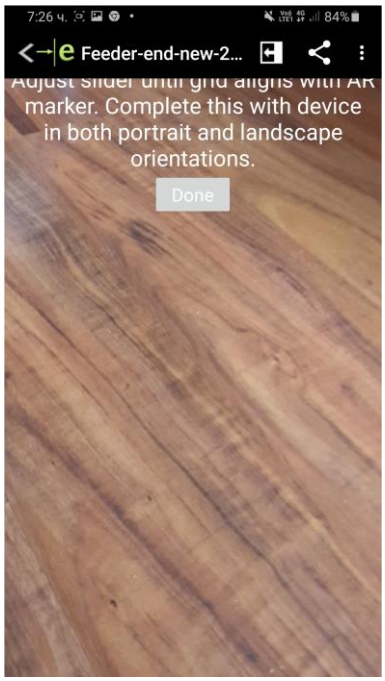
Приложението също така дава възможност за презентиране както на 3D обекти, запазени в Solidworks като (.easm), но също така и с файлове от AutoCad, като чертежи (.edrw). Потребителските файлове се добавят към стартовия прозорец посредством приложенията OneDrive или Dropbox, които са на принципа на облачни технологии. Това става чрез бутона „+“ в горната част на менюто срещу логото eDrawings. фиг.2. представя файлът “Assem needle 3(.easm)“ посредством мобилното



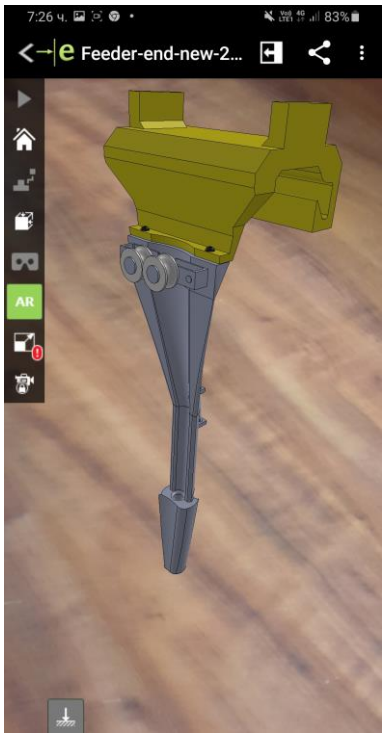
фиг.3 - Стартиране на функция за представяне в добавена реалност в eDrawings.

приложение на eDrawings, който представлява 3D модела на нова конструкция езичкова игла, която е разработена за точно определен тип изплитащи системи, както е представено в публикацията (Манолова, 2021, с. 71 - 77).

След зареждане на файла Feeder–end-new-2.easm, който представлява моделирана 3D сглобена единица на нова конструкция на нишководач за плоскоплетачен автомат (Манолова, 2020, с. 27 - 34). Следва стартирането на функцията за прилагане на добавена реалност в eDrawings фиг.2. и фиг.5. с бутона AR. След отварянето на стартовия прозорец за добавена реалност приложението дава възможност за два различни подхода на презентиране. Първият е посредством директно калибриране на 3D обекта спрямо заобикалящата ни реалност посредством бутона „Calibrate“ фиг.3. По този начин може непосредствено да се разположи 3D обекта върху заобикалящата ни среда чрез камерата на мобилното устройство, както е представено на фиг.4.



фиг.4 - Калибриране и позициониране на 3D обект в добавена реалност чрез eDrawings.



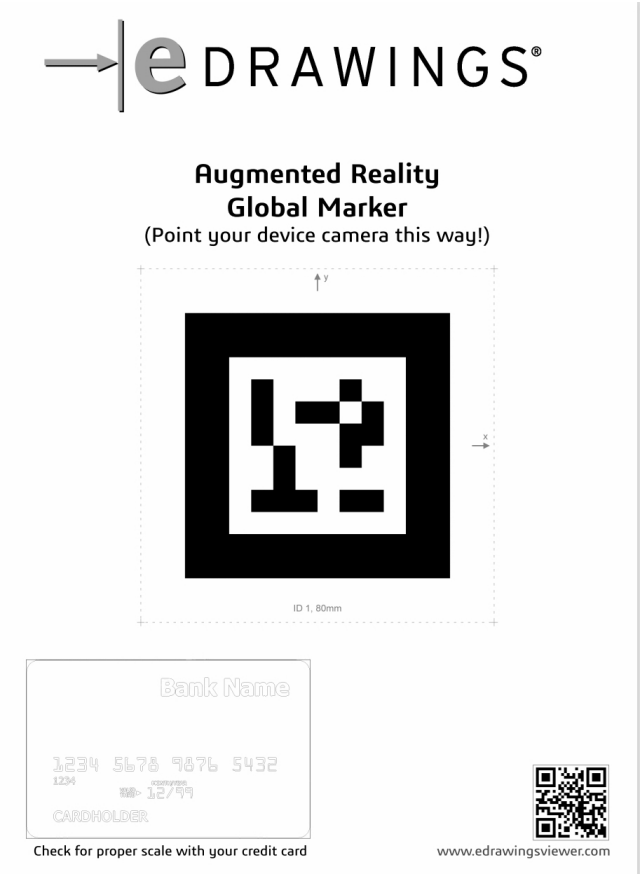
фиг.5 - Позициониране и преоразмеряване на обекта в добавена реалност в eDrawings.

Недостатъка на този метод, е че няма конкретно позициониране на стартовото изображение на 3D обект, което налага допълнително, преоразмеряване и позициониране спрямо добавената реалност фиг.5.

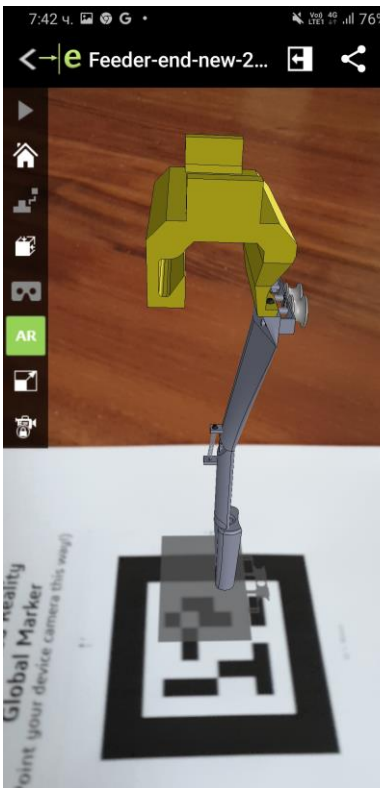
Позиционирането на 3D обекта може да бъде извършено директно, чрез тъч контрола на мобилното устройство, посредством завъртане и плъзгане при докосването на дисплея. Преоразмеряването в режим на добавена реалност в eDrawings се извършва чрез бутона , който същевременно показва и текущите размери в проценти на обекта.

След преоразмеряването на 3D обекта, задължително трябва да бъде изключен бутона преди използването на другите функции на приложението. Допълнителни начини за позициониране и фиксиране на вече преоразмереният обект можем да стартираме посредством двата бутона в долната част на прозореца, а именно за центриране - и за фиксиране - показани на (фиг.5) и (фиг.9).

Неудобството от директното калибриране, което е представено на (фиг.3) и (фиг.4) може да бъде избегнато чрез използване на втория метод за презентиране посредством бутона „Get Marker“. С негова помощ се генерира QR код (фиг.6), който след разпечатване дава възможност за фиксиране на 3D обекта върху разпечатания QR код поставен в реалната заобикаляща ни среда пред камерата на мобилното устройство



фиг.6 Генериран QR код за фиксиране на 3D обект от eDrawings.



фиг.7 Фиксиране на 3D обект посредством генериран и разпечатан QR код в eDrawings.

(фиг.7). По този начин могат автоматично да бъдат фиксирани, както размерите така и разположението на обекта представен в добавена реалност. Тази опция е изключително удобна за бързо представяне и презентиране на прости сглобени единици.

Мобилното приложение eDrawings, също така ни позволява да фиксираме чрез заснемане QR кода и частта от заобикалящата ни реалност посредством бутона представен на (фиг.8), (фиг.9) и (фиг.10). По този начин потребителя има възможност да измести мобилното устройство така че камерата да се отмести от QR кода и въпреки това да се запази функционалността на презентиране на разглеждания детайл или сглобена единица. Тази функция е възможно да бъде използвана както за детайли така и за прости



фиг.8 - Заключване на QR код и частта от добавената реалност на нишководач в eDrawings.



фиг.9 - Заключване на QR код и частта от добавената реалност сглобен възел в eDrawings - позиция 1.

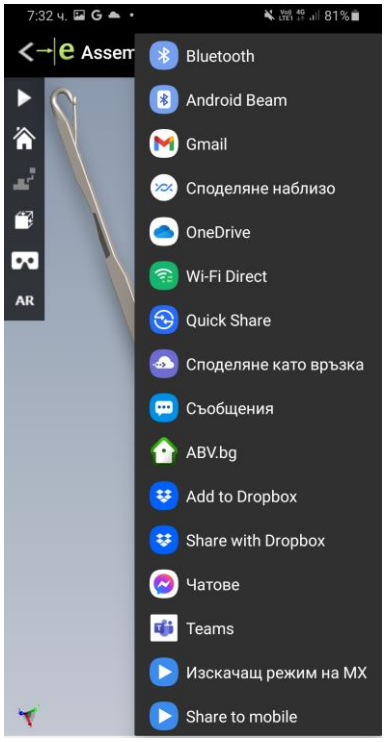


фиг.10 - Заключване на QR код и частта от добавената реалност сглобен възел в eDrawings - позиция 2.

сглобени единици (фиг.7) и (фиг.8), или сложни сглобени единици (фиг.9) и (фиг.10). Освобождаването на изображението става чрез повторното натискане на бутона. В приложението бутоните на активните функции се оцветяват в зелено за улеснение на употребата им. По време на презентирането на сглобените единици в добавена реалност

има възможност за промяна на прозрачността или скриване на избрани от потребителя детайли (Манолова, 2024, с. 20 - 27).

Важна особеност на която трябва да се обърне внимание, е че при желание на потребителя да види сглобената единица в разглобено състояние трябва задължително да излезе от функцията за добавена реалност и да стартира разглобяването на сглобената единица, чрез и отново да стартира включване на режим за добавена реалност, т.е. преминаването от едно състояние в друго в добавена реалност не е възможно. За представянето на сглобената единица в разглобено или сглобено състояние и преминаване между двете състояния, е задължително файлът да е преминал през допълнителна обработка в приложението Solidworks Composer (Манолова, 2024, с. 20 - 27). Това е необходимо, защото за разлика от настолното приложение eDrawings при мобилното няма възможност за автоматично вграждане на създадени анимирани процеси от Solidworks чрез „Motion study“ за симулиране на задвижването на сглобени единици, както и процесите по тяхното разглобяване и сглобяване (Манолова, 2024, с. 20 - 27).



фиг.11 - Възможности за споделяне на файла.

На последната (фиг.11) е показана възможността за споделяне на файловете[3], чрез бутона .

Изводи и обобщения

Предложените конструкции са проектирани съобразно изискванията към съвременните плосколетачни автомати с възможност за индивидуален избор на игли. Новите предложения на конструкциите за игли, иглено легло и изплитащи системи са съгласувани една с друга и дават възможност за въвеждане на нов принцип за избор на иглите по електромеханичен начин със специален електромеханичен селектор, работещ с негативен избор, т.е. при включване изключва иглата. Това дава възможност да се премахнат допълнителните детайли използвани при досегашните съществуващи методи, което от своя страна води до намаляване на амортизацията на машината и респективно до по-ниски разходи за поддръжката ѝ (Манолова, 2021, с. 71 - 77).

Автоматизираното проектиране с помощта на съвременните CAD системи дава възможност за реалистична визуализация. Поради тази причина е избрана работната среда на Solidworks и Solidworks Composer, която дава пълна съвместимост между тях. Solidworks Composer притежава функции за автоматизирана симулация на процес на сглобяването и разглобяването на отделните детайли и съхраняването им в различни файлови формати (Манолова, 2023, pp. 144–152). По този начин след осъществяване на вграждането на 3D обектите в мобилни приложения като eDrawings потребителя може да вижда реалният обект и съответно неговите съставни части, като има възможност за детайлно разглеждане, както на сглобената единица, така и на отделните й детайли в разглобено състояние от всички страни, а също така позволява и доближаване на гледната точка към малки обекти от сглобената единица или промяна на прозрачността на отделни детайли от нея.

Мобилното приложение eDrawings, използващо облачни технологии за съхранение и препращане на файловете предоставя широк набор от инструменти и интерактивност на интерфейса. Презентирането се осъществява директно или чрез автоматично генериране на QR code за допълнителното му фиксиране, което спомага кода и файла, да бъде разпространен както чрез споделяне, така и на хартиен носител.[4] Това от своя страна предоставя широки възможности както за презентиране на 3D обекти за нуждите на маркетинга, но също така би намерило и широко приложение в сферата на обучението.

БЕЛЕЖКИ

8. ВЕНКОВ Г., ЧОТОВ Д., БЪЧВАРОВ А. Материали от курс - Виртуална среда, анимация и инженерна графика ИНОТЕХПРО-2022.
9. ANDROIDSIS. https://bg.androidsis.com/que-es-la-realidad-aumentada/ [Viewed 2025-2-18]
10. EDRAWINGS. https://www.edrawingsviewer.com/product/edrawings-mobile [Viewed 2026-2-18]
11. HOLOCARDZ. https://holocardz.com/bg/dobavena-virtulana-realnost/ [Viewed 2025-2-18]

ЛИТЕРАТУРА

МАНОЛОВА Р., 2020, Автоматизирано проектиране на предложение за нова конструкция нишководач за плоскоплетачен автомат, Българско списание за инженерно проектиране, бр.41, с. 27-34. ISSN 1313-7530.

МАНОЛОВА Р., 2021, Автоматизирано проектиране на предложение за нови конструкции на системи осъществяващи основните процеси на бримкообразуване за плоскоплетачен автомат, Българско списание за инженерно проектиране, бр.43, с. 71-77. ISSN 1313-7530.

МАНОЛОВА Р., 2023, Анимиране и автоматизирана симулация на процеса разглобяване и сглобяване на нишководач за плоскоплетачен автомат в Solidworks Composer, Българско списание за инженерно проектиране бр.46, с. 144-152. ISSN 1313-7530.

МАНОЛОВА Р., 2024, Представяне на 3D обекти от Solidworks чрез мобилното приложение EDRAWINGS, Автоматизация на дискретното производство, бр.2, с. 20-27. ISSN 2682-9584.

СТОИЛОВ Т. 2008 , Машини и процеси в трикотажното производство. София: издателство на Технически университет - София. ISBN 978-954-438-679-5

REFERENCES

MANOLOVA R., 2020, Automated design of a proposal for a new construction of a thread guide for a flat knitting machine, Bulgarian Journal for Engineering Design, issue 41, pp. 27-34. ISSN 1313-7530.

MANOLOVA R., 2021, Automated design of a proposal for new constructions of systems implementing the main processes of loop formation for a flat knitting machine, Bulgarian Journal for Engineering Design, issue 43/2021. 71-77. ISSN 1313-7530.

MANOLOVA R., 2023, Animation and automated simulation of the process of disassembling and assembling a thread guide for a flat knitting machine in Solidworks Composer, Bulgarian Journal for Engineering Design,issue 46/2023. 144-152. ISSN 1313-7530.

MANOLOVA R., 2024, Representation of 3D objects from Solidworks through the mobile application EDRAWINGS, Automation of Discrete Production, issue 2, pp. 20-27. ISSN 2682-9584.

STOILOV T. 2008, Machines and processes in knitwear production. Sofia: Publishing House of the Technical University - Sofia. ISBN 978-954-438-679-5

EMBEDDING AND REPRESENTING 3D OBJECTS FROM SOLIDWORKS IN AN AUGMENTED REALITY ENVIRONMENT THROUGH THE EDRAWINGS MOBILE APP

Abstract. This paper examines new external designs for key components of the knitting process in automatic flat-bed knitting machines, presenting them as 3D objects via augmented reality. The designed assemblies were modeled using the SolidWorks CAD system. Through the SolidWorks Composer add-on application, these assemblies are represented in both their assembled and exploded states. SolidWorks and its associated applications allow files to be saved in various formats for visualization on different devices, including via cloud technologies. This study utilizes eDrawings, a mobile application for visualizing and distributing files in augmented reality. The mobile version of eDrawings can be installed independently on any mobile device, with file storage managed through this cloud technology.

Keywords: flat knitting machines; 3D; SolidWorks; SolidWorks Composer; augmented reality; eDrawings.

Dr. Rositsa Manolova, Assist. Prof.
Department „Fundamentals and Technical Means of Design,
Technical University of Sofia,
Bulgaria
E-mail: rositza_manolova@tu-sofia.bg

Dr. Desislava Georgieva, Assist. Prof.
Department „Fundamentals and Technical Means of Design,
Technical University of Sofia,
Bulgaria
E-mail: desy@tu-sofia.bg

Dr. Radka Petkova, Assoc. Prof.
Department „Fundamentals and Technical Means of Design,
Technical University of Sofia,
Bulgaria
E-mail: petkova@tu-sofia.bg

Dr. Svetlana Yaneva, Assist. Prof.
Department „Fundamentals and Technical Means of Design,
ORCID ID: 0009-0004-4776-2317
Web of Science Researcher ID: ACH-4282-2022
Technical University of Sofia,
Bulgaria
E-mail: svetlana_ianeva@tu-sofia.bg

СРАВНЕНИЕ НА ФУНКЦИОНАЛНОСТТА И ПРЕДСТАВЯНЕТО НА 3D ОБЕКТИ ОТ SOLIDWORKS В ДОБАВЕНА РЕАЛНОСТ ЧРЕЗ ПРИЛОЖЕНИЯТА EDRAWINGS И XR.PLUS

гл. асистент д-р Росица Манолова,
гл. асистент д-р Десислава Георгиева,
гл. асистент д-р Светлана Янева.

Технически университет – София
катедра „Основи и технически средства за конструиране”

Резюме. В публикацията е описано представянето на съвременни конструкции на част от основните звена осъществяващи процеса на плетене при плоскоплетачни автомати, като 3D обекти, посредством добавена реалност. Проектираните сглобени единици са моделирани с помощта на CAD системата Solidwork, като са запазени в две отделни състояния (два файла) – сглобено и разглобено. SOLIDWORKS предоставя възможност файловете да бъдат съхранени в различни формати, предназначени за визуализация на различни устройства включително и използването на т.нар. облачни технологии. В настоящия труд са представени възможностите на приложенията за визуализация и разпространение на файлове в добавена реалност - eDrawings и XR.Plus, използващи облачна технология по отношение на тяхната функционалност и представяне на обектите.

Ключови думи: плоскоплетачни автомати, 3D, SOLIDWORKS, SOLIDWORKS Composer, добавена реалност, XR.Plus, eDrawings.

Въведение

Добавената реалност представлява дигитален слой, наложен върху истинската заобикаляща ни среда, като по този начин се комбинират дигиталните (3D модели, звуци, видео, анимация, изображения) и реалния свят[4]. Например, 3D модели могат да се поставят на избрана повърхност пред нас в реално време и човек да се разходи около тях и да ги разгледа от всеки ъгъл – като „на живо“[4].

Генерираният файл дава възможност да бъде изпращан и преглеждан на стандартните приложения за Windows, IOS и Android, което от своя страна дава

възможност за прилагането на файла в различни приложения за добавена реалност „AR”[2]. По този начин AR дава изключителни възможности за презентиране на 3D обекти, на различни операционни системи и/или видове носители.[1]

Възможностите на добавената реалност за визуализация на 3D обекти могат да бъдат използвани и при представянето на конструктивни елементи на машини и механизми. В настоящата публикация като обект на визуализация са избрани отделни конструкции на плоскоплетачен автомат. Сред основните звена, осъществяващи основните процеси по време на плетене са: иглите, нишкодоставящите механизми и изплитащите системи, които оказват съществено влияние върху качеството на произвежданите плетива (Стоилов, 2008). Поради тази причина в публикацията са разгледани именно визуализации на конкретно част от тези конструкции за плоскоплетачен автомат. (Манолова, 2023 с. 144 - 152) За създаването на техните тримерни модели и последващата им визуализация в среда на добавена реалност се използват възможностите на съвременните CAD системи.

Автоматизираното проектиране с помощта на съвременните CAD системи дава възможност за реалистична визуализация. В публикацията е разгледана работа в среда на SOLIDWORKS, която предоставя функции за автоматизирана симулация на процес на сглобяването и разглобяването на отделните детайли и запазването им в различни файлови формати съвместими с по-голямата част от приложения за 3D моделиране и също така генериране на формати за вграждане в приложения за виртуална реалност. След асемблирането на сглобената единица в SOLIDWORKS, програмата дава възможност файлът да бъде съхранен с разширение на файловия формат за SOLIDWORKS Composer (Манолова, 2023, с. 153 - 160). Това прави двете приложения напълно съвместими, като файлът може да бъде отворен с разширение (.smg) директно в SOLIDWORKS Composer, а също така във файлов формат (.obj), което прави допустимо качването му в XR.Plus (Манолова, 2023, с. 37 - 44).

1. Избор на приложение за използване на добавена реалност.

Както бе споменато проектирането в среда на SOLIDWORKS, предоставя необходимите средства на по-късен етап да бъдат извършени изследвания на натоварването, но също така и широк набор от допълнителни приложения за изследване, визуализация, презентиране на моделираните 3D обекти[1].

Съществува голямо разнообразие от вградени или онлайн базирани приложения, които дават възможност за прилагане на 3D обекти в добавена реалност. В настоящата публикация са разгледани мобилното приложение eDrawings и онлайн базираното приложение XR.Plus Studio и е извършен сравнителен анализ на техните функционални възможности, предимства и ограничения.

Мобилното приложение eDrawings работи на базата на облачни технологии, също така предоставя изключително опростена работа с интерфейса, достатъчен набор от инструменти и възможност за използване на приложението безплатно, в базов план за презентиране на детайли и сглобени единици.[3]

XR.Plus Studio дава възможност за създаване и администриране на отделни проекти за различни устройства и цели, които се съхраняват на облак към приложението, което от своя страна му дава по-разширени възможности.

2. Интегриране на 3D обекти в добавена реалност чрез eDrawings.

Приложението eDrawings се предоставя на потребителите в две версии - мобилна и версия за настолни конфигурации. В настоящата публикация ще бъдат разгледани основните възможности за презентиране на тримерни обекти с помощта на мобилната версия на eDrawings. Базовата версия е напълно безплатна и може да бъде изтеглена от всеки един потребител чрез Google Play магазин.[3]

Мобилното приложение е съвместимо с операционна система Android за мобилни телефони. При стартиране на приложението към него има предоставени файлове за представяне възможностите му за презентиране на различни видове файлови формати. Приложението дава възможност за презентиране на 3D обекти, сглобени единици запазени в SOLIDWORKS, като (.easm), чертежи (.edrw), има и съвместимост с файлове от AutoCad. Потребителските файлове се добавят към стартовия прозорец, посредством приложенията OneDrive или Dropbox, които са на принципа на облачни технологии. Това прави двете приложения напълно съвместими. Файлът може да бъде отворен с разширение (.smg) директно в SOLIDWORKS Composer, а също така и стандартния файл на SOLIDWORKS (.sldasm) да бъде импортиран в нов проект и съответно съхраняван в различен от наличните файлови формати в SOLIDWORKS. Това е необходимо при използването на някои приложения, както и при визуализирането на сглобено и

разглобено състояние в мобилното приложение eDrawings, тъй като за разлика от настолното приложение eDrawings мобилното няма възможност за автоматично вграждане на създадени и симулирани анимирани процеси от SOLIDWORKS чрез „Motion study“. (Манолова, 2026, с. 320 – 330)

След отварянето на стартовия прозорец за добавена реалност приложението дава възможност за два различни подхода на презентиране. Първият е посредством директно калибриране на 3D обекта спрямо заобикалящата ни реалност. Недостатъкът на този метод, е че няма фиксиране на стартовото изображение на наложения 3D обект, което в последствие налага допълнително, преоразмеряване и позициониране спрямо добавената реалност. Вторият начин, чрез генериране на QR код, който след разпечатване дава възможност за фиксиране на 3D обекта върху разпечатания QR код поставен в реалната заобикаляща ни среда, пред камерата на мобилното устройство. По този начин могат автоматично да бъдат фиксирани както размерите така и разположението на обекта представен в добавена реалност. Тази опция е изключително удобна за бързо представяне и презентиране на прости сглобени единици. По време на презентирането на сглобените единици в добавена реалност има възможност за промяна на прозрачността или скриване на избрани от потребителя детайли.

Трябва да се подчертае факта, че при желание на потребителя да види сглобената единица в разглобено състояние трябва задължително да излезе от функцията за добавена реалност, за да стартира разглобяването на сглобената единица. Т.е. преминаването от едно състояние в друго в добавена реалност не е възможно. Единствените стандартни функции, които могат да бъдат използвани в добавена реалност са връщането на обекта в начално състояние и промяна на наличието на контурни линии.

От друга страна мобилното приложение eDrawings дава възможност да се фиксира чрез заснемане QR кода и частта от заобикалящата ни реалност. По този начин потребителя има възможност да измести мобилното устройство, така че камерата да се отмести от QR кода и въпреки това да се запази функционалността на презентиране на разглеждания детайл или сглобена единица. Приложението eDrawings дава и възможност за споделяне на файловете, чрез облачни технологии, а също така и като прикачени файлове към e-mail или в социалните мрежи, като вторите имат голямо ограничение по отношение на размера на файловете.

3. Интегриране на 3D обекти в добавена реалност чрез XR.Plus.

Второто приложение, разгледано в настоящата публикация, е онлайн базираното приложение XR.Plus. Приложението предоставя възможност за създаването на интерактивни проекти, като обединява средствата за визуализиране и представяне на 3D обектите в добавена реалност. То работи на базата на облачни технологии, има интерактивност на интерфейса, широк набор от инструменти и възможност за безплатно използване в базов план.

XR.Plus Studio предоставя възможност за създаване и администриране на отделните проекти за различни устройства и цели, които се съхраняват на облак към приложението. Към всеки отделен проект се зарежда прозорец с шест менюта за настройки и въвеждане на файлове за добавената реалност. Чрез тях, потребителят има възможност както за настройване на размер и позициониране на презентирания 3D обект в проекта, така и за различни настройки на процесите на анимиране, създаване на интерактивни бутони между различните състояния, използване на жироскопа на мобилното устройство за презентиране на проекта чрез вградени базови процеси на анимиране, и не на последно място възможности за анализиране и симулация на проектите на всяка стъпка от създаването им, което дава възможност за преглед на проекта по време на създаването му.

При използване на анимация, чрез превключване на различни състояния на обекта, от изключителна важност е всяко едно отделно състояние (сглобено/разглобено) да бъде въведено в различна сцена и с отделен файл запазен чрез SOLIDWORKS Composer в подходящ формат, за да могат да бъдат дефинирани поотделно. В противен случай няма как да бъде осъществен процеса по анимирано сглобяване и разглобяване на сглобената единица.

Интерфейсът е изключително интерактивен, всяка от настройките, както на бутоните, така и на отделните състояния се задава чрез избор от падащи менюта, което опростява процеса на задаване на желаните действия. Това от своя страна улеснява потребителите на приложението, като им дава възможност да избират директно зададени вече функции без да се налага да въвеждат какъвто и да е било скрипт.

Приложението XR.Plus има известни ограничения във възможността за използването на различни файлови формати. Тези ограничения зависят от използвания план както по отношение на възможности за използване на допълнителни настройки на

проекта, така и на големината на качваните файлове в проектите. Тъй като приложението е онлайн базирано и работи на принципа на облачни технологии, което само по себе си предполага по-ограничено пространство особено при базовия план, който дава до пет индивидуални проекта.

4. Сравнение на функционалността и представянето на 3D обекти в добавена реалност чрез eDrawings и XR.Plus.

От представените в предходните точки характерни особености на приложения eDrawings и XR.Plus, може да се направи съпоставка на функционалността и възможностите им за презентиране и прилагане на 3D обекти в добавена реалност.

Като основна разлика между двете приложения може да бъде посочен начина на използване на облачни технологии. eDrawings използва OneDrive или Dropbox само за съхранение и разпространение на вече създадени файлове, като самото приложение eDrawings трябва да бъде инсталирано. При приложението XR.Plus, което е онлайн базирано приложение целия процес по изграждане на проекта за вграждане на 3D обекта в добавена реалност се извършва онлайн. Това само по себе си премахва необходимостта от инсталиране на самото приложение от потребителите, което е изключително преимущество по отношение на разпространението и презентирането на 3D обектите.

При работа и с двете приложения се използва като междинно звено приложението SOLIDWORKS Composer. В този случай преимуществото е на страната на eDrawings, което дава възможност за пропускане на тази стъпка при презентиране на прости детайли или сглобени единици, на които не е необходимо вграждане на анимация за представяне на обекта в сглобено/разглобено състояние, като файлът може директно да бъде запазен с разширение за eDrawings от SOLIDWORKS. При вграждането на 3D обекти в XR.Plus това не е възможно, тъй като SOLIDWORKS не предоставя възможност за директно запазване в съвместимия за приложението (.obj) формат.

По отношение на възможностите за презентиране на обектите - eDrawings значително отстъпва по възможности на XR.Plus, който предоставя по-широка функционалност за интерактивна визуализация и разпространение на създадения проект за 3D обекта. Приложението дава възможност обектът да бъде анимиран в самото приложение XR.Plus, да бъдат добавяни бутони за: стартиране и поставяне на пауза на анимацията, за заснемане, видеозапис, споделяне или съхранение на записите и пр.

Възможно е и вграждането на различни звуци на всеки бутон. Това значително разширява възможностите за атрактивно представяне на обектите, но и респективно изисква по-задълбочени познания и умения от страна на разработващия проекта, въпреки високата степен на интерактивност на интерфейса на XR.Plus. Съпоставено с него мобилното приложение eDrawings има доста по-ограничени възможности, поради характера на самото приложение, което дава възможност за презентирането на обекта единствено, чрез вградените му функции и няма възможност за добавяне на нови. От друга страна приложението дава възможност на потребителя да маркира и променя прозрачността на всеки един от компонентите на сглобената единица. Приложението се отличава с опростен и интуитивен потребителски интерфейс, който улеснява работата с него и го прави особено подходящо за използване в учебния процес.

Към момента на сравнителния анализ и двете разглеждани приложения предоставят безплатна възможност за работа с базова версия. В това отношение XR.Plus отново има преимущество пред eDrawings поради по-широките функционални възможности за визуализация и презентиране на обектите. В базовата безплатна версия на приложението има възможност за създаване на до пет индивидуални проекта, като общият брой на преглежданията на всички проекти е ограничен до 10 000 броя. При eDrawings разликата между базовата и професионалната версия се състои само в наличието на допълнителни възможности за маркиране, измерване и представяне на обекта в разрез.

По отношение на възможностите за разпространение на презентираните обекти, XR.Plus отново взема преимущество, тъй като единственото необходимо допълнително приложение за потребителя е QR код четец. При работата с мобилното приложение eDrawings потребителя трябва задължително да има инсталирано приложението, за да има възможност да свали и разгледа качените на облака файлове, а QR кода при него има само и единствено функция за фиксиране на вече отворения файл. От друга страна заснемането на QR кода в добавената реалност eDrawings дава възможност на потребителя да фиксира 3D обекта спрямо определена гледна точка на заобикалящата го среда и да отмести мобилното устройство, но да продължи да има възможност да разглежда детайла от всички страни, посредством тъч контрола на устройството. Това позволява по-лесно преместване на потребителя от пространствена гледна точка и също така възможност за промяна на фиксираната гледна точка от заобикалящата го среда.

Изводи и обобщения

Въз основа на извършения сравнителен анализ на приложенията eDrawings и XR.Plus могат да бъдат обобщени основните различия в техните функционални възможности за визуализация, представяне и разпространение на 3D обекти, както и да бъдат определени техните предимствата и възможности за прилагане в различни области.

Основните преимущества на XR.Plus в сравнение с eDrawings, са свързани със значително по-широките му функционални възможности за анимиране, представяне и разпространение на обектите. Приложението има възможност за използване в онлайн режим, което премахва необходимостта от инсталиране. Това значително улеснява потребителите, при разглеждане на презентирания обект, тъй като за достъп до него е необходимо единственото наличието на приложение за четец за QR кодове. Самият QR код може да бъде разпространен както чрез социалните мрежи, така и на хартиен носител.

За разлика от XR.Plus мобилното приложение eDrawings предоставя възможност за изключителна лекота на работа с интерфейса на програмата. Това представлява съществено предимство при използването на приложението в различни области, включително в учебния процес. Приложението eDrawings дава възможност за представяне на файлове, както в тримерни обекти от SOLIDWORKS, така и двумерни чертежи от SOLIDWORKS и AutoCad. Допълнително предимство на приложението е възможността за представяне на всяка част от сглобената единица, както и да фиксира изображението на QR кода и частта от добавената реалност.

В обобщение може да се заключи, че двете приложения са изключително удобни за работа, като основната разлика между тях се състои в сферите им на употреба. Онлайн базираното приложение XR.Plus има по-високи възможности за презентиране, но същевременно изисква и по-задълбочени знания и умения за създаване на отделните проекти, което от своя страна го прави изключително удобен за професионални цели. От друга страна eDrawings предоставя по-ограничени възможности за анимиране и представяне на обектите, но се отличава с поддръжката на по-широк набор от файлови формати за визуализация както на тримерни модели, така и на двумерни чертежи. Това, в съчетание с опростения потребителски интерфейс, го прави особено подходящ за приложение в учебния процес.

Следва да се отбележи, че към момента на изготвяне на настоящата публикация достъпността на разгледаната платформа XR.Plus не може да бъде потвърдена. Независимо от това установените в хода на изследването нейни функционални възможности запазват своята практическа значимост. Особено предимство представлява съчетаването на облачно базирана среда за разработване на проекти с инструменти за анимиране, интерактивно управление и представяне на 3D обекти в добавена реалност без необходимост от инсталиране на специализирано приложение от крайния потребител. Тези характеристики показват целесъобразността от развитието и поддържането на подобни софтуерни решения, които осигуряват достъпна среда за създаване и разпространение на интерактивно съдържание. Наличието на платформи с аналогична функционалност би създало допълнителни възможности за визуализация на технически обекти и сглобени единици както в инженерната практика, така и в обучението.

БЕЛЕЖКИ

12. ВЕНКОВ Г., ЧОТОВ Д., БЪЧВАРОВ А. Материали от курс - Виртуална среда, анимация и инженерна графика ИНОТЕХПРО-2022.
13. ANDROIDSIS. https://bg.androidsis.com/que-es-la-realidad-aumentada/ [Viewed 2025-2-18]
14. EDRAWINGS. https://www.edrawingsviewer.com/product/edrawings-mobile [Viewed 2026-2-18]
15. HOLOCARDZ. https://holocardz.com/bg/dobavena-virtulana-realnost/ [Viewed 2025-2-18]

ЛИТЕРАТУРА

МАНОЛОВА Р., 2023, Анимиране и автоматизирана симулация на процеса разглобяване и сглобяване на нишководач за плоскоплетачен автомат в SOLIDWORKS Composer, Българско списание за инженерно проектиране, бр.46, с. 144-152. ISSN 1313-7530.

МАНОЛОВА Р., 2023, Вграждане и представяне на анимация от SOLIDWORKS Composer в добавена реалност, Българско списание за инженерно проектиране, бр.46, с. 153-160. ISSN 1313-7530.

МАНОЛОВА Р., 2023, Вграждане и представяне на обект от SOLIDWORKS в добавена реалност, Българско списание за инженерно проектиране, бр.46, с. 37-44. ISSN 1313-7530.

МАНОЛОВА Р., 2026, Вграждане и представяне на 3D обекти от SOLIDWORKS в среда на добавена реалност чрез мобилното приложение eDrawings, Основи и технически средства за конструиране, бр. 1, с. 320–330. ISSN 3134-1802.

СТОИЛОВ Т. 2008 , Машини и процеси в трикотажното производство. София: издателство на Технически университет - София. ISBN 978-954-438-679-5

REFERENCES

MANOLOVA R., 2023, Animation and automated simulation of the process of disassembling and assembling a thread guide for a flat knitting machine in SOLIDWORKS Composer, Bulgarian Journal of Engineering Design, issue 46, pp. 144-152. ISSN 1313-7530.

MANOLOVA R., 2023, Embedding and presenting animation from SOLIDWORKS Composer in augmented reality, Bulgarian Journal of Engineering Design, issue 46, pp. 153-160. ISSN 1313-7530.

MANOLOVA R., 2023, Embedding and presenting an object from SOLIDWORKS in augmented reality, Bulgarian Journal of Engineering Design, issue 46, pp. 37-44. ISSN 1313-7530.

MANOLOVA R., 2026, Embedding and Presenting 3D Objects from SOLIDWORKS in an Augmented Reality Environment via the EDRAWINGS Mobile Application, Fundamentals and Technical Means for Design, Issue 1, pp. 320–330. ISSN 3134-1802.

STOILOV T. 2008, Machines and processes in knitwear production. Sofia: Publishing House of the Technical University - Sofia. ISBN 978-954-438-679-5

COMPARISON OF THE FUNCTIONALITY AND VISUALIZATION OF SOLIDWORKS 3D OBJECTS IN AUGMENTED REALITY USING THE EDRAWINGS AND XR.PLUS APPLICATIONS

Abstract. This paper describes the presentation of modern designs for key components of the knitting mechanism in automatic flat-bed knitting machines as 3D objects using augmented reality. The designed assemblies were modeled using the SOLIDWORKS CAD system and saved in two separate states (two files): assembled and disassembled. SOLIDWORKS allows files to be saved in various formats suitable for visualization on different devices, including those utilizing cloud technologies. This study presents the capabilities of the augmented reality visualization and file-sharing applications eDrawings and XR.Plus - which employ cloud technology—focusing on their functionality and the presentation of the objects.

Keywords: automatic flat knitting machines, 3D, SOLIDWORKS, SOLIDWORKS Composer, augmented reality, XR.Plus, eDrawings

Dr. Rositsa Manolova, Assist. Prof.
Department „Fundamentals and Technical Means of Design”,
Technical University of Sofia,
Bulgaria
E-mail: rositza_manolova@tu-sofia.bg

Dr. Desislava Georgieva, Assist. Prof.
Department „Fundamentals and Technical Means of Design”,
Technical University of Sofia,
Bulgaria
E-mail: desy@tu-sofia.bg

Dr. Svetlana Yaneva, Assist. Prof.
Department „Fundamentals and Technical Means of Design”,
ORCID ID: 0009-0004-4776-2317
Web of Science Researcher ID: ACH-4282-2022
Technical University of Sofia,
Bulgaria
E-mail: svetlana_ianeva@tu-sofia.bg

ПОДХОДИ ПРИ КОНСТРУКТИВНОТО ГРАФИЧНО ДОКУМЕНТИРАНЕ НА МНОГОКОМПОНЕНТНИ МЕБЕЛИ СЪС СЛОЖНА ПРОСТРАНСТВЕНА ФОРМА

гл. асистент д-р Теодора Пешева

Техническия университет – София

Резюме. В доклада се разглеждат особеностите при конструктивното графично документиране на многокомпонентни мебели, при които се съчетават различни материали, конструктивни слоеве и допълнителни функционални системи. Целта е да се изведе методически подход за определяне на необходимия състав на документацията според вида на мебелта, конструктивното ѝ решение, начина на свързване на отделните части и наличието на допълнителни компоненти. Разглеждат се основните графични средства за представяне на конструкцията и приложимите стандарти за техническо чертане, оразмеряване и обозначаване на съставните части..

Ключови думи: конструктивно документиране, техническо чертане, мебелни конструкции, конструктивни съединения, графична документация.

Въведение

При проектирането на мебели графичната документация трябва да предава не само външната форма на изделието, но и информацията, необходима за изработването и сглобяването му. При по-прости конструкции тази информация може да бъде представена с ограничен брой изгледи и детайли. Когато обаче мебелта включва различни конструктивни елементи, материали, меки слоеве или допълнителни функционални системи, съставът на документацията се усложнява.

Това се отнася особено за изделия със сложна пространствена форма, при които отделни части могат да имат различна геометрия, начин на изработка и връзка с останалите компоненти. Общите изгледи невинаги са достатъчни за изясняване на вътрешната конструкция, съединенията и последователността на сглобяване. В такива случаи се налага използването на сечения, конструктивни детайли, разглобени изображения и допълнителни схеми. (Кючуков и Живков, 2016; Маринова и др., 2023)

Съставът на графичната документация не може да бъде определен по един и същ начин за всички мебели. Той зависи от вида на изделието, конструктивното му устройство, използваните материали, начина на свързване на частите и наличието на допълнителни компоненти. Поради това изборът на чертежи трябва да следва анализа на конкретната конструкция, а не предварително зададен комплект от графични материали.

1. Основни средства и стандарти за графично представяне

Целта на настоящия доклад е да се разгледат начините за графично представяне на многокомпонентни мебели със сложна пространствена форма и да се предложи методически подход за определяне на необходимата документация според конструктивните особености на изделието.

При конструктивното документиране се използват различни графични средства в зависимост от вида на информацията, която трябва да бъде предадена. Общите изгледи представят формата и основните размери на мебелта. Сеченията представят вътрешното устройство, а конструктивните детайли дават повече информация за отделни връзки, съединения и монтажни решения. При изделия с множество компоненти разглобените изображения могат да покажат взаимното им разположение и връзката между отделните части в схеми. (Кючуков и др., 2021; Петрова, 2022)

Общите правила за изпълнение на технически чертежи в 2D и 3D са разгледани в ISO 128-1:2020. Стандартът определя общата рамка на техническото представяне и структурата на серията ISO 128, но конкретните правила за отделните графични елементи следва да се търсят и в съответните части на серията [1].

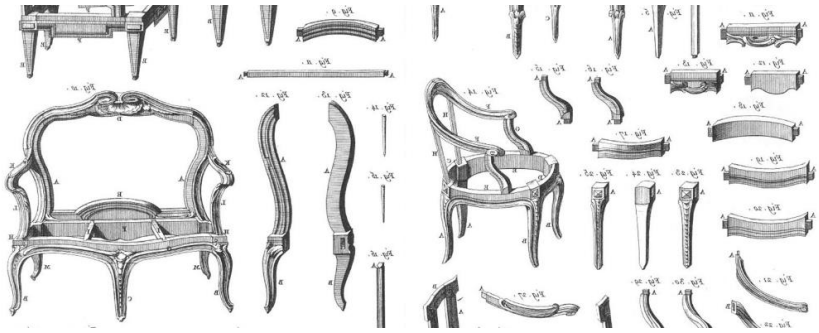
Ортогоналните изгледи дават възможност да се представят формата, пропорциите и размерите на изделието в основните му проекции. При тях е важно изгледите да бъдат съгласувани, така че формата и взаимното разположение на елементите да могат да бъдат разчетени еднозначно. Методите за ортогонално представяне са предмет на ISO 5456-2:1996. [2]

При сложни пространствени форми ортогоналните изгледи могат да бъдат допълнени с аксонометрични изображения. Те дават по-цялостна представа за формата и разположението на компонентите, а при разглобено представяне могат да изяснят взаимното им положение. Основните методи за аксонометрично представяне са разгледани в ISO 5456-3:1996. [3]

Оразмеряването трябва да осигурява необходимата информация за изработването на отделните части и за тяхното сглобяване. Размерите се подбират според конструктивното предназначение на елемента, като се избягват неясноти и противоречия между отделните изгледи. Общите принципи за представяне на размери и свързаните с тях допуски са определени в ISO 129-1:2018. [4]

При сглобени изображения с множество части отделните компоненти могат да бъдат обозначени с позиционни номера, свързани със списък на съставните части. Това улеснява идентифицирането им и връзката между графичното представяне и спецификацията. Правилата за представяне на позиционни означения в сглобени изображения са предмет на ISO 6433:2012.[5] Данните в основните надписи и заглавните полета на техническите документи се разглеждат в ISO 7200:2004. [6]

Посочените стандарти уреждат различни аспекти на техническото представяне, но не определят универсален комплект чертежи за всяка мебел. Необходимите изгледи, сечения, детайли и спецификации се избират според конструкцията и информацията, която трябва да бъде осигурена за изработването и сглобяването на конкретното изделие.



фиг. 1 – Схема на сглобяване на дървени елементи на кресло (/www.core77.com/posts/48815/furniture-design-reference-diagrams-of-18th-century-furniture-broken-down-into-its-components)

2. Конструктивни особености и отражението им върху документацията

Първата стъпка при определяне на състава на документацията е да се установи какъв вид мебел се разработва и как е изградена тя. При стол например конструкцията може да включва носеща рамка, опори, седалка и облегалка, докато при корпусната мебел основните елементи могат да бъдат страници, дъна, рафтове, врати и други части. При тапицираните изделия към носещата конструкция се добавят елементи, които осигуряват опора и оформят меките части.

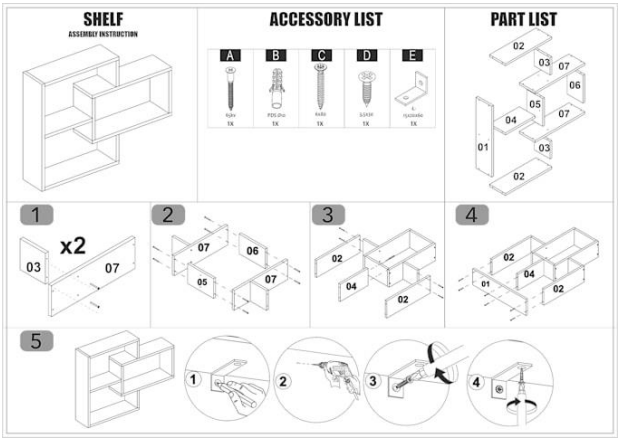


фиг. 2 Схема на сглобяване на конструктивни части и тапицерия на диван (tiptopfurniture.com/modern-furniture-designs/s)

След определяне на конструкцията се разглеждат начините на свързване на отделните елементи. Те могат да бъдат разглобяеми или неразглобяеми, като изборът зависи от материала, натоварването, технологията на изработка и необходимостта от последващ демонтаж. При механични съединения може да се наложи да бъдат показани крепежните елементи, отворите, разположението им и необходимите размери. При лепени, заварени или други неразглобяеми връзки начинът на изпълнение трябва да бъде изяснен, когато не може да бъде разчетен от общия чертеж. В зависимост от сложността на възела това се постига чрез увеличен детайл, сечение или допълнително указание. Материалът и геометрията на отделните части също влияят върху необходимото графично представяне. При плоскостни елементи трябва да бъдат ясни основните размери и дебелините, а при криволинейни или пространствено сложни детайли може да се наложи допълнително представяне на профила, сеченията или начина на оформяне. Когато различните части са изработени от различни материали, информацията за тях трябва да бъде свързана с позиционните означения и спецификацията. При меката мебел документацията трябва да отчита не само носещата конструкция, но и състава на меките части. В зависимост от изделието те могат да включват еластични колани, пружинни системи, пълнежи, междинни слоеве и тапицерия. Когато разположението и последователността на тези елементи не могат да бъдат изяснени от общите изгледи, се използват сечения, детайли и спецификации. При специфично оформена тапицерия може да е необходима допълнителна информация за отделните части, шевовете, кантовете и начина на закрепване. (Smardzewski , 2015; Simmons and other, 2020)

Отделно внимание изискват мебелите, в които са интегрирани допълнителни функционални системи. Това могат да бъдат осветителни тела и подсветки, електронни

устройства, високоговорители, механизми за управление или други компоненти. В такива случаи трябва да се установят местоположението им, необходимото монтажно пространство, начинът на закрепване и връзката им с останалата конструкция. При вградено осветление например общият изглед може да покаже разположението на светлинните елементи, но за изясняване на интеграцията им може да са необходими сечение и конструктивен детайл. Когато системата включва захранване, управление и кабелни връзки, документацията може да бъде допълнена със съответната схема и спецификация. Необходимият набор зависи от конкретната система и не следва да се приема като задължителен за всяко изделие. Тези особености показват, че външната форма сама по себе си не е достатъчна за определяне на графичната документация. Необходимо е да се разгледат конструктивните елементи, съединенията, материалите и допълнителните системи, за да се установи каква информация трябва да бъде представена и по какъв начин. (Tornincasa, 2024)



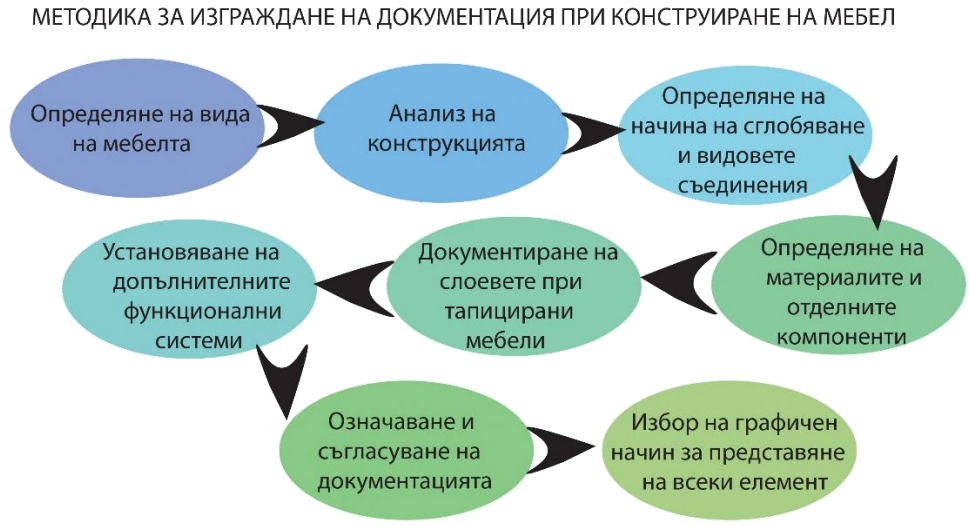
фиг. 3 Схема на съединения (https://www.fiverr.com/natiqjafar/create-instruction-manual-for-furniture)

3. Методически подход за определяне на състава на графичната документация

Предложеният подход започва с определяне на вида на мебелта и преминава към анализ на конструкцията, съединенията и отделните компоненти. Целта е съставът на документацията да бъде изведен от особеностите на изделието, вместо да се използва един и същ набор от чертежи независимо от конструктивното решение. Първоначално се определят видът и предназначението на мебелта, след което се разглежда конструкцията ѝ. Установяват се основните носещи елементи, частите, които оформят изделието, и компонентите с допълнителна функция. На този етап се изяснява как отделните елементи

изграждат общата форма и кои от тях имат съществено значение за устойчивостта, сглобяването или функционирането на мебелта. Следва анализ на съединенията между отделните части. Определят се видовете връзки, начините на закрепване и необходимата информация за тяхното изпълнение. В зависимост от конкретния случай може да се наложи представяне на отворите и крепежните елементи, размерите на контактните повърхности, монтажното положение или последователността на сглобяване. Ако връзката не може да бъде разчетена от общите изгледи, тя се представя чрез отделен конструктивен детайл. След това се уточняват материалите и характеристиките на компонентите. За всяка част се определя коя информация е необходима за изработването ѝ и за връзката ѝ с останалата конструкция. При многослойни меки части се установяват последователността и дебелините на слоевете, а при тапицерия със специфично оформяне се преценява дали са необходими допълнителни детайли или информация за отделните части.

Схема.1



.

Когато мебелта включва допълнителни функционални системи, те се разглеждат отделно във връзка с конструкцията. При осветление и подсветка се определят разположението на светлинните елементи, начинът на закрепване, необходимото пространство и достъпът за обслужване. Ако има електронни устройства, управление или кабелни връзки, се преценява каква допълнителна графична информация е необходима. Тя може да включва монтажни детайли, схеми и спецификации, съобразени с конкретното решение. Едва след този анализ се избира начинът за графично представяне на отделните

елементи и възли. Общите ортогонални изгледи показват формата и основните размери; сеченията разкриват вътрешното устройство; аксонометричните и разглобените изображения изясняват взаимното положение на частите; конструктивните детайли представят съединенията и закрепванията. Спецификациите свързват позиционните означения с материалите и компонентите, а при необходимост се добавят схеми за допълнителните функционални системи. В края се проверява дали избраният комплект осигурява необходимата информация за изработване, сглобяване и обслужване на изделието. Съгласуват се размерите и означенията между изгледите, детайлите и спецификациите. Проверява се дали всеки съществен компонент може да бъде разпознат и дали начинът на свързване е достатъчно ясно представен. Тази последователност позволява да се разграничат общите графични средства от документацията, която е необходима само при определени конструктивни решения. По този начин съставът на чертежите се определя според вида на мебелта, конструкцията, съединенията, материалите и наличието на допълнителни системи.

Заключение

Конструктивното графично документиране на многокомпонентни мебели със сложна пространствена форма изисква съобразяване с устройството на конкретното изделие. Видът на мебелта, конструктивните елементи, съединенията, използваните материали и допълнителните функционални системи определят каква информация трябва да бъде представена и кои графични средства са подходящи за тази цел. Предложеният методически подход поставя анализа на конструкцията и съединенията преди избора на конкретните чертежи. Това позволява документацията да се изгради според реалните особености на изделието, като се включват необходимите изгледи, сечения, детайли, разглобени изображения, спецификации и допълнителни схеми. Стандартите за техническо представяне, проектиране, оразмеряване и обозначаване осигуряват обща основа за изготвянето и разчитането на чертежите. Методическият подход допълва тази основа, като насочва избора на документация към конструктивните особености на конкретната мебел, вместо да предполага единен комплект за всички изделия.

БЕЛЕЖКИ

1. International Organization for Standardization. ISO 128-1:2020. Technical product documentation (TPD) — General principles of representation — Part 1: Introduction and fundamental requirements. 2020. https://www.iso.org/standard/65296.html

2. International Organization for Standardization. ISO 5456-2:1996. Technical drawings — Projection methods — Part 2: Orthographic representations. 1996. https://www.iso.org/standard/11502.html

3. International Organization for Standardization. ISO 5456-3:1996. Technical drawings — Projection methods — Part 3: Axonometric representations. 1996. https://www.iso.org/standard/11503.html

4. International Organization for Standardization. ISO 129-1:2018. Technical product documentation (TPD) — Presentation of dimensions and tolerances — Part 1: General principles. 2018. https://www.iso.org/standard/64007.html

5. International Organization for Standardization. ISO 6433:2012. Technical product documentation — Part references. 2012. https://www.iso.org/standard/51527.html

6. International Organization for Standardization. ISO 7200:2004. Technical product documentation — Data fields in title blocks and document headers. 2004. https://www.iso.org/standard/35446.html

ЛИТЕРАТУРА

1. Кючуков, Г., Живков, В. Конструиране на мебели: конструктивни елементи и съединения в мебелите. София: Бисмар, 2016. ISBN 978-954-91648-5-5.

2. Маринова, А., Живков, В., Симеонова, Р., Петрова, Б. Оразмеряване на мебели: ръководство за упражнения. 2. изд. София: Авангард Прима, 2023. ISBN 978-619-239-919-1.

3. Кючуков, Г., Кючуков, Б., Буров, И., Живков, В. Изисквания към мебелите, вратите, прозорците и изделията от дървесина и дървесни материали според европейските стандарти. София: Авангард Прима, 2021. ISBN 978-619-239-560-5.

4. Петрова, Б. Възможности за конструиране на мебели от тънки плочести конструктивни елементи. Дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен „доктор“. София, 2022.

5. Smardzewski, J. Furniture Design. Cham: Springer International Publishing, 2015. ISBN 978-3-319-19533-9. DOI: 10.1007/978-3-319-19533-9Attachment.png.

6. Tornincasa, S. Technical Drawing for Product Design: Mastering ISO GPS and ASME GD&T. Cham: Springer, 2024. DOI: 10.1007/978-3-031-51187-5Attachment.png.

7. Simmons, C. H., Maguire, D. E., Phelps, N. Manual of Engineering Drawing: Technical Product Specification and Documentation to British and International Standards. 5th ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2020. ISBN 978-0-12-818482-0.

REFERENCES

Kyuchukov, G., Zhivkov, V. (2016). Furniture Construction: Structural Elements and Joints in Furniture. Sofia: Bismar. ISBN 978-954-91648-5-5.

Marinova, A., Zhivkov, V., Simeonova, R., Petrova, B. (2023). Furniture Dimensioning: Exercise Manual. 2nd ed. Sofia: Avangard Prima. ISBN 978-619-239-919-1.

Kyuchukov, G., Kyuchukov, B., Burov, I., Zhivkov, V. (2021). Requirements for Furniture, Doors, Windows and Products Made of Wood and Wood-Based Materials According to European Standards. Sofia: Avangard Prima. ISBN 978-619-239-560-5.

Petrova, B. (2022). Possibilities for the Construction of Furniture from Thin Panel Elements. Doctoral dissertation. Sofia.

Smardzewski, J. (2015). Furniture Design. Cham: Springer International Publishing. ISBN 978-3-319-19533-9. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19533-9

Tornincasa, S. (2024). Technical Drawing for Product Design: Mastering ISO GPS and ASME GD&T. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-51187-5

Simmons, C. H., Maguire, D. E., Phelps, N. (2020). Manual of Engineering Drawing: Technical Product Specification and Documentation to British and International Standards. 5th ed. Oxford: Butterworth-Heinemann. ISBN 978-0-12-818482-0.

Smardzewski, J. (2015). Technical Documentation. In: Furniture Design. Cham: Springer International Publishing, pp. 285–317. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19533-9_5

APPROACHES TO THE STRUCTURAL GRAPHIC DOCUMENTATION OF MULTICOMPONENT FURNITURE WITH COMPLEX SPATIAL FORMS

Abstract. The paper examines the specific features of the technical documentation of multi-component furniture with complex spatial forms, combining different materials, structural layers, and additional functional systems. The aim is to develop a methodological approach for determining the required scope of documentation according to the type of furniture, its structural design, the methods used to connect individual components, and the presence of additional elements. The main graphical methods for representing the construction and the applicable standards for technical drawing, dimensioning, and the identification of components are discussed.

Keywords: technical documentation, technical drawing, furniture construction, structural joints, graphical documentation.

Dr. Theodora Pesheva, Assist. Prof.
ORCID iD: 0009-0000-0074-2969
Technical University of Sofia,
Bulgaria
E-mail: t.pesheva@tu-sofiap.bg

ОТНОСНО ЕВРИСТИЧНИТЕ ОСНОВИ НА ПРОЕКТИРАНЕ НА ТЕХНИЧЕСКИТЕ ОБЕКТИ. ЧАСТ 3: ЗАДАЧИ

Проф. д-р Михаил Лепаров

Технически университет- София

Резюме. Целта на настоящата работа е да очертае евристичните основи на проектирането на техническите обекти по отношение на евристичните задачи, явяващи се част от структурните елементи, участващи при решаването на евристични проблеми – технически обект, задача, метод, човек и идеи. Работата е продължение на други две публикации на автора, посветени съответно на твърдения и евристични методи в областта на евристичното проектиране. В изследването са представени 16 твърдения (обобщено понятие за закони, закономерности, принципи и правила) за евристични задачи, обосновани в среда от множество взаимосвързани евристични твърдения. Предложени са някои евристични принципи, изведени от част от твърденията. Разкрити са 27 на брой пътища за търсене на евристични задачи, на базата на които е възможно създаването на методи за търсене на задачи и са представени обобщено такива методи. Предложените изследвания са резултат на логичен анализ. Те могат да се използват в инженерната практика, както и при обучението на студенти в технически ВУЗ-ове.

Ключови думи: евристика, евристично проектиране, технически обект, евристични твърдения, евристични задачи

Приети съкращения: еИ- евристична идея, еЗ- евристична задача, еМ- евристичен метод, еЧ- „евристичен“ човек, ПП- процес на проектиране, СЕ- сглобена единица,ТО- технически обект, АІ- изкуствен интелект.

Заб.1. Префикс „е“, последван от главна буква, напр. еЗ, еМ и др. или префикс „е_“, последван от малка буква, напр. е_връзка, е_безкрайност и др. означава „евристичен“.

Заб.2. Тези съкращения се използват за ед. и мн. число на съответните термини.

1. Въведение

В част 1 (Лепаров 2024а) и част 2 (Лепаров 2024б) са разгледани евристичните основи (е_основи) на проектирането по отношение съответно на Твърдения (закони, закономерности,

принципи и правила) и Методи. Към евристичните основи на проектирането може да се предложи и се причисли и науката/ частта „Евристична геометрия“, която според автора може се дефинира като всяка геометрия, независимо от нейния вид, свойства и начин на представяне, която участва в явна или скрита форма при решаването на евристична задача или се явява резултат на решението на евристична задача. Обект на е_геометрия е евристичното геометрично проектиране, а нейният предмет- определение на геометрията на технически обект.

Целта на настоящата работа е да очертае евристичните основи на проектирането на техническите обекти (ТО) по отношение на евристичните задачи (еЗ), явяващи се част от структурените елементи, участващи при решаването на евристични проблеми (Лепаров 2024а) - ТО, задача (еЗ), метод (еМ), човек (еЧ) и идеи (еИ).

Разкриване на задачи, поставяне на задачи за решаване, проектиране на задачи е съществена творческа дейност. Тя е от особено значение за научния работник, тя е важна за всеки човек, който участва в творчески процес. Осъзнаване на наличие на проблем (съществуващ или приет с цел намиране на по- добър вариант на даден обект) само по себе си е първостепенен въпрос, тъй като чрез него става възможно: а) поставянето на задача и б) стартиране процеса на неговото разрешаване. Формулирането на еЗ канализира мисленето и дава възможни насоки за анализ за търсене на еИ. Търсенето и поставянето на задачи е важна черта за всеки изследовател, за всеки участник в процеса на проектиране (ПП) на ТО, за всеки студент, обучаван в творческа дейност.

2. Твърдения

„Твърдение” в настоящата работа се приема като обобщаващ и заместващ термините „закон”, „закономерност”, „принцип” и „правило”. Обосновка за това приемане е направена в (Лепаров 2023б). В една част от твърденията, дадени по- долу, се използва понятието **безкрайност**, която е общоприетото в математиката понятие за безкрайност. В друга част се използва понятието **евристична безкрайност** (Лепаров 2010б), под което се разбира съвкупност от елементи, чийто брой е голямо число (за голямо е прието числото 100 000), а в трета част- **практическа безкрайност**, под която се разбира толкова голяма съвкупност от елементи, чийто брой е крайно число, но много по-голям от този на евристичната безкрайност, толкова голям, че практически може да се счита за безкраен.

Твърдение 1

Всяка задача може да бъде решена и по друг начин/метод.

(задачата е евристична) Основание: Съгласно (Лепаров 2010б, Твърдение 18) всяка правилна еЗ (правилна е задачата, която не противоречи на установените закони и закономерности) може да се реши и по друг начин (метод).

(задачата е неевристична) Основание: Всяка неевристична задача може да бъде обявена за евристична. Тъй като за невристичната задача съществува метод за решение, то тя е решима, което от своя страна означава, че евристичната задача е правилна. За всяка правилна еЗ важи (Лепаров 2010б, Твърдение 18), разгледано по- горе.

Твърдение 2 (Лепаров 2023б, Твърдение 20).

Решаването на задачи, вкл. и евристични задачи, се основава на търсене на връзки.

Твърдение 3 (Лепаров 2010б, Твърдение 17)

От всяка еЗ може да се получи нова еЗ.

Твърдение 4

Всяка учебна задача може да реализира две цели: основна - усвояване и/или контрол на усвояването на учебен материал (за обучаемия: усвояване на метод и методология на решаване на клас задачи, затвърждаване на знания и умения, подготовка за приложение на задачата в практиката; за обучаващия или самообучаващия: управление/контролиране на процеса на обучение); **допълнителна- реализиране на допълнително, извън основното, обучение или проверка на допълнително знание.** Основание: Първата цел е очевидна- това е предназначението на всяка учебна задача. Втората цел реализира допълнително обучение (или проверка на допълнителни знания) в прието направление, напр. конкретни факти за обекта, елементи на: теория на проектиране, ТО, теория на евристиката, еМ, еЗ, еИ, еЧ, елементи на жизнен цикъл, описания, характеристики, основни идеи, функции, структура, закони, закономерности и принципи, терминология и др. (конкретни или теоретични знания).

Типичен пример за основна цел- математична задача и допълнителна цел- представяне на исторически и др. събития в математичната задача, представлява (Ботев 2024).

Твърдение 5

Формите (начините) на представяне на всяка еЗ съставят е_безкрайност.

Твърдението може да се разглежда от две гл.т.: гл.т.1) една и съща еЗ с един и същ ТО и гл.т.2) една и съща еЗ с различни ТО.

(Гл.т.1): Основание 1: Всяка еЗ може да се проведе във вид на всяка игра (Твърдение 10), а броят на игрите съставят практическа безкрайност (Твърдение 14). Всяка игра може да се

приеме за форма/ начин на представяне на еЗ. Основание 2: Всеки ТО може да се представи с множество описания; за някои видове описания вж. (Лепаров 2022). Задачата „Да се намерят възможните описания на ТО“ е правилна еЗ, а съгласно Твърдение 49 на (Лепаров 2010б) решенията за всяка правилна еЗ съставят е_безкрайност. Всяко описание от тази е_безкрайност се явява форма/начин на представяне на еЗ. Основание 3: Към всяка еЗ може да се предложи клас обекти, които да служат за донор при търсене на решение. Броят на класовете ТО съставя е_безкрайност (вж. Основание 1 на гл.т.2), а съгласно Твърдение 16 на (Лепаров, М., 2023а) всеки ТО може да бъде използван като отправна точка за проектирането на геометрията на всеки друг ТО.

(Гл.т.2): Основание 1: В 80-те години на миналия век броят на класовете ТО (Половинкин 2024) се е оценявало приблизително на 50 000 при среден брой на различните детайли в най- сложните сглобени единици (СЕ) - 10 000, а в съответствие с (Половинкин 1985, хипотеза на закона а нарастване на разнообразието на ТО) разнообразието на ТО в техносферата на света, страната или на отрасъл,...във времето нараства монотонно и ускорено по експоненциална крива. Като се отчита статистиката на нарастването на ТО в историята на човечеството, посочена в (Половинкин 2024), може да се твърди, че към момента класовете ТО съставят е_безкрайност. Използването на една и съща еЗ, представена в обобщени термини, към всеки клас ТО, потвърждава Твърдение 5. Основания 2-4: Ако всяко от основания 1-3 от гл.т.1 се допълни към Основание 1 на гл.т.2, то тогава начините на представяне на еЗ ще съставят практическа безкрайност.

Допълнително основание: Към всяко от горните основания на Твърдението може да се присъедини като допълващо и основанието: Всяка еЗ може да се представи: а) чрез различни думи- с по-общи думи (хипероними) или по- конкретни такива (хипоними); б) със синонимни или сродни думи; по-подробно или по- съкратено описание; в) по- строго (научно) или по-опростено изложение; г) ясно или недостатъчно ясно (с цел насочване към рискови от гл.т. на успех, но заслужаващи си при успех решения); д) чрез „екстремен“ вариант на последния вид представяне- погрешно такова (с или без обявяване на грешката); е) чрез всяко от горните представяния или в различни техни комбинации.

Заб. Различните основания за Твърдение 5, както и за останалите твърдения, представят различна гл.т. за него и разкриват разнообразни възможности за неговото практическо използване.

Твърдение 6

Всяка учебна еЗ може да се модифицира- по отношение на основна цел- и/или по отношение на допълнителна цел. Основание 1: (по отношение на основната цел) Съгласно Твърдение 5 на (Лепаров 2010б) модификациите на евристичен обект, а в случая той е еЗ, съставят е_безкрайност; (по отношение на допълнителната цел)- допълнителната цел обхваща

цялото знание на теорията на проектиране, а последната се състои от голямо множество възможни единици знание. Основание 2: Всяка еЗ може да се представи чрез множество форми (Твърдение 5), а всяка форма подпомага както решаване на еЗ, така и обучението в нейното решаване.

Твърдение 7

Всяка задача от ПП пряко или косвено е свързана с геометрия. Основание 1: Съгласно Твърдение 8 на (Лепаров 2023а) всяка дейност в процеса на проектиране на ТО е свързана пряко или косвено с геометрия, а всяка дейност пък е предпоставена от дефинирана задача.

Твърдение 8

Липсата на решение (или на добро решение) изисква промяна на: еЗ. или на еМ, или на еЧ, или на еИ, или на ТО, или на тяхна комбинация. Основание: Елементите на процеса на решаване на е_проблем по (Лепаров 2024а, форм.1) са ТО, еЗ, еМ, еЧ и еИ. За всички елементи съществуват множество варианти, които варианти са възможни за конкретния проблем, поради което се явяват възможни променливи. Промяната на някой от елементите поражда нови възможности за намиране на решение.

Някои възможности за промени са:

- еЗ: чрез операции над еЗ, методи за проектиране на еЗ (т.4), пътища за разкриване на еЗ (т.3),
- еМ: чрез смяна на еМ (Лепаров 2024б), операции над еМ (Лепаров 2014),
- еЧ: чрез смяна на еЧ; използване на друг тим от еЧ,
- еИ: чрез операции над еИ (Лепаров 2014),
- ТО: чрез геометрични преобразования (Лепаров 2016а), операции над ТО (Лепаров 2014).

Твърдение 9 (Лепаров 2010б, Твърдение 12)

Броят на еЗ на даден е_проблем е голямо число (образуват е_безкрайност). Допълнително основание: Броят на решенията на еЗ съставят е_безкрайност (Лепаров 2010б, Твърдение 49). Всяко решение има своя специфика, която в някаква степен може да бъде отразена в еЗ, от което следва, че всички еЗ на даден е_проблем ще съставят е_безкрайност.

Заб. В процеса на съставяне на еЗ решенията още не са известни, поради което точното формулиране на задачата от гл.т. на особености на решението не е възможно. Стойността на това твърдение се състои в теоретичното обосноваване на съществуването на значително количество

възможни еЗ, което позволява част от тях да съдържат хипотетични елементи, които да се вземат предвид или да се игнорират при решането на задачите. Тези елементи насочват еЧ в търсенето на еИ на проблема.

Твърдение 10

Решаването на всяка еЗ може да се проведе във вид на игра. Основание 1: Играта представлява организация на решаването на задача, тя не е метод за решаване, не е същност, не е съдържание на процеса, а е само форма на неговото представяне. Основание 2: Всяка задача може да се решава във вид на състезание, а това я превръща в игра.

Твърдение 11

Решаването на всяка еЗ може да се проведе чрез използване на всяка съществуваща игра. Основание 1: Всяка игра (умствена, физическа, виртуална, др.) се състои задължително от правила, на базата на които се провежда, обикновено включва материална база (принадлежащи й материални обекти), участници и цел на играта. Като част от което и да е правило или като допълнително правило може да се включи „Да се реши част или цяла еЗ“. Основание 2: Съгласно Твърдение 48 на (Лепаров 2010б) всеки елемент (обобщаващо понятие за ТО, произволен обект, процес, ситуация, ефект, функция, ресурс и др.) може да бъде основа (отправна точка) за търсене на решение на евристична задача, а многото елементи в една игра дават множество различни възможности. Евристичен метод за използване на произволна игра за решаване на еЗ е даден в (Лепаров 2008). Основание 3: Всяка игра може да се промени, така че да се включи решаването по някакъв метод/методи на еЗ. Това заключение следва от Твърдение 6 на (Лепаров 2010б), съгласно което всеки елемент (обобщаващо понятие за произволна дума/термин) може да се промени. Основание 4: Задачата „Как да се използва дадена игра за решаване на еЗ“ е правилна задача и като такава е решима евристична задача чрез съответни еМ. Основание 5: Разработените от автора значителен брой инженерни игри, макар и в ограничена степен, практически потвърждават твърдението. Някои от игрите са обобщени в т.5.

Заб. 1. За да се използва всяка игра, към всяка задача трябва и играта и задачата подходящо да се приспособят една към друга.

Заб. 2. Създаването на специални игри, които са проектирани само за решаването на еЗ, е една реална и решима задача.

Твърдение 12

Всяка игра притежава евристичен потенциал. Основание 1: Настоящото твърдение е перифраза на Твърдение 11**.** Основание 2: Материалната база на играта, тази на околната среда и на играчите, комуникацията между играчите, между присъствашите хора и др. може да се

използва за решаването на задачата- съгласно Твърдение 48 на (Лепаров 2010б) всеки елемент (обобщаващо понятие за произволен обект) може да бъде основа (отправна точка) за търсене на решение на еЗ.

Необятният свят на игрите съдържа големи възможности за решаване на еЗ в забавна форма.

Твърдение 13

Всяка игра, за която еЧ притежава необходимите знания и умения за участие, може да се използва за решаването на еЗ (реална или учебна). Основание: Твърдението е следствие от Твърдение 11, като се отчитат необходими условия за участниците в играта.

Твърдение 14

Броят на игрите е практически безкрайно голям. Основание 1: Съгласно Твърдение 15 всяка игра може да се модифицира, а броят на модификациите съставят е_безкрайност. Всяка модификация може да се счита за нова игра, защото се различава от изходната такава. Множеството съществуващи игри и техните модификации съставят практическа безкрайност. Основание 2: Всеки обект може да служи за основа за игра, защото еЗ „Да се състави игра, включваща този обект“ е правилна еЗ и следователно съгласно Твърдение 11 на (Лепаров 2010б) всяка правилна еЗ е решима задача. Обектът може да е част от материалната база и/или правилата и/или целта на играта. Тъй като броят на видовете реални обекти е безкрайно голям (Лепаров 2022б, Твърдение 21), то и броят на игрите е безкрайно голям. Основание 3: Във всяка държава съществуват множество местни игри- оригинални или приспособени; във всяка държава във времето игрите се увеличават; някои от тях се променят, други отпадат, появяват се нови. Всяко ново поколение използва и нови игри, всяко дете си измисля множество свои варианти на игри в зависимост от особеностите на околната среда. Тук може да се отбележи настоящият темп на нарастване на компютърните игри, както и темпът на промяна на технологиите, а с тях и появата на нови игри. Очевидно съвкупността от всички игри на всички държави в течение на историята на човечеството представлява огромно множество, практически безкрайно голямо. Основание 4: Във всяка изходна игра може да се промени, замени, отмени правило или да се добави ново правило; същото се отнася и за елементи от материалната база, участниците и целите. Тази възможност важи и за получените нови игри от изходната игра и т.н. Примери за промяна на игра са дадени в (Лепаров, Вичева, Георгиев 2015, метод „Отрицание на признаци“). Множеството съществуващи игри и множеството верижни възможности за тяхната промяна потвърждават твърдението. Основание 5: Ако правилата на всички игри (или голяма част от тях) се съберат в списък и се направят комбинации от определен брой правила, ще се получат практически неограничен брой комбинации. Всяка комбинация може да се коригира от несъответствия като се реши еЗ „От комбинацията да се проектира игра“.

Твърдение 15

Всяка игра може да се промени, а броят на вариантите й съставят е_безкрайност. Основание: Това твърдение е следствие на Твърдение 5 на (Лепаров 2010б), съгласно което модификациите на е_обект съставят е_безкрайност (броят им е голямо число), като под е_обект се разбира обектът на изследване на евристичната дейност, а в случая той е „игра“.

Твърдение 16

Върху всяка игра може да се приложат операциите „Модификация на е_обект“, „Трансформация на е_обект“ и „Мултипликация на е_обект“ с цел търсене на нейни варианти. Основание: Трите операции са разгледани в (Лепаров 2014) и се отнасят до обектите еМ, еЗ, еИ, ТО и др., като всяка от тях е придружена от еМ за нейното приложение. Анализът на алгоритмите на всеки от методите, по които се прилагат трите операции показва, че тези методи могат да се прилагат към всеки обект, чието описание е текстово. Тъй като всяка игра се придружава от текстово описание, тя отговаря на това условие и следователно търсенето на варианти на играта може да стане чрез методите на трите операции.

За отбелязване е, че:

- при колективната игра освен решаване на еЗ по приятен начин, е налице и подсъзнателно усвояване от всеки участник на част от евристичния опит на останалите членове на тима, както и в някава степен неосъзнато присъстват елементи на мозъчна атака;

- самата игра се променя от въвеждането на еЗ и се преобразува в модификация на оригиналния вариант.

В (Иванов и др. 1995) игровият принцип се определя като субективен закон на творчеството и чрез него се реализира обучение в творчество.

Някои други твърдения, имащи пряко отношение към разглежданата тема са предложени и обосновани в: (Лепаров 2012)- 6 бр. интерпретирани ,твърдения от (Лепаров 2010б) , (Лепаров 2010б)- 16 бр., (Лепаров 2023б)- 1 бр., (Лепаров 2024а)- 1 бр.

Евристични принципи за еЗ

Някои е_принципи, свързани с еЗ и извлечени от Твърденията за еЗ са:

1. Осъзнаването на наличието на реален или възможен проблем, който изисква решение, е от първостепенно значение за стартиране и разрешаване на проблемна ситуация.

2. Всеки проблем може да се дефинира чрез множество равностойни задачи за неговото решаване.

3. Всяка еЗ може да се реши чрез множество равностойни еМ.

4. Всяка правилна еЗ има решение и то е едно от многото други решения.

5. Намирането на всички решения на еЗ е невъзможно.

Характеристика на еЗ

Дефинирането и сравнение на свойствата на евристична и неевристична задачи е представено в (Лепаров, Вичева, Георгиев 2015).

3. Пътища за разкриване на еЗ

Анализ на множество еЗ и създаваните хипотези за тяхно възможно изграждане позволява да се предложат следните възможни пътища за създаване на нови еЗ:

1. Обобщаване на решавани задачи в практиката на ПП на ТО.

2. Аналогия с други съществуващи задачи.

3. Систематизация по различни класификационни признаци на съществуващите еЗ и търсене по тях на нови еЗ чрез еМ „Морфологичен анализ и синтез“ (Лепаров, Вичева, Георгиев 2015) и (Zwicky 1969).

4. Класифициране на ПП и анализ на всеки елемент от класификацията по отношение на еЗ.

5. Трансфериране на задачи, свързани с „проектиране” в произволна дейност („проектиране” в смисъл на „създаване на нещо ново“ съществува във всяка човешка дейност).

6. Промяна на реализацията на елементите на описанията на ТО са възможни еЗ.

7. Както 6, но вместо описание на ТО се използва Техническо описание (информация за устройството на изделието, принципът на действието му, техническите характеристики и др).

8. Математичен подход при наличие на функционални зависимости, описващи ТО или част от него, т.е. формулиране на еЗ по аналогия с математическите такива.

9. Съществуващите еМ са предназначени за решаване на опеделени задачи, ето защо анализът на тези методи е път за разкриване на еЗ.

10. Използване на съществуващи еЗ за промяна на други съществуващи еЗ.

11. Създаване на еЗ по известно решение.

12. Разработване на противоположен в някакво отношение вариант на съществуваща еЗ.

13. Създаване и разкриване на мегазадачи (*под мегазадача се разбира еЗ, на базата на която могат да бъдат създадени фамилия от еЗ*).

14. Класификация на пътищата на еЗ и търсене по еМ „Морфологичен анализ и синтез“на нови пътища.

15. Декомпозиране на еЗ на няколко подзадачи.

16. Обединяване на няколко еЗ на един ТО.

17. Извършване на операции над изходна еЗ (Лепаров 2014).

18. Проектиране на специални евристични методи за търсене на еЗ.

19. Промяна на съществуваща еЗ, напр. чрез отстраняване на част от съществена информация от нея и поставяне на задание на непознаващ задачата тим да я доразвие, т.е. да възстанови по нов начин липсващата информация.

20. Обратно инженерство (*Reverse engineering*) - преоткриване и възстановяване (реконструиране) на неясни или липсващи елементи от ТО или от ПП на ТО. Част от информацията се задава, останалата се търси.

21. Съставяне на задачи при проектиране при ограничени ресурси (време, средства, материали, технологии, хора, инструменти, др.).

22. Съставяне на еЗ за разкриване на съзнателно допусната погрешна информация в модел на ТО.

23. Чрез съществуващ еМ да се решава проблема „Търсене на нов вид задача“.

24. Съставяне/систематизиране на различни дефиниции на ТО и конструиране на еЗ за промяна на елемент от тях.

25. Търсене на гл.т. върху ТО, а по гл.т. да се формулира еЗ. Въпросът за гл.т. е обсъждан в (Лепаров 2023б) и (Лепаров 2023 в).

26. Използване на AI самостоятелно или в допълнение на еЧ за всеки от пътищата.

27. Комбинация на пътища от по- горе.

За отбелязване е, че при проектиране на еЗ са налице два аспекта на процеса: а) проектиране на еЗ от преподавател за обучение на студент за ПП; б) проектиране на еЗ от студент или професионалист като част от евристично обучение или част от практическа дейност, отнасящи се до ПП на ТО.

Класификация на част от еЗ, отнасящи се до ПП на ТО е направена в (Лепаров 2004а).

4. Методи за проектиране на еЗ

В (Лепаров 2010в) се изяснява структурата на евристична техническа задача от изследователски тип и се предлага начин за нейното моделиране с цел търсене на варианти на задачата. Предложен е еМ за използване на операцията „Трансформация на еЗ“ за търсене на варианти на еЗ като се използват модули: „Различна степен на конкретност“, „Синоними и сродни думи“, „Размяна на места на думите“, „Метафори“, „Символи“ и „Др. вид включвания“.

В (Лепаров 2010а) са разработени методите „Анализ на съществуващи теми” и „Връзки” за търсене на научно- изследователски задачи и метод „Нетворчески” дейности” за търсене на творчески задачи в дейности, считани за нетворчески. Научно- изследователски еЗ за науката „Геометрия на ТО“ са представени в (Лепаров 2019).

Методите за реализирането на всяка операция над еЗ (модификация, трансформация, мултипликация), дадени в (Лепаров 2014), представляват еМ за търсене на варианти на еЗ.

В (Лепаров 2004б) са формирани модули: „Премахване на атрибутивни черти“, „Нов вид-идея-решение“, „Недостатъци“, „Добавяне на признак“, „Анализ на процес“ и „Фокусни обекти“, а в (Лепаров, Вичева, Георгиев 2015) еМ „Защо?“, чрез които се търсят възможни еЗ на един и същи е_проблем.

Методът „Декомпозиция на задача”, предназначен за концептуално .проектиране на ново изделие е предложен в (Лепаров 2016б). Разкриването на функциите на съставните части на изделието се извършва чрез декомпозиране на главната му функция на общи функции, а с това се декомпозира задачата на проектиране на множество задачи от по-ниско ниво.

Всички систематизирани по- горе еМ са представени чрез евристичен алгоритъм и са онагледени чрез примери. Методите могат да се използуват в указаните дейности в областта на теория на проектирането на ТО.

Класификация на видовете проектирания на ТО е направена в (Лепаров, Вичева, Георгиев 2015), (Otto, Wood 2000), (Pahl, Beitz, Feldhusen, Grote, 2007) и др., а систематизация на етапите на жизнения цикъл на ТО- в (Лепаров, Вичева, Георгиев 2015). Всички те се явяват и видове задачи в теорията на проектирането на ТО.

Някои универсални еЗ за произволен ТО или част от него са:

Да се усъвършенства*...(наименованието на ТО или негова част)*

Да се определят и използват свободните ресурси (празни пространства, неизползвани: повърхнини, свойства, материал, параметри и др.) на ...

Да се модифицира...

Да се анализират проблемите в жизнения цикъл на...

Да се търси нов външен вид на...

Да се търси допълнитена функция на...

Да се търси друга реализация на функцията... на...

Да се намери вариант на всеки елемент от.... *(Чертеж на общия вид, Сборен чертеж, Всеки друг вид чертеж или схема, Всяко описание на ТО и др.)*

Да се намери друго решение на... *(ТО/проблем)*

Една интересна еЗ най- общо може да бъде формулирана като „Да се използва проблем на ТО за усъвършенстване на същия ТО или на друг ТО, т.е. да се търси не решение на проблема, а да се търси полезно приложение (използване) на проблема, при което се извършва *преобразуване на проблем във възможност*“. Така дадена еЗ на изходен проблем вместо да се решава се трансформира в съвсем различна еЗ, описана по- горе. Решаването на този тип задачи може да се извършва с универсалните еМ или със специално създадени такива.

5. Евристични игри

Някои единици знания, които могат да служат като елемент от еЗ, включена в „инженерна игра“ са:

-съединения;

-детайли;

-сглобени единици;

-инженерни ефекти;

-недостатъци на ТО; ТО=СЕ или детайл;

-свободни ресурси на ТО;

-друго приложение на ТО;

-модификация на ТО;

-приложение на непотребен ТО;

-силов анализ;

-преформулиране на проблем;

-съставяне на задача;

-получаване на СЕ по зададени детайли;

-приложение на конкретен евристичен метод;

-търсене на проблем;

-опростяване на ТО;

-описване на принципа на работа на ТО;

-описание на съставните части на ТО;

-описание на главната функция на ТО;

-описание на основните функции на ТО;

-описание на физическия принцип на дей

ствие на ТО;

-различни начини на реализация на една функция;

-кинематични двойки;

-функции на детайли;

-функции на всяка повърхнина на детайл и

-др.

- *(компютърен или ръчен, или комбиниран вариант)*

1. *Карти.* На всяка карта е изобразен детайл (СЕ) или поток. Целта е от част или всички налични карти да се получи СЕ с някакво функционално предназначение.

2. *Карти (белот).* На всяка карта е изобразен детайл, като са запазени знаците, характерни за карти. Играта се изпълнява по правилата за белот като допълнително се спазват и правилата: а) налице е терца ако три детайла образуват функционална СЕ; 50- при четири детайла, образуващи СЕ и т.н. б) при наличие на карти на масата, те се взимат от този от играчите, който пръв състави СЕ и представи главната й функция.

3. *Зарчета*. Използуват се 6 зарчета, като на страните на едно от тях са дадени наименованията на СЕ (случайни или не); на страните на друго- случайни прилагателни; на трето- случайни съществителни; на четвърто- случайни глаголи; на пето- случайни предлози; на

шесто- въпросителни местоимения. Целта е чрез комбинации на думите от различни зарчета да се търсят нови функции или нов външен вид, или принцип на действие на някоя от СЕ. Чрез зарчетата се реализира метода „Фокусни обекти“ (Лепаров, Вичева, Георгиев 2015).

Вариант**:** вместо зарчета се използва кубчето на Рубик.

4. *Шах*. На дъното на всяка шахматна фигура се залепва листче с наименование от списък от ТО (ТО1). На всяко поле от шахматната дъска е дадено наименование на ТО от същия или от друг списък (ТО2). Фигура може да се премести на дадено поле освен по правилата на шахматната игра и при условие, че играчът предложи начин (вербално или чрез скициране) на приложение на ТО1 в ТО2- чрез части, свойства, функции, външен вид, материал, съединеня и др.

5. *Дама.* На всяко поле на дамата е дадено наименование на ТО. Фигура може да се премести освен по правилата на играта и при условие, че играчът открие и недостатък на ТО, посочен на съответното поле.

6. *Домино*. На всяко блокче са изобразени схематично два детайла, всеки от които е в самостоятелно поле. Целта на играта е да се получи мислено СЕ с някакво предназначение като се използуват детайлите от блокчетата. Подреждането на блокчетата е в съответствие с тази цел.

7. Не се сърди човече. В квадратчетата, по които се движат пионките, са изписани номерата на детайлите на избрана СЕ, а на екран на компютър се изобразява сборен чертеж или чертеж на общия вид на тази СЕ. Фигура може да се премести от поле с номер Х на поле с номер У освен по правилата на играта и при условие, че играчът правилно определи пътя на сила, която влиза в дет.Х и излиза от дет.У.

8. *Часовник*. За къс период от време, напр.30 сек да се направи модификация на СЕ по аналогия с друга, зададена СЕ.

Заб. Перспективно е проектирането и програмирането на компютърни игри, част от ходовете на които изискват приложение на елемент от ПП на ТО.

В (Лепаров, Калчева 2003) е предложен еМ “Игра”. Разработен е общ алгоритъм на метода, а като пример са дадени правилата за игра „Карти“ при еЗ „Модификация на СЕ“ (на всяка карта е изобразен схематично детайл или поток). Играта е използвана тестово в дисциплината „Методология на проектирането“ в МФ на ТУ-София.

Изводи

1. Умението да се разкрие и постави задача за решаване е съществена характеристика на всеки творец, съществена характеристика за всеки инженер. Ето защо обучението по намиране на еЗ е важна част от усвояване на ПП на ТО.

2. Осъзнаването на проблем (реално съществуващ или приет), има ключово значение за творческа дейност.

3. Твърденията (закони, закономерности, принципи и правила) за обекта „еЗ“ позволяват от една страна да се разбере в дълбочина този обект, очертават научно същността му и показват начини за неговото използване или проектиране, а от друга страна те служат като база за неговото развитие във времето.

4. Игровата форма може да се използва както в учебен процес, така и в практиката на реалното проектиране.

5. Всяка игра може да се използва за основа за решение на всяка еЗ. Игрите позволяват решаването на еЗ по забавен начин.

6. Резултатите от изследването могат да се включат в инженерната практика, както и при обучението на студенти от технически ВУЗ-ове. Те може да се използват по аналогия и за еЗ, които не се отнасят за ПП на ТО, а за произволна област.

ЛИТЕРАТУРА

Ботев, Х., 2024. *Учебник по математика.* София: Българска история – БИ 93. ISBN 978-619-7688-33-7.

Иванов, М. и др. 1995. *Техническое творчество: теория, методология, практика.* Энц. словарь. Под ред. А.И.Половинкина и В.В.Попова. Москва: ИНФОРМ-СИСТЕМА. ISBN 5-88439-006-8.

Лепаров, М.; Калчева, С., 2003. По въпроса за евристичните методи. *Научни трудове на Русенския университет*, Том 42, , серия 5.2**,** с. 130–134, ISSN 1311-3321.

Лепаров, М., 2004а. *Относно видовете евристични задачи и решения*. *Сборник доклади от VI межд. симпозиум „Техномат 2004 Материали, методи и технологии”,* Бургас, т.2, с. 120– 130.

Лепаров, М., 2004б. *Методи за търсене на евристични задачи*, 13 нац. научно-техн. конф. „Автоматизация на дискретното производство” АДП 2004, Созопол. *Научни известия на научно-техническия съюз по машиностроене*, год.11, с. 84-–90. ISSN - 1310-3946.

Лепаров, М., 2008. *“Ежедневни” аналогии за решаване на евристични задачи*, 17 нац. научно-техн. конф. с межд. участие „Автоматизация на дискретното производство” АДП

2008, Семково. *Научни известия на Научно-техническия съюз по машиностроене*, год.: 15, номер 5 = 106, с.54–60. ISSN: 1310-3946.

Лепаров, М., 2010а. *По въпроса за търсене на евристични задачи*. *Сборник доклади от XII межд. симпозиум „Техномат и Инфотел' 2010. Материали, методи и технологии*". Бургас, с. 131– 136. ISSN1310-3946.

Лепаров, М., 2010б. Твърдения в теорията на евристичното проектиране. *Българско списание за инженерно проектиране,* бр. 5, с. 77– 88. ISSN 1313-7530.

Лепаров, М., 2010в. Моделиране на евристични задачи. *Българско списание за инженерно проектиране*, бр. 4, с. 74– 84. ISSN 1313-7530.

Лепаров, М., 2012. *Някои основни твърдения за процеса на проектиране на технически обекти,* 21 межд. научно-техн. конф. „Автоматизация на дискретното производство" АДП 2012, Созопол. *Научни известия на научно-техническия съюз по машиностроене*, година 20, бр. 3/132, с. 58– 63. ISSN: 1310-3946.

Лепаров, М., 2014. Операции над евристични задачи, методи, идеи и технически обекти. *Българско списание за инженерно проектиране*, бр. 23, с.71– 84. ISSN 1313-7530.

Лепаров, М.; Вичева, М.; Георгиев, М., 2015. *Основи на инженерното проектиране*. *3 изд., прераб. и доп*. София: Софттрейд. ISBN 978-954-334-082-8.

Лепаров, М., 2016а. Геометрические преобразования сборочных единиц. *Геометрия и графика,* № 3, с. 62– 72. DOI: https://doi.org/10.12737/21535.

Лепаров, М., 2016б. *Относно проектирането на технически обекти*. Сборник доклади от 25 межд. научно-техн. конф. „Автоматизация на дискретното производство" АДП 2016, Созопол. *Научни известия на научно-техническия съюз по машиностроене*, бр.14/200, с. 61– 67. ISSN**:** 1310-3946.

Лепаров, М., 2019. О науке "Геометрия технических объектов". *Геометрия и графика*, №. 2, с. 28– 38. DOI: https://doi.org/10.12737/article_5d2c187251b6c8.21632403.

Лепаров, М., 2022а. Технология „Систематизация на елемент" за проектиране на технически обект. *Българско списание за инженерно проектиране*, бр. 45, с. 11– 18. ISSN 1313-7530.

Лепаров, М., 2022б. О геометрии, еще один раз. *Геометрия и графика*, №. 1, с. 3–13. DOI: https://doi.org/10.12737/2308-4898-2022-10-1-3-13.

Лепаров, М., 2023а. О геометрических основах проектирования технического объекта. *Геометрия и графика*, №. 4, с. 3– 14. DOI: https://doi.org/10.12737/2308-4898-2024-11-4-3-14.

Лепаров, М., 2023б. Технология „Друга гледна точка" при проектиране на технически обект. Част 1: Твърдения. *Българско списание за инженерно проектиране*, бр. 46, с. 7–16. ISSN 1313-7530.

Лепаров, М., 2023в. Технология „Друга гледна точка" при проектиране на технически обект. Част 2: Методи. *Българско списание за инженерно проектиране*, бр.46, с. 17– 24. ISSN 1313-7530.

Лепаров, М., 2024а. Относно евристичните основи на проектиране на техническите обекти. Част 1: Твърдения, *Автоматизация на дискретното производство*, бр.7, с.49– 56. ISSN: 2682-9584.

Лепаров, М., 2024б. Относно евристичните основи на проектиране на техническите обекти. Част 2: Методи, *Автоматизация на дискретното производство*, бр.7, с.57– 63. ISSN: 2682-9584.

Половинкин, А., 1985. *Законы строения и развития техники.* Волгоград: ВолгПИ.

Половинкин, А., 2024. *Основы инженерного творчества.* 9-то изд., стереотипно. Санкт-Петербург: Лань. ISBN 978-5-507-48775-2.

Otto, K.; Wood, K. 2000. *Product Design: Techniques in Reverse Engineering and New Product Development*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. ISBN 0-13-021271-7.

Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J. & Grote, K. 2007. *Engineering Design: A Systematic Approach*. 3rd ed. London: Springer-Verlag. ISBN 978-1-84628-318-5.

Zwicky, F., 1969. *Discovery, Invention, Research Through the Morphological Approach***. New York: Macmillan. ISBN 111424306X.**

REFERENCES

Botev, H., 2024. *Uchebnik po matematika*. Sofia: Balgarska istoriya – BI 93. ISBN 978-619-7688-33-7.

Ivanov, M. i dr., 1995. *Tekhnicheskoe tvorchestvo: teoriya, metodologiya, praktika*. Ents. slovar. Pod red. A.I. Polovinkina i V.V. Popova. Moskva: INFORM-SISTEMA [in Russian]. ISBN 5- 88439- 006-8.

Leparov, M.; Kalcheva, S., 2003. Po vaprosa za evristichnite metodi. *Nauchni trudove na Rusenskiya universitet*, Tom 42, seriya 5.2, s. 130–134. ISSN 1311-3321.

Leparov, M., 2004a. *Otnosno vidovete evristichni zadachi i resheniya. Sbornik dokladi ot VI mezhdunaroden simpozium „Tehnomat 2004 Materiali, metodi i tehnologii*", Burgas, t.2, s. 120–130.

Leparov, M., 2004b. *Metodi za tarsene na evristichni zadachi*. 13 natsionalna nauchno-tehnicheska konferentsiya „Avtomatizatsiya na diskretnoto proizvodstvo" ADP 2004, Sozopol. *Nauchni izvestiya na Nauchno-tehnicheskiya sayuz po mashinostroene*, god.11, s. 84–90. ISSN 1310-3946.

Leparov, M., 2008. *"Ezhednevni" analogii za reshavane na evristichni zadachi*. 17 natsionalna nauchno-tehnicheska konferentsiya s mezhdunarodno uchastie „Avtomatizatsiya na diskretnoto proizvodstvo" ADP 2008, Semkovo. *Nauchni izvestiya na Nauchno-tehnicheskiya sayuz po mashinostroene,* god.15, № 5 = 106, s. 54–60. ISSN 1310-3946.

Leparov, M., 2010a. *Po vaprosa za tarsene na evristichni zadachi*. *Sbornik dokladi ot XII mezhdunaroden simpozium „Tehnomat i Infotel' 2010. Materiali, metodi i tehnologii"*. Burgas, s. 131–136. ISSN 1310-3946.

Leparov, M., 2010b. Tvardenia v teoriyata na evristichnoto proektirane. *Balgarsko spisanie za inzhenerno proektirane*, br. 5, s. 77–88. ISSN 1313-7530.

Leparov, M., 2010c. Modelirane na evristichni zadachi. *Balgarsko spisanie za inzhenerno proektirane*, br. 4, s. 74–84. ISSN 1313-7530.

Leparov, M., 2012. *Nyakoi osnovni tvardenia za protsesa na proektirane na tehnicheski obekti*. 21 mezhdunarodna nauchno-tehnicheska konferentsiya „Avtomatizatsiya na diskretnoto proizvodstvo" ADP 2012, Sozopol. *Nauchni izvestiya na Nauchno-tehnicheskiya sayuz po mashinostroene*, godina 20, br. 3/132, s. 58–63. ISSN 1310-3946.

Leparov, M., 2014. Operatsii nad evristichni zadachi, metodi, idei i tehnicheski obekti. *Balgarsko spisanie za inzhenerno proektirane*, br. 23, s. 71–84. ISSN 1313-7530.

Leparov, M.; Vicheva, M.; Georgiev, M., 2015. *Osnovi na inzhenernoto proektirane*. 3 izd., prer. i dop. Sofia: Softtreid [in Bulgarian]. ISBN 978-954-334-082-8.

Leparov, M., 2016a. Geometricheskie preobrazovaniya sborochnikh edinits. *Geometriya i grafika*, № 3, s. 62–72. DOI: https://doi.org/10.12737/21535.

Leparov, M., 2016b. *Otnosno proektiraneto na tehnicheski obekti*. Sbornik dokladi ot XXV mezhdunarodna nauchno-tehnicheska konferentsiya „Avtomatizatsiya na diskretnoto proizvodstvo" ADP 2016, Sozopol. *Nauchni izvestiya na Nauchno-tehnicheskiya sayuz po mashinostroene*, br. 14/200, s. 61–67. ISSN 1310-3946.

Leparov, M., 2019. O nauke "Geometriya tekhnicheskikh obektov". *Geometriya i grafika*, № 2, s. 28–38. DOI: https://doi.org/10.12737/article_5d2c187251b6c8.21632403.

Leparov, M., 2022a. Tekhnologiya „Sistematizatsiya na element" za proektirane na tehnicheski obekt. *Balgarsko spisanie za inzhenerno proektirane*, br. 45, s. 11–18. ISSN 1313-7530.

Leparov, M., 2022b. O geometrii, eshte odin raz. *Geometriya i grafika*, № 1, s. 3–13. DOI: https://doi.org/10.12737/2308-4898-2022-10-1-3-13.

Leparov, M., 2023a. O geometricheskikh osnovakh proektirovaniya tehnicheskogo obekta. *Geometriya i grafika*, № 4, s. 3–14. DOI: https://doi.org/10.12737/2308-4898-2024-11-4-3-14.

Leparov, M., 2023b. Tehnologiya „Druga gledna tochka" pri proektirane na tehnicheski obekt. Chast 1: Tvardenia. *Balgarsko spisanie za inzhenerno proektirane*, br. 46, s. 7–16. ISSN 1313-7530.

Leparov, M., 2023c. Tehnologiya „Druga gledna tochka" pri proektirane na tehnicheski obekt. Chast 2: Metodi. *Balgarsko spisanie za inzhenerno proektirane*, br. 46, s. 17–24. ISSN 1313-7530.

Leparov, M., 2024a. Otnosno evristichnite osnovi na proektiraneto na tehnicheskite obekti. Chast 1: Tvardenia. *Avtomatizatsiya na diskretnoto proizvodstvo*, br. 7, s. 49–56. ISSN 2682-9584.

Leparov, M., 2024b. Otnosno evristichnite osnovi na proektiraneto na tehnicheskite obekti. Chast 2: Metodi. *Avtomatizatsiya na diskretnoto proizvodstvo*, br. 7, s. 57– 63. ISSN: 2682-9584.

Polovinkin, A., 1985. Zakony stroeniya i razvitiya tekhniki. Volgograd [in Russian]: VolgPI.

Polovinkin, A., 2024. Osnovy inzhenernogo tvorchestva. 9-to izd., stereotipno. Sankt-Peterburg: Lan [in Russian]. ISBN 978-5-507-48775-2.

Otto, K.; Wood, K. 2000. *Product Design: Techniques in Reverse Engineering and New Product Development*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. ISBN 0-13-021271-7.

Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J. & Grote, K. 2007. *Engineering Design: A Systematic Approach*. 3rd ed. London: Springer-Verlag. ISBN 978-1-84628-318-5.

Zwicky, F., 1969. *Discovery, Invention, Research Through the Morphological Approach*. **New York: Macmillan. ISBN 111424306X.**

ON THE HEURISTIC FOUNDATIONS OF TECHNICAL OBJECT DESIGN: PART 3: TASKS

Summary: The aim of the present work is to outline the heuristic foundations of technical object design in relation to heuristic tasks, which are part of the structural elements involved in solving heuristic problems—namely, the technical object, task, method, man, and ideas. This work is a continuation of two previous publications by the author, dedicated respectively to statements and heuristic methods in the field of heuristic design. The study presents 16 statements (a generalized concept encompassing laws, regularities, principles, and rules) related to heuristic tasks, substantiated within a framework of

multiple interrelated heuristic statements. Several heuristic principles derived from some of these propositions are proposed. The research identifies 27 distinct paths for discovering heuristic tasks, which serve as a basis for developing task-searching methods, and such methods are summarized. The proposed investigations are the result of logical analysis and can be applied in engineering practice as well as in the education of students at technical universities.

Keywords: heuristics, heuristic design, technical object, heuristic statements, heuristic tasks

Michail Leparov, Ph.D.

Technical University-Sofia, Bulgaria

e-mail: mleparov@tu-sofia.bg

ОТНОСНО ЕВРИСТИЧНИТЕ ОСНОВИ НА ПРОЕКТИРАНЕ НА ТЕХНИЧЕСКИТЕ ОБЕКТИ. ЧАСТ 4: ИДЕИ

проф. д-р Михаил Лепаров

Технически университет- София

Резюме: Работата е продължение на публикациите "Относно евристичните основи на проектиране на техническите обекти: Част 1: Твърдения; Част 2: Методи и Част 3: Задачи". Целта на настоящата работа е да очертае евристичните основи на проектирането на техническите обекти по отношение на евристичните идеи. В изследването са представени 29 твърдения (обобщено понятие за закони, закономерности, принципи и правила) за евристични идеи, обосновани в среда от множество взаимосвързани евристични твърдения. Направена е класификация на идеите и са конкретизирани възможни операции за преобразуване на идеи. Предложените изследвания са резултат на логичен анализ и те могат да се използват в инженерната практика, както и при обучението на студенти в технически ВУЗ-ове.

Ключови думи: евристика, евристично проектиране, технически обект, евристични твърдения, евристични идеи

Приети съкращения: еИ- евристична идея, еЗ- евристична задача, еМ- евристичен метод, еЧ- „евристичен" човек, ЕИ- естествен интелект, ПП- процес на проектиране, ТО- технически обект, ФПД- физически принцип на действие, AI- изкуствен интелект.

Заб.1. Префикс „е", последван от главна буква, напр. еЗ, еМ и др. или префикс „е_", последван от малка буква, напр. е_връзка, е_безкрайност и др. означава „евристичен".

Заб.2. Тези съкращения се използват за ед. и мн. число на съответните термини.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Всички достижения на човечеството, от неговото възникване до сега, от най-незначителните до пионерните открития, са на базата на идеите на Homo Sapiens. Малка част от тези идеи са получени случайно, а останалата огромна част- чрез решаване

(съзнателно или не) на евристични задачи, а това е свидетелство за неограничен потенциал на идеите. Прогресът във всяка дейност е непрекъснат и неограничен, а в основата на прогреса са идеите. Развитието на всяка човешка област и дейност, в т.ч. и на процеса на проектиране (ПП) на техническите обекти (ТО) е резултат на идеите.

Съществува огромно множество книги, посветени на търсене на идеи. Болшинството от тях са научно популярни и включват някои евристични методи (еМ) и общи препоръки. Обобщение в някаква степен на изследванията в евристиката са направени в (Иванов и др. 1995), (*Encyclopedia of Creativity*, 2020).

Въпреки огромното разпространение, въпреки изключителното значение, което имат във всяка област на човешката дейност и знание, в литературата по евристика липсват изследвания, които системно да разглеждат закономерностите и принципите на идеите, класификацията им и пътищата за търсене на идеи. Някои публикации на автора, свързани с темата са посочени по- долу.

Целта на настоящата работа е да очертае евристичните основи на проектирането на ТО по отношение на евристичните идеи (еИ). Същите са част от структурните елементи, участващи при решаването на евристични проблеми (Лепаров 2024а) - ТО, задача (еЗ), метод еМ, човек (еЧ) и идеи (еИ). Настоящото изследване е продължение на (Лепаров 2024а), (Лепаров 2024б), (Лепаров 2026а).

Към „Евристичните основи на проектиране на ТО“ следва да се причислят (Лепаров 2025а), (Лепаров 2025б). Терминът „евристична геометрия“ е въведен в (Лепаров 2025а) и се определя като всяка геометрия — независимо от нейния тип, свойства или начин на представяне — която участва, в явна или скрита форма, при решаването на еЗ или възниква като резултат от решаването на еЗ. В първата работа (Лепаров 2025а) са обосновани 37 твърдения за е_геометрия. Представена е характеристика на е_геометрия: чрез класификации на евристиката и на геометрията; чрез е_инструменти, генетично заложени във всеки човек и използвани в е_геометрия; чрез е_парадокси и принципи. Второто изследване (Лепаров 2025б) е продължение на работата (Лепаров 2025а), а неговата цел е създаването на матрици, които могат да се използват при проектирането на еМ за търсене на геометрията на ТО. В него са представени 10 матрици: за три от тях са дадени общи алгоритми, а за останалите седем — библиографски насоки. Трите предложени матрици са: „Описание на технически обекти“, „Област на донора“ и „Тропи, фигури на речта и фигури на мисълта“. Всяка

матрица задава рамката и съдържа общи препоръки за разработването на конкретни методи. Въз основа на първата матрица е разработен еМ „Проектиране на основните функции“, предназначен както за геометричното проектиране на нов ТО, така и за модифицирането на съществуващ такъв, чрез използване на геометриите на вече съществуващи ТО. Алгоритъмът е илюстриран с примери за неговото приложение. Останалите седем матрици са: „Общи връзки“, „Модули“, „Геометрични преобразувания“, „Неяснота“, „Аналогия“, „Морфологичен анализ и синтез, Класификация“ и „Мозъчна атака“. Въз основа на тези матрици в други публикации на автора са разработени множество еМ.

2. ТВЪРДЕНИЯ

„Твърдение” в настоящата работа се приема като обобщаващ и заместващ термините „закон”, „закономерност”, „принцип” и „правило”. Обосновка за това приемане е направена в (Лепаров 2023). В една част от твърденията, дадени по- долу, се използва понятието **безкрайност**, която е общоприетото в математиката понятие за безкрайност. В друга част се използва понятието **евристична безкрайност** (Лепаров 2010), под което се разбира съвкупност от елементи, чийто брой е голямо число (за голямо е прието числото 100 000), а в трета част- **практическа безкрайност**, под която се разбира толкова голяма съвкупност от елементи, чийто брой е крайно число, но много по-голям от този на евристичната безкрайност, толкова голям, че практически може да се счита за безкраен.

В текста по-долу се среща и понятието конструкт (Лепаров 2022а)- обобщаващ термин за каквото и да е, произволен обект или процес, независимо от тип, структура и характеристика, *напр. самолет, камък, сърце, електрон, галактика, идея, лист, теория, емоция, число, буква и т.н.*

Твърденията позволяват от една страна да се осъзнае в дълбочина даден обект, очертават научно същността му и показват технологиите (пътищата) за неговото използване или проектиране, а от друга страна те служат като база за неговото развитие във времето.

Твърдение 1 (Лепаров 2025а, Твърдение 37): **Всяка идея относно ТО (за проектиране, модификация и др.) съдържа в явна или скрита форма геометрия.**

Твърдение 2: **Идеите имат абсолютно разпространение в технетиката.** Основание 1: Съгласно (Лепаров 2025а,Твърдение 21) евристиката (като технология) има абсолютно разпространение, във всеки Homo Sapiens, във всяка негова дейност (всеки обект и процес от тази дейност), т.е. има разпространение и във всеки обект и процес на технетиката, а евристиката е наука за идеите. Основание 2: Съгласно Твърдение 6 броят на идеите за всеки ТО образува е_безкрайност. Основание 3: Всеки ТО съдържа множество описания, вкл. документи, както и определения, а описанията и дефинициите са идеи (Твърдения 17 и 18). Основание 4: При проектирането на всеки ТО се използват идеи. Основание 5: Развитието на всеки ТО става на базата на идеи.

Твърдение 3: **От всяка идея на ТО може да се получи всяка друга идея за същия или друг ТО.** Основание 1: Нека са зададени две еИ. Преобразуването на едната в другата идея се явява възможна и правилна еЗ. Това е правилна еЗ (условието й не нарушава закони, закономерности и принципи), защото двете идеи са налице, т.е. те след като съществуват не са невъзможни. Съгласно Твърдение 11 (Лепаров 2010) всяка правилна еЗ е решима. Основание 2: Съгласно Твърдение 48 (Лепаров 2010) всеки елемент (обобщаващо понятие за произволен обект) може да бъде основа (отправна точка) за търсене на решение на еЗ. В случая първата идея (донор) може да бъде отправна точка за търсене на втората идея (реципиент). Основание 3: В мнозинството съществуващи еМ се има предвид (явно или неявно) изходна идея за ТО или негова част, която се преобразува чрез метода и еЧ в търсена идея. Основание 4: По принцип донорът може да се разглежда като символ, явяващ се отправна точка за търсене на решение. Тъй като ”символът е знак (Ильичёв и др., 1983), надарен с цялата органичност и неизчерпаема многозначност на образа“, то след приемането на донора за символ, той придобива неизчерпаема многозначност на съдържанието. Подходящата интерпретация на символа позволява трансфер на знание от донора към реципиента. Основание 5: Съгласно Твърдение 5 (Лепаров 2010) вариантите (модификациите) на ТО съставят е_безкрайност, поради което е много вероятно някой вариант да включва търсената идея. Търсенето на варианти се опростява при използване на AI. Основание 6: Практическо потвърждение на преобразуване на особен вид идеи- описания на ТО е преобразуването на едно в друго на описанията на ТО, представено в (Лепаров 2012б), (Лепаров 2013в). Съгласно Твърдения 17 и 16 описанията на ТО се явяват идеи и обратното- идеите на ТО се явяват негови описания.

Заб. Тъй като преобразуване на една идея в друга идея е еЗ, то не е задължително това преобразуване да може успешно да се осъществи между произволни две идеи на ТО от който и да е еЧ. Твърдението само показва, че този проблем е теоретично разрешим, но решението има е_характер.

Практическият смисъл на Твърдение 3 се свежда до възможността случайна еИ-донор да се превърне в търсена еИ- реципиент, като донорът чрез своите елементи и свойства в някаква степен евристично „подсказва" на еЧ възможно решение за реципиента.

Твърдение 4: **Всеки конструкт може да се използва при търсенето на всяка идея**. Основание 1: (вж. Основание 2 на Твърдение 3), Съгласно Твърдение 48 (Лепаров 2010) всеки елемент може да бъде отправна точка за търсене на решение на еЗ. В случая конструктът (донор) е отправна точка за търсене на която и да е идея . Основание 2: (вж. Основание 4 на Твърдение 3) С разглеждането на донора като символ, (Ильичёв и др., 1983) той придобива неизчерпаема многозначност на съдържанието, използвано за търсене на идеята.

Заб.1.Твърдението само показва, че този проблем е евристично теоретично разрешим.

Заб.2. При придобиване на опит в използването на произволни конструкти в е_дейност, може да се премине и към подбор на подходящи за конкретния еЧ и еЗ конструкти.

Тъй като идеята е конструкт, следствие на Твърдение 4 е

Твърдение 5: **Всека идея може да се използва при търсенето на всяка друга идея.**

Твърдение 6: **Броят на идеите за ТО образува е_безкрайност**. Основание 1: Модификациите на един ТО образуват е_безкрайност (Лепаров 2010, Твърдение 5), а всяка модификация се изразява с идея. Основание 2: Съгласно (Лепаров 2010, Твърдение 49) решенията (идеите) за всяка правилна (решима) задача съставят е_безкрайност, а задачата за проектиране на ТО като правило е правилна задача. Основание 3: Методите, чрез които може да се реши една правилна задача съставят е_безкрайност (Лепаров 2010, Твърдение 30), а чрез всеки еМ ТО се разглежда от различна г.т. и е логично да се очаква различно в някакво отношение решение.

Твърдение 7: **Всяка идея може да се промени**. Основание 1: Твърдението следва от Твърдение 6 (Лепаров 2010), според което всеки елемент може да се промени, а идеята е такъв елемент. Основание 2: Всяка идея е решение на еЗ, а една една правилна еЗ има множество от е_безкрайност на брой решения- съгласно (Лепаров 2010, Твърдение 5) модификациите на е_обект съставят е_безкрайност, а всички модификации са с една и съща еЗ "Да се намери модификация на обекта". Понеже всяка от това множество идеи се отнася до една и съща задача, то всяка идея може да се счита за промяна на която и да е друга идея от множеството. Основание 3: Върху всяка идея може да се прилагат операциите над идеи (Твърдение 10), а приложение на операцията променя идеята. Основание 4: Всяка друга идея може да служи за промяна на изходна идея (Твърдение 8).

Твърдение 8: **В ПП всяка идея може да се използва за промяна на всяка друга идея.** Основание 1: Съгласно (Лепаров 2023, Твърдение 15] всеки конструкт е възможен източник за идея в ПП, а тъй като всяка идея е конструкт, то тя може да се използва като път за промяна на всяка друга идея. Основание 2**:** От една страна всяка идея може да бъде представена вербално, а от друга- между всеки две думи може да бъде намерена връзка (Лепаров 2010, Твърдение 10), а чрез нея да се подскаже възможна промяна в двете идеи, тъй като решаването на еЗ, се основава на търсене на връзки (Лепаров 2023), Твърдение 20).

Твърдение 9**: От всяка идея могат да се получат множество други идеи.** Основание 1: Над всяка идея може да се приложат операциите модификация, трансформация и мултипликация (Твърдение 10), а над всяка новополучена идея- също. Този процес може да продължи докато се получават нови идеи. Основание 2: Всяка идея може да служи за промяна на всяка друга идея (Твърдение 8), а това означава, че много идеи са налице за промяна на изходна идея. Тъй като при всяка от тези много идеи ще е налице различна гл.т. върху изходната идея, то броят на получените идеи на базата на изходната такава ще е множество.

Твърдение 10: **Над всяка идея може да се прилага всяка операция за вербални идеи.** Основание: Анализът на методите за прилагане на трите операции за вербално представени идеи- модификация, трансформация и мултипликация (Лепаров 2014б) показва, че методите са инвариантни спрямо идеята, т.е. те се отнасят за всяка идея. Това е така, защото дейностите, които се извършват в тези методи са универсални, те могат да се прилагат към всяко изречение. Някои от тези дейности са: замяна на синонимни и

сродни думи, класификация на елементи, търсене на по- общи и по-конкретни по значение думи (хипероними и хипоними), представяне на думи като метафори, търсене и сравняване на сродни думи и др. подобни. Като се отчита, че всяка идея може да се представи вербално, следва че трите операции могат да се прилагат над всяка идея.

Твърдение 11 (Лепаров 2010, Твърдение 49): **Решенията (идеите) за всяка правилна (решима) задача съставят евристична безкрайност.**

Твърдение 12: **Търсенето на идеи е персонална дейност (субективен процес).** Основание: Твърдението е друг изказ на (Лепаров 2025а, Твърдение 20], съгласно което решението на еЗ се явявя субективен процес.

Твърдение 13 (Лепаров 2025а, Твърдение 21]: **Идеите имат абсолютно разпространение- във всеки човек и във всяка негова дейност**.

Твърдение 14: **Броят на еИ в технетиката е практически безкрайно голям и непрекъснато се увеличава във времето.** Основание 1: През 80-те години на миналия век количеството класове ТО се оценява приблизително на 50 000, при среден брой различни детайли в най-сложните ТО – около 10 000 (Половинкин 2024), а в съответствие с (Половинкин 1985, хипотеза за закона за нарастване на разнообразието на ТО) "разнообразието на ТО в цялата техносфера на света, на дадена страна или на отделна индустрия, както и разнообразието на отделен клас ТО, които имат една и съща обобщена функция… с времето монотонно и ускорено нараства по експоненциална крива". Горното и като се отчете, че: а) всеки вид ТО има е_безкрайност на брой модификации (Лепаров 2010, Твърдение 5), като всяка от тях съдържа различна идея, б) върху всеки ТО може да се прилагат множество операции (Лепаров 2016а), всяка от които го променя, в) всеки вид ТО притежава множество конкретни описания и дефиниции, които го идеитифицират; обосновават твърдението. Основание 2: Съгласно (Лепаров 2023,Твърдение 8) броят на гледните точки за всеки обект, вкл. ТО, е безкрайно голям. Всяка гл.т. може да се представи чрез идея на ТО, а технетиката съдържа огромно количество видове ТО.

Наличието на това огромно количество идеи разкрива възможност за създаване на База данни от идеи в технетиката, в която чрез различни разрези с подходящи критерии да се търсят съществуващи идеи, както и нови идеи чрез аналогия, комбинация, класификация и др. начини. По тази база могат да се търсят идеи за методи за

проектиране на обект, тъй като всяка идея се явява описание (Твърдение 16), а всяко описание- основа на проектиране на обект или негов елемент.

Твърдение 15: **Всяка еИ може да се използва за развитие на себе си**. Основание: Всяка идея се състои от отделни елементи (думи) и всеки елемент се явява конструкт. Съгласно (Лепаров 2023, Твърдение 6) всеки конструкт може да бъде репер за който и да е обект, т.е. всяка дума от идеята може да бъде репер на всяка друга нейна дума, а реперът (Лепаров 2023) служи за база, която да подскаже намирането на решение.

Някои еМ за развитие на ТО са предложени в (Лепаров 2013б). Тъй като ТО са представени на ниво идеи, то тези методи могат да се считат и като методи за развитие на идеи с обект „ТО“.

Твърдение 16: **Всяка идея на ТО се явява описание на ТО или на негов елемент**. Основание: Идеята по дефиниция се явява решение на еЗ, т.е. тя представя в някаква степен ТО или негов елемент, а това е в същата степен описание на обекта.

Твърдение 17: **Всяко конкретно описание на ТО се явявя идея на ТО.** Основание: Всяко описание на проектиран ТО, използвано в процеса на неговото проектиране, е решение (съзнателно или не) на някаква еЗ за него, поради което съгласно определението на еИ това решение се явявя еИ на ТО.

Твърдение 18: **Всяка дефиниция на ТО се явява както негово описание, така и негова идея.** Основание: Тъй като дефиницията включва в сбита форма основното съдържание (съществените признаци) на обекта, тя представлява негово описание, а всяко описание (Твърдение 17) се явява идея на ТО.

Твърдение 19: **Всяка идея има значителен е_потенциал.** Основание 1: Всеки конструкт притежава е_потенциал (Лепаров 2025а, Твърдение 27), а идеята е конструкт. Основание 2: Всяка идея може да се използва за промяна на всяка друга идея (Твърдение 8), т.е. тя притежава е_потенциал за това. Основание 3. Всяка идея може да се модифицира или приложи в друга област чрез операциите над идеи (Твърдение 10).

Твърдение 20: **Идеите са основна градивна единица на ПП на ТО**. Основание: Всяка дейност, вкл. ПП на ТО, се създава и развива благодарение на идеите, които се разкриват и прилагат в нея.

Тъй като евристиката е наука за идеите, то твърденията: (Лепаров 2025а, Твърдение 24) Евристиката има фундаментално значение за Homo Sapiens и (Лепаров

2025а, Твърдение 25) Евристиката се явява фундаментална характеристика на Homo Sapiens могат да се преобразуват в

Твърдение 21: **Откриването на идеи има фундаментално значение за Homo Sapiens** и

Твърдение 22: **Откриването на идеи се явява фундаментална характеристика на Homo Sapiens.**

Твърдение 23: **От всяка идея може да се получи еЗ, решението на която се явява идеята.** Основание: Идеята съдържа съществените елементи на еЗ: идеята включва *обекта*, за който се отнася, както и *новостта*, която се явява решение на еЗ. Именно тази новост за дадения обект се търси в задачата.

Евристиката е технология и наука за решаване на еЗ, т.е. получаване на еИ от еЧ, което обосновава

Твърдение 24: **Броят и качеството на идеите са критерий за е_потенциал на еЧ.**

Твърдение 25: **За всяка идея за даден обект съществува по- добра идея.** Основание: Настоящото твърдение е перифраза на (Лепаров 2010, Твърдение 14), че всяка задача има и по- добро решение от зададено нейно решение.

Заб. Под „по- добра“ идея се разбира втора идея, която се явява решение на същата еЗ и която е по-качестена при сравняване на двете идеи с едни и същи критерии за качество.

Твърдение 26 (Лепаров 2010, Твърдение 34)**: От всяка еИ може да се състави еМ, по който да може да се получи изходната еИ.**

Твърдение 27 (Лепаров 2023, Твърдение 15): **Всеки конструкт е възможен източник за идея в ПП.**

Твърдение 28 (Лепаров 2024а, Твърдение 29): **Всеки структурен елемент на процеса на решаване на евристичен проблем (ТО, еЗ, еМ, еЧ, еИ) може да се представи неясно и по него да се търси вариант на елемента.**

Някои други твърдения, имащи пряко отношение към разглежданата тема са предложени и обосновани в (Лепаров 2010), (Лепаров 2025а). Особен вид идеи са

Основни идеи на еМ. В (Лепаров 2024а) са представни основни идеи на множество еМ. Тъй като всяка от тях се отнася за голямо количество обекти и е съществена и устойчива във времето, то всяка основна идея се явява и Твърдение **(**Под "твърдение" (Лепаров 2024а) се разбира обективно съществуваща връзка, съществена и устойчива при дадени условия**).**

3. ТЪРСЕНЕ НА ИДЕИ

3.1. Класификация на идеи

Класификация на еИ по 28 признака и общ брой 87 вида идеи е направена в (Лепаров 2004). Тя може да се разшири с допълнителни класификационни признаци и решения, дадени по- долу.

- според предназначението си идеите в ПП на ТО могат да се определят и като следните видове:

1. еИ- идеи, които се явяват решения на еЗ;

2. Основни идеи на еМ- закономерности (особености) на еЧ или на ТО, или на еЧ и ТО, които са заложени в сърцевината и около които е изграден всеки еМ.

3. Основни идеи на ТО- описание на ТО, които се явяват вид основни идеи на ТО, на базата на което се създава метод за проектиране на ТО.

4. Основни идеи на елементи на ПП на ТО- основните идеи описват същността на елементите, вкл. еЗ и еЧ.

5. Основни идеи на конструкт- идеи (описание) на конструкт, използван в качество на донор при решаване на еЗ.

- според е_инструменти, чрез които се получават: идеи, получени чрез: а) мислене, б) въображение; в) озарение; г) интуиция; д) комбинация от някои или от всички е_инструменти. Евристичните инструменти са дадени в (Лепаров 2025а).

- според мястото на получаваните идеи в човека: идеи в съзнанието, идеи в подсъзнанието;

- според вида на получаването им от еЧ: неосъзнати, осъзнати;

- според използването на еМ: биологични (без използване на еМ), системни (с използване на еМ);

- според количеството хора, за които е получената идея от решаването на еЗ (творчество-т) е нова (*Encyclopedia of Creativity*, 2020): мини-т (за един човек; често наричана резултат на „ежедневно“ творчество), малко-т (за няколко хора), про-т (за всички хора от дадена област), голямо-т (за цялото човечество).

- според начин на представяне: вербално, графично, др.

Множество еИ има предложени при примерното приложение на е_алгортми на еМ, напр. в (Лепаров, Вичева, Георгиев 2015), (Ганева, Лепаров, Станчев 2016б), както и в множеството публикации за еМ (част от тях цитирани в настоящата работа). Основните идеи, 88 на брой, за 47 еМ са представени в (Лепаров 2024а).

3.2. Пътища за търсене на идеи

Логическият анализ на множество Твърдения, еИ и еМ позволява да се предложат следните възможни пътища за създаване на нови еИ:

1. Използване на един или повече еМ.

2. Използване на биологичните е_възможности, които притежава всеки човек.

3. Използване на твърденията (закони, закономерности, принципи и правила) за търсене на идеи.

4. Чрез Операции над една или повече идеи.

5. Анализ на решения на ТО и конструкти- всяко от тях притежава идея.

6. Използване на База данни с еИ; извършване на подходящи разрези в нея с цел взаимстване или подпомагане на другите пътища.

7. Трансфер на идеи от една в друга област.

8. По аналогия с други идеи.

9. Систематизация по различни признаци на съществуващите еИ и размяна на систематизационни признаци.

10. Чрез логически разсъждения.

11. Използване на случайността и създаване на условия за нейното проявление.

12. Разработване на противоположен в някакво отношение вариант на съществуваща идея.

13. Класификация на пътищата и търсене по еМ „Морфологичен анализ и синтез“ (Zwicky 1969), (Половинкин 2024), (Лепаров, Вичева, Георгиев 2015) на нови такива.

14. Анализ на патенти и изобретения, открития и др., напр. чрез патентните бази в съответни страни.

15. Използване на съществуваща еИ за промяна на себе си.

16. Използване на съществуващи еИ за промяна на други съществуващи еИ.

17. Взаимстване на идеи от сродни обекти и сродни дейности.

18. Комбинация на пътища от по- горе.

19*. Операции над Основна идея на съществуващ метод чрез операции над идеи.

20*. Комбиниране на Основни идеи.

21*. Обединяване на Основни идеи.

22. Др.

* Пътят се отнася за идеи, тип Основна идея, заложени в съществуващите еМ (части от еМ).

3.3. Методи за търсене на идеи

На въпроса за методите за намиране на еИ е посветена (Лепаров 2024б). Някои еМ са представени и в (Половинкин 2024), (Одрин 1989), (Иванов и др. 1995), (Лепаров, Вичева, Георгиев 2015) (Otto & Wood 2000), (Pahl, Beitz, Feldhusen & Grote 2007), (Zwicky 1969), (*Encyclopedia of Creativity* 2020) и много др. Към еМ могат да се причислят и 10 на брой матрици от (Лепаров 2025б), всяка от които може да се използва за проектирането на множество еМ за търсене на геометрията на ТО.

Изключителните способности на AI и темпът на увеличаване на тези способности налагат участието му и в областта на евристиката. При това : а) огромните възможности на двата вида интелекти, изкуствен AI и естествен (ЕИ) на еЧ, като тези възможности са най- ярко изявени в различни етапи от процеса на решаване на задачи, б)

фундаменталната разлика във функционирането им и в) незадоволителното научно знание за същността на всеки от тях, предпоставят необходимостта от колобарация и координирано взаимодействие на двата интелекта и прерастването им в общ (споделен) интелект (ЕИ$^{+}$ или AI^{+}). Споделеният интелект ЕИ$^{+}$ е предизвикателство и нови възможности, а качествената съвместна дейност изисква специализирни изследвания и внедрявания..

Евристичната ценност на AI към момента се състои преди всичко в огромните възможности и забележителна скорост за: а) събиране на информация на произволна тема, б) анализирането й от всякаква гл.т., в) намиране на множество варианти на решения на еЗ (които да се анализират от еЧ), г) изпълнение на еЗ, следвайки зададен еМ, д) намирането на връзки между два произволни конструкта и е) др.

При комуникацията с AI **(**„*човек–AI интерфейс*“**)** следва да се отчитат: а) правилно поставените въпроси (задачи) - те формират гл.т. на AI върху проблема и търсенето на съответна информация; б) квалификацията в разглежданата материя на човек- тя определя разбирането в пълнота на отговора от AI; в) задаването на един и същ въпрос повече от веднъж- съвременните AI, които са разработени на базата на големи езикови модели (LLM, напр. *GPT, Claude, Gemini, LLaMA, Mistral*), са стохастични; при тях всеки път AI изхожда от различна база данни, с което и отговорите на един и същи въпрос не са идентични, а са нюансирани или дори различни; г) промяната на подбора на думите във въпроса (задачата) - тя също променя гл.т към проблема, а с това и получения отговор. С други думи наличието на множество стохастични AI и всеки от тях със специфични особености позволява да се приеме, че при решаването на еЗ при всеки от тях, по аналогия с еЧ, е налице „персоналност (субективност)“.

Заб. Тук се имат предвид въпроси (задачи) с е_характер, които по принцип са с множество възможни интерпретации.

Стохастичният характер на eAI, тип LLM, обосновава

Твърдение 29: **Търсенето на еИ с eAI (LLM) е по-успешно при: а) многократно задаване на една и съща еЗ или б) преформулиране на еЗ, или в) последователно използване на различни семейства LLM-модели** (*LLM model families*) **на eAI или г) комбинации от тези пътища.**

3.4. Преобразуване на идеи

Операциите над идеи могат да се класифицират по следния начин: според броя на идеите като а) над една идея и б) над две идеи; според вида на представената идея като в) вербално представена и г) графично представена.

А. Операции над една идея

(вербално представена идея)

Под „операция на идея“ (Лепаров 2014б) се разбира въздействия върху идея с цел нейна промяна или промяна на приложението ѝ. Операциите (Лепаров 2014б) представляват инструменти, чрез които се манипулират съществуващи обекти за намиране на техни взаимозаменяеми (по отношение на функция или приложение) обекти.

Операциите над еИ са *модификация*, *трансформация и мултипликация* и са представени чрез е_алгоритми и илюстриращи алгоритмите примери в (Лепаров 2014б), (Лепаров, Ганева 2009а), (Лепаров, Вичева, Георгиев 2015, Метод „Модификация на идея“).

(графично представена идея)

Основните операции над сглобени единици (представена опростено или не) с цел търсене на нейни варианти са обобщени в (Лепаров 2016а), (Лепаров 2022б):

Симетрия, *Транслация*, *Ротация*, *CAD функции*, *Замяна*, *Неяснота*, *Грешка*, *Инверсия*, *Модификация*, *Трансформация*, *Мултипликация*, *Рекурсия*, *Преобразуване, Систематизация, Комбинация, Мултипликация_1, Др*. Методите за приложение на тези операции са представени или библиографски описани в (Лепаров 2016а), (Лепаров 2022б).

Заб. 1. Трябва да се отчита, че чрез съответни изследвания могат да бъдат разкрити нови операции.

Заб. 2. Всяка графично представена идея може да се преобразува във вербално представена и към нея да се приложат съответните вербални операции.

Заб.3. Част от операциите могат да се приложат и към вербалните идеи.

За отбелязване е, че в някои от еМ ТО се представя чрез идея или идеи (входна идея), които в процеса на изпълнение на алгоритъма на метода се преобразуват в

търсената изходна идея. По тази причина тези еМ всъщност се явяват методи за преобразуване на идеи. Някои примери са еМ „“Менделеева” таблица”“ (Лепаров 2009б), Метод “Метаморфози” (Лепаров 2009в) и др.

Множество методи за преобразуване на идеи, тип описания (преобразуване на един вид описание на ТО в друг вид описание) са представени в (Лепаров 2012б), (Лепаров 2013в).

Б, Операции над две идеи

(вербално представена идея)

Една операция е:

- *Обединение на идеи*

Обединяването може да бъде:

- между две идеи, отнасящи се до една и съща съставна част на обекта;

- между две идеи, отнасящи се до различни съставни части на един и същ обект;

- между две идеи, отнасящи се до различни обекти (сродни или случайни).

Два еМ, чрез които може да се прилага операцията са Метод „Обединяване на решения” (Лепаров 2012а) и Метод „Размяна на решения” (Лепаров 2011).

Въпросът за прехвърляне на знание от един обект на друг обект е особено важен, тъй като разкрива една огромна възможност за промяна на обект (обект- реципиент) чрез знание за друг обект (обект- донор). При това броят на обектите, които могат да се явят като донори е практически неограничен. Трансферът има допирни точки с иновациите, доколкото в иновациите се включва намирането на новата идея. В (Лепаров 2012в) са предложени 2 метода за трансфер на идея.

3.5. Изследване на идея

Под изследване на идея (Лепаров 2013б) се разбира разкриване на кръга въпроси, които трябва да се изяснят, с оглед практическото приложение на еИ. Един възможен метод за изследване на идея на ТО (еМ „Изследване“) е даден в (Лепаров 2013б). В (Лепаров, Вичева, Георгиев 2015) методът е доразвит (еМ „Мислени експерименти“) и е добавен еМ „Сензори“. Чрез „Мислени експерименти“ се изследва физически принцип

на действие (ФПД) за установяване на безопасността на ТО. За целта се анализират и изследват потоците от гл. т. на възможни техни състояния по време на експлоатация.

Особен вид идея е описание на ТО. Под описанието „Инженерна идея“ (Лепаров 2014а) се разбира начинът за постигане (реализация) на главната функция на физическо, химическо или биологично ниво (в зависимост от характера на потоците, чрез който се осигурява главната функция). Методи за концептуално проектиране на ТО „Инженерна идея“ са представени в (Лепаров 2014а). Те се отнасят за: а) Функция „Гарантиране на физическата цялост на продукт”; б) Функция „Дозиране на материал”; в) Функция „Идентификация на елемент“; г) Функция „Преобразуване на неелектрическа величина в електрическа величина” и д) Произволна функция. Тези методи могат да се разглеждат като методи за изследване на описанието „Инженерна идея“ на ТО.

3.6. Оценка на идеи

Въпросът за оценка на идеи и решения е разгледан в (Лепаров, Вичева, Георгиев 2015), където е направена класификация на видовете оценяване, систематизирани са показателите и критериите за оценяване на идеи и технически решения, посочени са скалите за оценяване, както и някои методи- „Да-не“, „Подреждане“, „Двоично сравняване“ и „Многокритериална оценка“.

Изводи

1. В ПП на ТО всяка идея се отнася пряко или косвено до геометрия на ТО.

2. Представените 29 на брой твърдения (т.2) изясняват съдържателно идеите в ПП на ТО и насочват към методи за тяхното разкриване. Твърденията са предпоставка за изследване на възможности за разкриване на нови такива.

3. Показаните пътища (т.3.2) представляват арсенал от разнообразни средства за търсене на идеи, а операциите над идеи позволяват получаването на нови идеи на базата на съществуващи такива.

4. Изключителните възможности на AI, вкл. и в областта на евристиката, темпът на увеличаване на тези възможности, както и забележителните качества на евристиката налагат колоборация на естествения ЕИ и изкуствения интелект и прерастването им в общ (споделен) интелект ($ЕИ^+$ или AI^+). Споделеният интелект $ЕИ^+$ съдържа необятни нови възможности.

5. Разкриването на еИ е ключово за проектирането не само на ТО, а и за които и да е обект, което означава, че резултатите от настоящата работа могат да се използват след критична оценка при проектирането на произволен обект или процес. Значителна част от твърденията, пътищата и операциите могат да бъдат обосновани и отнесени към идеи от произволни области.

ЛИТЕРАТУРА

Иванов, М. и др. 1995. *Техническое творчество: теория, методология, практика.* Энц. словарь. Под ред. А.И.Половинкина и В.В.Попова. Москва: ИНФОРМ-СИСТЕМА. ISBN 5-88439-006-8.

Лепаров, М., 2004. *Относно видовете евристични задачи и решения*. *Сборник доклади от VI межд. симпозиум „Техномат 2004 Материали, методи и технологии”,* Бургас, т.2, с. 120– 130. ISBN 954-9368-15-7.

Лепаров, М., Ганева, Н. 2009а. *Метод “Мултипликация на идея” за решаване на евристични задачи, Научни трудове на РУ „А.Кънчев“*, том 48, серия 6.2, Русе, стр. 24-28. ISSN 1311-3321.

Лепаров, М., 2009б. *Метод ““Менделеева” таблица” за решаване на евристични технически задачи*, межд. научна конф. УНИТЕХ’2009, Габрово: *Технически университет – Габрово,* 2009, т. II**,** с. 214– 219. ISSN 1313-230X.

Лепаров, М., 2009в. *Метод “Метаморфози” за решаване на евристични задачи*, Межд. научна конф. УНИТЕКС’2009, Габрово: *Технически университет – Габрово*, т. II, с. 220**–** 225. ISSN 1313-230X.

Лепаров, М., 2010. *Твърдения в теорията на евристичното проектиране. Българско списание за инженерно проектиране,* бр. 5, с. 77– 88. ISSN 1313-7530.

Лепаров, М., 2011. *Относно методи за решаване на креативни задачи*. *Journal of International Scientific Publications: Materials, Methods & Technologies,* Vol. 5, Part 3, с. 33–43. XIII международен симпозиум „Материали, методи и технологии“, Бургас. ISSN 1313-2539.

Лепаров, М., 2012а. *Метод „Обединяване на решения“ за решаване на евристични задачи. Научни трудове на Русенския университет,* т. 51, серия 6.2, с. 47–51. Научна конференция РУ&СУ'12, Русе. ISSN 1311-3321.

Лепаров, М., 2012б. *Метод "Описания" за концептуално проектиране на технически обекти, Българско списание за инженерно проектиране*, №10,. с.25– 36. ISSN 1313-7530.

Лепаров, М., 2012в. *По въпроса за евристичния трансфер*. Международна научна конференция „УНИТЕХ'12", Габрово: *Технически университет – Габрово,* т. II, с. 41–45. ISSN 1313-230X.

Лепаров, М.,2013а. *Евристични методи за развитие на техническите обекти*, межд. научна конф. УНИТЕКС'2013, Международна научна конференция „УНИТЕХ'13", Габрово: *Технически университет – Габрово*, т. III, с. III–193- III-197. ISSN 1313-230X.

Лепаров, М., 2013б. *Относно евристичните идеи*, Межд. научна конф. УНИТЕКС'2013, Габрово, Габрово: *Технически университет – Габрово*, т. III, с. III–198- III-203. ISSN 1313-230X.

Лепаров, М., 2013в. *Относно метод „Описания" за концептуално проектиране на технически обекти*, XXII международна научно-техн. конф. „Автоматизация на дискретното производство" АДП 2013. *Научни известия на СМ*, год.21, бр.3/140, с. 56-61. ISSN 1310 -3946.

Лепаров, М., 2014а. *Методи „Инженерна идея" за концептуално проектиране на технически обекти*. XXIII международна научно-техническа конференция „Автоматизация на дискретното производство" АДП-2014, Сборник доклади, *Научни известия на НТС по машиностроене*, год.22, с. 48-53. ISSN 1310-3946.

Лепаров, М., 2014б. *Операции над евристични задачи, методи, идеи и технически обекти*. *Българско списание за инженерно проектиране*, бр. 23, с.71– 84. ISSN 1313-7530.

Лепаров, М.**,** Вичева, М., Георгиев, М., 2015. *Основи на инженерното проектиране*. *3 изд., прераб. и доп*. София: Софттрейд. ISBN 978-954-334-082-8.

Лепаров, М., 2016а. *Геометрические преобразования сборочных единиц*. *Геометрия и графика,* № 3, с. 62– 72. DOI: https://doi.org/10.12737/21535.

Ганева, Н., Лепаров, М., Станчев, Г. 2016б. *Основи на инженерното проектиране (ръководство за упражнения)*. София: Софттрейд. ISBN 978-954-334-059-0.

Лепаров, М., 2022а. *О геометрии, еще один раз*. *Геометрия и графика*, №. 1, с. 3–13. DOI: https://doi.org/10.12737/2308-4898-2022-10-1-3-13.

Лепаров, М., 2022б. *Технология „Систематизация на елемент" за проектиране на технически обект. Българско списание за инженерно проектиране*, бр. 45, с. 11– 18. ISSN 1313-7530.

Лепаров, М., 2023. *Технология „Друга гледна точка" при проектиране на технически обект. Част 1: Твърдения. Българско списание за инженерно проектиране*, бр. 46, с. 7–16. ISSN 1313-7530.

Лепаров, М., 2024а. *Относно евристичните основи на проектиране на техническите обекти. Част 1: Твърдения, Автоматизация на дискретното производство*, бр.7, с.49– 56. ISSN: 2682-9584.

Лепаров, М., 2024б. *Относно евристичните основи на проектиране на техническите обекти. Част 2: Методи, Автоматизация на дискретното производство*, бр.7, с.57– 63. ISSN: 2682-9584. 46.

Лепаров, М., 2025а. *Введение в эвристическую геометрию: термины и утверждения*, *Журнал естественнонаучных исследований*. 2025. №. 4. С. 34-51. URL:https://naukaru.ru/ru/nauka/article/106060/view (дата обращения: 02.09.2026).

Лепаров, М., 2025б. *Введение в эвристическую геометрию: матрицы*. *Геометрия и графика*. 2025. №. 4. с. 3-12. DOI: https://doi.org/10.12737/2308-4898-2025-13-4-3-12

Лепаров, М., 2026. *Относно евристичните основи на проектиране на техническите обекти. Част 3: Задачи*, *Основи и технически средства за проектиране*, бр.1. ISSN 3134-1802.

Одрин, В., 1989. *Метод морфологического анализа технических систем*. Москва: ВНИИПИ, 1989.

Половинкин, А., 1985. *Законы строения и развития техники.* Волгоград: ВолгПИ.

Половинкин, А., 2024. *Основы инженерного творчества.* 9-то изд., стереотипно. Санкт-Петербург: Лань. ISBN 978-5-507-48775-2.

Ильичёв, Л. Ф., Федосеев, П. Н., Ковалёв, С. М. и Панов, В. Г. (ред.),1983. *Философский энциклопедический словарь***.** Москва: Советская энциклопедия.

Otto, K.; Wood, K. 2000. *Product Design: Techniques in Reverse Engineering and New Product Development*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. ISBN 0-13-021271-7.

Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J. & Grote, K. 2007. *Engineering Design: A Systematic Approach*. 3rd ed. London: Springer-Verlag. ISBN 978-1-84628-318-5.

Zwicky, F., 1969. *Discovery Invention, Research Through the Morphological Approach*. New York: Macmillan. ISBN 111424306X33.

Runco, M.A. & Pritzker, S.R. (eds.) (2020). *Encyclopedia of Creativity*. 3rd ed. Amsterdam: Elsevier. ISBN 978-0128156148.

REFERENCES

Ivanov, M. i dr. 1995. *Tekhnicheskoe tvorchestvo: teoriya, metodologiya, praktika*. Ents. slovar. Pod red. A.I. Polovinkina i V.V. Popova. Moskva: INFORM-SISTEMA. ISBN 5 88439 006 8.

Leparov, M., 2004. *Otnosno vidovete evristichni zadachi i reshenia. Sbornik dokladi ot VI mezhd. simpozium "Tehnomat 2004 Materiali, metodi i tehnologii*", Burgas, t. 2, s. 120–130. ISBN 954-9368-15-7.

Leparov, M., Ganeva, N. 2009a. *Metod "Multiplikatsia na ideya" za reshavane na evristichni zadachi, Nauchni trudove na RU "A. Kanchev*", tom 48, seria 6.2, Ruse, str. 24–28. ISSN 1311-3321.

Leparov, M., 2009b. *Metod "“Mendeleeva“ tablitsa" za reshavane na evristichni tehnicheski zadachi,* mezhd. nauchna konf. UNITEH'2009, Gabrovo: *Tehnicheski universitet – Gabrovo,* 2009, t. II, s. 214–219. ISSN 1313-230X.

Leparov, M., 2009v. *Metod "Metamorfozi" za reshavane na evristichni zadachi*, mezhd. nauchna konf. UNITEH'2009, Gabrovo: *Tehnicheski universitet – Gabrovo*, t. II, s. 220–225. ISSN 1313-230X.

Leparov, M., 2010. *Tvardenia v teoriyata na evristichnoto proektirane. Balgarsko spisanie za inzhenerno proektirane*, br. 5, s. 77–88. ISSN 1313-7530.

Leparov, M., 2011. *Otnosno metodi za reshavane na kreativni zadachi. Journal of International Scientific Publications: Materials, Methods & Technologies*, Vol. 5, Part 3, s. 33–43. XIII mezhdunaroden simpozium "Materiali, metodi i tehnologii", Burgas. ISSN 1313-2539.

Leparov, M., 2012a. *Metod "Obedinyavane na reshenia" za reshavane na evristichni zadachi. Nauchni trudove na Rusenskia universitet*, t. 51, seria 6.2, s. 47–51. Nauchna konferentsia RU&SU'12, Ruse. ISSN 1311-3321.

Leparov, M., 2012b. *Metod "Opisania" za kontseptualno proektirane na tehnicheski obekti, Balgarsko spisanie za inzhenerno proektirane*, № 10, s. 25–36. ISSN 1313-7530.

Leparov, M., 2012v. *Po vaprosa za evristichnia transfer*. Mezhdunarodna nauchna konferentsia "UNITEH'12", Gabrovo: *Tehnicheski universitet – Gabrovo*, t. II, s. 41–45. ISSN 1313-230X.

Leparov, M., 2013a. *Evristichni metodi za razvitie na tehnicheskite obekti*, Mezhdunarodna nauchna konferentsia "UNITEH'13", Gabrovo: *Tehnicheski universitet – Gabrovo*, t. III, s. III-193–III-197. ISSN 1313-230X.

Leparov, M., 2013b. *Otnosno evristichnite idei*, mezhd. nauchna konf. UNITEH'2013, Gabrovo: *Tehnicheski universitet – Gabrovo*, t. III, s. III-198–III-203. ISSN 1313-230X.

Leparov, M., 2013v. *Otnosno metod "Opisania" za kontseptualno proektirane na tehnicheski obekti*, XXII mezhdunarodna nauchno-tehn. konf. "Avtomatizatsia na diskretnoto proizvodstvo" ADP 2013. *Nauchni izvestia na SM*, god. 21, br. 3/140, s. 56–61. ISSN 1310-3946.

Leparov, M., 2014a. *Metodi "Inzhenerna ideya" za kontseptualno proektirane na tehnicheski obekti.* XXIII mezhdunarodna nauchno-tehnicheska konferentsia "Avtomatizatsia na diskretnoto proizvodstvo" ADP-2014, Sbornik dokladi, *Nauchni izvestia na NTS po mashinostroene,* god. 22, s. 48–53. ISSN 1310-3946.

Leparov, M., 2014b. *Operatsii nad evristichni zadachi, metodi, idei i tehnicheski obekti. Balgarsko spisanie za inzhenerno proektirane*, br. 23, s. 71–84. ISSN 1313-7530.

Leparov, M., Vicheva, M., Georgiev, M., 2015. *Osnovi na inzhenernoto proektirane*. 3 izd., prerab. i dop. Sofia: Softtreyd. ISBN 978-954-334-082-8.

Leparov, M., 2016a. *Geometricheskie preobrazovaniya sborochnykh edinits. Geometriya i grafika*, № 3, s. 62–72. DOI: https://doi.org/10.12737/21535.

Ganeva, N., Leparov, M., Stanchev, G. 2016b. *Osnovi na inzhenernoto proektirane (rakovodstvo za uprazhnenia).* Sofia: Softtreyd. ISBN 978 954 334 059 0.

Leparov, M., 2022a. *O geometrii, eshche odin raz. Geometriya i grafika*, № 1, s. 3–13. DOI: https://doi.org/10.12737/2308-4898-2022-10-1-3-13.

Leparov, M., 2022b. *Tehnologia "Sistematizatsia na element" za proektirane na tehnicheski obekt. Balgarsko spisanie za inzhenerno proektirane*, br. 45, s. 11–18. ISSN 1313-7530.

Leparov, M., 2023. *Tehnologia "Druga gledna tochka" pri proektirane na tehnicheski obekt. Chast 1: Tvardenia. Balgarsko spisanie za inzhenerno proektirane*, br. 46, s. 7–16. ISSN 1313-7530.

Leparov, M., 2024a. *Otnosno evristichnite osnovi na proektirane na tehnicheskite obekti. Chast 1: Tvardenia, Avtomatizatsia na diskretnoto proizvodstvo*, br. 7, s. 49–56. ISSN 2682-9584.

Leparov, M., 2024b. *Otnosno evristichnite osnovi na proektirane na tehnicheskite obekti. Chast 2: Metodi, Avtomatizatsia na diskretnoto proizvodstvo*, br. 7, s. 57–63. ISSN 2682-9584.

Leparov, M., 2025a. *Vvedenie v evristicheskuyu geometriyu: terminy i utverzhdeniya. Zhurnal estestvennonauchnykh issledovaniy*. 2025. № 4. S. 34–51. URL: https://naukaru.ru/ru/nauka/article/106060/view (data obrashcheniya: 02.09.2026).

Leparov, M., 2025b. *Vvedenie v evristicheskuyu geometriyu: matritsy. Geometriya i grafika.* 2025. № 4. S. 3–12. DOI: https://doi.org/10.12737/2308-4898-2025-13-4-3-12.

Leparov, M., 2026. *Otnosno evristichnite osnovi na proektirane na tehnicheskite obekti. Chast 3: Zadachi, Osnovi i tehnicheski sredstva za proektirane*, br. 1. ISSN 3134-1802.

Odrin, V., 1989. *Metod morfologicheskogo analiza tekhnicheskikh sistem*. Moskva: VNIIPI.

Polovinkin, A., 1985. *Zakony stroeniya i razvitiya tekhniki*. Volgograd: VolgPI.

Polovinkin, A., 2024. *Osnovy inzhenernogo tvorchestva*. 9-to izd., stereotipno. Sankt-Peterburg: Lan. ISBN 978-5-507-48775-2.

Ilichev, L. F., Fedoseev, P. N., Kovalev, S. M. i Panov, V. G. (red.), 1983. *Filosofskiy entsiklopedicheskiy slovar.* Moskva: Sovetskaya entsiklopediya.

Otto, K.; Wood, K. 2000. *Product Design: Techniques in Reverse Engineering and New Product Development*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. ISBN 0-13-021271-7.

Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J. & Grote, K. 2007. *Engineering Design: A Systematic Approach*. 3rd ed. London: Springer-Verlag. ISBN 978-1-84628-318-5.

Zwicky, F., 1969. Discovery Invention, Research Through the Morphological Approach. New York: Macmillan. ISBN 111424306X33.

Runco, M.A. & Pritzker, S.R. (eds.) (2020). *Encyclopedia of Creativity*. 3rd ed. Amsterdam: Elsevier. ISBN 978-0128156148.

ON THE HEURISTIC FOUNDATIONS OF TECHNICAL OBJECT DESIGN: PART 4: IDEAS

Abstract. The present work is a continuation of the publications *"On the Heuristic Foundations of Technical Object Design: Part 1: Statements; Part 2: Methods; and Part 3: Tasks".* The aim of this study is to outline the heuristic foundations of designing technical objects in terms of heuristic ideas. The research presents 29 statements (a generalized notion encompassing laws, regularities, principles, and rules) about heuristic ideas, substantiated within a system of numerous interconnected heuristic statements.A classification of the ideas is provided, and possible operations for transforming ideas are specified. The proposed studies are the result of logical analysis and can be used in engineering practice as well as in the education of students in technical universities.

Keywords: heuristics, heuristic design, technical object, heuristic statements, heuristic ideas

Michail Leparov, Ph.D.

Technical University-Sofia,

Bulgaria

e-mail: mleparov@tu-sofia.bg

АНАЛИЗ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА ИНТЕГРИРАНЕ НА ИНТЕЛИГЕНТНИ ДИГИТАЛНИ ИНСТРУМЕНТИ В ПРОЕКТНО-БАЗИРАНОТО ОБУЧЕНИЕ ПО ИНТЕРИОРЕН И МЕБЕЛЕН ДИЗАЙН

асистент маг. инж. – диз. Адриана Янкова-Христова

Лесотехнически университет – София

Резюме. Динамичното развитие на интелигентните дигитални технологии налага спешна трансформация в методологията на висшето образование по дизайн. Настоящият доклад предлага концептуален модел за фазово интегриране на интелигентни дигитални инструменти в проектно-базираното обучение по интериорен и мебелен дизайн. Моделът е разработен върху структурата на интензивния учебен модул „Дизайн проект“ провеждан в Лесотехнически университет, София и разглежда възможните роли на интелигентните дигитални системи в отделните етапи на проектния процес - от проучването и генерирането на идеи до техническото конкретизиране, визуалната комуникация и финалната презентация. Водещ принцип е съхраняването на авторската, критическа и решаващата роля на студента, като в началната фаза на идейното търсене се запазва зона на автономна човешка генерация без използване на AI. Предлага се и надграждане на проектния дневник като инструмент за систематично документиране на взаимодействието между студентите и използваните интелигентни дигитални инструменти. Изследването има теоретико-приложен характер и създава методологическа основа за последващо апробиране и емпирично оценяване на модела в реална образователна среда.

Ключови думи: проектно-базирано обучение, интелигентни дигитални инструменти, интериорен и мебелен дизайн, дизайнерско образование, висше образование

УВОД

В светкавично развиващата се дигитална среда на XXI век множество изследователи работят за все по-масовото и дълбоко интегриране на интелигентните

дигитални системи в работните процеси на области като архитектура, интериорен дизайн и проектиране на мебели. В същото време обаче тяхното педагогическо въздействие в обучението по дизайн остава недостатъчно проучено. Фокусът в академичните дискусии вече не е върху въпроса „за“ или „против“ внедряването на интелигентни дигитални инструменти в образованието, а върху дефинирането на ясни и ефективни методологии за тяхното интегриране в обучителните процеси. Ключово предизвикателство пред висшите учебни заведения в сферата на приложните изкуства, дизайна и инженерното проектиране е как тези технологии да се трансформират и внедрят в обучението на младите дизайнери като техни устойчиви асистенти. Те могат да подпомагат анализирането на големи масиви от данни, да оптимизират проучванията на потребителските нужди, да анализират съществуващи образци и да ускоряват процесите на визуализация и презентиране. В същото време е критично важно да се съхранят и стимулират автентичното човешко мислене, креативността, авторската идентичност и личната отговорност на студентите към техните творения. Това е особено валидно за обучението по интериорен и мебелен дизайн, където студентските проекти изискват едновременно висока художествена стойност, ергономична прецизност, функционалност, оперативна ефективност и бързина.

Актуални изследвания в областта на обучението по интериорен дизайн разглеждат съвременните интелигентни дигитални системи не само като средства за ускорена визуализация, а и като инструмент, включен в различни етапи на творческия и проектния процес. Подобни наблюдения са представени и от Джордж Фарес (Fares, 2025) в изследване върху интегрирането на генеративен изкуствен интелект в студийно обучение по интериорен дизайн, при което студентите са използвали интелигентни дигитални инструменти в различни етапи на творческия процес. Авторът отчита потенциала им за разширяване на концептуалното и визуалното изследване, като едновременно с това и подчертава необходимостта от критична оценка на генерираните резултати и запазване на водещата роля на студента в процеса на проектиране. В сходен контекст Кахраман и екипът му (Kahraman et al., 2024) установяват, че при AI-подпомогнатото концептуално развитие в обучението по интериорен дизайн определящо значение има не само генерирането на концептуални изображения, а способността те да бъдат анализирани и адекватно адаптирани към конкретното проектирано пространство.

Настоящият доклад е провокиран от съществуващата дидактическа пропаст: от една страна, бизнесът вече активно изисква задълбочени умения за работа с интелигентни дигитални инструменти от младите специалисти, а от друга страна е налице необходимостта от разработване и валидиране на утвърдини академични модели за тяхното фазово интегриране в учебния процес по дизайн. В този контекст, един от най-продуктивните подходи, осигуряващ възможност за адаптивна персонализация и бързо оперативно проследяване на резултатите е синтезът между интелигентните дигитални инструменти и проектно-базираното обучение (Ruiz Viruel et al., 2025). Настоящото изследване има за цел да предложи теоретичен концептуален модел (методологическа рамка), който да бъде приложен в проектно-базираното обучение по интериорен дизайн и мебелен. Този модел предлага систематизация и разпределение на интелигентните дигитални инструменти във вече познатите и наложили се етапи на проектно-базираното обучение, създавайки предпоставки за последващо практическо експериментиране в реална образователна среда.

1. Специфика и етапи на интензивното проектно-базирано обучение (ПБО)

В съвременната научно-педагогическа литература проектно-базираното обучение (ПБО или Project-Based Learning — PBL) се определя не просто като изолиран обучителен метод, а като цялостна образователна парадигма. При нея учебният процес е организиран около конкретни проекти, основани на комплексни и автентични казуси, които изискват задълбочено изследване, вземане на решения и създаване на реален краен продукт или презентация (Thomas, 2000; Kokotsaki et al., 2016). В тази образователна среда студентите развиват практически умения и придобиват трайни знания чрез активно участие в решаването на реални проектантски задачи. За разлика от конвенционалните лекционни форми, тук проектът е не просто краен резултат от наученото, а основното средство, чрез което се реализира самият учебен процес.

В Лесотехнически университет този подход има дългогодишно и последователно развитие и е обект на системно научно наблюдение от преподавателския екип, участвал в създаването, развитието и провеждането на учебния модул „Дизайн проект“. През годините на неговото реализиране са извършвани регулярни анализи на организацията, процеса на работа и постигнатите резултати, въз основа на които са публикувани редица научни изследвания и доклади. По този начин натрупаният практически опит постепенно

е трансформиран в последователно развиваща се научна и методическа основа за усъвършенстване на проектно-базираното обучение в специалността.

Ранните публикации върху формата анализират въвеждането на „Проектната седмица“ в обучението по инженерен дизайн и възприемането ѝ от студентите (Raycheva et al., 2016), както и резултатите от тригодишното прилагане на проектно-базирания модел, включително груповата динамика, екипната работа и взаимодействието с представители на професионалната практика (Raycheva et al., 2017). В последващите изследвания форматът е проследен като интензивна петдневна дизайнерска работилница с ясно структурирани етапи на работа и участие на преподаватели и професионалисти от практиката (Angelova et al., 2019). Практическата устойчивост и последващото развитие на формата са отразени и в публикацията „За един студентски дизайн-проект“ (Raycheva et al., 2023), която представя конкретна реализация на учебния модул и взаимодействието между студентските екипи, преподавателите и представители на професионалната практика. Паралелно с това анализът на модула е разширен и към студентските проектни дневници като средство за проследяване и оценяване на екипната и индивидуалната работа (Angelova et al., 2023).

1.1. Проектно-базираното обучение като метод за обучение по дизайн

В контекста на висшето образование по дизайн проектно-базираното обучение притежава специфични черти, характеризиращи се с висока степен на интердисциплинарност. Изследванията в областта на дизайнерската педагогика подчертават значението на практико-ориентираните подходи за развиване на способността на студентите да трансформират абстрактни творчески концепции във функционални проектни решения (Cross, 2006). Проектно-базираното обучение в дизайна поставя студента в комплексна роля — той трябва едновременно да действа като изследовател, концептуален артист, ергономист и конструктор. В съответствие със съвременните рамки за висше образование проектно-базираните обучения развиват така наречените „умения на XXI век“: критично мислене, екипна колаборация, ефективна комуникация и адаптивно решаване на проблеми (Partnership for 21st Century Learning [P21], 2019). При този подход оценяването се трансформира от преимуществено сумативна проверка във формиращ процес, включващ рефлексия, анализ и обратна връзка. Когато студентите работят в екип под времеви натиск, те развиват умения за

бързо филтриране на информация и оперативно вземане на решения — динамика, която ги доближава до условията на реалната професионална среда в проектантската практика.

Гъвкавата, но същевременно изискваща значителен времеви ресурс структура на проектно-базираното обучение, особено при изпълнението на рутинни и трудоемки задачи като техническо чертане, 3D моделиране и визуализация, създава предпоставки за използването на интелигентни дигитални инструменти като подпомагащ компонент на проектния процес. Те могат да бъдат прилагани в етапите на проучване, концептуализация, развитие на варианти и визуализация, без да заменят самостоятелното проектно мислене. Подобна посока се откроява и в съвременните изследвания върху приложението на генеративен AI в обучението по интериорен дизайн, които разглеждат неговата роля в различни етапи на творческия и концептуалния процес (Fares, 2025; Kahraman et al., 2024).

1.2. Специфика и етапи на интензивния обучителен проектен формат [1]

Практическото приложение на описаната теоретична рамка се реализира в специфична образователна среда, която налага адаптиране на традиционните подходи към проектната работа. Учебният модул „Дизайн проект“ [1] е организиран като ограничен във времето и високоинтензивен обучителен формат, чиято организационна структура поставя пред студентите три основни дидактически предизвикателства:

Времеви дефицит и оперативен натиск. Обучението е концентрирано в рамките на една работна седмица (5 дни) при задължителна ежедневна 8-часова присъствена заетост. Тази времева рамка изисква едновременно и последователно протичане на изследователски, творчески, комуникационни и технически дейности, при което решенията трябва да се развиват в условията на ограничен ресурс от време. Самата организация на модула предвижда фиксирани срокове за междинно презентиране и финално представяне, както и регулярни кратки консултации и получаване на обратна връзка от преподаватели.

Социална динамика и екипна работа. Проектният процес е организиран на екипен принцип, като още в началните етапи на работата се разпределят конкретни отговорности между членовете на екипа. Предвидена е роля на „говорител“ на екипа, който следи за организацията на работата, времето за изпълнение на задачите и общия

ход на дискусиите с преподавателите. На определен член от екипа се възлага и воденето на визуално-документален дневник, проследяващ развитието на проекта чрез текстове, рисунки, снимки и колажи в духа на журналистическите принципи „кой, какво, кога и къде“. Дневникът изпълнява не само документална функция, а създава възможност за проследяване на развитието на проектната идея и на индивидуалното участие на всеки един член от екипа в екипната работа. Значението на този инструмент е разгледано и в предходно изследване върху студентските дневници в рамките на учебния модул „Дизайн проект“, в което са анализирани дневници от четири последователни години с оглед използването им за проследяване и оценяване на екипната и индивидуалната работа (Angelova et al., 2023). Тази организация създава модел на взаимодействие, близък до реалната екипна практика в проектантската дейност, при които съвместното вземане на решения, разпределението на отговорностите и проследяването на процеса са неразделна част от проектната работа.

Комплексност на крайния проектен резултат. Структурата на модула не се ограничава до генерирането на концептуална идея, а изисква нейното последователно развитие до визуално, пространствено и технически конкретизирано решение. Финалното представяне включва постери, чертежи, физически макет, презентация и дневник на екипа. В рамките на петминутната финална презентация задължително се представят аранжировки в М 1:50/1:20, разгъвки на стени в М 1:20, 3D визуализации на интериора и 3D визуализация на специфичен мебелен елемент.

Хронологичният алгоритъм на модула е структуриран в последователни фази, съответстващи на петте работни дни. **Първият етап (ден 1)** поставя началото на процеса чрез запознаване със заданието и изходните условия, насоки от преподавателите и фасилитирани дейности, подпомагащи дизайн мисленето. След формиране на екипите студентите преминават към проучване на зададената тема и двукомпонентен брейнсторминг. Първият компонент е индивидуално асоциативно генериране на максимален брой думи, понятия, образи и идеи в рамките на 30 минути, последвано от екипно обсъждане. Вторият компонент представлява бързо визуално генериране на множество ситуации чрез прости скици, последвано от съвместно обсъждане и селектиране на поне две идеи. **Вторият етап (ден 2 и първата половина на ден 3)** е ориентиран към развитие и материализиране на избраните концепции. Подготвят се име или мото на проекта, един или два постера, работен макет и сценарий за междинна

презентация. Особено значение има работният макет, който служи като средство за ранно пространствено и визуално конкретизиране на идеята. Сценарият за представяне трябва да проследи еволюцията на идеята и проблемите, разкрити в процеса на разработване. Тази фаза създава необходимата основа за **третия етап (ден 3 — след обяд)**, който е свързан с междинна 5-минутна презентация пред преподавателския екип, участниците в проектната седмица и представител на фирмата-спонсор. Целта на презентацията е да бъде демонстрирана концепцията и да се получи обратна връзка чрез въпроси и коментари от преподавателите. По този начин междинното представяне изпълнява функцията на контролна точка в проектния процес, в която развитата до момента концепция се подлага на публична проверка и може да бъде коригирана преди преминаване към техническото ѝ конкретизиране. **Четвъртият етап (ден 4)** представлява преход от концептуално към техническо конкретизиране на проектното решение. След получената обратна връзка студентите продължават разработването на проекта, като изясняват въпросите, свързани с материалите, конструкцията и технологията за реализация. Едновременно с това се извършва критична селекция и ограничаване на възможните решения до една или две основни алтернативи. На този етап проектният процес преминава от разширяване на възможностите към тяхното аргументирано стесняване и конкретизиране. **Петият етап (ден 5)** е посветен на финализиране и публично представяне на разработеното решение. Екипите подготвят окончателната презентация, която включва представяне на финалната идея пред жури, последвано от въпроси и оценяване. Към финалния комплект се предават също дневникът на екипа и първоначалният постер от междинната презентация.

Комплексният характер на проектно-базираното обучение се проявява и в системата от критерии за оценяване. Те обхващат седем взаимосвързани аспекта на проектния резултат: степен на съответствие със заданието и потребностите на ползвателите, съобразяване с реалните параметри на пространството, функционалност, естетически качества, рационално използване на материалите, оригиналност на идеята и начин на нейното представяне. Така оценяването съчетава функционални, пространствени, естетически, материални, концептуални и комуникационни характеристики на проектното решение. Именно съчетаването на ограничена времева рамка, многоетапен проектен процес, екипно взаимодействие, необходимост от бързо генериране и селектиране на идеи и достигане до технически конкретизирано решение очертава специфичен контекст за изследване на потенциала на интелигентните дигитални

инструменти. Тази специфика поставя въпроса не просто дали AI може да бъде използван в обучението, а в кои етапи, с каква педагогическа функция и при какви ограничения неговото интегриране може да подпомогне проектния процес, без да замества авторското и критическото участие на студентите.

2. Концептуален модел за интегриране на интелигентни дигитални инструменти във фазите на проектния процес

Моделът за интегриране на интелигентни дигитални инструменти (табл. 1) е разработен върху установената структура на проектния процес в учебния модул „Дизайн проект“. При конструирането му водещ принцип е не технологичното добавяне на интелигентни дигитални системи към съществуващите дейности, а определянето на педагогическа функция на инструмента във всяка фаза на проектния процес, при съхраняване на авторската, критическата и решаващата роля на студента. Този принцип е в съзвучие с концепцията за *human-centered AI*, при която високата степен на технологична автоматизация следва да бъде съчетана със запазване на смислен човешки контрол, творческа самостоятелност и отговорност (Shneiderman, 2022).

таблица 1 - Концептуален модел за интегриране на интелигентни дигитални инструменти във фазите на проектния процес

Фаза на проектния процес / ден	**Основна студентска дейност**	**Допустима роля на AI**	**Принцип на човешки контрол**
1. Анализ на проблема и проучване - ден 1, преди обяд	Запознаване със заданието, потребителите и контекста; събиране и структуриране на информация	Изследователски асистент - формулиране на въпроси, обобщаване и структуриране на информация	Информацията се проверява от студентите чрез достоверни първични източници
2. Асоциативна дивергенция - ден 1, първи брейнсторминг	Индивидуално генериране на думи, понятия, образи и идеи	**Не се позволява използване на AI**	Първоначалното идейно поле се формира автономно от студентите
3. Визуална дивергенция - ден 1, втори брейнсторминг	Скициране на ситуации, отношения и проблеми; разширяване на идейното поле	Идеен провокатор - допълнителни сценарии, гледни точки и асоциации	AI се включва след първоначалната човешка генерация и не замества студентските скици

4. Селекция на идеи - край на ден 1 / начало на ден 2	Сравняване, обсъждане и избор на водещи концепции	Критически партньор - въпроси, сравнение и проверка на алтернативи	Окончателният избор остава решение на студентския екип
5. Концептуално развитие - ден 2 и ден 3 до обяд	Развитие на избраната концепция, сценарии, постери и работен макет	Асистент за развитие на варианти - анализ, провокация и визуално експериментиране	AI предложенията се използват като материал за изследване, а не като готово проектно решение
6. Междинна презентация и обратна връзка - ден 3, след обяд	Представяне и аргументиране на концепцията; получаване на обратна връзка	Симулиран критик/жури - въпроси и проверка на аргументацията	AI не заменя обратната връзка от преподаватели и външни специалисти
7. Итерация и техническо конкретизиране - ден 4	Корекции; избор на материали, конструкции и технологии; ограничаване на вариантите	Аналитичен и информационен асистент - сравняване и проверка на варианти	Техническата информация и решенията се проверяват спрямо реални източници и експертна преценка
8. Финализиране и визуална комуникация - ден 4–5	Разработване на чертежи, визуализации, постери и финална презентация	Визуален и комуникационен асистент - визуално експериментиране, редактиране и структуриране	AI визуализацията следва вече разработеното решение и не въвежда несъществуващи проектни характеристики
9. Финална презентация и защита - ден 5	Представяне на окончателното решение и отговори на въпроси	Презентационен асистент - репетиция и симулиране на въпроси от жури	Аргументацията и защитата на проектните решения се извършват от студентите

Забележка: Към отделните фази могат да бъдат прилагани различни интелигентни дигитални инструменти според характера на задачата, например ChatGPT, Gemini, NotebookLM, Claude и Perplexity за анализ и структуриране на информация; Midjourney, Krea, Adobe Firefly и Vizcom за визуално развитие на концепции; Veras, Autodesk AI функционалности за работа със съществуваща пространствена и CAD/BIM геометрия; специализирани AI инструменти за 3D генериране и рендериране като PromeAI, LookX, Spline AI, D5 Render и интеграциите в Chaos Enscape; Runway за видео генериране, както

и Tome или Gamma за автоматизирано структуриране на презентации. Конкретният избор на приложения не е фиксиран елемент на модела и може да се адаптира спрямо развитието на технологиите и образователната среда.

Наред с фазовото разпределение на функциите на интелигентните дигитални инструменти, предложеният модел предвижда и систематично документиране на взаимодействието между студентите и използваните дигитални системи. Като хоризонтален елемент, съпътстващ всички фази на проектния процес, може да бъде надградена вече установената в учебния модул практика за водене на проектен дневник. Разширяването на неговото съдържание с информация за използваните интелигентни дигитални инструменти, целта на взаимодействието, формулираната заявка, полученото предложение и последващото решение на екипа то да бъде прието, трансформирано или отхвърлено би позволило по-прецизно проследяване на произхода и развитието на проектните решения. По този начин дневникът придобива допълнителна методологическа функция - да подпомага разграничаването между самостоятелния принос на студентите и влиянието на използваните интелигентни дигитални инструменти върху процеса на проектиране.

3. Изводи и обобщения

Предложеният концептуален модел систематизира в табличен вид възможностите за интегриране на интелигентни дигитални инструменти в последователните фази на проектно-базираното обучение по интериорен и мебелен дизайн. Основен принцип при неговото изграждане е технологиите да не бъдат въведени като самостоятелен или заместващ елемент в проектния процес, а да изпълняват ясно определена подпомагаща роля при съхраняване на авторската, критическата и решаващата функция на студентите. Фазовото разпределение на ролите на интелигентните дигитални системи показва, че интензивността и характерът на тяхното използване следва да се различават в отделните етапи на проектната работа. Наред с фазите, в които интелигентните дигитални инструменти могат да подпомагат проучването, анализа, развитието на варианти, критическата проверка, техническото конкретизиране и визуалната комуникация, моделът предвижда и запазване на автономна човешка генерация в началния етап на идейното търсене. По този начин се стреми към баланс между технологична подкрепа и съхраняване на самостоятелното проектно мислене, творческата инициатива и чисто човешката отговорност на студентите за взетите от тях решения.

Допълнителен елемент на модела е систематичното документиране на взаимодействието с интелигентните дигитални инструменти чрез надграждане на съществуващата практика за водене на проектен дневник. Разширяването на неговата функция създава предпоставки за проследяване на произхода и развитието на проектните решения, както и за по-ясно разграничаване между самостоятелния мисловен принос на студентите и влиянието на използваните AI системи върху процеса на проектиране.

В настоящия етап предложеният модел има теоретико-приложен характер и не претендира доказването на положително или отрицателно въздействие на интелигентните дигитални системи върху качеството на проектните резултати. Следваща стъпка в изследването е неговото практическо апробиране в рамките на регулярно провеждания учебен модул „Дизайн проект“ със студенти от III и IV курс от специалност „Инженерен дизайн“ в Лесотехническия университет – София. Годишната повтаряемост на този интензивен проектен формат създава подходяща среда за последователно емпирично наблюдение, сравняване на различни режими на взаимодействие между студентите и интелигентните дигитални инструменти и поетапно усъвършенстване на предложения модел. Последващото изследване може да бъде насочено към оценяване на влиянието на тези режими върху проектния процес, критичното мислене, авторската самостоятелност, екипното взаимодействие и качеството на крайните проектни решения.

Благодарности

Авторът изказва специална благодарност на доц. д-р Десислава Ангелова от катедра „Интериор и дизайн за мебели“ при Лесотехническия университет, София за професионалната подкрепа, споделения опит и ценните насоки.

БЕЛЕЖКИ

Информацията за организацията, времевата рамка и последователността на дейностите в учебния модул „Дизайн проект“ е представена въз основа на вътрешни учебно-методически инструкции за провеждане на „Проектна седмица“ в специалност „Инженерен дизайн (Интериор и дизайн за мебели)“ към катедра „Интериор и дизайн за

мебели“ при Факултет „Горска промишленост“ на Лесотехническия университет – София. Учебният модул е създаван, методически развиван и провеждан в продължение на години от преподавателски екип, чийто състав се развива и променя във времето. Сред основните преподаватели, участвали в различни етапи от неговото създаване, развитие и провеждане, са: проф. д-р Регина Райчева, проф. д-р Васил Живков, доц. д-р Десислава Ангелова, проф. д-р Стела Ташева, проф. д-р Павлина Воденова, доц. д-р Рангел Чипев, гл. ас. д-р Ралица Симеонова, гл. ас. д-р Мария Константинова, гл. ас. д-р Боряна Петрова ас. инж.-диз. Ванина Табакова и ас. инж.-диз. Кармелла Ломбарди.

ЛИТЕРАТУРА

ANGELOVA, D., R. RAYCHEVA and R. CHIPEV. Student Workshop: Creativity in Progress. In: *Proceedings of the International Conference "Wood Science and Engineering in the Third Millennium" – ICWSE 2019*, 7–9 November 2019, Transilvania University of Brasov, Romania. Vol. 2, pp. 549–557. ISSN 1843-2689.
Достъпно на: https://www.researchgate.net/publication/337387609_STUDENT_WORKSHOP_CREATIVITY_IN_PROGRESS

ANGELOVA, D., P. VODENOVA, R. RAYCHEVA and S. TASHEVA. Students' Work Diaries: Visual Impressions of a Project-Based Learning Module. *Innovation in Woodworking Industry and Engineering Design*, 2023, 12(2), 17–27. DOI: 10.66211/inno.2023.2.363.
Достъпно на: DOI 10.66211/inno.2023.2.363

CROSS, N. *Designerly Ways of Knowing*. London: Springer, 2006. ISBN 978-1-84628-300-0. DOI: 10.1007/1-84628-301-9.
Достъпно на: Springer / DOI 10.1007/1-84628-301-9

FARES, G. Integrating AI in the Creative Process: A Case Study in Interior Design Education. *Art and Design Review*, 2025, 13(2), 140–158. DOI: 10.4236/adr.2025.132010.
Достъпно на: DOI 10.4236/adr.2025.132010

KAHRAMAN, M. U., Y. ŞEKERCI, M. DEVELIER and F. KOYUNCU. Integrating Artificial Intelligence in Interior Design Education: Concept Development. *Journal of Computational Design*, 2024, 5(1), 31–60. DOI: 10.53710/jcode.1418783.
Достъпно на: DOI 10.53710/jcode.1418783

KOKOTSAKI, D., V. MENZIES and A. WIGGINS. Project-Based Learning: A Review of the Literature. *Improving Schools*, 2016, 19(3), 267–277. DOI: 10.1177/1365480216659733.
Достъпно на: DOI 10.1177/1365480216659733

PARTNERSHIP FOR 21ST CENTURY LEARNING (P21). *P21 Framework Definitions*. Battelle for Kids, 2019.
Достъпно на: P21 Framework Definitions – Battelle for Kids

RAYCHEVA, R., V. JIVKOV, D. ANGELOVA and P. VODENOVA. Study Module "Project Week": Through the Eyes of Students. *Innovation in Woodworking Industry and Engineering Design*, 2016, 5(1), 46–53. ISSN 1314-6149.
Достъпно на: Innovation in Woodworking Industry and Engineering Design – article record

RAYCHEVA, R. P., D. I. ANGELOVA and P. M. VODENOVA. Project-Based Learning in Engineering Design in Bulgaria: Expectations, Experiments and Results. *European Journal of Engineering Education*, 2017, 42(6), 944–961. DOI: 10.1080/03043797.2016.1235140.
Достъпно на: DOI 10.1080/03043797.2016.1235140

РАЙЧЕВА, Р., Д. АНГЕЛОВА, П. ВОДЕНОВА, В. ТАБАКОВА и К. ЛОМБАРДИ. За един студентски дизайн-проект. *ДМТ: Дизайн, материали, технологии*, 2023, бр. 6, с. 4–5.

Достъпно на:
https://www.researchgate.net/publication/378315067_Za_edin_studentski_dizajn-proekt

RUIZ VIRUEL, S., E. SÁNCHEZ RIVAS and J. RUIZ PALMERO. The Role of Artificial Intelligence in Project-Based Learning: Teacher Perceptions and Pedagogical Implications. *Education Sciences*, 2025, 15(2), art. 150. DOI: 10.3390/educsci15020150.
Достъпно на: https://www.mdpi.com/2227-7102/15/2/150

SHNEIDERMAN, B. *Human-Centered AI*. Oxford: Oxford University Press, 2022. DOI: 10.1093/oso/9780192845290.001.0001.
Достъпно на: Oxford Academic / DOI

THOMAS, J. W. *A Review of Research on Project-Based Learning*. San Rafael, CA: The Autodesk Foundation, 2000.

Достъпно на: https://www.pblworks.org/research/research-review-research-project-based-learning

Acknowledgments

The author expresses special gratitude to Assoc. Prof. Dr Desislava Angelova of the Department of Interior and Furniture Design at the University of Forestry, Sofia, for her professional support, shared experience, and valuable guidance.

NOTES

The information on the organization, timeframe, and sequence of activities in the "Design Project" study module is presented on the basis of internal teaching and methodological instructions for conducting "Project Week" in the Engineering Design (Interior and Furniture Design) programme within the Department of Interior and Furniture Design, Faculty of Forest Industry, University of Forestry - Sofia. The study module has been created, methodologically developed, and delivered over the years by a teaching team whose composition has evolved and changed over time. Among the principal faculty members who have participated at different stages of its creation, development, and delivery are: Prof. Dr Regina Raycheva, Prof. Dr Vasil Zhivkov, Assoc. Prof. Dr Desislava Angelova, Prof. Dr Stela Tasheva, Prof. Dr Pavlina Vodenova, Assoc. Prof. Dr Rangel Chipev, Chief Assist. Prof. Dr Ralitsa Simeonova, Chief Assist. Prof. Dr Maria Konstantinova, Chief Assist. Prof. Dr Boryana Petrova, Assist. Prof. Vanina Tabakova, Design Engineer, and Assist. Prof. Carmella Lombardi, Design Engineer.

REFERENCES

ANGELOVA, D., R. RAYCHEVA and R. CHIPEV. Student Workshop: Creativity in Progress. In: *Proceedings of the International Conference "Wood Science and Engineering in the Third Millennium" – ICWSE 2019*, 7–9 November 2019, Transilvania University of Brasov, Romania. Vol. 2, pp. 549–557. ISSN 1843-2689.
Достъпно на:

https://www.researchgate.net/publication/337387609_STUDENT_WORKSHOP_CREATIVITY_IN_PROGRESS

ANGELOVA, D., P. VODENOVA, R. RAYCHEVA and S. TASHEVA. Students' Work Diaries: Visual Impressions of a Project-Based Learning Module. *Innovation in Woodworking Industry and Engineering Design*, 2023, 12(2), 17–27. DOI: 10.66211/inno.2023.2.363.
Достъпно на: DOI 10.66211/inno.2023.2.363

CROSS, N. *Designerly Ways of Knowing*. London: Springer, 2006. ISBN 978-1-84628-300-0. DOI: 10.1007/1-84628-301-9.
Достъпно на: Springer / DOI 10.1007/1-84628-301-9

FARES, G. Integrating AI in the Creative Process: A Case Study in Interior Design Education. *Art and Design Review*, 2025, 13(2), 140–158. DOI: 10.4236/adr.2025.132010.
Достъпно на: DOI 10.4236/adr.2025.132010

KAHRAMAN, M. U., Y. ŞEKERCI, M. DEVELIER and F. KOYUNCU. Integrating Artificial Intelligence in Interior Design Education: Concept Development. *Journal of Computational Design*, 2024, 5(1), 31–60. DOI: 10.53710/jcode.1418783.
Достъпно на: DOI 10.53710/jcode.1418783

KOKOTSAKI, D., V. MENZIES and A. WIGGINS. Project-Based Learning: A Review of the Literature. *Improving Schools*, 2016, 19(3), 267–277. DOI: 10.1177/1365480216659733.
Достъпно на: DOI 10.1177/1365480216659733

PARTNERSHIP FOR 21ST CENTURY LEARNING (P21). *P21 Framework Definitions*. Battelle for Kids, 2019.
Достъпно на: P21 Framework Definitions – Battelle for Kids

RAYCHEVA, R., V. JIVKOV, D. ANGELOVA and P. VODENOVA. Study Module "Project Week": Through the Eyes of Students. *Innovation in Woodworking Industry and Engineering Design*, 2016, 5(1), 46–53. ISSN 1314-6149.
Достъпно на: Innovation in Woodworking Industry and Engineering Design – article record

RAYCHEVA, R. P., D. I. ANGELOVA and P. M. VODENOVA. Project-Based Learning in Engineering Design in Bulgaria: Expectations, Experiments and Results. *European Journal of*

Engineering Education, 2017, 42(6), 944–961. DOI: 10.1080/03043797.2016.1235140.
Достъпно на: DOI 10.1080/03043797.2016.1235140

RAYCHEVA R., D. ANGELOVA, P. VODENOVA, V. TABAKOVA, C. LOMBARDI, 2023, On a Student Design Project, Design, Materials, Technologies, issue 6, pp. 4-5. Available at: https://www.researchgate.net/publication/378315067_Za_edin_studentski_dizajn-proekt

RUIZ VIRUEL, S., E. SÁNCHEZ RIVAS and J. RUIZ PALMERO. The Role of Artificial Intelligence in Project-Based Learning: Teacher Perceptions and Pedagogical Implications. *Education Sciences*, 2025, 15(2), art. 150. DOI: 10.3390/educsci15020150.
Достъпно на: https://www.mdpi.com/2227-7102/15/2/150

SHNEIDERMAN, B. *Human-Centered AI*. Oxford: Oxford University Press, 2022. DOI: 10.1093/oso/9780192845290.001.0001.
Достъпно на: Oxford Academic / DOI

THOMAS, J. W. *A Review of Research on Project-Based Learning*. San Rafael, CA: The Autodesk Foundation, 2000.
Достъпно на: https://www.pblworks.org/research/research-review-research-project-based-learning

ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES FOR INTEGRATING INTELLIGENT DIGITAL TOOLS INTO PROJECT-BASED LEARNING IN INTERIOR AND FURNITURE DESIGN

Abstract. The dynamic development of intelligent digital technologies necessitates an urgent transformation of the methodology of higher education in design. This paper proposes a conceptual model for the phased integration of intelligent digital tools into project-based learning in interior and furniture design. The model is developed on the basis of the structure of the intensive “Design Project” study module conducted at the University of Forestry, Sofia, and examines the potential roles of intelligent digital systems at the individual stages of the design process - from research and idea generation to technical elaboration, visual

communication, and the final presentation. A guiding principle is the preservation of the student's authorial, critical, and decision-making role, while an area of autonomous human generation without the use of AI is maintained in the initial phase of ideation. The paper also proposes extending the project diary as a tool for the systematic documentation of the interaction between students and the intelligent digital tools used. The study is theoretical and applied in nature and establishes a methodological basis for subsequent piloting and empirical evaluation of the model in a real educational environment.

Keywords: project-based learning, intelligent digital tools, interior and furniture design, design education, higher education

Adriana Yankova-Hristova, MSc, Design Engineer
Assistant Professor
Department of Interior and Furniture Design
Faculty of Forest Industry
University of Forestry, Sofia
Bulgaria
E-mail: adriana.yankova@ltu.bg

ГЕНЕРАТИВНИЯТ ИИ В УЧИЛИЩНОТО ОЦЕНЯВАНЕ. ПРОВЕРКА НА РАЗБИРАНЕТО ПРИ РАЗРЕШЕНА УПОТРЕБА НА ИИ

инж. Румяна Комарска

Технически Университет София

доц. д-р инж. Мариета Янчева-Попова

Технически Университет София

Резюме. Правилният отговор, получен с помощта на генеративен изкуствен интелект, може да прикрие съществен пропуск в знанията на ученика. Статията разглежда този риск и предлага процедура за текущо оценяване в средното образование. Въз основа на критичен синтез на изследвания за ученето, валидността на оценяването и педагогическата подкрепа формулираме правило за избор на диагностична задача: тя трябва да покаже дали ученикът разбира действието, което инструментът е могъл да извърши вместо него. Седем конструирани казуса по математика, български език, литература, история и техническа професионална подготовка илюстрират три вида разминаване между резултат и разбиране. За всеки казус са предложени кратка самостоятелна задача, анализ на възможните отговори и последващо обучение. Процедурата отчита отделно качеството на продукта, предметните знания, практическото умение и способността за проверка на генериран отговор. Попълнена рубрика показва как наблюдаваните действия и получената помощ се отразяват в оценката. Разгледани са и организацията в клас и условията за бъдещо емпирично изпитване.

Ключови думи: генеративен изкуствен интелект; средно образование; валидност на оценяването; ученическо разбиране; формиращо оценяване; професионална подготовка

1. Проблем и цел на изследването

След разрешена работа с генеративен изкуствен интелект (ГИИ) двама ученици предават вярното равенство $\frac{16}{64} = \frac{1}{4}$. Първият обяснява, че дели числителя и знаменателя на 16. Вторият твърди, че може да зачеркне еднаквата цифра 6. Ако учителят оцени само крайния отговор, двамата ще получат еднаква оценка, въпреки че единият прилага валидна операция, а другият достига случайно до верен резултат. Готовото обяснение също не решава проблема: то може да е предоставено от инструмента. Нужно е ученикът сам да покаже как извършва действието и защо го смята за правилно.

Качеството на работа, създадена с ГИИ, зависи едновременно от знанията на ученика, възможностите на инструмента и използваната помощ. Ако учителят го припише изцяло на ученика, рискува да надцени подготовката му и да пропусне затруднение, но е възможна и обратната грешка — да не признае усвоено знание заради помощта при първоначалното решение. Оценката се нуждае от основания, които свързват наблюдаваното изпълнение с конкретната преценка за знанията (Kane 2013). Разликата между успешно изпълнение с помощ и учене е централна и в анализа на OECD за образованието с ГИИ (OECD 2026).

Предлагаме процедура, чрез която учителят да установи какво ученикът разбира и може да приложи след разрешена работа с ГИИ. Изследователският въпрос е: как да се избере кратка самостоятелна задача, която разкрива знанията зад предадения продукт и насочва следващото преподаване? Разглеждаме текущото оценяване в общообразователните дисциплини и професионалните гимназии. В този обхват включваме и умението на ученика да преценява критично генериран отговор.

2. Метод на изследването

Изследването съчетава критичен синтез на литературата с разработване на процедура за оценяване и следва концептуален подход (Jaakkola 2020). Подбрани са трудове за валидността на оценката и връзката между изпълнение и учене, емпирични изследвания на ГИИ в училище и институционални рамки за общото и професионалното образование. Подборът се ръководи от въпроса какво позволява да се съди за знанията на отделния ученик. При емпиричните публикации съпоставяме задачата, предоставената помощ и измерения резултат, защото подобрението на текст с помощ и успехът при последваща самостоятелна работа дават различна информация за ученето.

Анализът започва от конкретно учебно действие: прилагане на правило, аргументиране или техническа операция. За всяко действие се разглежда как ГИИ може да го подпомогне или да го извърши вместо ученика и как учителят би установил разбирането. Оттук произтичат три решения в процедурата: самостоятелно приложение в нова задача, отделно оценяване на съществените действия и запис на предоставената помощ. Те стъпват съответно върху изследванията за изпълнението и ученето, теорията за валидността и постепенното оттегляне на педагогическата подкрепа (Kane 2013; Soderstrom & Bjork 2015; van de Pol et al. 2010).

За предметния анализ разграничаваме три вида разминаване: верен резултат, получен по погрешно правило, правилно название или факт без обяснение и несъответствие между модел, изчисление и практическо действие. По тази схема са разработени седем казуса с примерни ученически реплики и отговори, приписани на ГИИ. Това са конструирани учебни ситуации. Във всяка от тях сравняваме отговорите, които биха следвали от правилното и от предполагаемото погрешно разсъждение, и избираме задача, която разкрива разликата. Посочени са и предварителните знания, необходими за решаването ѝ.

3. Ползи и рискове според функцията на помощта

3.1 Обратна връзка и упражняване

ГИИ може бързо да коментира чернова, да предложи допълнителен пример или да зададе уточняващ въпрос. Тази помощ е полезна, когато ученикът я използва, за да преработи собствената си работа. В рандомизирано изследване с 459 гимназисти, изучаващи английски като чужд език, обратната връзка от GPT-3.5-turbo води до по-добра редакция на аргументативни текстове спрямо редактиране без обратна връзка, с размер на ефекта d = 0,19. Редакциите са оценени автоматизирано, а изследването отчита и положителни ефекти върху мотивацията и емоциите (Meyer et al. 2024). Практическият въпрос за учителя е дали ученикът ще приложи използваните съвети и при следващ самостоятелен текст.

Полезната обратна връзка посочва какво в задачата се нуждае от промяна и как ученикът да продължи (Hattie & Timperley 2007; Shute 2008). Подготвените оценители превъзхождат генерираната обратна връзка по повечето характеристики в сравнението на Steiss et al. (2024). Учителят затова преглежда използваните съвети, а ученикът защитава една съществена редакция: какъв проблем е отстранил с нея и защо я е предпочел пред първоначалния вариант.

3.2 Готов отговор и пропуснато разсъждение

Прехвърлянето на част от мисловната работа към външно средство се описва като когнитивно разтоварване (Risko & Gilbert 2016). За оценяването е решаващо коя част от работата поема инструментът. Ако целта е ученикът да измерва, помощта при оформяне на протокола улеснява представянето на резултатите. Ако целта е той да реши дали

размерът отговаря на изискванията, генерираното заключение вече изпълнява съществената част от задачата. Когато се оценява работата с ГИИ, ученикът трябва да покаже как е установил дали това заключение е вярно.

Готовото решение може да остави основното разсъждение неупражнено: ученикът предава приемлив отговор, учителят отчита успех и преминава към ново съдържание. Пропускът остава. В експеримент с близо 1000 ученици по гимназиална математика обичайният интерфейс с GPT-4 подобрява изпълнението по време на упражненията, но при последваща работа без инструмента групата се представя по-слабо от контролната. Версията с педагогически ограничения, които подпомагат разсъждението, до голяма степен ограничава отрицателния ефект (Bastani et al. 2025). За учителя това поставя въпроса каква помощ да разреши, когато именно самостоятелното разсъждение е целта на упражнението.

При упражняване насоката от ГИИ може да следва първия собствен опит на ученика. С постепенното оттегляне на подкрепата отговорността за решението преминава към учащия (van de Pol et al. 2010). Следващата задача с изменено условие показва дали той вече може да приложи наученото сам.

3.3 Убедителен текст и непроверено основание

Убедително написаният отговор може да подведе ученика да приеме грешно твърдение или да повтори вярно обяснение, което не разбира. Историческото твърдение трябва да се съпостави със сведения за събитието, а литературният цитат — с произведението и защитаваната теза. Чрез тези действия грамотността в областта на изкуствения интелект придобива конкретен предметен смисъл (Miao et al. 2024; OECD & European Commission 2026). Броят и сложността на заявките сами по себе си не показват дали ученикът е преценил правилно получените отговори.

3.4 Неравен достъп и неправилна оценъчна процедура

Платената версия на инструмента, достъпът у дома и помощта от възрастни могат да подобрят предадената работа независимо от знанията на ученика. Затова училището осигурява общи условия за използване на ГИИ. Когато целта е критичен анализ, всички могат да получат един и същ предварително прегледан генериран отговор. За оценяване на взаимодействието с инструмента е нужен реален достъп. Правилата за помощта,

разрешените материали и самостоятелната задача се обявяват предварително. При избора на платформа се отчитат възрастовата пригодност и защитата на данните, а в учебните заявки се използват обезличени материали (Miao & Holmes 2023; UNICEF 2025).

Детекторът за генериран текст не показва какво знае ученикът. Изпитванията на такива средства установяват недостатъчна надеждност на изследваните инструменти (Weber-Wulff et al. 2023). За целите на оценяването предлагаме обща самостоятелна задача по еднакви критерии. Ако отчетът за получената помощ е непълен, учителят изяснява как е създадена работата. Преценката за знанията се основава на действията на ученика, а спазването на предварително обявените правила за употреба се отчита отделно.

4. Метод за проверка и педагогическо решение

4.1 Какво се оценява

Учителят първо определя какво иска да оцени: качеството на предадената работа, разбирането, практическото изпълнение или умението за преценка на генериран отговор. За всяка цел е нужно съответно наблюдение (таблица 1). Разделянето на приноса на ученика и инструмента на проценти не решава този въпрос. По-информативно е ученикът да изпълни действието, за което се поставя оценка.

таблица 1 – Обекти на оценка и съответстващи наблюдения

Обект	**Какво се проверява**	**Основно доказателство**
Готов продукт	Верност, пълнота и изпълнение на заданието	Предаден текст, решение, протокол или програма
Предметно разбиране	Обяснение и приложение при променено условие	Самостоятелно обяснение, ново решение или аргументирана поправка
Практическо умение	Правилна последователност и контрол на действието	Наблюдение с уред, на стенд или в определена симулация
Проверка на резултат от ГИИ	Избор и изпълнение на подходящ тест и обяснение на заключението	Наблюдение как ученикът използва текст, изчисление, тест или друг независим източник

Този избор следва изискването резултатите от ученето да се описват чрез наблюдаеми действия и ясни критерии (Cedefop 2022a). В професионалното образование готовият продукт, непосредственото наблюдение и допълващите сведения дават различна информация за подготовката (Cedefop 2022b, pp. 34–36). Например учителят може да признае правилното техническо обяснение и едновременно да установи, че ученикът още се нуждае от упражнение с уреда.

Работата със стандарти е част от професионалната STEM подготовка и включва анализ и прилагане на изисквания в практически задачи (Ilieva 2025). В предложената процедура ученикът избира приложимото изискване и обяснява как то определя техническото му решение. Това действие е необходимо и когато първоначалният отговор е генериран с ИИ.

За да покаже, че може да преценява отговор от ГИИ, ученикът изследва конкретно твърдение чрез текст, пресмятане или тест и защитава заключението си. Ако задачата включва и избор на инструмент или водене на разговор с него, учителят наблюдава и тази работа.

4.2 Последователност на прилагане

Стъпка 1. Преди възлагането учителят избира две или три съществени действия, например определяне на граници, решение за съответствие и измерване. За всяко задава критерий и подготвя кратка задача, очаквано обяснение и типична грешка. Наблюденията се разпределят във времето според сложността на действията. Един час може да бъде посветен на едно от тях.

Стъпка 2. Условието определя допустимата помощ: „Може да използвате ГИИ за обяснение, проверка и редакция. Посочете едно прието или отхвърлено предложение и защо сте решили така. В час ще приложите принципа към нов случай.“ Учителят обявява разрешените материали и критериите за оценка. Краткият запис за използваната помощ му позволява да зададе по-точен допълнителен въпрос.

Стъпка 3. Всички ученици решават обща задача самостоятелно, без генерираща помощ. Около пет минути за една основна операция могат да послужат като начален ориентир, който се адаптира към потребностите на класа. Произведението, таблицата с данни, средствата за достъпност и калкулаторът остават разрешени, когато не извършват действието, което се оценява.

Стъпка 4. При неясно основание за отговора учителят пита: „На кое правило се основаваш?“. Ако въпросът не изясни разсъждението, задава случай, при който правилното и предполагаемото погрешно правило водят до различни отговори или интерпретации (раздел 4.3), и записва резултата преди предметната подсказка.

Стъпка 5. Следващото преподаване зависи от затруднението: погрешното понятие изисква контрапример, сметната грешка — повторно пресмятане, а слабата аргументация — работа върху връзката между твърдение и доказателство. След тази намеса ученикът решава съпоставима задача, а по-късно отново прилага наученото, за да се проследи дали го е запазил. Използването на диагностичните данни при планиране на преподаването е съществено за формиращото оценяване (Black & Wiliam 2009; Sadler 1989).

При всяко наблюдение се отбелязва дали ученикът е работил самостоятелно, след неутрално уточнение или с предметна подкрепа. Уточнението изяснява условието или формата на отговора, без да предоставя правило, доказателство или стъпка от решението. „Обясни защо“ оставя разсъждението на ученика. „Сравни с горната граница 20,020 mm“ вече му дава предметна насока. Отговорът след такава подсказка се отчита като постигнат с помощ, а следващият случай показва дали ученикът се справя сам.

4.3 Избор на проверка и интерпретация

Диагностичната задача трябва да разкрие разсъждението зад отговора. В математиката понякога е достатъчно да се промени едно число, така че погрешното правило да престане да дава верен резултат. При историята може да е нужно сравнение на политически статути, а при литературата — защита на връзката между цитат и теза, за която са допустими няколко убедителни интерпретации. Изборът зависи от конкретното затруднение. Непосредственият отговор показва текущата подготовка, докато прилагането на наученото по-късно и при изменени условия дава по-силна опора за преценка на ученето (Soderstrom & Bjork 2015; Pan & Rickard 2018).

При подготовката учителят решава задачата по двата начина и сравнява очакваните отговори. Променя същественото условие, като запазва съпоставима трудност и се уверява, че учениците разполагат с необходимите предварителни знания. При интерпретативните задачи проследява връзката между доказателство и теза и допуска повече от един убедително защитен отговор. Непредвиденият отговор може да разкрие

друго затруднение. Тогава учителят изяснява как е разбрано условието и при нужда възлага кратка задача върху предпоставката, която ученикът може да е пропуснал.

таблица 2 – Интерпретация на наблюдението и следващо действие

Наблюдение	**Какво показва отговорът**	**Педагогическо действие**
Верен отговор и правилно обяснение в нов случай	Ученикът изпълнява изискването в зададените условия	По-сложна задача и по-късно повторно приложение
Верен отговор с погрешно правило	Ученикът достига верен резултат, без да разбира правилото	Контрапример, изясняване на правилото и нов случай
Правилен модел и локална числова грешка	Ученикът разбира модела, но греши при пресмятането	Проверка на сметката и повторно изчисление
Правилно обяснение и неуспешна практическа стъпка	Ученикът разбира действието, но още се затруднява да го изпълни	Демонстрация на затрудненaта операция и самостоятелен опит
Грешен продукт и самостоятелна аргументирана поправка	Ученикът показва напредък след първоначалното изпълнение	Запис на напредъка и аналогична нова задача
Непълен или противоречив отговор	Нужна е допълнителна информация за знанията на ученика	Уточнение и съпоставима писмена, устна или практическа проверка

Всеки критерий получава статус според наблюдаваното действие и получената помощ. „Покрит“ означава, че ученикът е изпълнил изискваните действия и е посочил валидно основание без предметна подсказка. „Частично покрит“ се използва при успешно изпълнена част от съставен критерий, като се записва какво е постигнато и къде остава затруднението. Верният отговор по погрешно правило не удостоверява частично разбиране на това правило. „Непокрит“ означава установена грешка по критерия, например неправилно правило, повторено и в диагностичния случай. При липсващи или противоречиви данни статусът е „неустановен“. Ако пречат неясно условие, притеснение или трудност с формата на отговора, ученикът получава съпоставима възможност да покаже знанията си. Статусът се актуализира при следващото наблюдение.

Оценката се поставя по предварително обявена предметна рубрика с ясно определени ключови критерии. Статусът „неустановен“ изисква допълнително наблюдение и не се превръща автоматично в нула точки. Следващият пример показва как рубриката води до конкретна оценка.

4.4 Попълнена рубрика и оценъчно решение

Таблица 3 проследява примерните отговори на ученик В от казуса за размерен контрол (раздел 5.5). Той сам изчислява границите, но използва номинала 20,000 mm, за да реши дали размерът е допустим. Запазва това погрешно правило и след неутрално уточнение. След обучение решава самостоятелно нова задача с изместено допусково поле.

таблица 3 – Примерна рубрика с наблюдения преди и след подкрепа

Критерий	**Условие за покрит критерий**	**Индивидуална проверка преди обучение**	**Самостоятелна повторна проверка**
Определяне на границите	Изчислява двете граници от номинала и знаковите отклонения и посочва единицата.	19,990 и 20,020 mm, изчислени самостоятелно. Покрит.	20,010 и 20,030 mm, изчислени самостоятелно. Покрит.
Класификация на два размера	Правилно класифицира една стойност в допустимия интервал и една извън него.	20,025 mm е отхвърлен правилно, а 20,015 mm — погрешно. Частично покрит: вярна е едната класификация.	20,020 mm е приет, а 20,005 mm — отхвърлен. Двете класификации са верни. Покрит.
Основание за решението	Обяснява всяко заключение чрез съответните граници и различава граница от номинал.	И за двата размера използва номинала като граница. Непокрит.	Посочва интервала за допустимия размер и долната граница за отхвърления. Покрит.
Изпълнение на измерването	Изпълнява зададените подготовка, проверка на нулата, позициониране, отчитане и запис с уреда.	Няма непосредствено наблюдение. Неустановен.	Писмената задача не включва работа с уред. Неустановен. Предстои практическо наблюдение.

Примерната авторска рубрика обхваща първите три критерия от таблица 3, всеки с максимум 2 точки. Присъждат се по една точка за всяка правилно определена граница и, за всеки от двата размера, по една за вярна класификация и валидно основание. Точките са независими, затова вярно заключение, достигнато по погрешно правило, получава точка само за заключението. Скалата за тази задача е 0–1 т. — слаб 2; 2–3 т. — среден 3; 4 т. — добър 4; 5 т. — много добър 5; 6 т. — отличен 6. При липса на самостоятелно посочено валидно основание оценката е най-много среден 3: отделните правилни действия се признават, а критерият за обосновано решение остава непокрит.

При първата задача ученик В получава 2 + 1 + 0 = 3 от 6 точки. Те служат за диагностика и насочват обучението към начина, по който той избира границата за сравнение. В повторната самостоятелна задача резултатът е 2 + 2 + 2 = 6 точки, което съответства на отличен 6 за усвоените понятия. Първоначалните точки се запазват в записа на напредъка и не се осредняват с оценката след обучението. Работата с уред се оценява отделно при практическо наблюдение. Ако данните по някой от понятийните критерии са недостатъчни, общата оценка се отлага до допълнителна съпоставима задача. По-късно ученикът отново прилага наученото, за да се проследи устойчивостта му.

5. Предметни казуси и анализ на решенията

5.1 Математика и случайно верният отговор

Казусът от увода служи за входяща диагностика в гимназиалния етап преди работа с рационални изрази. ГИИ е предоставил съкращаването на $\frac{16}{64}$ до $\frac{1}{4}$ с обяснение. Ученикът трябва да покаже, че разбира защо числителят и знаменателят се делят на един и същ ненулев общ делител.

Ученик А „зачерква шестиците“, а Б дели на общия делител 16: $16 \div 16 = 1$ и $64 \div 16 = 4$. Общата проверка задава дробта $\frac{16}{65}$ и пита дали същото зачеркване е допустимо. То би дало $\frac{1}{5}$, но $16 \times 5 = 80$ и $65 \times 1 = 65$, следователно дробите са различни. Числителят 16 и знаменателят 65 нямат общ делител, по-голям от 1.

При ученик А затруднението е в самото правило за съкращаване. Учителят сравнява „премахване на еднаква цифра“ и „деление на общ множител“, след което ученикът

съкращава $\frac{18}{54} = \frac{1}{3}$ чрез деление на 18. По-късно дробта $\frac{26}{64} = \frac{13}{32}$ отново изправя двата подхода един срещу друг: делението на 2 запазва стойността, а зачеркването на цифра я променя. За Б, който е приложил правилото самостоятелно, е подходяща по-сложна задача. Произходът на погрешното правило при А остава отделен въпрос — употребата на ГИИ сама по себе си не го установява.

5.2 Български език и правилната класификация с неправилен критерий

При преговор на синтаксиса в гимназиалния етап учениците определят вида на „Знам, че той ще дойде“ и връзката между простите изречения, след като вече са изучили сказуемо, съчинение и подчинение. ГИИ е предложил правилната класификация „сложно съставно“ с готово обяснение. В самостоятелната работа ученикът трябва да открие сказуемите и да установи зависимостта, защото видът на сложното изречение се определя от отношението между съставящите го прости изречения. Пунктуацията обозначава това отношение при съответните условия (Stoyanova 2024).

Ученик А приема правилната класификация, но я обяснява с „има запетая“. Към задачата се добавя „Слънцето залезе, но улицата остана оживена“. И двете изречения съдържат запетая, а второто е сложно съчинено с противопоставително отношение. Сравнението показва защо запетаята не е достатъчна, за да се определи видът. В първото изречение „че той ще дойде“ пояснява „Знам“, докато във второто простите изречения са свързани съчинително. Ако учителят зададе въпроса „Какво знам?“, той вече насочва към зависимостта и тази помощ трябва да се отчете.

С ученик А учителят означава сказуемите и поставя въпрос от главното към подчиненото изречение. След това възлага „Тя каза, че влакът закъснява“ за самостоятелен анализ. По-късното сравнение на „Когато заваля, учениците се прибраха“ и „Заваля и учениците се прибраха“ проверява дали разбирането се запазва и при друга свързваща дума, ако тези конструкции вече са изучени. Грешният термин при правилно установена зависимост изисква работа върху назоваването.

5.3 Литература и доказването на интерпретация

В конструиран разговор върху изученото произведение „На прощаване“ от Христо Ботев ученикът разполага с текст, създаден с ГИИ, който защитава тезата, че семейната обич мотивира избора на борба. Учителят оставя стихотворението пред него и иска друг откъс

в подкрепа на тезата, извън вече използвания в готовия абзац. Задачата предполага познаване на теза и текстово доказателство.

Първата реплика на ученика е „Ботев е патриот“. Учителят връща въпроса към произведението: „Кой стих подкрепя тезата за семейната обич и как?“. Това уточнение повтаря задачата, без да подбира доказателството. Възможен успешен отговор е „за теб, за баща, за братя“, последван от аргумента, че назованите близки са сред тези, заради които лирическият говорител се включва в борбата (Botev n.d.). Основанието вече е в текста. Общото твърдение за автора, с което разговорът започва, не е достатъчно за защита на конкретната теза.

Ако ученикът не намери подходящ откъс, учителят може да го предостави и да обсъди ролята на близките, като отбележи, че подборът е направен с помощ. Следващият самостоятелен избор на нов откъс показва какво е усвоено от тази работа. Оценяването допуска различни интерпретации, подкрепени с произведението, включително аргументирано отхвърляне на теза, предложена от ГИИ.

5.4 История и разликата между дата и обяснение

Твърдението „На 22 септември 1908 г. България за първи път получава собствено управление“ съчетава вярна дата с погрешна историческа преценка. Тъкмо точната дата може да остави грешката незабелязана в текст, подготвен с ГИИ. За анализа учениците получават две адаптирани сведения: Берлинският договор от 1878 г. определя Княжество България като автономно и васално, а независимостта, обявена през 1908 г., е призната от Османската империя и Великите сили през пролетта на 1909 г. Сведенията са преразказани по институционални публикации (Regionalen istoricheski muzey – Sofia 2018; Natsionalen voennoistoricheski muzey 2015).

Ключът е в съотношението между собствено управление и външна зависимост. След изучаване на автономия и независимост ученикът трябва да може да посочи кое сведение опровергава първоначалното твърдение: автономното управление след 1878 г. съществува при васална зависимост, докато актът от 1908 г. провъзгласява независимост. Датата присъства в условието. Оценява се дали ученикът разграничава двата политически статута и използва сведенията при аргументацията.

При затруднение учителят организира съпоставка по двата признака — собствено управление и външна зависимост. След нея самостоятелната поправка на „Собственото

управление след 1878 г. означава, че актът от 1908 г. не променя статута“ изисква ученикът да се справи с противоположното смесване на понятията. Разграничението между обявяване и международно признаване може да задълбочи задачата, а при усвоено сравнение работата продължава с причините и дипломатическите условия.

5.5 Размерен контрол и изборът на правилна граница

Техническите казуси са предназначени за гимназиална професионална подготовка след изучаване на съответните понятия и операции. Съдържателен ориентир е ДОС за „Индустриална мехатроника“ (Ministerstvo na obrazovanieto i naukata 2025). Съгласно § 1 плановете и програмите по него се прилагат от 2026/2027 г. за постъпващите в VIII клас. При по-горните класове задачите се съобразяват с действащата за випуска програма. За размерния контрол са необходими знания за номинал, отклонение и допусков интервал и умение за работа с учебен микрометър. След получаване на граници, заключение и протокол от ГИИ ученикът сам решава дали даден размер е допустим и показва как го измерва.

За учебната задача са зададени номинален диаметър 20,000 mm, горно отклонение +0,020 mm и долно отклонение −0,010 mm. Генерираният протокол посочва граници 19,990–20,020 mm, допуск 0,030 mm и правилно заключение, че 20,015 mm е в интервала. Той съдържа и последователност за работа с предоставения учебен микрометър. Учителят оценява дали ученикът сам определя двете граници и сравнява размера с тях. При работата с уред наблюдава проверката на нулата, позиционирането и отчитането според указанията. При пренасяне на задачата към реални измервания към тези условия се добавят неопределеността и приетото правило за решение за съответствие.

Самостоятелната задача е да се прецени размер 20,025 mm и да се посочи границата за сравнение. Ученик А отговаря: „В допуск е, защото отклонението 0,025 mm е по-малко от допуска 0,030 mm“. Той смесва широчината и положението на допусковото поле. Б посочва: „Над горната граница 20,020 mm е с 0,005 mm“. В заявява: „Извън допуск е, защото е повече от номиналните 20 mm“. Последното заключение е вярно, но правилото е погрешно. Допълнителният въпрос за 20,015 mm разкрива разликата: този размер също е над номинала, но попада в допустимия интервал.

Двата погрешни отговора изискват различна намеса. При А се построява интервалът и се изяснява разликата между неговата широчина и граници, докато В сравнява стойности

над номинала, разположени от двете страни на горната граница. За Б е подходящ случай с две положителни отклонения и изместено допусково поле.

Следващата задача задава номинал 20,000 mm и отклонения +0,010 mm и +0,030 mm. Ученикът определя границите 20,010–20,030 mm и обяснява защо 20,020 mm е допустим, а 20,005 mm е под долната граница. Отговорът показва дали разбира изместеното допусково поле. Ако обясни границите правилно, но започне измерване без проверка на нулата, учителят признава разбирането и упражнява с него подготовката на уреда. След това ученикът извършва ново измерване самостоятелно по цялата последователност.

5.6 Електротехника и локализирането на изчислителна грешка

При електрическия делител сгрешеното напрежение може да произтича както от неверен модел на веригата, така и от обикновена сметна грешка. Казусът е за ученици, изучили закона на Ом и последователното и паралелното свързване. В симулатора идеален източник 24 V захранва два последователни резистора по 1 kΩ, а изходът е върху долния резистор. Схемата и изчисленията, предложени от ГИИ, са верни: 12 V без товар и 8 V при товар 1 kΩ, включен паралелно на долния резистор.

За самостоятелния анализ товарът се заменя с 2 kΩ. Преди симулацията ученикът намира еквивалентния клон и предвижда напрежението: $R = \frac{1 \times 2}{1 + 2} = \frac{2}{3}$ kΩ и $U = \frac{24 \times \left(\frac{2}{3}\right)}{1 + \frac{2}{3}} = \frac{24 \times 2}{5} = 9{,}6$ V. Таблица 4 съпоставя три възможни решения, чийто краен резултат сам по себе си не показва къде възниква затруднението.

таблица 4 – Разграничаване на грешка в модела и грешка в пресмятането

Решение при товар 2 kΩ	**Какво показва разсъждението**	**Следваща учебна стъпка**
„12 V, защото двата резистора са равни.“	Пропуснат е паралелният клон с товара. Грешката е в модела.	Означаване на възлите и замяна на паралелния клон.
Правилна схема, 2/3 kΩ и 9,6 V.	Моделът и пресмятането са верни.	Самостоятелна прогноза при нов товар.
Правилна схема и 2/3 kΩ, но „24 × 2/5 = 8 V“.	Моделът е запазен. Грешката е в последното числово действие.	Повторно пресмятане с калкулатор и преценка на правдоподобността.

При решението от последния ред пресмятането с калкулатор дава 9,6 V. Допълнителна опора е сравнението с вече известните 8 V при товар 1 kΩ и 12 V без товар: новата стойност трябва да е между тях. За следващ самостоятелен случай товар 3 kΩ дава еквивалентен клон 0,75 kΩ и приблизително 10,29 V, което позволява да се обсъди приближаването към напрежението без товар.

Практическата част има собствен критерий. Товарът се свързва между изходния възел и общия проводник, а напрежението се измерва паралелно на изхода. Учителят наблюдава тези действия в симулатора и, когато оценява монтаж, върху стенд с реалните елементи.

5.7 Автоматизация и самостоятелната корекция на програма

При учебно изпитване на управляваща логика ГИИ предлага $Q' = (S \wedge P) \vee Q$ с твърдението „P изключва изхода при отпадане“. Тук S е команда за пуск, P — разрешаващо условие, Q — текущ изход, а Q' — следващото състояние. Учениците вече познават операциите И, ИЛИ и запомнянето на състояние и трябва да установят защо програмата не изпълнява заявеното поведение. Работи се в симулатор на процесна логика. Проектирането на техническа функция за безопасност изисква отделно прилагане на съответните изисквания.

Тест при $S = 0$, $P = 0$ и $Q = 0$ дава нулев изход и може погрешно да се приеме за потвърждение на твърдението. Той пропуска съществения случай — вече включен изход. При $S = 0$, $P = 0$ и $Q = 1$ погрешният израз запазва единицата, докато поправката $Q' = (S \vee Q) \wedge P$ я изключва. Ученикът трябва да избере това начално състояние и да проследи действието на логическите операции, преди да приеме поправката. Ако назове подходящото състояние, но зададе друго в симулатора, затруднението е в изпълнението на теста.

Поведението се проследява и като последователност от състояния. От начално $Q = 0$ се задават $S = 1$ и $P = 1$; $S = 0$ и $P = 1$; $S = 0$ и $P = 0$; $S = 0$ и $P = 1$. Поправеният израз връща 1, 1, 0, 0, а погрешният — 1, 1, 1, 1. Разликата се появява при отпадане на разрешението и се запазва след възстановяването му. За оценката е съществено кой е избрал теста: изпълнението на готова последователност, дадена от учителя, се отчита като работа с помощ. Нов случай с две разрешаващи условия изисква ученикът сам да избере начално състояние и тестове за отпадане на всяко условие, да предвиди резултатите и да изпита програмата.

5.8 Сравнителен анализ на казусите

Предметът определя какво наблюдение е необходимо. В математиката и размерния контрол контрапримерът разкрива погрешното правило, а в литературата качеството на аргумента зависи от връзката между откъс и теза. Историческият пример изисква разграничаване на статути, българският език — на синтактични отношения. При електротехниката междинните стъпки отделят сметната грешка от неправилния модел, докато в автоматизацията решаващ е изборът на тест, който може да опровергае твърдението на инструмента. Общата процедура допуска тези различия и може да се използва и при други източници на помощ.

Процедурата може да се приложи и към производственото разписание, при което решенията спазват ограничения за последователността на операциите и заетостта на машините (Christoforidis et al. 2025). В опростен учебен случай ученикът преглежда график, предложен от ГИИ, открива конфликт и обяснява поправката. Тук се оценява дали сам прилага ограниченията. Оптималността на графика би била предмет на отделна задача.

Друга възможна област е прилагането на стандарти в кръговото и устойчивото строителство (Ilieva-Mihaylova 2025). Ученикът може да съпостави предложение на ГИИ за повторна употреба на материал с предоставени технически изисквания. Той посочва необходимите данни и обяснява дали те са достатъчни за решение.

6. Приложимост и граници на метода

6.1 Организация в училище

Въвеждането може да започне с една тема, общи критерии и две съпоставими самостоятелни задачи. Двама учители независимо оценяват няколко примерни отговора: верен резултат с погрешно обяснение, локална грешка и неясен случай. След обсъждане на разминаванията уточняват рубриката. Училището осигурява достъп и правила за използване на ГИИ и обработване на ученическите материали. Подготовката на учителите включва анализ на генерирани твърдения и тълкуване на ученически отговори (Miao & Cukurova 2024).

Работният запис съдържа дата, критерий, конкретен отговор или действие, получена помощ, статус и следваща задача. Наблюденията могат да се разпределят между няколко

занятия: аргументацията в първия час, приложението при ново условие в следващия и работата с уред в практическо упражнение. Общото за класа затруднение е повод за съвместно обсъждане и упражняване.

За 45-минутен час с 24 ученици и един понятиен критерий предлагаме следното разпределение: 5 минути за обща задача с отговор и кратко обяснение, 5 минути за предварителен преглед по ключ, 10 минути за самостоятелна работа с уточняване на до четири случая по около 2 минути, 15 минути за насочено обяснение и нова задача и 10 минути за обсъждане и запис. При първия преглед учителят отделя отговорите, които изискват внимание. Окончателната преценка включва и разсъждението на ученика. По-дълги отговори, по-голям клас или повече неясни случаи изискват допълнителен час или наблюдение, което се отбелязва в работния запис.

При групов проект учителят съчетава оценката на общия продукт с наблюдение на всеки ученик. Кратък откъс от работата или запис на съществено решение може да покаже как е протекъл процесът. Формата на задачата и необходимите адаптации се избират според оценяваното знание, така че бързината и езиковата увереност да не предопределят резултата.

6.2 Принос и насоки за емпирична проверка

Предложението стъпва върху диагностичните тестове с отговор и основание, които разграничават вярното заключение от разбирането (Treagust 1988), и върху използването на тази информация за следващото преподаване при формиращото оценяване (Black & Wiliam 2009; Sadler 1989). AI Assessment Scale свързва допустимата употреба на ГИИ с преработване на задачите, сведения за процеса, критерии и индивидуално представяне (Perkins et al. 2025). Нашият принос е в избора на диагностична задача. Той започва от действието, което инструментът може да извърши вместо ученика, и от възможното погрешно разсъждение зад верния отговор, за да се намери случай, който го разкрива. Казусите показват предметните решения, а рубриката свързва наблюдаваните действия и получената помощ с оценката и необходимото обучение.

Конструираните казуси позволяват да се проследи логиката на процедурата. За нейната диагностична точност е необходимо изпитване в клас, което да установи доколко избраните задачи разпознават затрудненията и дали предвиденото време е достатъчно. Литературният синтез е ограничен до целенасочено подбраните изследвания.

Преценката за по-трайни знания изисква задачи в различни моменти, свързани с последващо преподаване (Bennett 2011).

Емпиричното изпитване може да проследи точността на диагностиката и учебния ефект. За първото двама оценители прилагат рубриката и сравняват решенията си с независимо оценена по-широка самостоятелна работа. Анализират се случаите на погрешно признато или пропуснато овладяване. За второто се сравняват групи със съпоставими подготовка, цели, достъп до ГИИ и учебно време. Едната използва обща индивидуална задача и обичайна обратна връзка, а другата — предложените диагностични задачи и насочено обучение. След определен интервал, например седмица, учениците решават нова задача самостоятелно. Проследяват се съгласието между оценителите, получената помощ и времето на учителя. При възможност оценителите не знаят към коя група принадлежи работата. Сравнението оценява съчетанието на диагностика и преподаване.

Изводи и обобщения

При разрешена употреба на ГИИ оценката трябва да се опира на това, което ученикът сам прави и обяснява. Процедурата свързва кратка диагностична задача, отчитане на помощта и обучение според затруднението. Седемте казуса показват как верният отговор може да прикрива погрешно правило и как междинните стъпки разкриват знания дори при сгрешен резултат. Рубриката отразява тези разлики в оценката и насочва следващата работа с ученика.

ЛИТЕРАТУРА

БОТЕВ, Х., б. г. На прощаване в 1868 г. [Стихотворение]. Литературен клуб. https://litclub.bg/library/bg/botev/poezia/naproshtavane.htm [Посетен на 2026-09-25]

ИЛИЕВА, Б., 2025. Ролята на професионалното STEM образование в изграждането на култура на стандартизация: предизвикателства и възможности. Професионално образование, 27(1–2), 41–44. https://doi.org/10.53656/voc25-1-2-05

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА, 2025. Наредба № 103 от 9 декември 2025 г. за придобиване на квалификация по професията „Индустриална мехатроника“. Държавен вестник, бр. 108 от 13.12.2025 г. Приложение: държавен образователен стандарт. https://www.navet.government.bg/bg/071502-industrialna-mehatronika/ [Посетен на 2026-09-23]

НАЦИОНАЛЕН ВОЕННОИСТОРИЧЕСКИ МУЗЕЙ, 2015, 22 септември. Честит Ден на независимостта на България! https://militarymuseum.bg/novini/2015/09/22/chestit-den-na-nezavisimostta-na-balgaria/ [Посетен на 2026-09-25]

РЕГИОНАЛЕН ИСТОРИЧЕСКИ МУЗЕЙ — СОФИЯ, 2018, 19 септември. 110 години от Независимостта на България. https://sofiahistorymuseum.bg/bg/novini/istoricheski-kalendar/730-110-godini-ot-nezavisimostta-na-balgaria [Посетен на 2026-09-25]

СТОЯНОВА, И., 2024, 4 юли. „Затварящата“ запетайка. Написаното остава. Пиши правилно! Институт за български език „Проф. Любомир Андрейчин“ — БАН. https://ibl.bas.bg/pishi_pravilno/vzatvaryashtatav-zapetayka/ [Посетен на 2026-09-25]

BASTANI, H., BASTANI, O., SUNGU, A., GE, H., KABAKCI, Ö., & MARIMAN, R., 2025. Generative AI without guardrails can harm learning: Evidence from high school mathematics. Proceedings of the National Academy of Sciences, 122(26), e2422633122. https://doi.org/10.1073/pnas.2422633122

BENNETT, R. E., 2011. Formative assessment: A critical review. Assessment in Education: Principles, Policy & Practice, 18(1), 5–25. https://doi.org/10.1080/0969594X.2010.513678

BLACK, P., & WILIAM, D., 2009. Developing the theory of formative assessment. Educational Assessment, Evaluation and Accountability, 21(1), 5–31. https://doi.org/10.1007/s11092-008-9068-5

CEDEFOP, 2022a. Defining, writing and applying learning outcomes: A European handbook — second edition. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2801/703079

CEDEFOP, 2022b. The future of vocational education and training in Europe. Volume 3: The influence of assessments on vocational learning. Cedefop research paper No 90. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2801/067378

CHRISTOFORIDIS, S., TITOPOULOS, E., MIHAYLOVA, B., KROMITOGLOU, E., & INTZES, S., 2025. Solving the Job Shop Scheduling Problem – Different Techniques and Programming Languages. Vocational Education, 27(3–4), 177–194. https://doi.org/10.53656/voc25-3-4-12

HATTIE, J., & TIMPERLEY, H., 2007. The power of feedback. Review of Educational Research, 77(1), 81–112. https://doi.org/10.3102/003465430298487

ILIEVA-MIHAYLOVA, B., 2025. The Role of Standards in Promoting Circular Construction and Sustainable Building Practices. In: 2025 XXXV International Scientific Symposium Metrology and Metrology Assurance (MMA), pp. 1–5. IEEE. https://doi.org/10.1109/MMA67107.2025.11311320

JAAKKOLA, E., 2020. Designing conceptual articles: Four approaches. AMS Review, 10, 18–26. https://doi.org/10.1007/s13162-020-00161-0

KANE, M. T., 2013. Validating the interpretations and uses of test scores. Journal of Educational Measurement, 50(1), 1–73. https://doi.org/10.1111/jedm.12000

MEYER, J., JANSEN, T., SCHILLER, R., LIEBENOW, L. W., STEINBACH, M., HORBACH, A., & FLECKENSTEIN, J., 2024. Using LLMs to bring evidence-based feedback into the classroom: AI-generated feedback increases secondary students' text revision, motivation, and positive emotions. Computers & Education: Artificial Intelligence, 6, 100199. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100199

MIAO, F., & CUKUROVA, M., 2024. AI competency framework for teachers. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391104 [Посетен на 2026-09-23]

MIAO, F., & HOLMES, W., 2023. Guidance for generative AI in education and research. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693 [Посетен на 2026-09-23]

MIAO, F., SHIOHIRA, K., & LAO, N., 2024. AI competency framework for students. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391105 [Посетен на 2026-09-23]

OECD, 2026. OECD Digital Education Outlook 2026: Exploring Effective Uses of Generative AI in Education. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/062a7394-en

OECD & EUROPEAN COMMISSION, 2026. Empowering Learners for the Age of AI: An AI Literacy Framework for Primary and Secondary Education. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/65cd27d4-en

PAN, S. C., & RICKARD, T. C., 2018. Transfer of test-enhanced learning: Meta-analytic review and synthesis. Psychological Bulletin, 144(7), 710–756. https://doi.org/10.1037/bul0000151

PERKINS, M., ROE, J., & FURZE, L., 2025. Reimagining the Artificial Intelligence Assessment Scale (AIAS): A refined framework for educational assessment. Journal of University Teaching & Learning Practice, 22(7). https://doi.org/10.53761/rrm4y757

RISKO, E. F., & GILBERT, S. J., 2016. Cognitive offloading. Trends in Cognitive Sciences, 20(9), 676–688. https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.07.002

SADLER, D. R., 1989. Formative assessment and the design of instructional systems. Instructional Science, 18, 119–144. https://doi.org/10.1007/BF00117714

SHUTE, V. J., 2008. Focus on formative feedback. Review of Educational Research, 78(1), 153–189. https://doi.org/10.3102/0034654307313795

SODERSTROM, N. C., & BJORK, R. A., 2015. Learning versus performance: An integrative review. Perspectives on Psychological Science, 10(2), 176–199. https://doi.org/10.1177/1745691615569000

STEISS, J., TATE, T., GRAHAM, S., CRUZ, J., HEBERT, M., WANG, J., MOON, Y., TSENG, W., WARSCHAUER, M., & OLSON, C. B., 2024. Comparing the quality of human and ChatGPT feedback of students' writing. Learning and Instruction, 91, 101894. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2024.101894

TREAGUST, D. F., 1988. Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. International Journal of Science Education, 10(2), 159–169. https://doi.org/10.1080/0950069880100204

UNICEF, 2025. Guidance on AI and children. Version 3.0. UNICEF Innocenti. https://www.unicef.org/innocenti/reports/policy-guidance-ai-children [Посетен на 2026-09-23]

VAN DE POL, J., VOLMAN, M., & BEISHUIZEN, J., 2010. Scaffolding in teacher–student interaction: A decade of research. Educational Psychology Review, 22, 271–296. https://doi.org/10.1007/s10648-010-9127-6

WEBER-WULFF, D., ANOHINA-NAUMECA, A., BJELOBABA, S., FOLTÝNEK, T., GUERRERO-DIB, J., POPOOLA, O., ŠIGUT, P., & WADDINGTON, L., 2023. Testing of detection tools for AI-generated text. International Journal for Educational Integrity, 19, Article 26. https://doi.org/10.1007/s40979-023-00146-z

REFERENCES

BASTANI, H., BASTANI, O., SUNGU, A., GE, H., KABAKCI, Ö., & MARIMAN, R., 2025. Generative AI without guardrails can harm learning: Evidence from high school mathematics. Proceedings of the National Academy of Sciences, 122(26), e2422633122. https://doi.org/10.1073/pnas.2422633122

BENNETT, R. E., 2011. Formative assessment: A critical review. Assessment in Education: Principles, Policy & Practice, 18(1), 5–25. https://doi.org/10.1080/0969594X.2010.513678

BLACK, P., & WILIAM, D., 2009. Developing the theory of formative assessment. Educational Assessment, Evaluation and Accountability, 21(1), 5–31. https://doi.org/10.1007/s11092-008-9068-5

BOTEV, H., n.d. Na proshtavane v 1868 g. [On taking leave in 1868]. [Poem]. Literaturen klub. [In Bulgarian]. https://litclub.bg/library/bg/botev/poezia/naproshtavane.htm [Viewed 2026-09-25]

CEDEFOP, 2022a. Defining, writing and applying learning outcomes: A European handbook — second edition. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2801/703079

CEDEFOP, 2022b. The future of vocational education and training in Europe. Volume 3: The influence of assessments on vocational learning. Cedefop research paper No 90. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2801/067378

CHRISTOFORIDIS, S., TITOPOULOS, E., MIHAYLOVA, B., KROMITOGLOU, E., & INTZES, S., 2025. Solving the Job Shop Scheduling Problem – Different Techniques and Programming Languages. Vocational Education, 27(3–4), 177–194. https://doi.org/10.53656/voc25-3-4-12

HATTIE, J., & TIMPERLEY, H., 2007. The power of feedback. Review of Educational Research, 77(1), 81–112. https://doi.org/10.3102/003465430298487

ILIEVA, B., 2025. The Role of Professional STEM Education in Building a Culture of Standardization: Challenges and Opportunities. Vocational Education, 27(1–2), 41–44. [In Bulgarian]. https://doi.org/10.53656/voc25-1-2-05

ILIEVA-MIHAYLOVA, B., 2025. The Role of Standards in Promoting Circular Construction and Sustainable Building Practices. In: 2025 XXXV International Scientific Symposium Metrology and Metrology Assurance (MMA), pp. 1–5. IEEE. https://doi.org/10.1109/MMA67107.2025.11311320

JAAKKOLA, E., 2020. Designing conceptual articles: Four approaches. AMS Review, 10, 18–26. https://doi.org/10.1007/s13162-020-00161-0

KANE, M. T., 2013. Validating the interpretations and uses of test scores. Journal of Educational Measurement, 50(1), 1–73. https://doi.org/10.1111/jedm.12000

MEYER, J., JANSEN, T., SCHILLER, R., LIEBENOW, L. W., STEINBACH, M., HORBACH, A., & FLECKENSTEIN, J., 2024. Using LLMs to bring evidence-based feedback into the classroom: AI-generated feedback increases secondary students' text revision, motivation, and positive emotions. Computers & Education: Artificial Intelligence, 6, 100199. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100199

MIAO, F., & CUKUROVA, M., 2024. AI competency framework for teachers. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391104 [Viewed 2026-09-23]

MIAO, F., & HOLMES, W., 2023. Guidance for generative AI in education and research. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693 [Viewed 2026-09-23]

MIAO, F., SHIOHIRA, K., & LAO, N., 2024. AI competency framework for students. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391105 [Viewed 2026-09-23]

MINISTERSTVO NA OBRAZOVANIETO I NAUKATA, 2025. Ordinance No. 103 of 9 December 2025 on acquiring a qualification in the profession "Industrial Mechatronics". State Gazette, no. 108, 13 December 2025. Appendix: State educational standard. [In Bulgarian]. https://www.navet.government.bg/bg/071502-industrialna-mehatronika/ [Viewed 2026-09-23]

NATSIONALEN VOENNOISTORICHESKI MUZEY, 2015. Happy Independence Day of Bulgaria! 22 September. [In Bulgarian]. https://militarymuseum.bg/novini/2015/09/22/chestit-den-na-nezavisimostta-na-balgaria/ [Viewed 2026-09-25]

OECD, 2026. OECD Digital Education Outlook 2026: Exploring Effective Uses of Generative AI in Education. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/062a7394-en

OECD & EUROPEAN COMMISSION, 2026. Empowering Learners for the Age of AI: An AI Literacy Framework for Primary and Secondary Education. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/65cd27d4-en

PAN, S. C., & RICKARD, T. C., 2018. Transfer of test-enhanced learning: Meta-analytic review and synthesis. Psychological Bulletin, 144(7), 710–756. https://doi.org/10.1037/bul0000151

PERKINS, M., ROE, J., & FURZE, L., 2025. Reimagining the Artificial Intelligence Assessment Scale (AIAS): A refined framework for educational assessment. Journal of University Teaching & Learning Practice, 22(7). https://doi.org/10.53761/rrm4y757

REGIONALEN ISTORICHESKI MUZEY – SOFIA, 2018. 110 years of Bulgaria's independence. 19 September. [In Bulgarian]. https://sofiahistorymuseum.bg/bg/novini/istoricheski-kalendar/730-110-години-от-независимостта-на-българия [Viewed 2026-09-25]

RISKO, E. F., & GILBERT, S. J., 2016. Cognitive offloading. Trends in Cognitive Sciences, 20(9), 676–688. https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.07.002

SADLER, D. R., 1989. Formative assessment and the design of instructional systems. Instructional Science, 18, 119–144. https://doi.org/10.1007/BF00117714

SHUTE, V. J., 2008. Focus on formative feedback. Review of Educational Research, 78(1), 153–189. https://doi.org/10.3102/0034654307313795

SODERSTROM, N. C., & BJORK, R. A., 2015. Learning versus performance: An integrative review. Perspectives on Psychological Science, 10(2), 176–199. https://doi.org/10.1177/1745691615569000

STEISS, J., TATE, T., GRAHAM, S., CRUZ, J., HEBERT, M., WANG, J., MOON, Y., TSENG, W., WARSCHAUER, M., & OLSON, C. B., 2024. Comparing the quality of human and ChatGPT feedback of students' writing. Learning and Instruction, 91, 101894. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2024.101894

STOYANOVA, I., 2024. The closing comma. Napisanoto ostava. Pishi pravilno! Institute for Bulgarian Language "Prof. Lyubomir Andreychin", Bulgarian Academy of Sciences. 4 July. [In Bulgarian]. https://ibl.bas.bg/pishi_pravilno/vzatvaryashtatav-zapetayka/ [Viewed 2026-09-25]

TREAGUST, D. F., 1988. Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. International Journal of Science Education, 10(2), 159–169. https://doi.org/10.1080/0950069880100204

UNICEF, 2025. Guidance on AI and children. Version 3.0. UNICEF Innocenti. https://www.unicef.org/innocenti/reports/policy-guidance-ai-children [Viewed 2026-09-23]

VAN DE POL, J., VOLMAN, M., & BEISHUIZEN, J., 2010. Scaffolding in teacher–student interaction: A decade of research. Educational Psychology Review, 22, 271–296. https://doi.org/10.1007/s10648-010-9127-6

WEBER-WULFF, D., ANOHINA-NAUMECA, A., BJELOBABA, S., FOLTÝNEK, T., GUERRERO-DIB, J., POPOOLA, O., ŠIGUT, P., & WADDINGTON, L., 2023. Testing of detection tools for AI-generated text. International Journal for Educational Integrity, 19, Article 26. https://doi.org/10.1007/s40979-023-00146-z

GENERATIVE AI IN SCHOOL ASSESSMENT. CHECKING THE UNDERSTANDING WHEN GENERATIVE AI USE IS PERMITTED

Abstract. A correct answer obtained with generative artificial intelligence may conceal a substantial gap in a student's knowledge. This paper examines that risk and proposes a procedure for ongoing assessment in secondary education. Drawing on a critical synthesis of research on learning, assessment validity, and instructional support, we formulate a rule for selecting a diagnostic task: it should reveal whether the student understands the action that the tool may have performed on their behalf. Seven constructed cases in mathematics, Bulgarian language, literature, history, and technical vocational education illustrate three types of mismatch between results and understanding. Each case includes a short independent task, an analysis of possible responses, and follow-up instruction. The procedure assesses product quality, subject knowledge, practical skill, and the ability to evaluate an AI-generated answer separately. A completed rubric shows how observed actions and assistance received inform grading. The paper also discusses classroom organization and conditions for future empirical testing.

Keywords: generative artificial intelligence; secondary education; assessment validity; student understanding; formative assessment; vocational educatio

Eng. Rumyana Komarska

Technical University of Sofia

Bulgaria

E-mail: rumy_ar@abv.bg

Dr. Eng. Marieta Yancheva, Assoc. Prof.

Technical University of Sofia

Bulgaria

E-mail: myancheva@tu-sofia.bg

НАЦИОНАЛНА УЧЕНИЧЕСКА ОЛИМПИАДА ПО ТЕХНИЧЕСКО ЧЕРТАНЕ. ОРГАНИЗАЦИЯ И СЪСТЕЗАТЕЛНИ ЗАДАНИЯ. ОБЩИНСКИ И ОБЛАСТЕН КРЪГ - ЕТАПИ НА ПРОВЕЖДАНЕ

гл. асистент д-р инж. Светлана Янева,

гл. асистент д-р инж. Десислава Георгиева,

доцент д-р инж. Георги Станчев,

гл. асистент д-р инж. Росица Манолова.

Техническия университет – София

Катедра „Основи и технически средства за конструиране“

Резюме. В настоящия труд са разгледани организацията и провеждането на Общинския и Областния кръг на Националната ученическа олимпиада по техническо чертане (НУОТЧ). Представени са състезателните групи и характерът на заданията, чрез които се оценяват знанията и практическите умения на учениците в областта на техническото чертане. Разгледани са и съществени промени в съдържанието на отделни състезателни задачи, извършени в резултат на натрупания практически опит при провеждането на олимпиадата. Организацията на Общинския и Областния кръг е систематизирана в шест основни етапа, обхващащи дейностите по подготовката, провеждането, оценяването и отчитането на резултатите. Представеното структуриране има за цел да обобщи установените организационни и методически практики и да подпомогне подготовката и провеждането на отделните кръгове на НУОТЧ.

Ключови думи: техническо чертане, национална ученическа олимпиада, кръгове, етапи на организиране и провеждане

Въведение

Националната ученическа олимпиада по техническо чертане (НУОТЧ) се организира и провежда ежегодно на територията на Република България и е включена в

обхвата на Националната програма „Ученически олимпиади и състезания“ на Министерството на образованието и науката[1]. Тя заема специфично място в системата на ученическите олимпиади в страната, тъй като е единствената Олимпиада по учебен предмет от професионалната подготовка. Тази нейна специфика обуславя значението ѝ не само като форма за изява и оценяване на знанията и уменията на учениците, но и като механизъм за насърчаване на интереса им към техническите науки, инженерните професии и професионалното образование. Тя се провежда в няколко кръга, всеки от които включва различни етапи и изисквания.

Настоящият труд е насочен към представяне на характера и развитието на състезателните задания и към систематизиране на основните дейности по организиране и провеждане на Общинския и Областния кръг на НУОТЧ. Разгледани са и съществени промени в част от заданията, направени въз основа на натрупания практически опит с цел подобрение и уеднаквяване на условията за тяхното изпълнение и оценяване.

От 2018 г. в състава на Националната комисия участват преподаватели от катедра „Основи и технически средства за конструиране“ (ОТСК) на Техническия университет – София. Натрупаният опит и непосредственото участие на авторите в разработването и оценяването на състезателните задачи са в основата на представеното в настоящия труд.

1. Националната ученическа олимпиада по техническо чертане (НУОТЧ)

Националната олимпиада по техническо чертане се провежда в три кръга – Общински, Областен и Национален. Организацията и провеждането ѝ се осъществяват в съответствие с действащите нормативни и организационни документи на Министерството на образованието и науката (МОН), регламентиращи ученическите олимпиади и националните състезания (Янева и Митова, 2023). Към тях се отнасят Правилата за организиране и провеждане на ученическите олимпиади и на националните състезания, Националната програма „Ученически олимпиади и състезания“, както и ежегодно утвърждаваните със заповед на министъра на образованието и науката графици за провеждане на ученическите олимпиади и националните състезания. Датите за провеждане на отделните кръгове се определят за съответната учебна година съобразно утвърдения от Министерството на образованието и науката график. Съгласно заповедта за учебна 2026-2027 година времето за провеждане на отделните кръгове на Олимпиадата по техническо чертане е както следва: Общински кръг - до 06.02.2027 г.; Областен кръг - 06.03.2027 г. и национален кръг - 16.04. – 18.04.2027 г. [2–5]

В НУОТЧ могат да участват ученици от VII до XII клас, разпределени в три състезателни групи: първа група – ученици от VII и VIII клас; втора група – ученици от IX – XII клас и трета група – ученици от IX – XII клас.

Организацията и провеждането на НУОТЧ се осъществяват от МОН съвместно с началниците на РУО, експертите по професионално образование и обучение в РУО, директорите на училищата домакини, училищните, Областните и Националната комисии за организиране и провеждане на Олимпиадата.

Министъра на образованието и науката със заповед определя състава на Националната комисия. Националната комисия, чиито членове са представители на академичната общност и учители по техническо чертане, съставят регламента за организиране и провеждане на Олимпиадата, изпитаните задачи за Областен и Национален кръг, както и критериите за оценка на отделните задачи. Към задълженията на Националната комисия влиза и арбитрирането и окончателно оценяване на не разсекретените писмени работи на учениците, предложени от Областните комисии за допускане до национален кръг и последващо разсекретяване и изготвяне на окончателен протокол по състезателни групи.

Разработването на задачите за НУОТЧ трябва да бъде съобразно с учебното съдържание от задължителната подготовка по учебния предмет „технологии и предприемачество“ или от задължителната професионална подготовка по учебен предмет „техническо чертане“. В зависимост от групата, в която се състезават, учениците трябва да решат за определеното в регламента време различни по вид задачи, чието изпълнение трябва да бъде съобразено и с действащите български държавни стандарти (БДС). [6]

Специфичните условия, изискванията към участниците, организацията на отделните кръгове, начинът на оценяване и класирането се конкретизират в Регламента за организиране и провеждане на Националната олимпиада по техническо чертане за съответната учебна година, който ежегодно се разработва/актуализира от Националната комисия. През последните девет години бяха направени редица промени в Регламента, с цел повишаване на качеството на Олимпиадата и уеднаквяване на условията за всички участници.

Една от съществените промени в регламента на олимпиадата се отнася до състезателните задания за участниците от трета състезателна група. В първоначалния

вариант на регламента втората задача предвиждаше изчертаване с помощта на програмен продукт на детайла, детайлиран в първата задача. Това обуславяше пряка зависимост между двете задачи, при която допуснатите грешки или неизпълнението на първата задача ограничаваше възможността за пълноценно изпълнение на втората. Поради тази причина Националната комисия извърши промяна в регламента, като въведе самостоятелно задание за втората задача, което участниците трябва да изчертаят с програмен продукт. Така двете задачи станаха независими една от друга и всеки участник получи възможност да покаже своите знания и умения при изпълнението на всяка една от тях, независимо от верността и степента на изпълнение на другата.

Друга съществена промяна в регламента се отнася до участниците от втора състезателна група. Първоначално първата задача предвиждаше по предоставен детайл от натура и с помощта на измервателни инструменти да се изпълни скица, включваща необходимите проекции, размери и означения за грапавост. Това изискваше всяка областна комисия да осигури необходимия брой реални детайли за участниците, като техният брой обикновено ставаше известен непосредствено преди провеждането на съответния кръг. Осигуряването и изработването на детайли от натура изискваше и допълнителни времеви и материални ресурси. По-съществен проблем беше обстоятелството, че в отделните области се използваха различни по вид и сложност детайли, което не поставяше участниците при равни състезателни условия. В процеса на последващото арбитриране на състезателните работи от Националната комисия това създаваше затруднения, тъй като по единна методика трябваше да бъдат оценявани скици на различни детайли, които невинаги бяха с еднаква степен на сложност. Това затрудняваше обективното сравняване и оценяване на представените работи.

За преодоляване на тези недостатъци, както и на допълнителните затруднения, възникнали по време на COVID кризата, Националната комисия промени регламента и формулировката на задачата. Вместо детайл от натура на участниците да се предоставя аксонометрично изображение на детайл, по което с помощта на измервателни инструменти трябва да се изпълни скица, включваща проекции, размери и означения за грапавост. Необходимите размери се измерват непосредствено от предоставеното изображение, което представлява стандартна правоъгълна изометрия с коефициенти на изменение по трите оси, равни на единица. С направената промяна за всички участници се осигуриха еднакви изходни условия, отпадна необходимостта от осигуряване на

детайли от натура и се създадоха по-добри условия за обективно оценяване и съпоставяне на състезателните работи от различните области.

Понастоящем учениците от трите състезателни групи работят по следните задачи: Учениците, състезаващи се в Първа състезателна група работят по задача с условие: По дадени изглед отпред и изглед отгоре на плътно тяло да се начертае изглед отляво в мащаб 1:1 съгласно правилата за европейско проектиране и да се нанесат необходимите размери. Времето за работа в тази състезателна група е 4 астрономически часа.

Учениците, състезаващи се във Втора състезателна група работят по две задачи, като тяхното време за работа е 5 астрономически часа. Задачите са следните:

Задача 1. По зададено аксонометрично изображение на детайл и измервателни инструменти да се изпълни скица, включваща проекции, размери и грапавост. Размерите се измерват от изображението, което представлява стандартна правоъгълна изометрия с коефициенти на изменение по трите оси 1 (единица).

Задача 2. По даден чертеж на общия вид да се изработи чертеж на детайл, включващ проекции, размери, гранични отклонения и грапавост.

Учениците, състезаващи се Трета състезателна група имат време за работа 5 астрономически часа, като задачите отново са две, втората от които е работа с CAD продукт:

Задача 1. По даден чертеж на общия вид да се изработи скица на детайл, включваща проекции, размери, гранични отклонения и грапавост.

Задача 2. Геометрични построения при изпълнение на чертеж на детайл в средата на AutoCAD по зададен образец.

2. Организиране и провеждане на Общински кръг на НУОТЧ

Организирането и провеждане на Общински кръг на НУОТЧ може да бъде разделено на следните основни етапи:

Етап „Административна подготовка и определяне на комисии“.

В този етап директорите на училищата назначават Училищна комисия за организиране и провеждане на Общинския кръг на олимпиадата; Училищна комисия за

оценяване на писмените (чертожните) работи на учениците, комисии по засекретяване и разсекретяване на писмените работи или длъжностни лица от Училищната комисия за организиране и провеждане на Общинския кръг, отговарящи за анонимността; определят квесторите, които ще следят за контрола и реда по време на провеждане на Общински кръг на НУОТЧ.

Етап „Разработване на състезателните задачи“.

Състезателните задачи за Общинския кръг на НУОТЧ се разработват от учителите по техническо чертане за всяко участващо училище (или от Общинска комисия, ако училищата са няколко). Задачите се съобразяват с учебната програма за съответния клас, в зависимост от състезателните групи, разработват се в съответствие с формата на олимпиадата и с трудност подходяща за Общински кръг.

Етап „Състезателен ден“.

Провеждането на Общинския кръг се реализира в съответствие с предварително утвърдения график. В деня на Олимпиадата учениците, които ще участват се явяват в определените състезателни зали, легитимират се с документ за самоличност (ученическа карта, лична карта) и заемат своите работни места. Назначените квестори запознават учениците с правилата за работа и реда за провеждане на Олимпиадата и раздават състезателните задачи и необходимите за работа допълнителни материали. Квесторите осъществяват постоянен надзор в залите, като следят за спазването на реда, самостоятелната работа и недопускането на помощни средства или комуникационни устройства. След изтичане на времето за работа писмените (чертожните) работи и допълнителните материали се събират от квесторите, запечатват се в плик/ове и се предават на комисията по засекретяване, която ги засекретява и гарантира анонимността на учениците преди последващия етап на проверка и оценка.

Етап „Оценяване писмените (чертожните) работи на учениците“.

След засекретяване на писмените (чертожните) работи на учениците, те се предават на Училищните комисии за оценяване. Членовете на Училищните комисии оценяват писмените работи на учениците. Всяка писмена работа се оценява независимо от двама учители. При разлика в оценките на двамата проверители с повече от две точки писмените работи се арбитрират, като оценката на арбитъра е окончателна. При по-малка разлика крайната оценка е средно аритметично от оценките на двамата проверители.

Етап „Изготвяне на удостоверителни документи“.

В срок до седем работни дни от състезателния ден Училищната комисия за оценяване изготвя: Протокол за явилите се ученици и техните резултати; Протокол за класираните за Областния кръг на НУОТЧ ученици и техните резултати. Протоколите се утвърждават и подписват от Директора на съответното училище.

Етап „Обобщение и изпращане на резултатите“.

Подписаните от директорите на училищата Протоколи с класираните ученици за Областния кръг на НУОТЧ се изпраща в двудневен срок до: Училището „домакин“ на Областния кръг и/или до Регионалното управление на образованието (РУО). Заедно с протоколите, училищата изпращат и списък с декларираното от родителите/учениците съгласие за обработка на лични данни.[7-8] За родителите/учениците, които не са дали съгласие за публикуване на резултатите с личните им данни, и/или видео/фотографски материали от тяхното участие в Олимпиадата, резултатите се публикуват и изпращат с фиктивен номер (кодирани), без да се разкрива тяхната самоличност.

Организацията и контролът по провеждането на Общинския кръг се осъществяват от Директора на училището, определено за „домакин“ за съответната учебна година.

3. Организиране и провеждане на Областен кръг на НУОТЧ

Областният кръг на олимпиадата по техническо чертане се провежда около един месец след Общинския кръг (по предварително утвърден от МОН график в Регламента на Олимпиадата). До участие в Областния кръг на Олимпиадата се класират учениците, получили оценка не по-ниска от отличен (5,50) на Общинския кръг.

Организирането и провеждането на Областния кръг преминава през следните етапи:

Етап „Административна подготовка и определяне на комисии“.

Началникът на РУО определя училище за „домакин“ на Областния кръг на олимпиадата, както и Областна комисия за проверка и оценка на писмените работи на учениците. Директорът на училището „домакин“ определя със заповед комисия за организиране и провеждане на Областния кръг на Олимпиадата; комисия за засекретяване и разсекретяване на писмените (чертожните) работи; квестори, които не

могат да бъдат специалисти по техническо чертане, и осигурява размножаването на състезателните задачи. Областните комисии организират провеждането на олимпиадата и оценяването на резултатите от областния кръг.

Етап „Разработване на състезателните задачи“.

Състезателните задачи за Областния кръг на НУОТЧ и критериите за оценяване се разработват от членовете на Националната комисия. Задачите се съобразяват с учебната програма за съответния клас, в зависимост от състезателната група, разработват се в съответствие с формата на Олимпиадата и с трудност подходяща за Областен кръг. Членовете на Националната комисия подготвят и темплейтни файлове, необходими за изпълнение на задачата на софтуерен продукт.

Етап „Състезателен ден“.

Провеждането на Областния кръг се реализира в съответствие с предварително утвърдения график. В деня на провеждане на областния кръг на НУОТЧ учениците, които ще участват се явяват в определените състезателни зали, легитимират се с документ за самоличност (ученическа карта, лична карта) и заемат своите работни места. Състезателните задачи, разработени от Националната комисия, се изпращат по електронен път от експерта на МОН половин час преди началото на Олимпиадата на директорите на училища определени от началниците на РУО за „домакин“ на Областния кръг на Олимпиадата за съответната област. Назначените квестори запознават учениците с правилата за работа и реда за провеждане на Олимпиадата и раздават състезателните задачи и необходимите за работа допълнителни материали. Квесторите осъществяват постоянен надзор в залите, като следят за спазването на реда, самостоятелната работа и недопускането на помощни средства или комуникационни устройства. След изтичане на времето за работа писмените (чертожните) работи и допълнителните материали се събират от квесторите, запечатват се в плик/ове и се предават на комисията по засекретяване. Тя засекретява работите на всички явили се ученици на Областния кръг на олимпиадата, като по този начин се гарантира анонимността на учениците преди последващия етап на проверка и оценка.

Етап „Оценяване на писмените (чертожните) работи на учениците“.

След засекретяване на писмените (чертожните) работи на учениците, те се предават на съответната Областна комисия за оценяване. Членовете на Областните комисии оценяват писмените работи на учениците по състезателни групи. Всяка писмена

работа се оценява независимо от двама учители. Писмените работи се арбитрират, ако има разлика в оценките на двамата проверители повече от две точки, като оценката на арбитъра е окончателна. При по-малка разлика крайната оценка е средно аритметично от оценките на двамата проверители. За участие в Националния кръг на олимпиадата се предлагат учениците, които са получили на областния кръг оценка не по-ниска от отличен (5,50).

Етап „Изготвяне на удостоверителни документи“.

Областната комисия за проверка и оценка на писмените работи на учениците изготвя протоколите с резултатите на явилите се ученици. Комисията изготвя два протокола. Единият протокол съдържа информация за резултатите на учениците, които комисията не предлага за допускане до Национален кръг на Олимпиадата (писмени работи, получили оценка под 5,50). Другият протокол съдържа информация за учениците, предложени за допускане до Национален кръг на Олимпиадата и техните резултатите (ученици с писмени работи, получили оценка над 5,50).

Етап „Обобщение и изпращане на резултатите“.

Директорът на училището „домакин“ на Областния кръг за съответната област изпраща до учебния център към МОН писмените работи с решенията и протокол с резултатите на предложените ученици за допускане до национален кръг. След получаване на пратките от всички области, учебният център към МОН предоставя на Националната комисия всички състезателни работи на предложените ученици за класираните на Национален кръг, както и съответните удостоверителни документи с техните резултати (протоколите, съдържащи информация за учениците, предложени за допускане до Национален кръг на олимпиадата).

Изводи и обобщения

Анализът на организацията на Общинския и Областния кръг на НУОТЧ показва, че тяхното провеждане може да бъде структурирано в последователни етапи, които обхващат основните дейности от предварителната подготовка до оценяването и отчитането на резултатите. Прилагането на единни организационни изисквания и критерии за оценяване е от съществено значение за осигуряване на съпоставимост на резултатите и за последователното преминаване на учениците между отделните кръгове на Олимпиадата.

Съдържанието на състезателните задания има определящо значение за оценяването на знанията и практическите умения на участниците. Извършените през годините промени в част от задачите показват необходимостта регламентът да бъде усъвършенстван въз основа на практическия опит от провеждането на Олимпиадата. Разделянето на взаимно зависими задачи и уеднаквяването на изходните задания създават по-добри условия за самостоятелно оценяване на различните компетентности на учениците и за по-обективно съпоставяне на техните резултати.

Предложеното етапно структуриране на Общинския и Областния кръг систематизира основните организационни и методически дейности и може да бъде използвано при подготовката и провеждането както на следващи издания на НУОТЧ, така и на други подобни форуми.

Благодарности и финансиране

Авторите изказват своята благодарност към всички институции, организации, експерти и партньори, ангажирани в процеса на организиране и провеждане на Националната ученическа олимпиада по техническо чертане.

БЕЛЕЖКИ

1. https://www.mon.bg/dyasno-menyu/olimpiadi-i-sastezaniya/olimpiadi-i-natsionalni-sastezaniya/, [Viewed 2026-9-28]
2. Министерство на образованието и науката. (2026). Заповед за утвърждаване на графици за провеждане на ученическите олимпиади, на националните състезания и на националните състезания по професии през учебната 2026–2027 година. София: МОН, 31.08.2026 г.
3. Министерство на образованието и науката. Национална програма „Ученически олимпиади и състезания“ – 2026 г. Приета с Решение № 278 на Министерския съвет от 09.04.2026 г. София: МОН, 2026.
4. Министерство на образованието и науката. Правила за организиране и провеждане на ученическите олимпиади и на националните състезания. Приложение № 1 към Заповед № РД09-2784/29.10.2019 г. на министъра на

образованието и науката, с последващи изменения и допълнения (консолидирана версия). София: МОН.

5. Министерство на образованието и науката. (2026). Графици за провеждане на ученическите олимпиади през учебната 2026–2027 година. Приложение № 1 към Заповедта за утвърждаване на графици за провеждане на ученическите олимпиади, националните състезания и националните състезания по професии през учебната 2026–2027 година, 2026
6. Министерство на образованието и науката. (2025). Регламент за организиране и провеждане на Националната олимпиада по техническо чертане за учебната 2025–2026 година. София: МОН, 2025
7. Министерство на образованието и науката. Декларация за информираност и съгласие на родител/настойник/попечител на участник в олимпиада/състезание. Приложение № 2 към Заповед № РД09-2784/29.10.2019 г. на министъра на образованието и науката.
8. Декларация за информираност и съгласие на ученик (навършил 16-годишна възраст), участник в олимпиада/състезание. Приложение № 3 към Заповед № РД09-2784/29.10.2019 г. на министъра на образованието и науката.

ЛИТЕРАТУРА

ЯНЕВА С., МИТОВА М., Ученически олимпиади. Изисквания и особености в процеса на организиране и провеждане, Българско списание за инженерно проектиране, бр. 46, октомври 2023, ISSN 1313-7530, с.117-122

Acknowledgments & Funding

The authors express their gratitude to all institutions, organizations, experts and partners involved in the process of organizing and conducting the National Student Olympiad in Technical Drawing.

NOTES

1. https://www.mon.bg/dyasno-menyu/olimpiadi-i-sastezaniya/olimpiadi-i-natsionalni-sastezaniya/, [Viewed 2026-9-28]

2. Ministry of Education and Science. (2026). Order for Approval of Schedules for Student Olympiads, National Competitions and National Competitions in Professions in the School Year 2026–2027. Sofia: Ministry of Education and Science, 31.08.2026

3. Ministry of Education and Science. National Program "Student Olympiads and Competitions" – 2026 Adopted by Decision No. 278 of the Council of Ministers of 09.04.2026 Sofia: Ministry of Education and Science, 2026.

4. Ministry of Education and Science. Rules for organizing and conducting student Olympiads and national competitions. Appendix No. 1 to Order No. RD09-2784/29.10.2019 of the Minister of Education and Science, with subsequent amendments and supplements (consolidated version). Sofia: Ministry of Education and Science.

5. Ministry of Education and Science. (2026). Schedule for conducting national olympiads in the academic year 2026-2027. Appendix No 2 to the Order for approval of schedules for conducting student olympiads, national competitions and national competitions by professions in the academic year 2026-2027, 31.08.2026

6. Ministry of Education and Science. (2025). Regulation on the Organization and Conduct of the National Olympiad in Technical Drawing for the 2025–2026 School Year. Sofia: Ministry of Education and Science, 2025

7. Ministry of Education and Science. Declaration of Awareness and Consent of a parent/guardian/custodian of a participant in an Olympiad/competition. Appendix No. 2 to Order No. RD09-2784/29.10.2019 of the Minister of Education and Science.

8. Declaration of Awareness and Consent of a student (over 16 years of age), participant in an Olympiad/competition. Appendix No. 3 to Order No. RD09-2784/29.10.2019 of the Minister of Education and Science.

REFERENCES

YANEVA S., MITOVA M., Student olympiads. requirements and features in the process of organizing and holding, Bulgarian Journal for Engineering Design, issue №46, October 2023, ISSN 1313-7530, p.117-122

NATIONAL STUDENT OLYMPIAD IN TECHNICAL DRAWING. ORGANIZATION AND COMPETITION TASKS. MUNICIPAL AND REGIONAL ROUND - STAGES OF CONDUCT

Abstract. This paper examines the organization and conduct of the municipal and regional rounds of the National Student Olympiad in Technical Drawing. The competition groups and the types of tasks used to assess students' knowledge and practical skills in technical drawing are presented. Significant modifications to specific competition tasks, introduced on the basis of practical experience gained from organizing and conducting the Olympiad, are also discussed. The organization of the municipal and regional rounds is structured into six main stages, covering preparation, conduct, assessment, and reporting of results. The proposed stage-based structure summarizes established organizational and methodological practices and provides a framework to support the preparation and conduct of future rounds of the National Student Olympiad in Technical Drawing.

Keywords: Technical drawing, National Student Olympiad, rounds, stages of organization and conduct

Dr. Svetlana Yaneva, Assist. Prof.

ORCID ID: 0009-0004-4776-2317

Web of Science Researcher ID: ACH-4282-2022

Department „Fundamentals and Technical Means of Design",

Technical University of Sofia,

Bulgaria

E-mail: svetlana_ianeva@tu-sofia.bg

Dr. Desislava Georgieva, Assist. Prof.

Department „Fundamentals and Technical Means of Design",

Technical University of Sofia,

Bulgaria

E-mail: desy@tu-sofia.bg

Dr. Georgi Stanchev, Assos. Prof.

Department „Fundamentals and Technical Means of Design”,

Technical University of Sofia,

Bulgaria

E-mail: gstanchev@tu-sofia.bg

Dr. Rositsa Manolova, Assist. Prof.

Department „Fundamentals and Technical Means of Design”,

Technical University of Sofia,

Bulgaria

E-mail: rositza_manolova@tu-sofia.bg

НАЦИОНАЛНА УЧЕНИЧЕСКА ОЛИМПИАДА ПО ТЕХНИЧЕСКО ЧЕРТАНЕ. ЕТАПИ НА ОРГАНИЗИРАНЕ И ПРОВЕЖДАНЕ НА НАЦИОНАЛНИЯ КРЪГ

гл. асистент д-р Светлана Янева,

доцент д-р Георги Станчев,

гл. асистент д-р Десислава Георгиева,

гл. асистент д-р Росица Манолова.

Техническия университет – София

Катедра „Основи и технически средства за конструиране“

Резюме. В настоящия труд е разгледана организацията и провеждането на Националния кръг на Националната ученическа олимпиада по техническо чертане (НУОТЧ). На база на натрупания практически опит на авторите са систематизирани основните дейности, свързани с неговата подготовка, провеждане и приключване, и е предложено тяхното последователно структуриране в отделни етапи. Обхванати са дейностите по определяне на участниците, административната, организационната и ресурсната подготовка, разработването и подготовката на състезателните задания, регистрацията и официалното откриване, провеждането на състезателната част, засекретяването и оценяването на състезателните работи, формирането на окончателното класиране, изготвянето на необходимата документация и награждаването на участниците. Разгледани са и съпътстващите дейности, включени в програмата на Националния кръг. Представената етапна структура систематизира организацията на Националния кръг и може да послужи като организационно-методическа основа при подготовката и провеждането на следващи издания, както на НУОТЧ, така и на други ученически олимпиади.

Ключови думи: техническо чертане, национална ученическа олимпиада, кръгове, етапи на организиране и провеждане

Въведение

Националната ученическа олимпиада по техническо чертане (НУОТЧ) се организира и провежда ежегодно на територията на Република България и е включена в

обхвата на Националната програма „Ученически олимпиади и състезания“ на Министерството на образованието и науката[1]. Тя заема специфично място в системата на ученическите олимпиади в страната, тъй като е единствената Олимпиада по учебен предмет от професионалната подготовка.

Националният кръг е заключителният етап на НУОТЧ и неговата подготовка и провеждане включват комплекс от взаимосвързани организационни, методически и технически дейности. Реализирането им изисква координирано взаимодействие между Министерството на образованието и науката, Регионалното управление на образованието, Националната комисия, институцията домакин и партньорите, подпомагащи провеждането на Олимпиадата.

От 2018 г. в състава на Националната комисия участват преподаватели от катедра „Основи и технически средства за конструиране“ (ОТСК) на Техническия университет – София. Натрупаният практически и организационно-методически опит от непосредственото им участие в подготовката и провеждането на Олимпиадата е в основата на настоящото изследване. Целта на труда е да бъдат систематизирани основните дейности по подготовката, провеждането и приключването на Националния кръг на НУОТЧ и да бъде представена тяхната последователност чрез обособяването им в отделни етапи.

1. Националната ученическа олимпиада по техническо чертане (НУОТЧ)

Националната ученическа олимпиада по техническо чертане се провежда последователно в три кръга – Общински, Областен и Национален. Всеки от тях има определено място в цялостната организация на Олимпиадата и включва специфични дейности, свързани с подготовката, провеждането, оценяването и класирането на участниците[2,3].

Организацията и етапите на провеждане на Общинския и Областния кръг, както и характерът и развитието на състезателните задания за отделните състезателни групи, са разгледани подробно в предходна публикация на авторите (Янева и др., 2026). Настоящият труд продължава това изследване, като насочва вниманието към Националния кръг на НУОТЧ и към специфичните дейности, свързани с неговата подготовка и провеждане.

Националният кръг е финалният и организационно най-комплексен етап на НУОТЧ. В неговата подготовка и провеждане ключова роля има Националната комисия, която осъществява дейностите по окончателното допускане на участниците, разработването и оценяването на състезателните задачи и класирането на учениците. Националният кръг се организира за трите състезателни групи при спазване на действащите Правила и Регламента за съответната учебна година[4-6]. Предвид по-големия обхват и взаимната обвързаност на тези дейности, организацията на Националния кръг е структурирана в отделни последователни етапи, представени по-долу.

2. Етапи на организиране и провеждане на Националния кръг на НУОТЧ

Етап „Арбитриране на областните работи и определяне на участниците в Националния кръг“.

Подготовката на Националния кръг започва преди същинското му провеждане с получаването на не разсекретените писмени (чертожни) работи и протоколите на учениците, предложени от Областните комисии за допускане до Националния кръг. Националната комисия арбитрира и окончателно оценява тези работи и изготвя протокол с резултатите, съдържащ фиктивния номер на ученика, класа, училището, населеното място, областта и числовия резултат. След приключване на оценяването работите се разсекретяват от определената за целта комисия и се съставя окончателен протокол по състезателни групи за учениците, допуснати до Националния кръг. При публикуването на резултатите се отчита декларираното съгласие за оповестяване на лични данни, като при липса на такова участникът се идентифицира с фиктивен номер.

Етап „Административна подготовка и определяне на комисии и отговорни лица“.

След определяне на допуснатите участници започва административната подготовка на Националния кръг. Определят се съставите и функциите на необходимите комисии, включително квесторите и комисията по засекретяване и разсекретяване на състезателните работи. Подготвят се списъците на участниците по състезателни групи и зали, квесторските протоколи, приемо-предавателните протоколи, инструктажите и останалата документация, необходима за проследимостта на процеса. Успоредно с това

се уточняват помещенията, разпределението на работните места и отговорностите на отделните екипи.

Етап „Организационно и логистично планиране“.

На този етап се разработва подробната програма за Националния кръг и се планира движението на участниците и документацията в рамките на състезателния процес. Предвиждат се времевите интервали за регистрация, официално откриване, заемане на местата в залите, изтегляне и размножаване на състезателните варианти, провеждане на Олимпиадата, предаване и засекретяване на работите, оценяване, разсекретяване, изготвяне на окончателните протоколи, награждаване и закриване на Олимпиадата. Подготовката включва и създаването и разпространението на информационни и визуални материали, както и комплектоването на необходимите консумативи за участниците и организационните екипи.

Етап „Партньорско и ресурсно осигуряване“.

Организирането на Националния кръг предполага координация между МОН, РУО, институцията домакин, Националната комисия и други партньори, подпомагащи провеждането на Олимпиадата. При наличие на партньорска или спонсорска подкрепа тя може да бъде насочена към материалното обезпечаване на някой дейности от събитието, осигуряването на награди и консумативи, както и създаването на подходяща среда за участниците. Този етап е насочен към своевременното осигуряване на необходимите материални, технически и организационни ресурси и допринася за ефективното провеждане на Националния кръг.

Етап „Разработване и подготовка на състезателните задачи“.

Състезателните задачи за Националния кръг и критериите за тяхното оценяване (определени в Регламента) се разработват от Националната комисия за трите състезателни групи. Наред със задачите се подготвят всички необходими спомагателни материали – указания за изпълнение, таблици с допуски и гранични отклонения на линейни размери, бланки, работни листове и други материали, произтичащи от спецификата на конкретното задание. До момента на изтегляне на състезателния вариант се осигурява конфиденциалност на разработените варианти. След изтеглянето избраният вариант се размножава в необходимия брой екземпляри и се предоставя на квесторите по зали за раздаване на участниците.

Етап „Техническо, материално и програмно осигуряване“.

Преди състезателния ден се извършва проверка на залите, работните места, чертожното и техническото обезпечаване, както и на необходимите консумативи. За състезателната група, в която част от задачата се изпълнява с CAD продукт, се осигуряват компютърни конфигурации с предварително инсталиран специализиран софтуер съгласно изискванията на Регламента за съответната учебна година и се инсталират печатни устройства за отпечатване на решенията на учениците. Проверяват се необходимите файлове и настройки, така че всички участници да работят при равнопоставени технически условия. Подготвят се също големи и малки пликове за работите и идентификационните бланки, бели листове и останалите материали, необходими за отделните групи.

Етап „Регистрация на участниците“.

В деня преди провеждането на състезателната част се извършва регистрация на допуснатите до Националния кръг ученици. При регистрацията се удостоверява самоличността на участниците и се проверяват необходимите документи. На учениците и техните ръководители се предоставя информация за мястото на провеждане, разпределението на състезателните зали, програмата и основните организационни изисквания. Регистрацията осигурява необходимата организационна готовност за провеждане на състезателната част. Раздават се грамоти на учителите, подготвили учениците, класирали се на Националния кръг.

Етап „Посещение на научноизследователски лаборатории“.
След приключване на регистрацията за участниците и техните ръководители се организира посещение на научноизследователски лаборатории на Машиностроителния факултет към Техническия университет – София. В рамките на посещението учениците се запознават със специализирана материално-техническа база, съвременни технически средства и примери за тяхното приложение в инженерното образование и практика. Дейността допълва програмата на Националния кръг, като предоставя възможност на участниците да се запознаят непосредствено с университетската образователна среда и с практическите приложения на техническите и инженерните знания.

Етап „Официално откриване на Националния кръг“.
В края на първия ден от програмата се провежда официалното откриване на Националния кръг на НУОТЧ. В него участват учениците и техните ръководители,

членовете на Националната комисия, представители на институциите, ангажирани с организирането и провеждането на Олимпиадата, както и партньори на събитието. В рамките на откриването участниците се приветстват и се представят основни акценти, свързани с предстоящата състезателна част. Официалното откриване поставя началото на същинската програма на Националния кръг и създава необходимата организационна среда за провеждането на Олимпиадата.

Етап „Провеждане на състезателната част“.

В състезателния ден участниците заемат предварително определените им работни места преди началото на Олимпиадата и се легитимират с документ за самоличност. Квесторите ги запознават с инструктажа за реда на провеждане, удостоверяват присъствието им и следят за изключването и предаването на мобилните устройства. В присъствието на представители на ученици-участници, Националната комисия, представители на МОН, университетските и училищни медии и на отговорните длъжностни лица (комисии) се изтеглят вариантите за съответните състезателни групи и се подписват необходимите удостоверителни документи. След размножаването им задачите и необходимите допълнителни материали се раздават на участниците, а на видно място се отбелязват началният и крайният час за всяка зала. По време на работата квесторите осигуряват спокойна среда, следят за самостоятелното изпълнение и за спазването на установените правила. При нарушение се прилагат предвидените процедури за документиране или анулиране на състезателната работа.

Етап „Провеждане на техническа конференция“.

Паралелно с провеждането на състезателната част, докато учениците работят по поставените задания, се организира техническа конференция с участието на ръководителите на състезателите и представители на институциите и организациите, ангажирани с Олимпиадата. В нея участват представители на Министерството на образованието и науката, Регионалното управление на образованието – София-град, Националната комисия, академичната общност на Техническия университет – София, учители и представители на индустриалния сектор. Конференцията създава организирана професионална среда за обсъждане на актуални въпроси, свързани с преподаването на предмети в областта на техническо чертане, подготовката на учениците, организацията и развитието на Олимпиадата, както и с възможностите за усъвършенстване на връзката между средното професионално образование, висшето

образование и бизнеса. Провеждането ѝ именно във времето на състезателната работа позволява ръководителите на учениците и останалите ангажирани специалисти да участват в професионален обмен, без да се нарушава състезателният процес. Прекият контакт между институциите и експертните общности подпомага координацията, обмена на добри практики и формулирането на предложения за последващо организационно и методическо усъвършенстване на НУОТЧ.

Етап „Приемане, предаване и засекретяване на състезателните работи“.

След приключване на работата всеки участник оформя и предава материалите си по установения ред. Идентификационната бланка се подписва и се поставя в малък плик, който се запечатва, и в едно с готовата работа се поставя в голям плик, който се запечатва от участника под наблюдението на квестора и се предава. Допълнителните материали (листове за чернова, справочни материали и състезателните задания) се връщат на квесторите отделно от готовата работа. Квесторите приемат работите под брой и след приключване на работата на всички участници оформят протокола за дежурство по зали. Комплектът от състезателни работи и съпътстващите протоколи се предава с приемо-предавателен протокол на комисията по засекретяване. След засекретяването работите се предоставят на Националната комисия за оценяване, по този начин проверителите не разполагат с информация за самоличността на учениците.

Етап „Оценяване на писмените (чертожните) работи на учениците и класиране“.

Националната комисия оценява анонимните състезателни работи по предварително разработените критерии за съответната състезателна група. Всяка работа се оценява независимо от проверителите за съответната група. При разлика между оценките до две точки крайният резултат се формира като средно аритметична стойност, а при разлика, по-голяма от две точки, работата се арбитрира и оценката на арбитъра е окончателна. След приключване на оценяването се изготвят протоколи по състезателни групи с фиктивните номера и постигнатите резултати. Състезателните работи се предават на комисията по разсекретяване, която ги разсекретява и връща на Националната комисия. Националната комисия съставя окончателните протоколи с имената на участниците, за които е налице съгласие за публикуване на лични данни (удостоверено в съответните декларации за информираност и съгласие – от родител/настойник/попечител и от ученик, навършил 16-годишна възраст, съгласно Приложение № 2 и Приложение № 3 към Заповед № РД09-2784/29.10.2019 г. на

Министъра на образованието и науката. [7,8] Оценката от Националния кръг е окончателна и не подлежи на обжалване и промяна.

Етап „Изготвяне на удостоверителни документи“. След разсекретяването на състезателните работи и определянето на окончателното класиране Националната комисия оформя протоколите с резултатите на участниците. След приключване на Олимпиадата, въз основа на окончателните резултати, Министерството на образованието и науката издава съответните удостоверителни документи на учениците, завършващи XI и XII клас през съответната учебна година. На получилите оценка отличен (6,00), МОН издава удостоверение за присъдено звание „лауреат“ и служебна бележка за постигнати отлични резултати от Олимпиада. Статутът на „лауреат“ се удостоверява съгласно приложимите разпоредби на Наредбата за държавните изисквания за приемане на студенти във висшите училища на Република България и Наредба № 8 от 11.08.2016 г. за информацията и документите за системата на предучилищното и училищното образование. На учениците, получили оценка отличен (5,75) или отличен (5,50) и завършващи средно образование през съответната учебна година, МОН издава служебна бележка, която може да послужи за приемането им във висше училище при решение на съответното висше училище.[9]

Етап „Награждаване и официално приключване на Националния кръг“.

Националният кръг завършва с официална церемония по награждаване и закриване на Олимпиадата. Връчването на отличията представлява заключителен момент в цялостния процес по организиране и провеждане на НУОТЧ, чрез който се удостоверяват и публично се признават постигнатите от учениците резултати, отличават се техните знания и умения в областта на техническото чертане, също така се признават и заслугите и положения труд на учителите участващи в подготовката на учениците.

Всички ученици, участвали в Националния кръг, получават грамота за участие, подписана от председателя на Националната комисия. Учениците, класирани на първо, второ и трето място във всяка състезателна група, се отличават с грамоти от Националната комисия, от Министерството на образованието и науката, както и от институцията (училището) определена за домакин. В рамките на официалното награждаване се връчват и допълнителни грамоти и предметни награди, осигурени от съорганизаторите и партньорите на НУОТЧ.

Етап „Публично отразяване на Националния кръг“.

След приключване на състезателната част, на интернет страницата на катедра ОТСК на Техническия университет – София, се публикуват заданията на изтеглените варианти, за всяка една от състезателните групи, и техните решения. Публикуването дава възможност на участниците да проверят и обсъдят верността на своите решения, а на учителите, участващи в подготовката на участниците - да се запознаят с конкретните задания от състезателния ден, както и да ги използват в бъдеще, в процеса на подготовка на ученици в учебния процес и/или в подготовката на бъдещи участници не само в НУОТЧ, но и в други състезания свързани с Техническото чертане.

Успоредно с официалната церемония по награждаване и закриване на Олимпиадата на интернет страницата на катедра ОТСК на Техническия университет – София, се публикуват протоколите с резултатите на участниците от класирането на Националния кръг, както и протоколите за „лауреати“, по състезателни групи.

Изводи и обобщения

Настоящият труд доказва, че НУОТЧ надхвърля рамките на стандартно училищно състезание и се утвърждава като важна платформа за сътрудничеството между средното и висшето образование, институциите и бизнеса. Организацията на Националния кръг на НУОТЧ представлява многоетапен процес, който изисква последователност и координация между Министерството на образованието и науката, Регионалното управление на образованието, Националната комисия, институцията домакин и останалите организации и партньори, ангажирани с неговото провеждане.

В сравнение с предходните кръгове (Общински и Областен), Националният кръг се характеризира с по-голям обхват на организационните, методическите, техническите и административните дейности. Съществено значение за неговото успешно провеждане имат предварителната подготовка, ясното разпределение на отговорностите и точното изпълнение на процедурите по провеждане на състезателната част, засекретяване и оценяване на състезателните работи и формиране на окончателното класиране. Откроява се важността на Националната комисия, която има основна методическа и експертна роля при провеждането на Олимпиадата, включително при разработването на Регламента, състезателните задачи, определянето на критериите за оценяване,

арбитрирането на резултатите от Областния кръг, оценяването и класирането на участниците в Националния кръг.

Утвърдената през годините практика на Националната комисия от ТУ-София показва, че включването на посещения в учебни и научноизследователски лаборатории и провеждането на техническа конференция в програмата на Националния кръг са особено ползотворни. Тези дейности създават условия за обмен на знания, практически опит и добри практики между участниците в образователния процес, представителите на академичната общност и бизнеса.

Основният принос и практическа полза от настоящия труд се състоят в етапното структуриране на целия процес по организацията на Националния кръг, описанието на условията, характера на задачите и дейностите, както и на разкриването на реалната организация в състезателния ден на Националния кръг. Разработената етапна структура може да служи като методическо и практическо ръководство за всички, които се явяват участници в процеса на организиране и провеждане не само на НУОТЧ, но и на други олимпиади, както и да улесни координацията между отделните участващи екипи и институции.

Благодарности и финансиране

Авторите изказват своята благодарност към всички институции, организации, експерти и партньори, ангажирани в процеса на организиране и провеждане на Националната ученическа олимпиада по техническо чертане.

БЕЛЕЖКИ

1. https://www.mon.bg/dyasno-menyu/olimpiadi-i-sastezaniya/olimpiadi-i-natsionalni-sastezaniya/, [Viewed 2026-9-28]
2. Министерство на образованието и науката. (2026). Заповед за утвърждаване на графици за провеждане на ученическите олимпиади, на националните състезания и на националните състезания по професии през учебната 2026–2027 година. София: МОН, 31.08.2026 г.

3. Министерство на образованието и науката. Национална програма „Ученически олимпиади и състезания“ – 2026 г. Приета с Решение № 278 на Министерския съвет от 09.04.2026 г. София: МОН, 2026.

4. Министерство на образованието и науката. Правила за организиране и провеждане на ученическите олимпиади и на националните състезания. Приложение № 1 към Заповед № РД09-2784/29.10.2019 г. на министъра на образованието и науката, с последващи изменения и допълнения (консолидирана версия). София: МОН.

5. Министерство на образованието и науката. (2026). Графици за провеждане на ученическите олимпиади през учебната 2026–2027 година. Приложение № 1 към Заповедта за утвърждаване на графици за провеждане на ученическите олимпиади, националните състезания и националните състезания по професии през учебната 2026–2027 година, 2026

6. Министерство на образованието и науката. (2025). Регламент за организиране и провеждане на Националната олимпиада по техническо чертане за учебната 2025–2026 година. София: МОН

7. Министерство на образованието и науката. Декларация за информираност и съгласие на родител/настойник/попечител на участник в олимпиада/състезание. Приложение № 2 към Заповед № РД09-2784/29.10.2019 г. на министъра на образованието и науката.

8. Декларация за информираност и съгласие на ученик (навършил 16-годишна възраст), участник в олимпиада/състезание. Приложение № 3 към Заповед № РД09-2784/29.10.2019 г. на министъра на образованието и науката.

9. Министерство на образованието и науката. Наредба № 8 от 11.08.2016 г. за информацията и документите за системата на предучилищното и училищното образование. Обн., ДВ, бр. 66 от 23.08.2016 г., в сила от 23.08.2016 г., с последващи изменения и допълнения в сила от 1.10.2025 г.

ЛИТЕРАТУРА

ЯНЕВА, С., Д. ГЕОРГИЕВА, Г. СТАНЧЕВ, Р. МАНОЛОВА. Национална ученическа олимпиада по техническо чертане. Организация и състезателни задания. Общински и

областен кръг – етапи на провеждане, Списание „Основи и технически средства за конструиране”, ISSN 3134-1802, 2026, №1, с. 437–450

Acknowledgments & Funding

The authors express their gratitude to all institutions, organizations, experts and partners involved in the process of organizing and conducting the National Student Olympiad in Technical Drawing.

NOTES

1. https://www.mon.bg/dyasno-menyu/olimpiadi-i-sastezaniya/olimpiadi-i-natsionalni-sastezaniya/, [Viewed 2026-9-28]
2. Ministry of Education and Science. (2026). Order for Approval of Schedules for Student Olympiads, National Competitions and National Competitions in Professions in the 2026–2027 School Year. Sofia: Ministry of Education and Science, 31.08.2026,
3. Ministry of Education and Science. National Program "Student Olympiads and Competitions" – 2026 Adopted by Decision No. 278 of the Council of Ministers of 09.04.2026 Sofia: Ministry of Education and Science, 2026.
4. Ministry of Education and Science. Rules for organizing and conducting student Olympiads and national competitions. Appendix No. 1 to Order No. RD09-2784/29.10.2019 of the Minister of Education and Science, with subsequent amendments and supplements (consolidated version). Sofia: Ministry of Education and Science.
5. Ministry of Education and Science. (2026). Schedule for conducting national olympiads in the academic year 2026-2027. Appendix No 2 to the Order for approval of schedules for conducting student olympiads, national competitions and national competitions by professions in the academic year 2026-2027, 31.08.2026
6. Ministry of Education and Science. (2025). Regulation on the Organization and Conduct of the National Olympiad in Technical Drawing for the 2025–2026 School Year. Sofia: Ministry of Education and Science, 2025

7. Ministry of Education and Science. Declaration of Awareness and Consent of a parent/guardian/custodian of a participant in an Olympiad/competition. Appendix No. 2 to Order No. RD09-2784/29.10.2019 of the Minister of Education and Science.

8. Declaration of Awareness and Consent of a student (over 16 years of age), participant in an Olympiad/competition. Appendix No. 3 to Order No. RD09-2784/29.10.2019 of the Minister of Education and Science.

9. Ministry of Education and Science. Ordinance No 8 of 11.08.2016 on the Information and Documents on the System of Pre-school and School Education. Promulgated, SG No. 66 of 23.08.2016, in force from 23.08.2016, with subsequent amendments and supplements in force as of 1.10.2025

REFERENCES

YANEVA, S., GEORGIEVA, D., STANCHEV, G., MANOLOVA, R. National student olympiad in technical drawing. Organization and competition tasks. Municipal and regional round – stages of conduct, Journal "Fundamentals and Technical Means of Design", ISSN 3134-1802, 2026, No1, pp. 437–450

NATIONAL STUDENT OLYMPIAD IN TECHNICAL DRAWING. STAGES OF ORGANIZATION AND CONDUCT OF THE NATIONAL ROUND

Abstract. In This paper examines the organization and conduct of the National Round of the National Student Olympiad in Technical Drawing. Based on the practical experience gained by the authors, the main activities related to its preparation, conduct and completion are systematized, and their sequential structuring in separate stages is proposed. The activities for determining the participants, administrative, organizational and resource preparation, development and preparation of competition tasks, registration and official opening, conducting the competition part, classifying and evaluating the competition works, forming the final ranking, preparing the necessary documentation and awarding the participants are also covered. The accompanying activities included in the program of the National Round are also considered. The presented stage structure systematizes the organization of the National Round

and can serve as an organizational and methodological basis for the preparation and conduct of subsequent editions, both of National Student Olympiad in Technical Drawing and other student Olympiads.

Keywords: Technical drawing, National Student Olympiad, rounds, stages of organization and conduct

Dr. Svetlana Yaneva, Assist. Prof.
ORCID ID: 0009-0004-4776-2317
Web of Science Researcher ID: ACH-4282-2022
Department „Fundamentals and Technical Means of Design”
Technical University of Sofia,
Bulgaria
E-mail: svetlana_ianeva@tu-sofia.bg

Dr. Georgi Stanchev, Assos. Prof.
Department „Fundamentals and Technical Means of Design”,
Technical University of Sofia,
Bulgaria
E-mail: gstanchev@tu-sofia.bg

Dr. Desislava Georgieva, Assist. Prof.
Department „Fundamentals and Technical Means of Design”,
Technical University of Sofia,
Bulgaria
E-mail: desy@tu-sofia.bg

Dr. Rositsa Manolova, Assist. Prof.
Department „Fundamentals and Technical Means of Design”,
Technical University of Sofia,
Bulgaria
E-mail: rositza_manolova@tu-sofia.bg

НОВИЯТ СПИСЪК НА ПРОФЕСИИТЕ ЗА ПРОФЕСИОНАЛНО ОБРАЗОВАНИЕ И ОБУЧЕНИЕ И ВРЪЗКАТА С КОМПЕТЕНТНОСТНИЯ ПОДХОД В СРЕДНОТО ОБРАЗОВАНИЕ

инж. Таня Михайлова

НПГПТО „М. В. Ломоносов“, гр. София

Резюме: В изпълнение на изискванията на националния план за възстановяване и устойчивост и с промените в Закона за професионалното образование и обучение от 2024 г. за професионалното образование в България започна реформа, която има за цел да осигури подготвени кадри за пазара на труда в сътрудничество с работодателите и да отговори на динамичните промени в изискванията към професионалните умения. Приетият списък през 2024 година заменя над 600 фрагментирани специалности със 193 широкопрофилни професии, разработени с участие на секторните съвети за умения. Разработва се и учебната документация, която да отговори на изискванията за прилагане на компетентностния подход в средното образование. Основната задача на средното образование и в частност на професионалното е усвояването на умения, нужни в 21 век. Това налага промяна в начина на преподаване, засилване на връзките с реалния бизнес, формиращо оценяване и разширяване на дуалната система на обучение. Професионалното образование е ключов елемент за създаването на модерна икономика с мотивирани кадри.

Ключови думи: Образование, обучение, умения, широкопрофилни професии, свързаност

Възможности за модернизиране на професионалното образование

Системата на професионалното образование и обучение (ПОО) в България се изправя пред най-дълбоката и съществена структурна трансформация за последните 25 години. Тази реформа, макар и належаща, рискува да се осъществи като изолиран козметичен ремонт или по-скоро като административна актуализация на съществуващи документи, а не като фундаментално преосмисляне на философията, съдържанието и институционалното функциониране на професионалните гимназии и предоставяното обучение от тях. Реформата обаче е факт и професионалните гимназии имат основната

тежест да я направят работеща и най-вече функционална, така че интересът към професионалното образование да се увеличи и обществото да осъзнае значимостта на че съвременното образование и по-специално на професионалното образование. Уменията на 21 век са уменията на съвременния човек, който е част от икономическия цикъл в две много важни роли – като работна сила и като инвестиция. 21 век е векът на технологичните революции и на новата информационана вълна, но 21 век е векът и на пазарната икономика, защото вече не съществува друга алтернатива. Оттук е и логичното съждение, че обучаемите са основен и ключов елемент за развитието на икономическите възможности на обществото.

В основата на този процес стои утвърждаването на новия Списък на професиите за професионално образование и обучение (СППОО), утвърден със Заповед № РД09-2230/09.08.2024 г. на министъра на образованието и науката, в пряка връзка с измененията в Закона за професионалното образование и обучение (ЗПОО) от март 2024 г., а в последствие процесите са синхронизирани и с амбициозния европейски контекст, зададен от Декларацията от Хернинг от септември 2025 г.

Основният двигател на тази промяна е необходимостта от преодоляване на хроничното разминаване между структурата на квалификациите, предлагани от образователната система, и реалностите на динамичния, високотехнологичен и глобално интегриран пазар на труда. В продължение на десетилетия българското професионално образование функционираше в условията на прекомерна фрагментация. Досегашният СППОО съдържаше над 600 тесни специалности, обособени около статични, стриктно дефинирани и често технологично остарели производствени алгоритми. Новият СППОО намалява този брой до 193 окрупнени, широкопрофилни професии, структурирани в 18 области на образованието и 46 професионални направления.

Модернизацията на ПОО чрез новия списък се изразява в следните няколко ключови стратегически възможности:

- **Отпадане на тесните специалности и преминаване към широк професионален профил:** Премахването на категорията „специалност“ в ЗПОО (чл. 6, ал. 1) и преминаването изцяло към обучение по „професии“ решава един от най-големите проблеми на занаятчийско-индустриалния модел. Тясната специализация от рано ограничава мобилността на учениците и ги прави уязвими при икономически преструктурирания или изчезване на определени работни места. Новите

широкопрофилни професии се предполага, че гарантират ученикът да придобива фундаментални отраслови компетентности, върху които може гъвкаво да надгражда специализирани умения в хода на кариерното си развитие.

- **Въвеждане на Единиците резултати от учене (ЕРУ) като гръбнак на новите ДОС:** Новата архитектура на Държавните образователни стандарти (ДОС) изоставя подхода на задължително изброяване на учебни предмети и тематични единици за сметка на ЕРУ. Всяка ЕРУ представлява самостоятелно оценимо и валидируемо ядро от знания, умения и компетентности. Това позволява модулност в обучението, възможност за натрупване и трансфер на кредити/резултати и бързо съответствие с изискваните от работодателите умения. Чрез ЕРУ професионалното образование престава да бъде капсулирана система и се превръща в отворена платформа за учене през целия живот.
- **Интеграция на двойния зелен и дигитален преход:** В съответствие с приоритетите на Декларацията от Хернинг (2026–2030), надграждаща тази от Оснабрук 2020 / модернизиране на ПОО за постигане на устойчивост и високи постижения чрез гъвкаво ПОО, учене през целия живот и дигитализация и приобщаващо и екологично образование/ и националния проект „Модернизиране на професионалното образование и обучение“ (МПОО), финансиран от Програма „Образование“ 2021–2027 г., новите професии задължително интегрират компетентности, свързани с дигиталната трансформация, изкуствения интелект (AI), автоматизацията, роботиката, възобновяемите източници, кръговата икономика и ресурсната ефективност. Модернизацията изисква тези теми да не бъдат изнесени в изолирани факултативни часове, а да са интегрирани в общата, отрасловата и специфичната професионална подготовка.
- **Институционално подсигуряване чрез ресурсни проекти:** Реформата не остава на ниво теоретично намерение, а е ресурсно обезпечена. Проектът МПОО с бюджет от над 47 милиона евро осигурява разработването на новите ДОС, новите учебни планове и програми, дигитални интерактивни образователни материали, както и мащабна квалификация на учителите по професионална подготовка за работа с технологии от Индустрия 5.0, а също и влизането на бизнеса в училищата, предоставящи професионално образование.

За училищните ръководства на професионални гимназии и средни училища с професионални паралелки – директори и заместник-директори – модернизацията на ПОО отваря широк хоризонт за стратегическо позициониране на училището. Новият

СППОО дава възможност на гимназиите да обновят своя профил, да изоставят специалности със затихващ интерес и да предлагат обучение по модерни, атрактивни и високоплатени професионални направления. Успешното управление на този процес изисква директорът да спре да вижда в реформата административно задължение, а да я използва като маркетинг инструмент за изграждане на нов, престижен образ на професионалната гимназия.

Усвояване на широки умения чрез професиите

Традиционната парадигма на професионалното обучение поставя основния акцент върху формирането на специфични, повторими, мануални или рутинни изпълнителски умения. В ерата на изкуствения интелект, роботизацията и бързата смяна на технологичните поколения този подход е напълно ограничен. Рутинните задачи автоматизирано се поемат от машини и софтуерни алгоритми. Ето защо съвременната икономика изисква кадри, които притежават т.нар. „широки умения“ (broad skills) и преносими компетентности (transferable skills), които запазват своята стойност независимо от специфичните технологични промени в дадено предприятие.

Новият СППОО и променената логика на ЗПОО изграждат профила на професиите по начин, който гарантира синергия между фундаментална подготовка, широка отраслова база и гъвкава специфична квалификация. Съгласно нормативната рамка (чл. 28, 28а и 28б от ЗПОО) съдържанието на новите професии е преструктурирано в три основни, взаимнонадграждащи се нива:

1. **Обща професионална подготовка (Широко ядро):** В актуализираната нормативна уредба общата професионална подготовка за всички професии задължително включва фундаментални компетентности, стандартизирани чрез универсални Единици резултати от учене:
    - *Здравословни и безопасни условия на труд (ЗБУТ) и опазване на околната среда:* Формиране на екологично съзнание, познаване на принципите на устойчивото развитие, кръговата икономика и управлението на риска.
    - *Икономика, предприемачество и финансова грамотност:* Способност за разбиране на пазарните процеси, управление на ресурси, базисни познания по бизнес планиране, правна култура и търговски отношения.
2. **Отраслова професионална подготовка (Хоризонтална мобилност):** Отрасловата подготовка съдържа знанията и уменията, които са общи за всички

професии в рамките на дадено професионално направление (напр. цялото направление „Електротехника и енергетика“ или „Информационно-комуникационни технологии“). Отпадането на прекомерната фрагментация в чл. 28а, ал. 2 от ЗПОО осигурява стабилна фундаментална инженерна, технологична или хуманитарна база. Ученик, усвоил отрасловата подготовка по Машиностроене или Търговия, придобива широк мироглед за цялата индустрия, което му позволява бързо да преминава от една работна позиция в друга в рамките на същия сектор.

3. **Специфична професионална подготовка с акцент върху ИКТ:** Законодателят изрично залага в чл. 28б, ал. 1 от ЗПОО, че специфичната подготовка по всяка професия трябва задължително да интегрира информационните и комуникационните технологии, приложими в съответната сфера. Дигиталната компетентност вече не трябва да се разглежда просто като отделен общообразователен предмет, а като вътрешен елемент на всяко едно професионално направление независимо дали се обучава асансьорен техник, графичен дизайнер, фермер или готвач.

Широките умения, развивани чрез новите професии, включват още:

- **Когнитивна гъвкавост и решаване на комплексни проблеми (Problem Solving):** Способност за анализ на неочаквани системни грешки, алгоритмично мислене и справяне с казуси в нестандартна работна среда.
- **Технологична грамотност:** Базови познания за работа със специализиран софтуер, обработка на данни, управление на цифровизирани машини и спазване на киберсигурност.
- **Трансверсални умения (Soft Skills):** Комуникативност, умения за екипна работа в мултидисциплинарна среда, професионална етика и умения за презентиране.

За училищната практика това изисква промяна в преподаването. Инструктажът и наизустяването на суха теория отстъпват място на компетентностно ориентирани методи: проектно-базирано обучение, симулации на реални производствени процеси, казусов анализ и работа в екип. Когато ученикът усвоява професията чрез решаване на практически проблеми, той развива широки умения, които го правят конкурентоспособен и устойчив на пазара на труда за десетилетия напред.

Нещо повече в дискусията за формиращото оценяване, която се провеждаше като елемент от общественото обсъждане на предлаганите промени в ЗПУО през 20225

година, професионалните гимназии имат своето голямо предимство – оценяването в часовете по практика винаги е било формиращо на база усвоени знания и умения.

ПОО като ключов елемент за създаването на модерна икономика с мотивирани кадри

Икономическият просперитет, иновационният капацитет и привлечените чуждестранни инвестиции в една съвременна държава са в пряка зависимост от качеството и структурирането на нейната работна сила. Декларацията от Хернинг (2025 г.) изрично определя ПОО като основен двигател на европейската конкурентоспособност и социална справедливост. В този контекст българското професионално образование трябва да спре да бъде разглеждано като резервен вариант, а да се утвърди като първостепенен, престижен и осъзнат избор за високотехнологична кариера. Професионалното образование трябва да навлезе в своя разцвет, но за целта е от ключово значение целеполагането и управлението на образователната институция. Не може да се гледа на професионалното образование като възможност за запазване на паралелки в гимназиален етап, не може лековерно и без анализ да се обявява план-прием по професии без предварителен анализ, трябва да се държи, да се изисква и да се настоява за качество. Професионалното образование се ползва с известно предимство, тъй като в момента по-високия процент при формиране на план-прием е за професионални паралелки, но това не означава автоматично, че обществото е на същото мнение и това е много видимо от броя на свободните места в етапите на класиранията. За съжаление най-много свободни места отново продължават да са за професионалните гимназии.

Ролята на новия СППОО за изграждането на модерна икономика с мотивирани кадри се реализира в следните три ключови измерения:

- **Преодоляване на структурния дефицит на пазара на труда:** В момента българската икономика страда от парадокс: от една страна съществува младежка безработица или заетост под квалификацията, а от друга – остър, систематичен дефицит на квалифицирани технически и технологични кадри за индустрията. Новият СППОО е разработен след задълбочен анализ на пазарните нужди и в пряко сътрудничество със Секторните съвети за умения и работодателските организации. Чрез окрупняването на професиите и въвеждането на нови наименования, съответстващи на езика на бизнеса (напр. „Интелигентни системи“, „Роботика“, „Зелени технологии“, „Логистични услуги“), образователната система започва да

произвежда кадри с профил, който бизнесите реално търсят.

- **Засилване на мотивацията на учениците чрез ясна кариерна перспектива:** Мотивацията за учене при подрастващите е пряко свързана с усещането за смисъл, приложимост и перспектива. Когато учебните програми са остарели, а оборудването в кабинетите отразява технологии от миналия век, учениците губят интерес. Новият подход в ПОО променя това чрез:
    - *Видима връзка с високите възнаграждения:* Професиите в областта на дигиталните технологии, автоматизацията, зелената енергия и модерното производство предлагат едни от най-високите начални заплати на пазара.
    - *Учене чрез преживяване и правене (Learning by doing):* Чрез часовете по практика, работата с професионален софтуер, симулатори, VR/AR среди и реални машини, обучението става увлекателно и интригуващо.
    - *Ранна кариерна реализация:* Възможността за включване в дуална форма на обучение (обучение чрез работа) позволява на учениците още в XI и XII клас да работят в реална фирмена среда, да получават възнаграждение и да изграждат трудови навици.
- **Дълбока интеграция между образователните институции и бизнеса:** Съвременната икономика изисква бизнесът да не бъде просто външен потребител на кадри, а активен „съавтор“ на образователния процес. Новата правна рамка на ЗПОО и проектът МПОО улесняват това сътрудничество чрез по-гъвкави условия за назначаване на наставници от предприятията (намаляване на изисквания стаж на 2 години), участие на представители на работодателите в изпитните комисии за придобиване на професионална квалификация и съвместно разработване на учебни програми.

За да се превърне обаче професионалното образование в реален двигател на икономиката, училищните ръководства трябва да инвестират сериозни усилия за промяна на обществените нагласи. Трябва да бъде разчупена обществената стигма, че ПОО е за „неуспешните“ ученици. Чрез активни маркетингови стратегии, дни на отворените врати, регионални панорами на професиите, дигитални кампании в социалните мрежи и показване на успешни възпитаници, директорите могат да покажат на родителите и обществеността, че модерната професионална гимназия е най-бързият и сигурен мост към престижна, сигурна и високоплатена реализация.

Ключови компетентности, развивани чрез обучението по новите професии

Европейската референтна рамка за ключовите компетентности за учене през целия живот и Декларацията от Хернинг подчертават, че съвременното образование трябва да формира комплексна личност, способна на постоянна адаптация. В новия СППОО и актуализираните Държавни образователни стандарти компетентностният подход е интегриран във всички нива на планиране, преподаване и оценяване. Обучението по новите професии е проектирано така, че да развива целенасочено петте най-важни ключови компетентности на 21 век:

1. **Дигитална компетентност и медийна грамотност:** Дигиталната грамотност в новия СППОО надхвърля базовото ползване на компютър или текстообработка. Тя включва умения за работа със специализиран професионален софтуер (CAD/CAM системи, ERP среди, софтуер за диагностика, дигитален дизайн), базови познания по киберсигурност, безопасно съхранение и анализ на данни, както и критично оценяване на дигиталната информация. Ученикът се обучава да използва изкуствения интелект и автоматизираните среди като инструменти за повишаване на продуктивността.
2. **Критично мислене, креативност и иновативност:** Новите професии изискват преминаване от репродуктивно възпроизвеждане на знания към творческо прилагане и анализ. Чрез методи като казусов анализ, справяне с производствени аварии, проектни задачи и изследователски подход, учениците се научават да формулират хипотези, да тестват алтернативни решения, да оптимизират процеси и да създават иновативни продукти или услуги.
3. **Комуникативни и социални компетентности (Soft Skills & Teamwork):** Работата в съвременните предприятия рядко е индивидуално изолирано дело. Новите професионални профили изискват интензивно сътрудничество. Обучението развива умения за ефективна комуникация, култура на общуване, сътрудничество в мултидисциплинарни и мултикултурни екипи, умения за решаване на конфликти и презентиране на собствените идеи пред колеги и клиенти.
4. **Предприемачество, инициативност и лидерство:** Чрез задължителния модул по „Икономика и предприемачество“ в общата професионална подготовка и прилагането на симулирани учебни предприятия (проекти по МПОО), учениците развиват предприемачески дух. Те се научават да идентифицират пазарни

възможности, да оценяват рискове, да планират бюджет и ресурси, да поемат отговорност и да ръководят екипи и проекти.

5. **Умения за учене през целия живот (Lifelong Learning):** Най-ценният капитал на завършилия е способността самостоятелно да търси нова информация, да идентифицира собствените си дефицити, да се самооценява и да преминава през кратки форми на преквалификация (микроквалификации) през целия си жизнен път.

Оценяването на тези компетентности в новите ДОС също претърпява трансформация. Традиционните писмени изпитвания се заменят с автентично компетентностно оценяване: практически изпити в реална или симулирана среда, възможност за защита на дипломен проект, електронно портфолио с доказателства за постигнати ЕРУ, самооценка и непрекъсната обратна връзка от ментори и учители.

Новите професии в контекста на съществуващите специалности – сравнителен анализ и съвети за обучение на „две скорости“ (от 2026/2027 г.)

Учебната 2026/2027 година ще бъде исторически преходен момент за всички професионални гимназии и средни училища с професионални паралелки в България. Съгласно Заповед № РД09-2230/09.08.2024 г. на МОН и Преходните и заключителни разпоредби на ЗПОО (§ 59), от 1 септември 2026 г. държавният план-прием за учениците в VIII клас се осъществява изцяло по новия СППОО. Същевременно учениците, приети до учебната 2025/2026 г. включително т.е. тези, които през 2026/2027 г. ще бъдат в IX, X, XI и XII клас, продължават и завършват обучението си по стария СППОО и действащите към момента на приема им учебни планове и програми.

Това означава, че в продължение на четири пълни учебни години (от 2026/2027 до 2029/2030 г.) всяко професионално училище ще функционира в уникален режим на организация и управление на „две скорости“.

2026)

Критерий за сравнение	Съществуващ модел (Стар СППОО)	Нов модел (Нов СППОО - от 2026 г.)
Структура на квалификациите	Тесни, силно фрагментирани специалности (над 600 броя).	Окрупнени, широкопрофилни професии (193 броя) в 18 професионални области.
Фокус на съдържанието	Традиционно теоретично съдържание и тесни рутинни умения.	Компетентностен подход, ЕРУ, дигитализация, зелени умения.
Гъвкавост и мобилност	Трудна преквалификация; тясна обвързаност с едно работно място.	Висока хоризонтална мобилност в направлението; натрупване и трансфер на ЕРУ.
Връзка с пазара на труда	Закъсняваща актуализация; формални споразумения с бизнеса.	Директно участие на Секторни съвети; улеснено дуално обучение и наставничество.
Документи за завършване	Свидетелство за професионална квалификация по специалност.	Свидетелство по професия с възможност за Европейско приложение и частични ЕРУ.

Всяка реформа, за да носи смисъл изисква отговорно отношение на провеждащите я и на първо място остава човешкият фактор. Ефективността ѝ зависи от разбирането за необходимост от качествено професионално образование и връзка с работодателите, които се явяват преките потребители на тази дейност. Необходимо е да се осъществи вътрешноучилищна квалификация на всички учители по професионална подготовка, като по този начин те ще бъдат включени като активни участници в процесите.

ЛИТЕРАТУРА

1. **ЗАКОН ЗА ПРОФЕСИОНАЛНОТО ОБРАЗОВАНИЕ И ОБУЧЕНИЕ**
Обн. ДВ. бр.68 от 30 Юли 1999г., изм. ДВ. бр.1 от 4 Януари 2000г., изм. ДВ. бр.108 от 29 Декември 2000г., изм. ДВ. бр.111 от 28 Декември 2001г., изм. ДВ. бр.103 от 5 Ноември 2002г., изм. ДВ. бр.120 от 29 Декември 2002г., доп. ДВ. бр.29 от 31 Март 2003г., изм. ДВ. бр.28 от 1 Април 2005г., изм. ДВ. бр.77 от 27 Септември 2005г., изм. ДВ. бр.94 от 25 Ноември 2005г., изм. ДВ. бр.30 от 11 Април 2006г., изм. ДВ. бр.62 от 1 Август 2006г., попр. ДВ. бр.63 от 4 Август 2006г., изм. ДВ. бр.13 от 8 Февруари 2008г., изм. ДВ. бр.26 от 7 Март 2008г., изм. ДВ. бр.36 от 15 Май 2009г., изм. ДВ. бр.74 от 15 Септември 2009г., изм. ДВ. бр.50 от 2 Юли 2010г., изм. ДВ. бр.97 от 10 Декември 2010г., изм. ДВ. бр.66 от 26 Юли 2013г., изм. ДВ. бр.68 от 2 Август 2013г., изм. ДВ. бр.70 от 9 Август 2013г., изм. и доп. ДВ. бр.61 от 25 Юли 2014г., изм. ДВ. бр.98 от 28 Ноември 2014г., изм. ДВ. бр.107 от 24 Декември 2014г., изм. ДВ. бр.14 от 20 Февруари 2015г., изм. ДВ. бр.79 от 13 Октомври 2015г., изм. и доп. ДВ. бр.59 от 29 Юли 2016г., изм. ДВ. бр.58 от 18 Юли 2017г., изм. и доп. ДВ. бр.103 от 28 Декември 2017г., изм. ДВ. бр.7 от 19 Януари 2018г., изм. и доп. ДВ. бр.92 от 6 Ноември 2018г., доп. ДВ. бр.108 от 29 Декември 2018г., изм. ДВ. бр.100 от 20 Декември 2019г., доп. ДВ. бр.17 от 25 Февруари 2020г., изм. ДВ. бр.21 от 13 Март 2020г., изм. и доп. ДВ. бр.41 от 3 Юни 2022г., изм. ДВ. бр.102 от 23 Декември 2022г., изм. ДВ. бр.84 от 6 Октомври 2023г., изм. ДВ. бр.102 от 8 Декември 2023г., доп. ДВ. бр.106 от 22 Декември 2023г., изм. и доп. ДВ. бр.27 от 29 Март 2024г., изм. ДВ. бр.41 от 10 Май 2024г., изм. ДВ. бр.16 от 10 Февруари 2026г., изм. ДВ. бр.51 от 5 Юни 2026г., изм. ДВ. бр.55 от 16 Юни 2026г.

2. **ЗАКОН ЗА ПРЕДУЧИЛИЩНОТО И УЧИЛИЩНОТО ОБРАЗОВАНИЕ**
В сила от 01.08.2016 г.
Обн. ДВ. бр.79 от 13 Октомври 2015г., изм. и доп. ДВ. бр.98 от 9 Декември 2016г., изм. ДВ. бр.105 от 30 Декември 2016г., изм. ДВ. бр.58 от 18 Юли 2017г., изм. и доп. ДВ. бр.99 от 12 Декември 2017г., изм. ДВ. бр.24 от 16 Март 2018г., изм. и доп. ДВ. бр.92 от 6 Ноември 2018г., изм. ДВ. бр.108 от 29 Декември 2018г., изм. ДВ. бр.24 от 22 Март 2019г., доп. ДВ. бр.42 от 28 Май 2019г., изм. ДВ. бр.100 от 20 Декември 2019г., изм. ДВ. бр.101 от 27 Декември 2019г., изм. и доп. ДВ. бр.17 от 25 Февруари 2020г., изм. и доп. ДВ. бр.82 от 18 Септември 2020г., изм. ДВ. бр.17 от 1 Март 2022г., изм. и доп. ДВ. бр.34 от 3 Май 2022г., изм. ДВ. бр.102 от 23 Декември 2022г., изм. и доп. ДВ. бр.11 от 2 Февруари 2023г., изм. ДВ. бр.102 от 8 Декември 2023г., изм. и доп. ДВ. бр.23 от 19 Март 2024г., изм. и доп. ДВ. бр.27 от 29 Март 2024г., изм. и доп. ДВ. бр.69 от 16 Август 2024г., изм. и доп. ДВ. бр.26 от 27 Март 2025г., доп. ДВ. бр.64 от 5 Август 2025г., изм. ДВ. бр.69 от 31 Юли 2026г., доп. ДВ. бр.85 от 15 Септември 2026г.

3. **Новата Декларация от Хернинг – тласък за европейското сътрудничество в професионалното образование и обучение -** https://ecvet.hrdc.bg/news/novata-deklaratsia-ot-herning-tlasak-za-evropeyskoto-satrudnichestvo-v-profesionalnoto-obrazovanie-i-obuchenie/[Viewed 2026-9-06]

4. Препоръка на Съвета относно ключовите компетентности за учене през целия живот - https://education.ec.europa.eu/bg/focus-topics/improving-quality/key-competences

THE NEW LIST OF PROFESSIONS FOR VOCATIONAL EDUCATION AND TRAINING AND THE RELATIONSHIP WITH THE COMPETENCE APPROACH IN SECONDARY EDUCATION

Abstract: In fulfillment of the requirements of the National Recovery and Resilience Plan and with the amendments to the Vocational Education and Training Act of 2024 for vocational education, a reform has been launched in Bulgaria, which aims to provide trained personnel for the labor market in cooperation with employers and to respond to the dynamic changes in the requirements for professional skills. The adopted list in 2024 replaces more than 600 fragmented specialties with 193 broad-profile professions developed with the participation of sectoral skills councils. The curriculum documentation is also being developed to meet the requirements for the application of the competence approach in secondary education. The main task of secondary education, and in particular vocational education, is the acquisition of skills needed in the 21st century. This requires a change in the way of teaching, strengthening ties with real business, formative assessment and expansion of the dual education system. Vocational education is a key element in creating a modern economy with motivated personnel.

Keywords: Education, training, skills, broad-profile professions, connectivity

Eng. Tanya Mihaylova

NPGPTO "M. V. Lomonosov"

Sofia, Bulgaria

e-mail: info-2204402@edu.mon.bg