



MAGYAR ÉPÍTŐIPAR

HUNGARIAN BUILDING INDUSTRY

LXXIV. | 2025.1-2.



MEGJELENT A MAGYAR ÉPÍTŐIPAR FOLYÓIRAT KÜLÖNSZÁMA

A NYOMTATOTT LAPSZÁM AZ ELMÚLT ÉVEK ONLINE MEGJELENÉSŰ CIKKEIBŐL VÁLOGAT



TARTALOM

Horváth Tamás
Tisztelt Olvasónk!

Tóth Balázs
„A mi feladatunk az, hogy a belső összefüggéseket próbáljuk meg bemutatni” – interjú prof. Becker Gáborral

Petresevics Fanni,
Fürtös Balázs, Nagy Balázs
Átszellőztetett homlokzatburkolat BIM-alapú épületfizikai modellezése

Bedő Mózes Norbert,
Bozsaky Dávid, Pollák András
Hőszigetelő anyagok összehasonlító vizsgálata különböző hőmérsékleti és nedvességviszonyok mellett

Simon Dániel,
Kemes Balázs, Medvey Boldizsár
A korszerű vályogépítés lehetőségei, a vert vályogfalak jelene és jövője

Varró Richárd Imre, Görög Péter
Kőhidak tönkremenetelei és károsodásai

Róth Kristóf,
Bukovics Ádám, Merczel Dániel
Családi lakóház bővítése kereszttrétegelt fapaneles technológia alkalmazásával

Egri Mátyás, Sándor Eszter,
Pataky Rita, Kovács Máté Gergő
Megkoreografált ablakcsere: kapcsolat tánc és ablakok között

Balázs Bence,
Füredi Balázs, Reith András
Napelem rendszerek épülethomlokzati integrálási lehetőségei

Szabó Péter
Kommentár Winkler Oszkár „A faházprogram és a lakásépítés” című 50 éve megjelent cikkéhez



A különszám megrendelhető a TERC könyvkiadónál.
64 színes oldal, 2900 Ft
<https://www.terc.hu/termek/magyar-epioipar-kulonszam-2025>



A folyóirat online cikkei megtalálhatók honlapunkon:
<https://magyarepitoipar.com/>

A Szerk. Tisztelt Olvasónk!



Horváth Tamás PhD
főszerkesztő

FOLYTATJUK! A 2025-ös évben immáron a 74. évfolyammal jelenik meg a Magyar Építőipar folyóirat.

Amikor a COVID után a szerkesztő bizottság eldöntötte, hogy 2022-től csak online formában adjuk közre az új lapszámokat, azt is célul tűztük ki, hogy időről-időre összeállítunk egy nyomtatott számot a legjobb online cikkeinkből. Ezt a célt beteljesítve, a TERC könyvkiadó segítségével, nemrégiben megszületett különszámunkba az elmúlt időszak tíz online számából válogattunk össze nyolc írást, melyeket egy Becker Gábor tanár úrral, szerkesztő bizottságunk elnökével készített életútinterjú egészít ki és tesz különlegessé.

Még nem tudjuk, hogy pontosan milyen lesz a 2025-ös felhozatal, de több konferencia résztvevőire is számítunk, mint lehetséges szerzőinkre. Áprilisban lesz a 37. Országos Tudományos Diákköri Konferencia (OTDK) Műszaki szekciója Debrecenben, májusra szervezi az Óbudai Egyetem a 3. Ybl Épített Környezet konferenciát, és a BME-n is lesz egy nemzetközi épületfizikai szimpózium (CESBP) szeptemberben. Szerkesztő bizottságunk tagjai mindhárom esemény szervezésében részt vesznek, és azon is dolgoznak, hogy érdekes tudományos cikkeket szerezzenek a lap számára.

Aktuális duplaszámunk részben előző tematikus számunk folytatása, melynek témája az életciklus elemzés (LCA) volt. Egy áttekintő jellegű írás és egy csarnoképületekkel kapcsolatos kutatás ismertetése érkezett még be hozzánk a témában. A veszprémi Körmenty-ház példáján keresztül betekintést nyerhetünk a történeti épületek talajszintű szerkezeteinek vízszigetelési kérdéseibe. Majd ismét Egyiptomba utazhatunk, hogy korábbi cikkünket folytatva, most a gízai nagy piramis belső terein és szerkezetein gondolkodjunk. Ezt követően közreadunk egy kitekintő jellegű cikket, mely a játékos konstruálás szerepét és lehetőségeit mutatja be a mérnökképzésben. Beszámolunk továbbá a 2024-es Építőipari Nívódíjakról és a kapcsolódó egyéb elismerésekről. Az elmúlt évek gyakorlatát követve, minden nívódíjas épületről közlünk egy egyoldalas összeállítást.

Bízunk benne, hogy 2025-ben is tudunk majd értékes és érdekes tartalmakkal szolgálni, melynek köszönhetően olvasóink tábora egyre népesebb lesz.



Magyar Építőipar | Hungarian Building Industry

Főszerkesztő: **Horváth Tamás PhD** – SZE, Győr
A szerkesztőbizottság elnöke: **prof. Becker Gábor** – BME-ÉPK, Budapest
A szerkesztőbizottság tagjai: **Bozsaky Dávid habil PhD** – SZE, Győr;
prof. Kiss Rita – MTA levelező tag / BME, Budapest; **prof. Lakatos Ákos** – DE, Debrecen
Molnár Tamás habil DLA – PTE, Pécs; **Nagy Balázs PhD** – BME-ÉMK, Budapest;
Szabó Péter PhD – SE, Sopron; **Terjék Anita PhD** – ÉMI, Szentendre / ME, Miskolc;
Vizi Gergely PhD – ÓE, Budapest; **Völgyi István PhD** – BME, Budapest

HU ISSN 3094-211X – Lektorált cikkeket tartalmaz. Megjelenik negyedévente.
Közreadja az Építéstudományi Egyesület, illetve az ÉTE Szakértő és Magyar Építőipar Kiadó
Szolgáltató és Kiadói Kft. | Felelős kiadó: Dévai Zoltán | Kiadványszerkesztés: Horváth Tamás PhD
Szerkesztőség: 1095 Budapest, Mester utca 87. Tel./fax: 06 1 201-8416,
e-mail: info@epitokiado.hu, internet: <https://magyarepitoipar.com/>

Címlapon: A veszprémi Körmenty-ház. Herczeg László fényképe. Kapcsolódó cikkünk a 18. oldalon.

2025.1. Tartalom | Contents

3 BEVEZETŐ	Horváth Tamás Tisztelt Olvasónk! <i>Dear Reader!</i>
5 ZÖLD / ENERGIA	Tóthné Szita Klára, Terjék Anita Az életciklus menedzsment szerepe az építőiparban <i>The role of life cycle management in the construction industry</i>
13	V. Nagy Zoltán Raktárcsarnokok összehasonlító beépített-karbon elemzése <i>Comparative embodied carbon analysis of warehouses</i>
18 PRAXIS	Szecskő Heléna A veszprémi Körmenty-ház talajszintű szerkezeteinek épületfelújítási kérdései <i>Building renovation issues of the ground level structures of the Körmenty House in Veszprém</i>
25 ELFELEDETT	Szabó Péter A gízai nagy piramis belső szerkezeti kialakításának elméleti megközelítése <i>A theoretical approach to the internal structure of the Great Pyramid of Giza</i>
34 KITEKINTŐ	Lenkei Balázs, Preklet Edina Játék, konstruálás és tanulás: az építés szerepe a kreativitás fejlesztésében <i>Playing, construction and learning: the role of building in creativity development</i>
45 AKTUÁLIS	Az Építőipari Mesterdíj Alapítvány sajtóközleménye alapján A 2024. évi Építőipari Nívódíjasok és a kapcsolódó további elismerések <i>The Construction Industry Premium Award winners in 2024 and related other recognitions</i>



Az életciklus menedzsment szerepe az építőiparban

The role of life cycle management in the construction industry



Tóthné Szita Klára

okleveles vegyész, környezet-
védelmi szakmérnök, a közgaz-
daságtudomány kandidátusa,
habilitált doktor, nyugdíjas egyetemi
tanár, Miskolci Egyetem, Gazda-

ságtudományi Kar, Világ- és Regionális Gazdaságtan
Intézet, e-mail: regszita@uni-miskolc.hu
Életciklus elemzéssel a 90-es évek elejétől foglalkozik.
Kezdetben az élelmiszeripar és a háztartások életcik-
lusvizsgálatával, később az energiaszektor életciklus
értékelésével foglalkozott. Majd a körforgásos megol-
dások környezeti hatásai felé fordult érdeklődése, amit
az építőipari termékek elemzése követett. Vizsgálta az
LCA szerepét a jövő kutatásban és a fenntarthatósági
célokat segítő környezeti design szempontjából.
2015 óta az LCA Center Egyesület elnöke.



Terjék Anita

okleveles építőmérnök, PhD,
tudományos főmunkatárs, ÉMI
Nonprofit Kft, aterjek@emi.hu;
egy. docens, Miskolci Egyetem,
Műszaki Föld- és Környezettudo-

mányi Kar, Víz- és Környezetgazdálkodás Intézet
Több mint 10 éves szakmai tapasztalattal rendelke-
zik építési termékek laboratóriumi vizsgálata terén,
emellett minőségügyi megbízott és belső auditor.
Hazai és nemzetközi kutatás-fejlesztési és innovációs
projektek szakmai megvalósításában vesz részt 2015
óta. Közreműködik az LCA-hoz kapcsolódó kutató-
csoportok munkájában, az épített környezet hosszú
távú és fenntartható fejlesztését célzó programokban,
stratégiák elemzésében és kidolgozásában.

Kivonat / Hun

A fenntarthatóság és a környezeti
hatások csökkentése egyre fontosabb
az építőiparban, főként az ágazat
magas erőforrás-igénye és szennye-
zőanyag-kibocsátása miatt. Az építési
termékek életciklus-értékelése (LCA)
és környezetvédelmi terméknyilatkoza-
ta (EPD) kulcsszerepet játszik a célok
elérésében, miközben még a verseny-
képességet is növeli. Ezek a dokumen-
tumok olyan kritériumokon alapulnak,
amelyek célja az építőipar környezeti
hatásának csökkentése, a fenntart-
ható és környezetbarát építőanyagok
előállításának és a kibocsátások minima-
lizálása. Jelenleg a Magyarországon
gyártott építési termékek közül még
csak néhány rendelkezik környezet-
védelmi nyilatkozattal, míg a forgal-
mazott termékek többségének már van
EPD-je. A hazai viszonylatban ez főként
a betontermékekre, falazóelemekre,
szigetelő anyagokra és hőszigetelt
építési táblákra (SIP) korlátozódik.
A cikk bemutatja az LCA alkalmazá-
sának jelenlegi állapotát az építőipar-
ban, valamint az életciklus menedzs-
ment (LCM) fejlesztési lehetőségeit
a fenntarthatóbb építési gyakorlatok
érdekében. A cikk megvizsgálja a hazai
termékadatbázist és ennek főbb ered-
ményeit is összegezi.

Kulcsszavak: életciklus-értékelés (LCA),
életciklus menedzsment (LCM), környe-
zetvédelmi terméknyilatkozat (EPD),
építési termékek, fenntarthatóság

Abstract / Eng

Sustainability and reducing environ-
mental impacts are increasingly im-
portant in the construction indus-
try, mainly due to the high resource
demand and pollutant emissions of the
sector. Life Cycle Assessment (LCA)
and Environmental Product Declara-
tion (EPD) of construction products
play a key role in achieving these goals,
while also increasing competitiveness.
These certificates are based on criteria
that aim to reduce the environmental
impact of the construction industry,
produce sustainable and environmen-
tally friendly building materials and
minimize emissions. Currently, only a
few of the construction products ma-
nufactured in Hungary have environ-
mental certificates, while the majority
of the products marketed already have
EPDs. Domestic certification is mainly
limited to concrete products, masonry
elements, insulation materials and
structural insulated panel (SIP). The
article presents the current status of
LCA application in the construction in-
dustry, as well as the development op-
portunities for life cycle management
(LCM) for more sustainable construc-
tion practices. The article examines
the domestic product database and
summarizes its main results.

Keywords: life cycle assessment (LCA),
life cycle management (LCM), envi-
ronmental product declaration (EPD),
construction products, sustainability

1. | Bevezetés

Az életciklus menedzsment (LCM) egy termék-életciklus nyomon követésének folyamata. Az LCM egy olyan stratégiai megközelítés, amely egy termék, szolgáltatás vagy rendszer teljes életútját figyelembe veszi a kezdeti tervezéstől és gyártástól kezdve a használaton át egészen az elhasználódásig és az újrahasznosításig. Célja a fenntarthatóság, a költséghatékonyság és a környezeti hatások minimalizálása az egész életciklus alatt. Az LCM olyan integrált szemlélet, amely magában foglalhat különböző elemzési és menedzsmenttechnikat, például az életciklus-elemzést (LCA: Life Cycle Assessment), az ökológiai lábnyom-számítást vagy a körforgásos gazdaság modelljét. Az LCM fejlődése szorosan kapcsolódik a környezettudatosság növekedéséhez, a fenntartható fejlődés iránti igényhez, valamint az ipari és gazdasági rendszerek fejlődéséhez, valamint nyomon követhető a környezetvédelem megjelenésétől napjainkig.

1960-as és 1970-es években, amikor a termelés és fogyasztás környezeti hatásai egyre nyilvánvalóbbá váltak, megjelentek az első környezetvédelmi jogszabályok és szabványok. A vállalatok elkezdtek mérlegelni a termékek teljes életciklusára vonatkozó környezeti tényezőket, és megjelentek az első energiafogyasztásra koncentráló életciklus vizsgálatok.

1980-as évek végén és 1990-es években elkezdődött az LCA kidolgozása. Az elemzés célja az volt, hogy felmérjék egy adott termék vagy folyamat környezeti hatásait a nyersanyag-kitermeléstől kezdve az életciklus végéig. Megjelentek az első LCA szabványok: ISO 14040 [1], ISO 14042 [2], ISO 14043 [3], ISO 14044 [4], ISO/TR 14047 [5] (az ISO 14000 szabványcsaládon belül, amely a környezetközpontú irányítási rendszerek felépítésének, bevezetésének, felügyeletének és továbbfejlesztésének az alapját képezi). A vállalatok kezdték felismerni, hogy a fenntartható termelés és fogyasztás versenyelőnyt jelenthet.

A 2000-es években már megvalósult az ISO 14040-es szabványcsalád felülvizsgálata, és megtörtént az LCM módszertani megalapozása [6]. A fenntarthatóság vállalati szintű integrálása egyre hangsúlyosabbá vált. A vállalatok és szervezetek olyan stratégiákat kezdtek alkalmazni, amelyek az életciklus-elemzésből nyert információkat üzleti döntésekben és stratégiai tervezésben is felhasználják. Megindult a digitális technológiák és fenntarthatósági szabályozások térnyerése. A globalizáció és a digitalizáció miatt a termékek teljes életciklusának nyomon követése egyre pontosabbá vált, egyre több szoftver és adatbázis alkalmazás vált elérhetővé.

A 2010-es években megjelentek a BIM (Building Information Modelling) és más adatvezérelt technológiák, amelyek lehetővé tették az építőipari és ipari projektek életciklus menedzsmentjét, de elterjedésük inkább csak 2015 utánra tehető. 2015-től előtérbe került a körforgásos gazdaság elveinek integrálása az életciklus-menedzsmentbe, hogy csökkentsék a hulladéktermelést és maximalizálják az anyagok újrahasznosítását.

Napjaink és a jövő tekintetében az intelligens életciklus menedzsment és fenntartható innovatív megoldások lesznek jellemzők. Az IoT (Internet of Things), a mesterséges intelligencia (AI) és blokklánc technológia beépítése lehetővé teszi az életciklus valós idejű monitorozását. A klímavédelem és szí-

gorodó szabályozások miatt az életciklus menedzsment még inkább előtérbe kerül a gazdaság különböző ágazataiban, például az építőiparban, az autóiparban és az energiatermelésben. A környezetbarát anyagok és technológiák szerepe egyre fontosabbá válik, a karbonlábnyom csökkentése miatt.

Cikkünk áttekinti az életciklus menedzsment aktuális helyzetét, az építőiparban betöltött szerepét, és a hazai építőiparban való megjelenését.

2. | Az életciklus menedzsment

2.1. Az életciklus menedzsment tudományos megalapozása

Az életciklus menedzsment (LCM) fogalma 2000 után került be a tudományos gondolkodásba [7], de a '90-es évek második felétől több értelmezéssel is találkozhattunk. Linnanen [8] úgy definiálta, hogy három szempontot foglal magába, egyrészt a környezeti szempontokat integrálja a vállalat irányításába, másrészt a tervezés során az életciklus környezeti hatásának optimalizálására törekszik, és végül egy új vállalati kultúrát teremt. Fava [9] szerint az életciklus környezeti kritériumok és a vállalati stratégia közötti kapcsolatuként segíti a szervezeti nyereség növelését. Az LCM egyet jelent a modern üzleti gyakorlatban az életciklus-gondolkodás alkalmazásával olyan céllal, hogy a szervezet termékeinek és szolgáltatásainak teljes életciklusát a fenntarthatóbb fogyasztás és termelés felé irányítsa [10] [11]. Az LCM szisztematikusan integrálódik a szervezet fenntarthatósággal összefüggő tevékenységébe [12]. Jelen van a stratégiai döntésekben, tervezésben, terméktervezésben és fejlesztésben, beszerzési döntésekben és kommunikációs programokban. Olyan termékmenedzsment rendszer, amely a termék környezeti, társadalmi és gazdasági hatásainak csökkentésére összpontosít a termék teljes életciklusa és értéklánca során [13].

Az LCM magába foglalja a gyártási folyamat folyamatos fejlesztését, összegyűjti, rendszerezi és terjeszti a termékre vonatkozó összes információt annak élettartama során, hogy a fenntarthatósági célok megvalósítását elősegítse, és a fenntarthatóbb értéklánc-menedzsmentet biztosítsa. Az LCM felhasználható a termékkel kapcsolatos információk és tevékenységek rendszerezésére, elemzésére és kezelésére a termék életciklusa során a folyamatos fejlesztés érdekében [14]. Az LCM eszközrendszere sokrétű, mint ahogy a UNEP/SETAC LCM [6] útmutatója is tükrözi. Szerepe van:

- a vállalat környezeti és társadalmi felelősségvállalásában (ESG);
- az adatok információk és modellek kezelésében;
- a jó vállalati fenntarthatósági példák összegyűjtésében;
- az életciklus gondolkodás elfogadtatásában [15];
- a kommunikáció (címkézés, minősítés), a fenntartható beszerzés és a dekarbonizáció erősítésében;
- az életciklushoz illeszkedő eszközök és technikák alkalmazásában [16] [17] (környezeti életciklus elemzés (LCA), életciklus költségelemzés (LCCA), anyagáram elemzés (MFA/SFA), input-output elemzés (IOA), kumulatív energiapigmentelvények elemzése, kockázat elemzés).

A termék-életciklus menedzsment (PLM) célja a termék fejlesztés folyamatának megkönnyítése azáltal, hogy lehetővé teszi a gyártók számára, hogy:

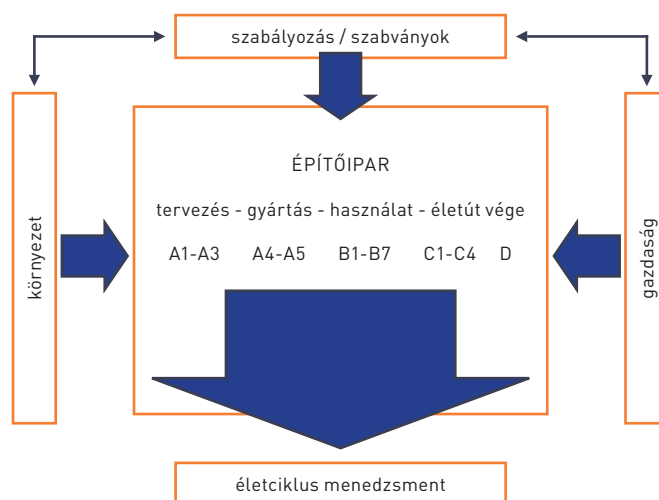
- lerövidítsék az ötlettől az értékesítésig tartó időt;
- csökkentsék a fejlesztési költségeket;
- növeljék a termelési mennyiséget a kereslet kielégítése érdekében;
- javítsák a termék minőségét és a költségének kezelését;
- csökkentsék a gyártási költségeket, ahogy a termék a piaci növekedéstől az érettség, majd az értékesítés csökkenése felé halad.

Az egyik első feljegyzett alkalmazását 1985-ben még gazdasági szempontok vezérelték. A környezeti szempontú fejlesztés, mint „design for sustainability” csak a 90-es években kezdett elterjedni. A környezetbarát tervezésnél a fókusz a termékek teljes életciklusa, a nyersanyagok kitermelésétől a végső ártalmatlanításig. Erre találunk példát számos tanulmányban [18] [19] [20] [21].

2.2. Az életciklus menedzsment az építőiparban

Az életciklus menedzsment egy folyamatosan fejlődő megközelítés, amely az ipari termelés, a környezetvédelmi elvárások és a technológiai fejlődés hatására alakult ki. Ma már nemcsak a környezeti hatások csökkentésére, hanem a gazdasági előnyök maximalizálására és a vállalati fenntarthatóság növelésére is használják. Ha előre tekintünk, az LCM-ben óriási lehetőségek rejlenek az építőipar hatékonyságának forradalmasítására és új iparági szabványok felállítására [22]. A feltörekvő trendek közé tartozik a mesterséges intelligencia és a gépi tanulás integrálása a kifinomultabb adatelemzés érdekében, a drónok használata távfelügyeletre, valamint a tartósabb és környezetbarát építőanyagok fejlesztése.

Az európai uniós szabályozási változások (pl. 2024/3110/EU rendelet [23] és 2024/1275/EU rendelet [24], a hazai építészetre [25] és állami beruházásra [26] vonatkozó törvények, valamint a szabványok is egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek a fenntarthatóságra és a hatékonyságra. Ezért az LCM nemcsak előnyös, hanem elengedhetetlen lesz a megfelelés és a versenyelőny szempontjából. A szenzortechnológia és az adatelemzés folyamatos fejlődése azt ígéri, hogy az LCM elérhetőbbé és hatásosabbá válik. Ezekkel az eszközökkel az építési projektek a pontosság, a hatékonyság és a fenntarthatóság soha nem látott szintjét érhetik el, megnyitva az utat egy olyan



1. ábra: Az életciklus menedzsment (LCM) építőipari modellezése

jövő felé, ahol minden szerkezetet a hosszú élettartam és a minimális környezeti hatás szem előtt tartásával építenek.

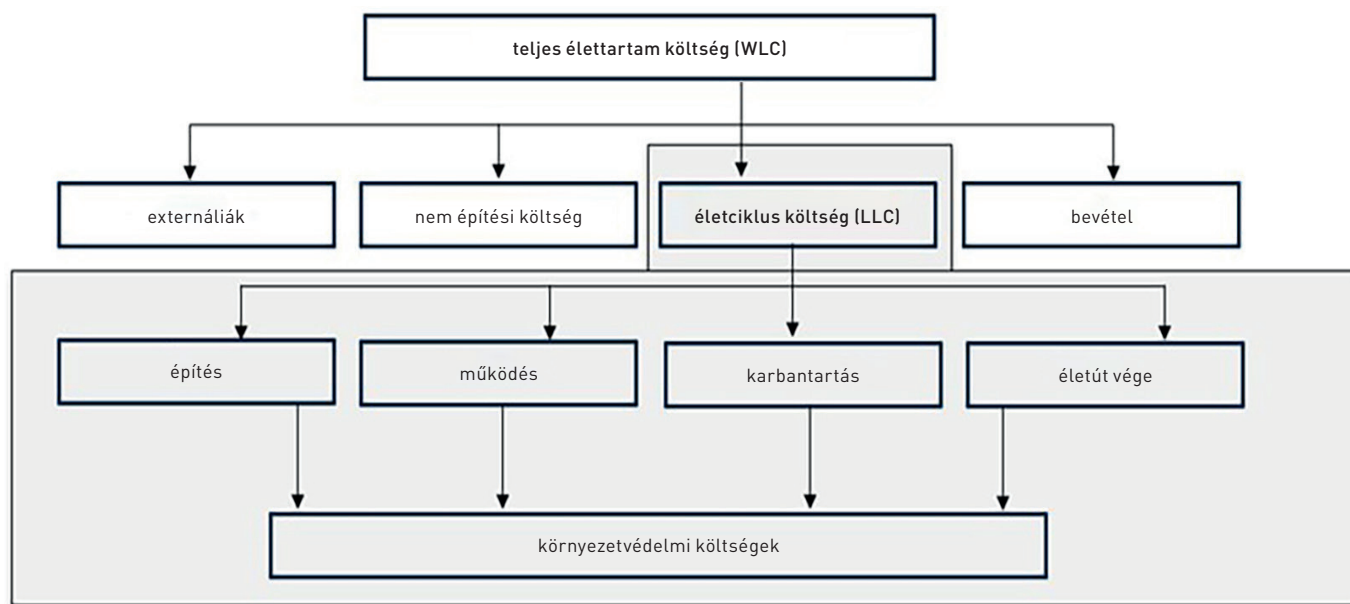
Az LCM kialakítását segítő szempontok összefüggéseit az 1. ábra mutatja. Az építési tevékenység életciklusához kapcsolódó folyamatokat az 1. táblázatban foglaltuk össze.

Az építőiparban az életciklus menedzsment kulcsszerepet játszik a fenntarthatóság, a költséghatékonyság és a hosszú távú teljesítmény biztosításában. Az LCM az építmények teljes életciklusát – a tervezéstől és az anyagválasztástól kezdve az építésen, üzemeltetésen és karbantartáson át a bontásig és újrahasznosításig – átfogóan kezeli. Az ilyen szemlélet alkalmazása hozzájárul az erőforrás-felhasználás optimalizálásához, a környezeti terhelés csökkentéséhez és a beruházások megtérülésének javításához.

Az életciklus menedzsmentet évek óta alkalmazzák az építési projektek menedzselésében annak érdekében, hogy csökkentsék a teljes élettartamra vonatkozó költségeket, időt, kockázatot és javítsák a tulajdonosok szolgáltatását. A hatékony információmegosztó platform hiánya miatt azonban az építési projektek jelenlegi LCM-jét nem használják hatékonyan az építőiparban [27]. Az életciklus-menedzsment egyik fontos eleme az életciklus költség-számítás, amely a közbeszerzési pályázatok nélkülözhetetlen eleme. Az életciklus költség-számítás alapját a 2. ábra részletezi [28], a teljes élettartam költségének összetevőit a 3. ábra mutatja be [29].

1. táblázat: Az életciklus szakaszai az építőiparban

Tervezés és koncepció alkotás	Kivitelezés	Üzemeltetés és karbantartás	Felújítás és bontás
Fenntartható tervezés (pl. energiahatékony megoldások, zöld építészeti)	Anyaggazdálkodás és hulladékcsoökkentés	Intelligens épületmenedzsment rendszerek (IoT, okos szenzorok)	Újrahasznosítható anyagok kinyerése
Anyagok, technológiák kiválasztása életciklus-elemzés (LCA) alapján	Energiahatékony építési folyamatok	Energiafogyasztás optimalizálása (napelemek, hőszivattyúk)	Hulladékkezelés és körforgásos gazdaság elvei
Digitalizáció, BIM (Building Information Modeling) alkalmazása	Környezeti hatások minimalizálása	Fenntartható karbantartási stratégiák	Környezetbarát bontási technológiák



2. ábra: Az életciklus költségsszámítás modellje a teljes élettartamra [28]

Az LCC és a környezeti életciklus-értékelés együttes alkalmazása szisztematikus ésszerűsítésen keresztül összeköti a monetáris és a környezeti szempontokat, és mutatókat biztosít a döntéshozatalhoz. Az épületek ökológiai hatásának csökkentésére a kutatók, a döntéshozók és a vállalatok fokozott figyelmet fordítanak. Leginkább az energiafelhasználás csökkentésén és a környezetbarát anyagok használatán van a hangsúly, de egyre nagyobb jelentőséget kap az életciklus-gondolkodás. Az épületekben a használati fázis a teljes környezeti terhelés 90%-át teszi ki, főként a fűtés és/vagy hűtés miatt. A szabályozásnak köszönhetően az új épületek energiahatékonyabbá válnak, és ezáltal az életciklus más szakaszai is felértékelődnek, mint például az anyagválasztás, az építés, az élettartam vége és a vízhasználat [30].

2.3. Az épületek életciklusának modellezése

Az építőiparban az életciklus-értékelést nem csak a termékek szintjén, hanem épületszinten is alkalmazzák az alternatív stratégiai tervezési választások értékeléséhez. Az épületben a termék környezeti minősége nem feltétlenül jelenti az ökohatékonyt. A tervezőknek ugyanis a termék környezeti profilját más teljesítményekkel együtt kell értékelni, mint pl. a hőtechnikai, akusztikai teljesítmény, mechanikai jellemzők, amely nagymértékben segíti a tervezési alternatívák választását. Az EPD anyag- és termékszintről adhat információt, de a termékek környezeti adatai csak az épülethasználati élettartamra vonatkoztatva hasonlíthatók össze. Az innovatív digitális eszközök, mint például a BIM, egyre nagyobb szerepet kapnak az életciklus-alapú döntéshozatalban, elősegítve a hatékonyabb projektmenedzsmentet és fenntarthatóbb építőipari gyakorlatokat [31]. Már a tervezésnél az az LCM célja, hogy minimalizálja a környezeti hatásokat, optimalizálja a költségeket és javítsa a fenntarthatóságot, de ehhez széleskörű adatbázissal kell rendelkezni. Pagnon és munkatár-

sai tanulmánya [32] információt nyújt az építőipari életciklus elemzéshez szükséges online adatforrások helyzetéről európai vonatkozásban.

Az építőiparban alkalmazott LCM előnyei:

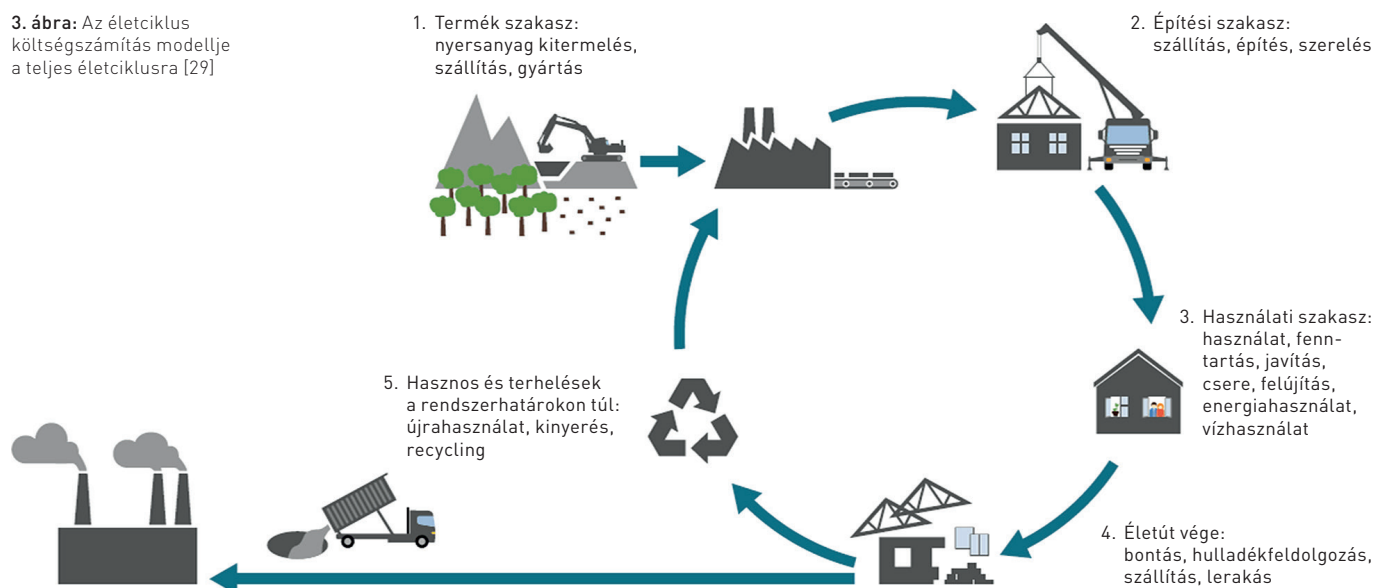
- elősegíti a fenntarthatósági célok megvalósítását, csökkenti a környezeti terhelést és a CO₂ kibocsátást;
- a gazdaságosság javítását szolgálja, optimalizálja a teljes életciklus költségeit;
- erősíti az innovációt a modern technológiák alkalmazása (pl. BIM, zöld építőanyagok);
- biztosítja a jogszabályi megfelelést, segíti a környezetvédelmi és építési előírások betartását;
- versenyelőnyt teremt, növeli az ingatlanok értékét és hosszú távú hasznosíthatóságát.

A digitális technológiák nagymértékben segítik az életciklus menedzsment gyakorlati alkalmazását, ezek között is kiemelkedő jelentőségű a BIM, a teljes életciklus adatkezelés, az IoT, az okosépületek hatékony üzemeltetése és az életciklus-elemzés, valamint az életciklus monitoring. Ez utóbbi egy adott termék, rendszer vagy szolgáltatás teljes élettartamán át nyomon követi annak állapotát, teljesítményét és fenntarthatóságát. Az életciklus monitoring ennek szerves részeként folyamatos adatgyűjtéssel és elemzéssel biztosítja, hogy:

- a rendszer hatékonyan működjön,
- időben észlelhetőek legyenek a hibák vagy teljesítménycsökkenések,
- a karbantartási és erőforrás-felhasználási döntések megalapozottak legyenek,
- a fenntarthatósági szempontok érvényesüljenek.

Az életciklus monitoring végig követi az épület életciklusát a bölcsőtől a sírig, vagy akár a bölcsőig. Ez a monitoring hozzájárul az üzemeltetési költségek csökkentéséhez, a hatékonyság növeléséhez és a fenntarthatóság biztosításához, így kulcsfontosságú eszköze a modern életciklus menedzsment stratégiáknak. A tevékenységnek az életciklus minden szakaszában fontos jelentősége van:

3. ábra: Az életciklus költségszámítás modellje a teljes életciklusra [29]



- A tervezési és fejlesztési szakaszban hasznos a termék vagy rendszer előzetes tesztelése, a kockázatelemzés és a megbízhatósági vizsgálat.
- A gyártási szakaszban segíti a folyamatok minőségellenőrzését és optimalizálását, az IoT-alapú adatgyűjtés a hatékonyságot és hibák monitorozását szolgálja.
- Az üzemeltetés során szükség van a folyamatos állapotfelmérésre és teljesítményfigyelésre, az üzemidő maximalizálása érdekében a megelőző karbantartásra.
- Az életút végén az anyaghasznosítás és a fenntartható hulladékkezelési stratégiák monitorozása szükséges a környezeti hatások csökkentése érdekében, valamint az újrafeldolgozási lehetőségek nyomon követése.

Az életciklus monitoring során alkalmazható eszközök:

- IoT-alapú érzékelők az eszközök és rendszerek valós idejű állapotfigyelésére;
- big data és AI-alapú elemzések az előrejelzéshez és optimalizáláshoz;
- blokklánc technológia az átlátható és biztonságos adatkezeléshez;
- digitális ikrek (digital twin) a fizikai rendszerek valós idejű modellezésére.

3. | Életciklusmenedzsment a magyar építőiparban

Az életciklus menedzsment alkalmazása a magyar építőiparban egyre nagyobb figyelmet kap különösen a fenntarthatóság és a környezettudatosság növekvő fontosságának fényében. A Nemzeti Fenntartható Építésgazdasági Stratégia [33] is hangsúlyozta az életciklus elemzés fontosságát, különös tekintettel a környezeti hatások értékelésére. A beruházási törvény és az építészetről szóló törvény szintén erősíti az LCA gyakorlati elterjesztését. Hazai folyóiratokban egyre több cikk foglalkozik az építőipari trendekkel és innovációkkal, de a fenntarthatóság, környezetbarát termékek, életcik-

lus szemlélet jó példái is megjelennek már. Az Építőipari költségbecslési segédlet [34] zölddel nyomott része kifejezetten környezettudatos, fenntarthatósági szempontból megfelelő minőségű anyagokat, szerkezeteket tartalmaz, és így ezek is betagozódnak a felhasználási helyük szerint a költségvetési tételekbe. Az Életciklus-elemzés lehetséges módszerei és gyakorlati alkalmazása című építésügyi műszaki irányelv [35] az építési anyagok életciklus-elemzéséhez ad módszertani segítséget és nyújt szempontokat az értékelés elvégzéséhez. A magasépítési beruházások költségeinek teljeskörű tervezésében nyújt támogatást az Építési Beruházások Költségtervezési Rendszere – A nem sajátos építményszerűségekre, magasépítési beruházásokhoz című építőipari műszaki irányelv [36].

A Magyar Környezettudatos Építés Egyesülete (HuGBC) szakmai programok keretében segíti az ilyen irányú tudatformálást. A hazai szakemberekből és szervezetekből álló LCA Center Egyesület szintén az LCA magyarországi megismertetése, elterjesztése és továbbfejlesztése, valamint a környezettudatos gondolkodásmód népszerűsítése érdekében tevékenykedik. A szakirányú képzésekben is helyet kap az életciklus menedzsment és bár alkalmazása egyre elterjedtebb az építőiparban, a hazai gyakorlatban a pontos ismertetése és elemzése további részletes kutatást igényel.

Magyarországon az LCM és a monitoring még viszonylag új terület, az építési folyamatra vonatkozóan az építési naplóban ölt testet, de egyre több nagyobb beruházásban alkalmazzák az életciklus kiszélesítésére. A fenntartható építészet és az okos infrastruktúra iránti növekvő igény miatt várhatóan a következő években jelentős fejlődés lesz ezen a területen.

A digitális eszközök, mint például a szenzorokkal támogatott okosépületek, lehetővé teszik az épületek teljesítményének valós idejű követését. A legfontosabb monitoring területek:

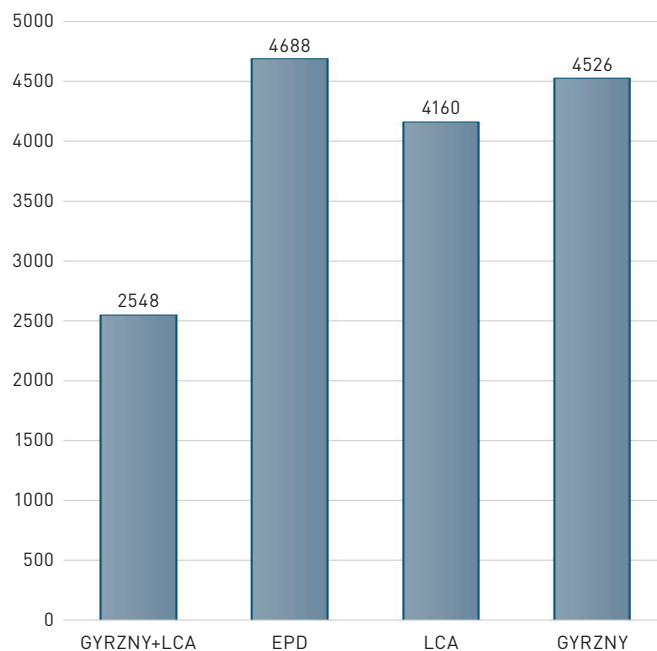
- energiahatékonyság – okos mérőórák, épületautomatizálás (BMS: Building Management System);
- szerkezeti integritás – szenzorokkal végzett állapotfelmérések, repedések vagy korrózió figyelése;
- karbantartási szükségletek – prediktív analitika alkalmazása a gépészeti rendszerekre.

Az életciklus menedzsment területét képezi a környezetbarát termékek fejlesztése, amit a gyártók különböző környezeti címkék révén is publikálnak. Figyelembe véve a 2024/3110/EU rendeletet [23], különös fontosságúvá válik a gyártó felelősség vállalásáról szóló nyilatkozata, amely elősegíti „A tisztább és versenyképesebb Európát szolgáló, körforgásos gazdaságra vonatkozó új cselekvési terv” megvalósítását, azaz a zöld átállást, és a fenntarthatósági teljesítmények javítását. Az „Új európai iparstratégia” szintén hangsúlyozza az építési termékek fenntarthatóságát, és kiemeli, hogy a fenntarthatóbb épített környezet elengedhetetlen Európa klímasemlegességre való átállásához. A Bizottság leszögezte, hogy az építőipar az olyan kiemelt ökoszisztémák közé tartozik, amelyek a legfontosabb kihívásokkal néznek szembe az éghajlati és fenntarthatósági célok elérése, illetve a digitális átállás megvalósítása terén, és hogy az építőipari ágazat versenyképessége ettől függ. Ezért célszerű szabályokat megállapítani az építési termékek környezeti fenntarthatósági teljesítményének bejelentése tekintetében, beleértve a vonatkozó küszöbszintek és osztályok megállapításának lehetőségét. A termékek környezeti teljesítményére vonatkozó osztályoknak/szinteknek pontosan tükrözniük kell a termékek sokféleségét és a technika állását, továbbá lehetővé kell tenniük a leginkább környezetbarát termékek pontos azonosítását. Ezenkívül a környezeti hatásokra való hivatkozáskor az ilyen teljesítményosztályoknak érthetőnek kell lenniük, nem lehetnek félrevezetőek, és nem tehetik lehetővé a terhek áthelyezését.

A magyar gyakorlatra sajnos még nem jellemző a környezetbarát termék jellegű tükröző öko címké használata, vagy a környezeti teljesítményt tükröző Környezetvédelmi terméknyilatkozatok publikálása. Viszont az utóbbi időben egyre nagyobb figyelmet kapott az ÉMI és az ÉVOSZ által kidolgozott, környezetbarát jellegű és a zöld átállást tükröző egyszerűsített környezeti minősítés bevezetése és ezen keresztül az építési termékek környezeti teljesítményének kommunikációja [37].

3.1. Az egyszerűsített környezeti minősítés rendszere

Magyarország egyedülálló építőipari termékadatbázisa hiteles információt biztosít az építési termékekről. A közelmúltban indult kezdeményezések célja, hogy az építőipar szereplői számára hozzáférhetővé tegyék a környezeti információkat. Ennek támogatására egy dinamikusan bővülő adatbázis jött létre, amely összegyűjti és elérhetővé teszi az építőipari termékek környezeti teljesítményével kapcsolatos adatokat, segítve ezzel a tájékozott döntéshozatalt. Az építőipar és a lakosság számára nyilvánosan elérhető adatbázis az építőipari gyártók és gyártói meghatalmazottak által feltöltött építési termékeket tartalmazza, beleértve azon épületgépeszeti területhez tartozó termékeket is, melyekre az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU rendelete [38] érvényes. Az építési termékek nyilvántartása az ÉMI Nonprofit Kft. által fejlesztett webes felületen zajlik. A gyártói regisztrációt követően van lehetőség az adatbázisban az adott termék rögzítésére és a kapcsolódó teljesítménynyilatkozat feltöltésére. A törzsadatok megadása és az Egyszerűsített környezeti minősítés (EKM) kitöltése minden esetben kötelező. Az EPD, LCA nyilatkozatok csatolása opcionális.

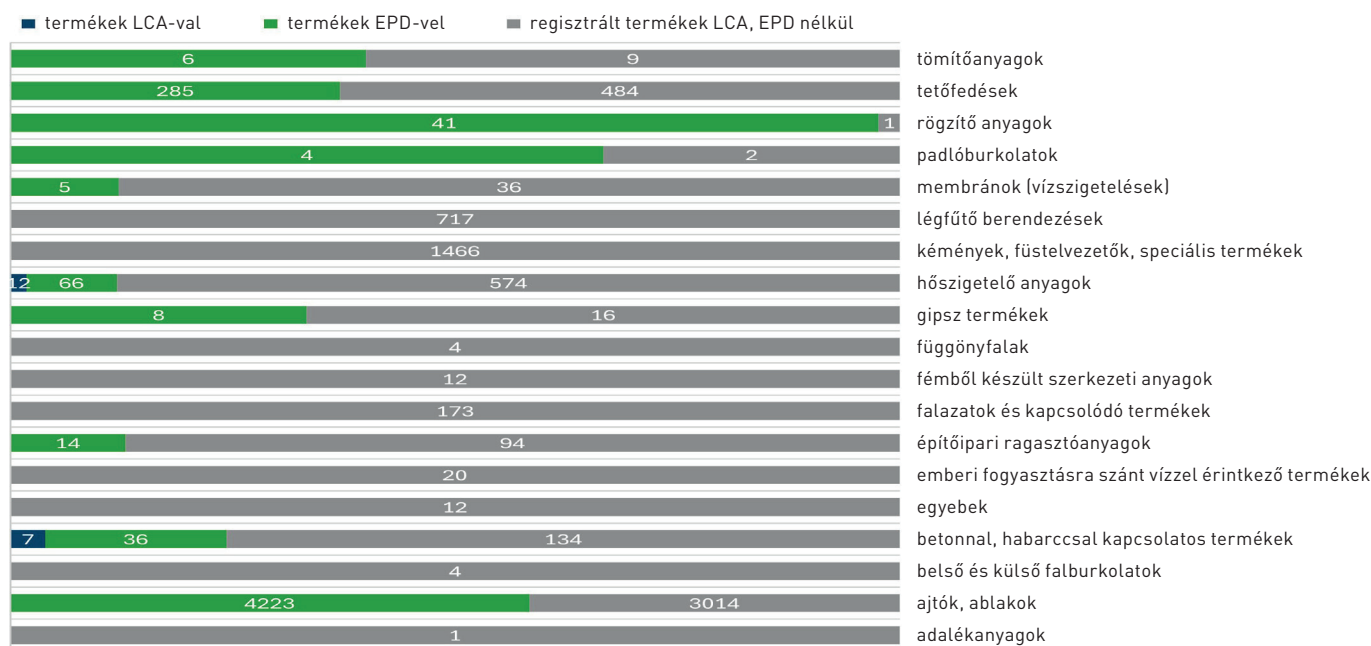


4. ábra: Regisztrált termékekre vonatkozó nyilatkozatok száma

Az EKM a termékek környezeti teljesítményét hivatott bemutatni, és segít az építőipari termékek környezeti hatásainak értékelésében. Ez a nyilatkozat egy egyszerűsített formátum, amely a környezeti szempontokat világosan és könnyen érthető módon összegzi, és kisebb adminisztratív terhet jelent. Az egyszerűsített környezeti minősítést a gyártó által megadott adatok alapján az ÉMI Nonprofit Kft. készíti el automatikusan [39], majd a termék jóváhagyását követően a rendszerből letölthető. A termékek számított pontszáma függ a felhasználás helyszínétől, természetes vagy biológiailag lebomló jellegétől, emellett a kalkulációban megjelenik az újrahasznosítás, a termék életút végi megoldása, valamint a beépítési hulladék visszagyűjtése. Amennyiben készült gyártói részletes zöld nyilatkozat (GYRZNY), EPD vagy LCA, abban az esetben változik a szorzótényező.

Az EKM célja, hogy támogassa az építőipari termékek fenntartható választását, különösen a környezetbarát és energiahatékony építkezéseknél. Ez a dokumentum egyfajta egyszerűsített alternatívája az EPD-nek, amely mélyebb és részletesebb elemzéseket tartalmaz.

A rendszerben a „vázlatként” mentett űrlap kiegészíthető a Gyártói részletes zöld nyilatkozattal (GYRZNY), így lehetőség van az építési termékről, annak gyártásáról és alapanyagairól olyan jellemzőket megadni, amelyek alapján egy tervezett építmény környezeti hatásai megbecsülhetők, illetve számíthatóvá válnak. A GYRZNY elkészítése opcionális és lényegében egy tényadatokon nyugvó önértékelés, ami az előállítás-hoz kapcsolódó környezeti hatásokról és azok mértékéről szolgáltat információt, mint pl. a fő alapanyagok beszerzési forrásának távolsága, a fő komponensek megtestesült karbontartalma, másodnyersanyag / újrahasznált alapanyag százalékos mértéke, megújuló energia részesedése a teljes energia igény százalékában, az üzem termékegységére (1 tonna) eső széndioxid kibocsátása és vízfelhasználása, az energiahatékonyág javulása az előző évhez viszonyítva.



5. ábra: Termékcsoporton belüli LCA / EPD megoszlási arányok

Az építőipar egyszerűsített környezeti minősítésének bevezetése jelentős mértékben hozzájárulhat az ipar zöld átállásához és az életciklus-szemlélet erősítéséhez több szempontból is. Az EKM bevezetésének rövid távú célja a környezeti információs rendszer és adatbázis kialakítása, míg hosszú távon várható eredménye a zöld átállás előtérbe helyezése, a szállítási távolságok csökkentése, az újrahasznosított és a természetes anyagok részarányának növelése, a termékek életút végén történő minél nagyobb arányú hasznosítása, és összességében jelentős megtakarítások, környezeti terhelés csökkentése. Az átlátható és könnyen alkalmazható kritériumok révén szélesebb körben válik elérhetővé a fenntartható építésszekt, ami hosszú távon csökkentheti az iparág környezeti hatásait.

3.2. Az adatbázis működésének eddigi eredményei

A kifejlesztett adatbázis célja a forgalomban lévő kiemelt jelentőségű építési termékek, valamint hő- és melegvíztermelő berendezések műszaki, környezeti információinak összegyűjtése és közreadása kereshető formátumban. A folyamatos gyártó regisztrációk révén a feltöltések száma nő. Valamennyi rögzített építési termék űrlapjáról elérhető a kapcsolódó teljesítménynyilatkozat. A CPR kategóriáknak megfelelő termékcsoportok szerint eddig összesen 11 485 db [2025.03.20.] regisztrált termék szerepel, amelyből 4 688 db rendelkezik EPD-val. A regisztrált termékekből 2 548 db esetén elérhető ez a nyilatkozat, míg az LCA-val és GYRZNY-tal is rendelkező termék összesen 4 526 db szerepel, ahogy a 4. ábra mutatja. A termékcsoportokon belüli LCA / EPD arányt az 5. ábra tartalmazza.

A regisztrált termékek megoszlása termékkategóriák szerint nagy szórást mutat. Több termékkategóriában mindössze néhány tíz regisztrált termék van, de négy termékkategória ötszáznál is több regisztrált terméket tartalmaz (ajtó, ablak,

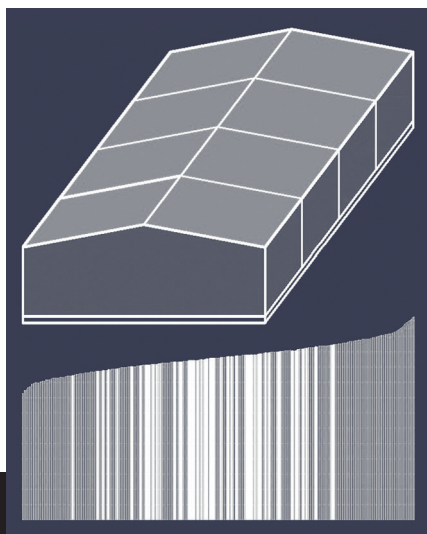
kémények, füstelvezetők, tetőburkolatok, hőszigetelőanyagok). A legtöbb terméket az „ajtók, ablakok, ablaktáblák” termékkategória tartalmazza (7 220 db), és a legtöbb EPD is itt jelenik meg. Ez a kiugró érték annak köszönhető, hogy egy adott műanyag profilra az EPD rendelkezésre áll, amelyet minden ezt a profilt alkalmazó gyártó és forgalmazó használhat különböző méretű szigetelő üvegegység gyártása esetén is.

4. | Konklúzió

Az LCM-nek az építés minden aspektusába való integrálása felé vezető út egyszerre kihívás és lehetőség. Lehetőség arra, hogy újra definiáljuk, mit jelent a jövő építése, az innovációt felhasználva olyan infrastruktúra létrehozásához, amely kiállja az idő próbáját, miközben tiszteletben tartja a bolygó és az emberek iránti elkötelezettségünket. Az LCM a modern, felelős építési gyakorlat sarokköveként szolgál. Az erőforrás-felhasználás optimalizálásával, a pazarlás minimalizálásával és az infrastruktúra rugalmasságának növelésével az LCM nemcsak az építőipar azonnali szükségleteit elégíti ki, hanem a tágabb fenntarthatósági célokhoz is igazodik. Az egyszerűsített környezeti minősítés a környezeti szempontokat világosan és könnyen érthető módon összegzi, tehát fontos szerepet játszik abban, hogy a hazai vásárlók és tervezők könnyen hozzáférhessenek a környezeti hatásokra vonatkozó információkhoz, elősegítve ezzel a fenntarthatóbb építkezéseket. A meglévő adatbázisra és minősítésre építve a környezeti tudatosság előmozdítása érdekében a jövőben egyéb értékelési rendszerek, védjegyek dolgozhatnak ki. Az építési-beruházási projekteknél figyelembe vehető további szempontot jelenthet a gyártás során alkalmazott természetes anyagok aránya, az újrahasznosíthatóság, valamint a hulladékkezelés.

Irodalomjegyzék

- [1] ISO 14040:2006 Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework
- [2] ISO 14042:2000 Environmental management – Life cycle assessment – Life cycle impact assessment (visszavont)
- [3] ISO 14043:2000 Environmental management – Life cycle assessment – Life cycle interpretation (visszavont)
- [4] ISO 14044:2006 Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines
- [5] ISO/TR 14047:2012 Environmental management – Life cycle assessment – Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to impact assessment situations
- [6] Allan Astrup Jensen, Arne Remmen (eds.): Background Report for a UNEP Guide to Life Cycle Management – A bridge to sustainable products, UNEP, 2006, https://www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2013/09/UNEP_Background_document_LCM_2006_Febr.pdf
- [7] Arne Remmen, Marie Münster: An introduction to Life-Cycle Thinking and Management, Environmental News, no. 68, Danish Environmental Protection Agency, Ministry of Environment, 2003, <https://lca-center.dk/wp-content/uploads/2015/08/An-introduction-to-life-cycle-thinking-and-management.pdf>
- [8] Lassi Linnanen: Life cycle management: Integrated approach towards corporate environmental issues, Business Strategy and Management, vol. 4 (1995), no. 3, pp. 117-127, <https://doi.org/10.1002/bse.3280040303>
- [9] James A. Fava: LCA: concept, methodology, or strategy? Journal of Industrial Ecology, vol. 1 (1997), no. 2, pp. 8-10, <https://doi.org/10.1162/jiec.1997.1.2.8>
- [10] Matthias Finkbeiner, Michael Wiedemann, Konrad Saur: A comprehensive approach towards product and organisation related environmental management tools, The International Journal of Life Cycle Assessment, vol. 3 (1998), pp. 169-178, <https://doi.org/10.1007/BF02978825>
- [11] Henrikke Baumann, Anne-Marie Tillmann: The Hitch Hiker's Guide to LCA: An Orientation of Life Cycle Assessment Methodology and Application. Studentlitteratur AB, 2004, ISBN 9144023642
- [12] David Hunkeler, Konrad Saur, Heidi Stranddorf, Gerald Rebitzer, Matthias Finkbeiner, Wulf-Peter Schmidt, Allan Astrup Jensen, Kim Christiansen: Life Cycle Management, SETAC Press, 2003, https://www.researchgate.net/publication/299470360_Life_cycle_management
- [13] Guido Sonnemann, Manuele Margni (eds.): Life Cycle Management, Springer, 2015, <https://doi.org/10.1007/978-94-017-7221-1>
- [14] Arne Remmen, Allan Astrup Jensen, Jeppe Frydendal: Life Cycle Management: A Business Guide to Sustainability, UNEP/Earthprint, 2007, ISBN 978-92-807-2772-2
- [15] Dominika Siwiec, Bożena Gajdzik, Remigiusz Gawlik, Radostaw Wolniak, Andrzej Pacana: Open eco-innovations in sustainable product development: Model framework of design thinking in quality life cycle assessment (DT-QLCA), Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, vol. 11 (2025), no. 1, 100480, <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2025.100480>
- [16] Aitor Picatoste, Daniel Justel, Joan Manuel F. Mendoza: Circular design criteria and indicators for the sustainable life cycle management of electric vehicle batteries, Sustainable Production and Consumption, vol. 56 (2025), pp. 182-206, <https://doi.org/10.1016/j.spc.2025.02.013>
- [17] Marta Diez Viera, Eva Sevigné-Itoiz, Joan Manuel F. Mendoza: Critical assessment of the scope and applicability of circularity indicators for the sustainable life cycle management of wind turbine blades, Sustainable Production and Consumption, vol. 60 (2025), pp. 123-140, <https://doi.org/10.1016/j.spc.2025.09.010>
- [18] Karin Andersson, Merete Hogaas Eide, Ulrika Lundqvist, Berit Mattsson: The feasibility of including sustainability in LCA for product development, Journal of Cleaner Production, vol. 6 (1998), no. 3-4, pp. 289-298, [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(98\)00028-6](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(98)00028-6)
- [19] Gurbakhash Singh Bhandar, Michael Zwicky Hauschild, Tim Charles McAlone: Implementation of Life Cycle Assessment (LCA) in the early stages of product development, In: M. Z. Hauschild, L. Alting, C. Molin, C. Poll (eds.), CIRP Life Cycle Engineering Seminar proceedings, Copenhagen, 2003
- [20] Dominique Millet, Luigi Bistagnino, C. Lanzavecchia, R. Camous, Tiiu Poldma: Does the potential of the use of LCA match the design team needs? Journal of Cleaner Production, vol. 15 (2007), no. 4, pp. 335-346, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.07.016>
- [21] Per Henning Nielsen, Henrik Wenzel: Integration of environmental aspects in product development: a stepwise procedure based on quantitative life cycle assessment, Journal of Cleaner Production, vol. 10 (2002), no. 3, pp. 247-257, [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(01\)00038-5](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(01)00038-5)
- [22] Saeed Banihashemi, Senada Meskin, Moslem Sheikhkhoshkar, Saeed Reza Mohandes, Aso Hajirasouli, Khuong LeNguyen: Circular economy in construction: The digital transformation perspective, Cleaner Engineering and Technology, vol. 18 (2024), 100715, <https://doi.org/10.1016/j.clet.2023.100715>
- [23] Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2024/3110 rendelete az építési termékek forgalmazására vonatkozó harmonizált szabályok megállapításáról és a 305/2011/EU rendelet hatályaon kívül helyezésétől, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX:32024R3110>
- [24] Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2024/1275 irányelve (2024. április 24.) az épületek energiahatékonyságáról, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX:32024L1275>
- [25] 2023. évi C. törvény a magyar építészetről, <https://njt.hu/jogszabaly/2023-100-00-00>
- [26] 2023. évi LXIX. törvény az állami építési beruházások rendjéről, <https://njt.hu/jogszabaly/2023-69-00-00>
- [27] Hong Ling Guo, Heng Li, Martin Skitmore: Life-cycle management of construction projects based on virtual prototyping technology, Journal of Management in Engineering, vol. 26 (2010), no. 1, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0742-597X\(2010\)26:1\(41\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0742-597X(2010)26:1(41))
- [28] Damian Wiecezorek, Edyta Plebankiewicz, Krzysztof Zima: Model estimation of the whole life cost of a building with respect to risk factors, Technological and Economic Development of Economy, vol. 25 (2019), no. 1, pp. 20-38, <https://doi.org/10.3846/tede.2019.7455>
- [29] I: Circular construction, The Danish Transport and Construction Authority, <https://www.dtu.dk/english/news/topics/cirkulaert-byggeri>
- [30] Matthias Buyle, Johan Braet, Amaryllis Audenaert: Life cycle assessment in the construction sector: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 26 (2013), pp. 379-388, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.001>
- [31] Andrea Campioli, Monica Lavagna: Life cycle design in building design and construction, LCM Conference, Zürich, 2007.08.29, https://www.lcm2007.ethz.ch/presentation/Wed_3.13-Campioli.pdf
- [32] Floriane Pagnon, Alexandre Mathern, Kristine Ek: A review of online sources of open-access life cycle assessment data for the construction sector, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 588 (2020), 1.11-1.14, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/588/4/042051>
- [33] I: Nemzeti Fenntartható Építésgazdasági Stratégia 2021-2023 – Az építésgazdaság hatékonyságjavítását, teljesítménynövelését és az épített környezet fenntartható fejlesztését célzó középtávú stratégia. ITM, 2021, <https://cdn.kormany.hu/uploads/document/a/a8/a88/a88efdaf7ca941e4596a5a-9783b891429e333177.pdf>
- [34] I: Építőipari költségbecslési segédlet 2025, ÉTK, 2025, ISSN 2061-7186
- [35] 10_2022. ÉPMI (v1_2022. IX. 16.) Az életciklus-elemzés lehetséges módszerei és értékelési szempontjai, építésügyi műszaki irányelv, ÉMI – ÉMSzB, 2022, [http://www.emi.hu/EMI/web.nsf/Pub/ZLJ8SA/\\$FILE/ELETCIK-LUS_iranyelv_0908.pdf](http://www.emi.hu/EMI/web.nsf/Pub/ZLJ8SA/$FILE/ELETCIK-LUS_iranyelv_0908.pdf)
- [36] 4_2024. ÉPMI (v1_2024. XII. 13.) Építési Beruházások Költségtervezési Rendszere – A nem sajátos építményfajtákra, magasépítési beruházásokhoz, építésügyi műszaki irányelv, ÉMI – ÉMSzB, 2024, [http://www.emi.hu/EMI/web.nsf/Pub/GSJAT4/\\$FILE/Epitesi_Beruhazasok_Koltsegtervezesi_Rendsze-re_iranyelv_20241213.pdf](http://www.emi.hu/EMI/web.nsf/Pub/GSJAT4/$FILE/Epitesi_Beruhazasok_Koltsegtervezesi_Rendsze-re_iranyelv_20241213.pdf)
- [37] I: Hiteles információk Magyarország egyedülálló építőipari termékadat-bázisából. <https://www.termekinfo.emi.hu/>
- [38] Az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU rendelete (2011. március 9.) az építési termékek forgalmazására vonatkozó harmonizált feltételek megállapításáról és a 89/106/EGK tanácsi irányelv hatályaon kívül helyezésétől, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX:32011R0305>
- [39] I: Segédlet az Egyszerűsített környezeti minősítés (EKM) űrlapjának kitöltéséhez, https://www.termekinfo.emi.hu/segedletek/EKM_segedlet.pdf



Raktár csarnokok összehasonlító beépített karbon elemzése

Comparative embodied carbon analysis of warehouses



V. Nagy Zoltán

okl. építőmérnök,
tartószerkezet tervező,
a Lapidárium Mérnöki Kft.
vezetője
vnagyzoltan33@gmail.com

Tartószerkezeti tervezőként fa-, acél- és vasbeton épületek statikai tervezésével, szakértésével, valamint műemléképületek rekonstrukciójával foglalkozom. Fontos számomra az épített örökség megőrzése és a szerkezetek fenntartható fejlesztése. Kutatási területem a szerkezeti rendszerek fenntarthatósági szempontú elemzése és összehasonlítása. Fontosnak tartom, hogy a mérnöki tervezésben egyre nagyobb hangsúlyt kapjon a környezeti hatások figyelembevétele.

Kivonat / Hun

Jelen cikk a magyar építési gyakorlatban előforduló, különböző épületszerkezeti kialakítású raktár csarnokok építéséhez köthető fajlagos szén-dioxid-kibocsátást elemzi a lakóépületekkel foglalkozó hasonló témájú elemzés folytatásaként. A raktár csarnokok külön figyelmet érdemelnek, mert jellegzetes épületszerkezeti megoldásaik jelentősen eltérnek a lakóépületektől és a hazai építési volumenük is számottevő. Az elérhető 2022-es statisztikai adatok alapján raktár csarnokokból és ipari épületekből a lakóépületeknél 40%-kal több alapterület épült hazánkban. Raktár csarnokok esetében az üzemeltetéshez tartozó karbon kibocsátás alacsony, így a beépített karbon fontossága felértékelődik. A cikk a különböző kialakítású csarnokok beépített karbon elemzése mellett ajánlásokat is megfogalmaz a környezetre figyelő tervezéshez.

Kulcsszavak: éghajlatváltozás, szén-dioxid lábnyom, beépített karbon értékelés, raktár csarnok

Abstract / Eng

The article analyses the carbon dioxide emissions associated with the construction of warehouses of different building systems of the Hungarian construction practice, as a second part of the previously presented analysis for residential buildings. Warehouses deserve special attention because their typical building design is very different from that of residential buildings and their domestic construction volume is significant. According to the available statistics for 2022, warehouses and industrial buildings account for 40% more floor area than residential buildings in Hungary. In the case of warehouses, the carbon emissions associated with their operation are low, thus the importance of embodied carbon is enhanced. In addition to an analysis of the embodied carbon of different types of warehouses, the article also provides recommendations for environmentally sensitive design.

Keywords: climate change, carbon footprint, embodied carbon benchmark, warehouse

Lektorált tartalom

1. | Bevezetés

A raktáracsarnokok a műszaki-gazdaságossági optimum megtestesítői az építőiparban. Kicsit olyanok, mint a haszonjárművek az utakon. Fő funkciójuk a raktározás, amit fajlagosan alacsony építési és üzemeltetési költséggel biztosítanak. A hazai építési gyakorlatban ez jellemzően moduláris előregyártott vasbeton, vagy acélvázzal készülő „dobozokat” jelent szendvicspanel burkolattal. Kiemelten fontos eleme még a raktáracsarnokoknak a megfelelő teherbírású és tartósságú ipari padló is.

Lakóépületeknél a környezettudatos tervezési szemlélet térnyerése az energiafogyasztás csökkentésére való törekvéssel kezdődött, és a mai napig ez az egyik fő hajtóereje a változásnak. Az építéssel kapcsolatos szén-dioxid-kibocsátások (beépített karbon) csökkentése – az energiamegtakarítással ellentétben – közvetlen anyagi haszonnal nem jár. A beépített karbon szerepe azért értékelődik fel, mert az energiahatékonyság javulásával a teljes karbonon (használati és építési kibocsátás) belüli aránya megnőtt, jelentőssé vált [1]. A teljes életciklusú szén-dioxid-kibocsátásra vonatkozó hatósági szabályozás az Európai Unióban már előkészítés alatt áll: az EU Taxonomy és a Level(s) keretrendszer alapján 2028-tól a nagyobb középületeknél, 2030-tól pedig általánosan is kötelező elem lesz az épületek teljes életciklusú (beépített és használati) karbonlábnymóának értékelése. Ezzel a karbonkibocsátás a tagállamok engedélyezési és minősítési eljárásainak szerves részévé válik. [2].

A raktáracsarnokok alapterületre vetített energiafelhasználása jelentősen eltér a lakóépületekétől, lényegesen alacsonyabb [3]. Jelen cikk általános célú, nem hűtőházakkal foglalkozik. Ezeknél az épületeknél a fő használati energiafogyasztást a világítás és a hűtés-fűtés jelenti. Kicsit megelőlegezve az elvégzett elemzés eredményét, nem csak a raktárépületek használati karbon kibocsátási szintje alacsonyabb, hanem a beépített karbon fajlagos szintje is. Míg egy lakóépületnél $139\text{--}547 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}/\text{m}^2$ -es értékeket számoltunk [4], ugyanez a raktáracsarnokoknál $166\text{--}266 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}/\text{m}^2$ között alakult. A lakóépületekhez viszonyítva a teljes karbon kibocsátáson belül a csarnoképületeknél jelentősebb a beépített karbon aránya, tehát jelentős szerepe lehet a kibocsátás csökkentésében.

Felmerülhet a kérdés, hogy mi a célja a raktáracsarnokokról szóló környezeti hatáselemzésnek? Legfőképp az, hogy az építési szándékot befolyásolhatja a műszaki alternatívák mellé társított ilyen információ. Megtudhatjuk, hogy a tervezett megoldásunk mellett van-e hasonló műszaki paraméterekkel bíró, közel azonos költségű, környezeti hatását tekintve kedvezőbb kialakítás. Emellett környezeti szempontú benchmarkingra is van lehetőség, amikor a rendelkezésre álló megoldások halmozán értékelhetjük a különböző változatok megfelelőségét. Ahhoz, hogy ezt megtehesük, még a tervezés elején, a koncepciótervi fázisban kell rendelkezésre álljon ez az információ a különböző műszaki változatok esetére. Ilyen elemzések komplex megközelítése lehet például a BIM-et integráló parametrikus tervezés [5]. Jelen cikk ehhez képest egy jelentősen egyszerűsített,

inkább szemlélet fejlesztésre alkalmas módszert mutat be.

Itt és most a csarnokok környezeti minőségét egyszerűsített életcikluselemzéssel vizsgáljuk (LCA ISO 14040, 14044), mely során az építéshez szükséges anyagok típusaiból leltárt készítettünk, majd ezekhez rendelünk szén-dioxid-kibocsátás értékeket ($\text{kgCO}_{2\text{eq}}$) a gyártói EPD-k (környezeti terméknnyilatkozatok) felhasználásával [6]. Ez egy egyszerűsített elemzés, mert csak az építőanyagok előállításával, szállításával és beépítésével foglalkozik (upfront carbon), üzemeltetéssel és bontás-újrahasznosítással nem. Érvényessége is korlátozott, mert csak a konkrét termékekből összeállított csarnoképületre vonatkozik. A szén-dioxid-kibocsátás mellett számos más környezeti indikátor elemzése is fontos lehet (pl. ózonréteg károsítás, savasodás, eutrofizáció). Jelentősége és ismertsége miatt itt csak az éghajlatváltozást generáló üvegházhatáshoz hozzájáruló szén-dioxid-kibocsátással (karbonlábnymómmal), azaz a GWP-vel (globális felmelegedési indexszel) foglalkozunk [7].

2. | Az épületszerkezetekhez tartozó fajlagos beépített-karbon-szintek

Az elemzés azzal kezdődött, hogy kijelöltük a raktáracsarnokok fő épületszerkezeit, úgymint a padlószerkezetet, a teherhordó szerkezetet, a homlokzatburkolatot és a tetőhéjalást. A padlószerkezet esetünkben az ipari padló az ágyazóréteggel együtt. A teherhordó váznál raszteres, ismétlődő keretvázat tételeztünk fel alapozással. A vázszerkezet közelítő geometriáját tartószerkezeti méretezéssel határoztuk meg. A homlokzatnál és a tetőnél a másodlagos teherhordó elemeket a burkolatok réteges felépítésében szerepeltettük.

Az volt a szándék, hogy ezek az épületszerkezet típusok a magyar tervezési gyakorlatban előforduló megoldásokat minél jobban reprezentálják. A különböző szerkezeti alternatívák összehasonlíthatóságát az teremtettem meg, hogy azonos mechanikai (MSZ EN) és hőtechnikai (ÉKM) elvárásoknak feleltettük meg őket.

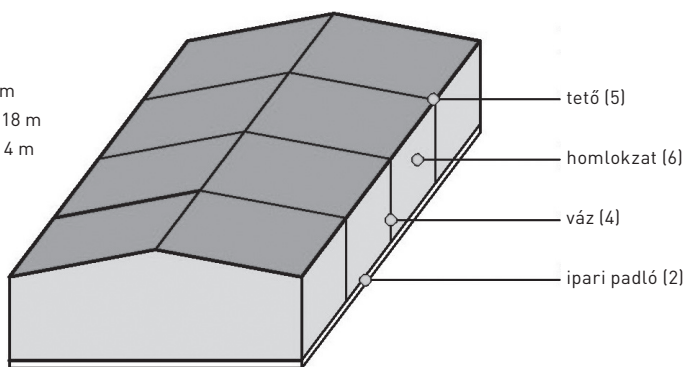
Csarnok geometria

keretek száma: 6 db

keretek távolsága: 6 m

csarnok szélessége: 18 m

csarnok magassága: 4 m



1. ábra: Az elemzett csarnok geometriája és az épületszerkezetek típusai

1. táblázat: Épületszerkezetek elnevezése és leltártartalma

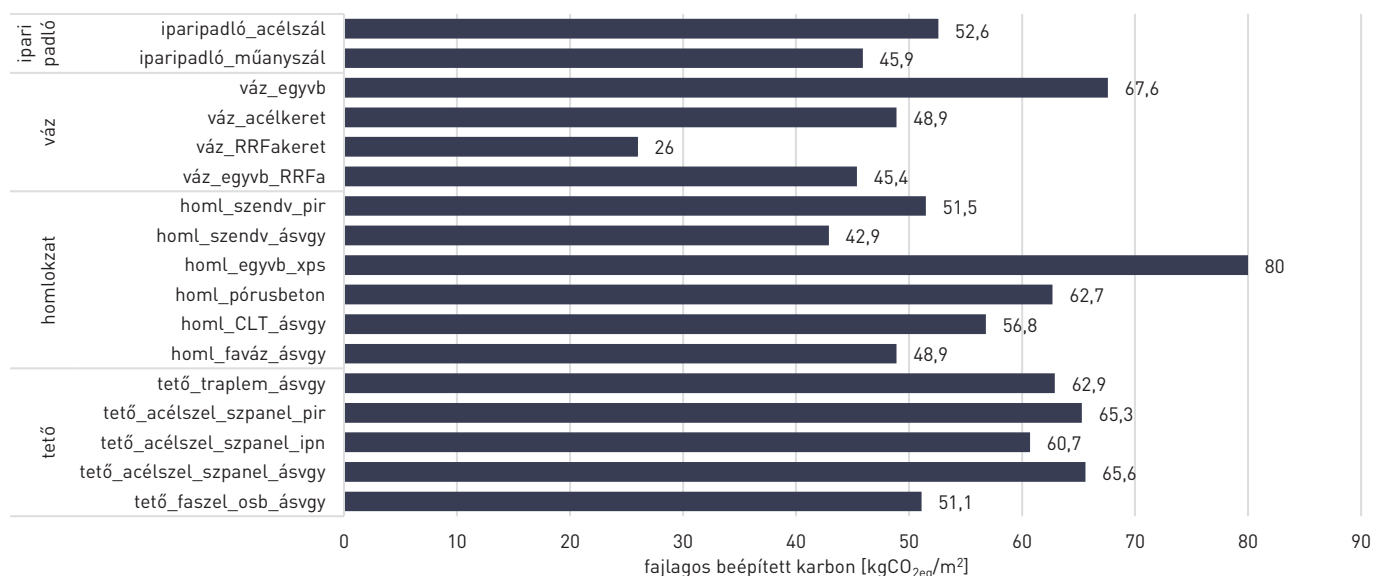
épületszerkezet	épületszerkezet megnevezése	épületszerkezte fő elemei
ipari padló	ipari padló_acélszál	zúzottkő ágyazat, 15 cm acélszállal erősített ipari padló, epoxi bevonat
	ipari padló_műanyagszál	zúzottkő ágyazat, 15 cm műanyag szállal erősített ipari padló, epoxi bevonat
vázszerkezet	váz_egyvb	mon. vb. tömbalap + egy. vb. kehely, egy. vb. pillér + feszített egy. vb. gerenda
	váz_acélkeret	mon. vb. tömbalap, kétsuklós egyedi hegesztett acélkeretváz
	váz_RRFakeret	mon. vb. tömbalap, háromsuklós RR fa keretváz
	váz_egyvb_RRFa	mon. vb. tömbalap + egy. vb. kehely, egy. vb. pillér + RR fa gerenda
homlokzat	homl_szendv_pir	homlokzati szendvicspanel, PIR hőszig.
	homl_szendv_ásvgy	homlokzati szendvicspanel, ásványgyapot hőszig.
	homl_egyvb_xps	egy. vb. panel, XPS hőszig.
	homl_pórusbeton	pórusbeton panel, ásványgyapot hőszig., szerelt fémburkolat
	homl_CLT_ásvgy	CLT falpanel, ásványgyapot hőszig., szerelt fémburkolat
	homl_faváz_ásvgy	BSH falváz, OSB, ásványgyapot hőszig., szerelt fémburkolat
tető	tető_traplem_ásvgy	acél trapézlemez, ásványgyapot hőszig., bitumenes lemez
	tető_acélszel_szpanel_pir	vékonyfalú acélszelemen, tető szendvicspanel, PIR hőszig.
	tető_acélszel_szpanel_ipn	vékonyfalú acélszelemen, tető szendvicspanel, IPN hőszig.
	tető_acélszel_szpanel_ásvgy	vékonyfalú acélszelemen, tető szendvicspanel, ásványgyapot hőszig.
	tető_faszal_osb_ásvgy	BSH faszelemen, OSB, ásványgyapot hőszig., bitumenes lemez

Az elemzéshez felhasznált algoritmus a Rhinoceros 3D (CAD) programon belül futó Grasshopperben készült, mely egy vizuális programozási nyelv és környezet [8]. A megkülönböztetett fő épületszerkezetek típusait, megnevezésüket, az altípusok számát, és a csarnoképület geometriai adatait az **1. ábra** mutatja.

Az **1. táblázatban** a különböző épületszerkezetek megnevezését és a leltárképzésben szereplő elemeiket foglaltuk össze.

Az elemzés első érdekes eredményei voltak, amikor a különböző épületszerkezeteknél megjelentek az építőanyagok karbonértékeiből kumulált érték, és érzékelhetővé váltak a különböző szerkezetek fajlagos karbonszintjeinek egymáshoz viszonyított arányai (**2. ábra**).

Látható, hogy az ipari padlók karbon-szintjénél a műanyagszálas megoldáshoz 13%-kal alacsonyabb kibocsátás tartozik. A tartószerkezetnél látványos a fa és vasbeton vázszerkezetek közötti különbség. A homlokzatoknál az előre-gyártott vasbetonpaneles kialakításnál volt várható a karbonintenzív vasbeton nagy mennyisége miatt a fajlagosan magas érték. Érdekes lehet az is, hogy az elemzett szendvicspanelek hasonló karbonszintet mutatnak a favázás megoldáshoz. Ebben szerepe van a hatékonyabb, vékonyabb hőszigetelésnek, és a faserkezetnél az elemzett rétegrendben szereplő szerelt fémburkolat



2. ábra: Épületszerkezetekhez tartozó fajlagos beépített karbon-kibocsátás értékek

magas karbonszintjének is. A tető fedésére szolgáló rendszerek között a fajlagos karbonszintben nem mutatott ki az elemzés jelentős különbséget.

A lakóépületeknél végzett elemzésre [4] visszautalva, a raktárcsarnoknál a fajlagos karbonértékek kevésbé eltérőek adott típusokon belül, ez alól csak a vázszerkezet tér el.

3. | A csarnoképületek beépített karbon elemzése

A következő lépésként teljes kombinációval, a különböző épületrésztípusokból generáltuk az összes műszakilag lehetséges csarnokialakítást. Ezekhez az épület változatokhoz számítottuk az összesített karbon kibocsátás értékeit, melyeket az alapterülettel (GIA) osztva fajlagosítottunk. Ezen értékek eloszlását mutatja a **3. ábra**. Azt, hogy ezen eloszláson belül a különböző szerkezeti változatok hol helyezkednek el, jól szemléltetik az 5-ös pontban bemutatott karboncsíkok.

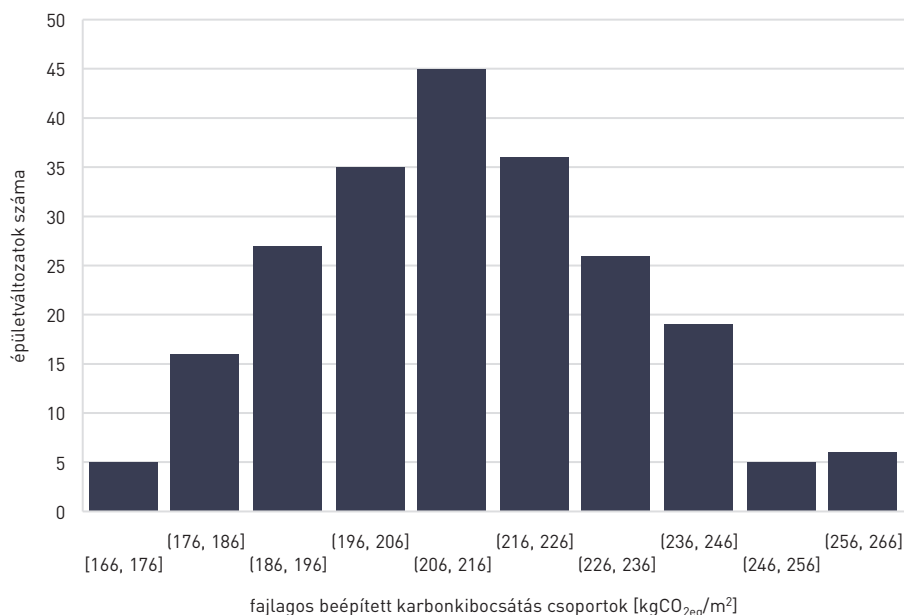
Három jellemző csarnoképületet emelnék ki a generált változatok közül, a legkisebb, a legnagyobb és az átlagos kibocsátású változatot:

Legalacsonyabb kibocsátás: 166 kgCO₂/m²

- iparipadló_acélszal: zúzottkő ágyazat, 15 cm műanyag szállal erősített ipari padló, epoxi bevonat
- váz_RRFakeret: monolit vasbeton tömbalap, háromcsuklós rétegelt-ragasztott fa keretváz
- homl_szendv_ásvgy: homlokzati szendvicspanel ásványgyapot hőszigeteléssel
- tető_faszal_osb_ásvgy: BSH faszelemen, OSB borítás, ásványgyapot hőszigetelés, bitumenes lemez

Legmagasabb kibocsátás: 266 kgCO₂/m²

- iparipadló_acélszal: zúzottkő ágyazat, 15 cm műanyag szállal erősített ipari padló, epoxi bevonat
- váz_egyvb: monolit vasbeton tömbalap + előregyártott vasbeton kehely, előregyártott vasbeton pillér + feszített, előregyártott vasbeton gerenda
- homl_egyvb_xps: előregyártott vasbeton panel XPS hőszigeteléssel
- tető_acélszel_szpanel_ásvgy: vékonyfalú acélszelemen, tető szendvicspanel ásványgyapot hőszigeteléssel



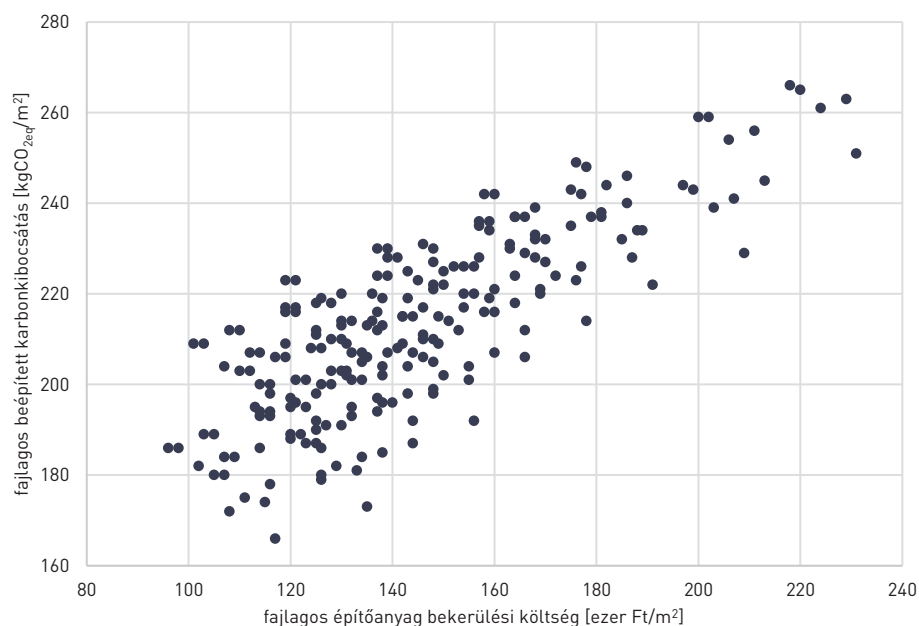
3. ábra: A csarnokváltozatokhoz tartozó fajlagos beépített karbonkibocsátás értékek eloszlása

Átlagos kibocsátás: 213 kgCO₂/m²

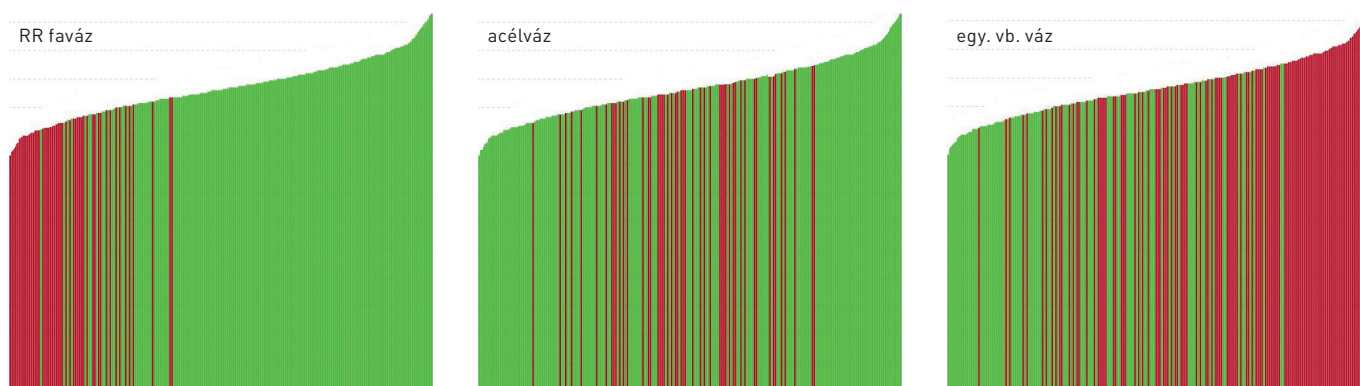
- iparipadló_acélszal: zúzottkő ágyazat, 15 cm műanyag szállal erősített ipari padló, epoxi bevonat
- váz_egyvb_RRFa: monolit vasbeton tömbalap + előregyártott vasbeton kehely, előregyártott vasbeton pillér + rétegelt-ragasztott fagerenda
- homl_faváz_ásvgy: BSH falváz, OSB borítás, ásványgyapot hőszigetelés, szerelt fémburkolat

- tető_acélszel_szpanel_ásvgy: vékonyfalú acélszelemen, tető szendvicspanel ásványgyapot hőszigeteléssel

Fontos megállapítás, hogy a generált csarnokváltozatok karbonszintje nem tér el jelentősen. A legkisebb és a legnagyobb érték között 60%-os a különbség. Ugyanez az eltérés a lakóépületeknél végzett elemzésben 294%-os volt [4].



4. ábra: A csarnokváltozatokhoz tartozó fajlagos beépített karbonkibocsátás értékek és az építőanyag bekerülési költségének összefüggései



5. ábra: A rétegelt-ragasztott faváz, az acélváz és az előregyártott vasbeton vázas csarnokok karboncsíkjai az összes generált változat között

4. | Építőanyagok bekerülési költségének és karbonkibocsátásának összefüggései

Érdekes és hasznos elemezni, hogy adott építési költség mellett milyen karbon kibocsátás eloszlás jelentkezik. Ezt mutatja a 4. ábra, ahol a vízszintes tengelyen a csarnokváltozatokhoz tartozó építőanyagok összesített bekerülési költségei, míg a függőleges tengelyen a karbon kibocsátás értékek szerepelnek. Az elemzés elkészítéséhez a 2023 novemberi tervezési munkák költségvetési kiírásainál használt építőanyag árakat használtuk fel. Látszik, hogy minden költség szinten jelentős különbségek vannak a karbon kibocsátás szintjében. Főleg az alsóbb költség szinteken van értelme elemezni és összehasonlítani a különböző műszaki megoldásokhoz tartozó kibocsátásokat, mert nem jelent automatikusan drágítást a beépített karbon szint csökkentése.

5. | Karboncsíkok

Egy tervező, építető számára hasznos ismeret lehet, hogy egy műszaki megoldás típus, például a vasbeton vázszerkezettel épülő csarnokokhoz tartozó kibocsátás értékek hol helyezkednek el a különböző lehetséges épület válto-

zatok között. Ezt jól lehet szemléltetni az 5. ábrán látható karboncsíkokkal.

Ezen az oszlopdiagramokon zöld csíkokkal a generált csarnokváltozatok karbonszintjei [$\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{m}^2$] láthatók növekvő sorrendbe rendezve. A piros csíkok a kérdéses alváltozatok (RR faváz, acélváz, egy. vb. váz) előfordulását mutatják az összes generált változat között. Látható, hogy a faszervezetű csarnokok jellemzően karbonzegény épülettípust jelentenek. Az acél keretvázal készülő csarnokok karbonszintjei a közbelső, átlagos zónába esnek. Az előregyártott vasbeton kialakítások jellemzően karbonintenzívek, de jó tervezéssel ezt lehet kompenzálni.

6. | Összefoglalás

A raktárcsarnokok ökológikus tervezésére, ezen belül a beépített karbon számítására kevesebb figyelem irányul, mint a lakóépületek esetén, pedig az építési volumenük jelentősebb és a teljes karbon kibocsátásukon belül az épített karbon aránya is magasabb.

A cikkben bemutatott egyszerűsített életciklus elemzésen alapuló módszer bármely gyakorló mérnök számára elérhető, mivel nyilvánosan elérhető EPD adatok felhasználásával készül. Segítségével az éghajlatváltozásban játszott szerepét felfogó és felülösen gondolkodó tervezőmérnök a

gyakorlatban elemezheti tevékenysége hatását.

A bemutatott elemzés szerint a raktárcsarnokok kibocsátásértékei az egyenletes karbonszintű épületszerkezeti megoldások miatt kisebb spektrumban szóródnak, mint a lakóépületek értékei. A fa-acél-vasbeton karbonintenzitási sorrend is itt jelentkezik. Fontos azonban kiemelni, hogy mint a karboncsíkokon is látszik, önmagában egy anyag használata nem minősíti az épület környezeti minőségét. Jó beépített karbon kibocsátási szintű épülethez gondos tervezés vezet el.

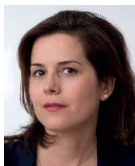
Források

- [1] Aileen Carroll: Embodied carbon vs. operational carbon. OneClickLCA, 2025.02.10., <https://oneclicklca.com/en/resources/articles/embodied-carbon-vs-operational-carbon>
- [2] oneClickLCA: Regulations and policies driving embodied and whole life carbon, weboldal, <https://www.oneclicklca.com/regulations-and-policies-driving-embodied-and-whole-life-carbon/>
- [3] APS: What type of building uses the most energy?, weboldal, <https://www.s4btradeally.com/what-type-of-building-uses-the-most-energy/>
- [4] V. Nagy Zoltán: Lakóépületek összehasonlító beépített karbon elemzése, Magyar Építőipar 73. évf. 3. szám (2024), 122-126. o., DOI10.17168/MEIP.2024.73.122
- [5] Ajtayné Károlyfi Kitti, Szép János: A parametric BIM framework to conceptual structural design for assessing the embodied environmental impact. Sustainability 2023, 15, 11990. <https://doi.org/10.3390/su15111990>
- [6] EPD-Online Platform: Institut Bauen und Umwelt e.V (IBU), <https://epd-online.com>



A veszprémi Körmeny-ház talajszinti szerkezeteinek épületfelújítási kérdései

Building renovation issues of the ground level structures of the Körmeny House in Veszprém



Szecskő Heléna

okl. építészmérnök, doktorandusz,
Széchenyi István Egyetem,
Építészeti és Épületszerkezettani
Tanszék, e-mail:
helenaszecsko@gmail.com

2006-ban a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építészmérnöki Karán végzett, ezt követően az Építőmérnöki Karon igazságügyi szakértői szakmérnöki képesítést szerzett. Pályáját a Pataky és Horváth Építészirodában kezdte, ahol elsősorban épületszerkezet-tervezési feladatokkal foglalkozott. Jelenleg a Studio Linear Kft. ügyvezetője és tulajdonosa, szakterülete az épületszerkezeti tervezés, szakértés és a műemléki épületek diagnosztikai vizsgálata. Számos új épület és műemléki rekonstrukciós projektben vett részt tervezőként. 2017 óta a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építészmérnöki Karának Épületszerkezettani Tanszékén külsős óraadóként tevékenykedik. 2021-től a Széchenyi István Egyetem doktori iskolájának hallgatója, kutatási témája a historizáló épületek rekonstrukciójának energetikai és életciklus-alapú vizsgálata.

Lektorált tartalom

Kivonat / Hun

A veszprémi palotanegyed a hazai épített örökség kiemelkedő értékét képviselő együttese, amely történeti, városképi és építészeti szempontból egyaránt meghatározó jelentőségű. Az épületek szerkezeti rendszerei évszázadok tapasztalatainak eredményeként alakultak ki, és az elmúlt több mint száz évben bizonyították tartósságukat, de mára állagmegóvásuk szükségessé vált. A műemléképületek korszerű felújítása kizárólag komplex építészeti és műszaki szemlélettel valósítható meg. Olyan megoldásokat kell tervezni, amelyek megfelelnek a mai használati és komfortigényeknek, ugyanakkor tiszteletben tartják az eredeti építészeti karaktert és anyaghasználatot. Jelen tanulmány a Körmeny-ház rekonstrukciójának épületszerkezeti kérdéseit vizsgálja, különös tekintettel a talajszinti szerkezetek felújításának műszaki megoldásaira és azok alkalmazási keretrendszerére.

Kulcsszavak: Veszprémi vár, Körmeny-ház, műemlék rekonstrukció, utólagos szigetelés, talajszinti szerkezetek védelme

Abstract / Eng

The palace quarter of Veszprém represents an outstanding ensemble of Hungary's built heritage, holding significant historical, urban, and architectural value. The structural systems of its buildings evolved through centuries of experience and have proven their durability over the past hundred years; however, their preservation has now become essential. The sustainable restoration of historic buildings can only be achieved through an integrated architectural and technical approach. Interventions must be designed to meet contemporary functional and comfort requirements while respecting the original architectural character and material authenticity. This study examines the structural aspects of the Körmeny House reconstruction, with particular attention to the technical solutions and application framework for the renovation of ground-level structures.

Keywords: Veszprém Castle, Körmeny House, heritage reconstruction, retrofitted waterproofing, protection of ground-level structures

1. | A Körmendy-ház rekonstrukciója

Építészeti, belsőépítészeti tervezés:

MCXVI Építésműterem Kft.

Vezető tervező: Herczeg László

Projektépítész: Kiss-Serfőző Evelin, Galántai Gergely

Építész munkatársak: Kérdy Janka, Dózsa Bercel

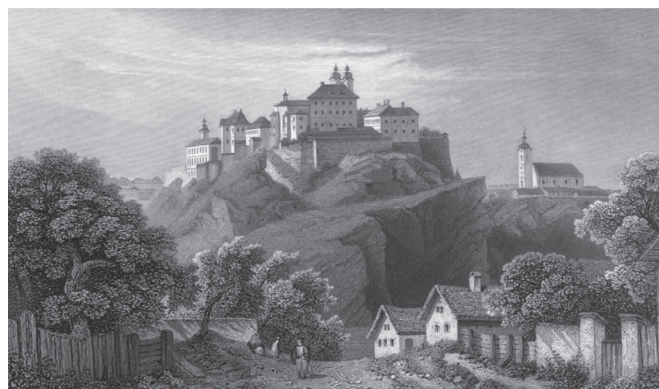
Épületszerkezeti tervező: Szecskő Heléna

Épületszerkezeti munkatárs: Somogyvári Tünde

Veszprém a királynők városa, a Várhegy története több mint ezer évet ölel fel, egyike a magyar történelem legjelentősebb helyszíneinek (1. ábra). A Vár utca nyugati oldalának utolsó épülete, a Körmendy-ház eredetileg Körmendy Imre őrkánok számára épült a 18. század első negyedében (hrs.: 223, műemléki törzsszám: 4728, azonosító: 10710). Az „L” alaprajzú pince, földszint plusz egy emeletes, ma már tetőtér beépítéses épület tervezője nem ismert.

Az évtizedek során az épületben többször is funkcióváltás történt, a házat levéltárként, kisszemináriumként, lakóházként is használták. Az épület homlokzata 1725 óta jellegében keveset változott. 1823-ban a keleti homlokzat közép rizalitját Salamon Márton tervei szerint építették át. Az épület már az 1950-es évek elején (2. ábra) megkapta a műemléki védelmet, ennek ellenére a 60-as években jelentősebb funkcióváltás történt, jelentős belső átépítéssel 11 lakást alakítottak ki benne. 1980-ban az épületet a Veszprémi Egyetem vette gondozásba, ekkor az eredeti tetőszerkezet helyére koporsófödém került, a főpárkányt újra építették, a vakolatokat eltávolították, és a belső tereket az egyetem reprezentatív igényeinek megfelelően alakították át. A pincszinti helyiségben a magas nedvességtartalom már ebben az időben is gondot okozott, nem tudták elhelyezni a tervezett lambériát és sportpadlót [1] [2].

A 2020-as felújítás a teljes épület rekonstrukcióját, energetikai korszerűsítését is magába foglalta (3. ábra), az építész tervek 2020-22 között Herczeg László vezető tervező irányítása mellett az MCXVI Építésműterem Kft. készítette. A 2022-24 között zajló felújítás során az egyházmegyei műzeumként működő épületben a belső terek funkcióváltása



1. ábra: A veszprémi vár látképe, Ludwig Rohbock festőművész, 1850-es évek [1] [2]

mellett, a talajjal érintkező szerkezetek nedvesség elleni védelme, a homlokzatok rekonstrukciója, a tető átépítése, a héjazat cseréje és a teljes gépészeti rendszer korszerűsítése is megtörtént. Az előkészítő munkák során régészeti, szakirányú restaurátori kutatások, építéstörténeti dokumentáció, értékleltár és épületdiagnosztikai vizsgálat is készült.

Írásom az épület talajszintű szerkezeteinek felújításához köthető kérdések elméleti hátterét és a tervezett megoldásokat elemzi, különös tekintettel a következő témakörökre:

- Nedves szerkezetű épületek – legyen szó közelmúltban épült vagy műemlék épületről – felújítása során a további szerkezetkárosodások megelőzése érdekében a nedvesség elleni utólagos védelem kialakítása mellett a szerkezetben tárolt sók kezelése elengedhetetlen.
- A szigetelés vonalvezetésének koncepcionális kialakítását meg kell előznie a megvalósítás korlátainak részletes azonosítása. A belvárosi környezetben a zárt sorú beépítés vagy az épület mellett futó közművek miatt sok esetben a külső oldali vízszigetelés rendkívül nehezen valósítható meg. A meghibásodott vagy teljesen hiányzó vízszigetelés felújításakor a szerkezet nedvességgel támadott felületének feltárása és az esetlegesen itt elhelyezkedő szigetelés javítása vagy kialakítása sokszor rendkívül költséges műszaki megoldással jár.



2. ábra: A Körmendy-ház utcai homlokzata Dobos Lajos archív fotóján, 1959. [MÉM-MDK fotótár]



3. ábra: A Körmendy-ház utcai homlokzata, a szerző fotója, 2023.

2. | A szárazsági követelmények meghatározása

A meglévő épületek felújítási javaslatának kidolgozása a szerkezetdiagnosztika módszereire épül. Az előkészítő munkák során a rendelkezésre álló terv- és egyéb információs anyagok elemzését követően a helyszíni bejárások és feltárások, mintavételek alapján azonosítani tudtuk a meglévő szerkezeteket, anyagokat, valamint azok műszaki jellemzőit. A vizsgálatok során helyszíni mérések és laboratóriumi elemzések készültek; a falszerkezetek nedvességtartalmának, só-tartalmának, kémhatásának bevizsgálása is megtörtént.

A vizsgálatok során kapott eredmények alapján lehet meghatározni a szükséges beavatkozások mértékét, a konkrét szigetelési és só-talanítási technológiát. A falazott szerkezetek nedvességterhelését befolyásolja a falazóanyag minősége, a falazóhabarcs összetétele, a felületképzés (pl.: vakolat, festés, kerámia burkolat). A nedvességterhelés hatással van a szerkezet állapotára, teherbírására, az energiafelhasználásra, a használók komfortkörülményeire és egészségére. A rendeltetésből adódó szárazsági követelmények figyelembevételével, a hibákok lehető legteljesebb mértékű kizárása adja a beavatkozás alapelvét. Esetenként több reális megvalósítási lehetőség is mérlegelendő.

Az egyes helyiségek rendeltetésétől függően eltérő szárazsági követelmények különböztethetők meg, ezeket „A falazott szerkezetű épületek talajból származó nedvesség-hatások és sók elleni utólagos védelmének tervezése” című irányelv definiálja [3]. A funkcióhoz köthető szárazsági igény-szint meghatározása a szigetelési rendszer kiválasztásának egyik peremfeltéle.

A teljes szárazság, illetve porszáraz állapot biztosítása huza-mos emberi tartózkodásra szolgáló, nedvességre érzékeny technológiákkal üzemelő, valamint ilyen anyagok tárolására használt terek esetében alapkövetelmény; e terekben a szerkezeteken keresztüli nedvességátszivárgás nem megengedett, ezért a nedvesség-hatás típusához igazodó, megfelelő teljesítményű vízhatlan szigetelés alkalmazása indokolt.

A fokozott szárazsági igény megengedőbb kategória, a szerkezeteken – külön szabványokban 24 óra alatt egységnyi felület-re vonatkozóan – meghatározott páramennyiség hatolhat át a szerkezet károsítása nélkül, de ennek azonos idő alatt el kell párolognia a térben. A szerkezeteken nedvesség átszivárgása nem engedhető meg. A légnedvesség szabályozása ilyen terekben kizárólag gépészeti eszközökkel biztosítható. Nedvesség elleni utólagos védelem abban az esetben alkalmazható, ha a korábbi rendeltetés nem változtatható meg, és az teljes szárazságot igényelne; valamint, ha a szerkezetek száradása nem biztosítható a használatbavétel előtt.

A viszonylagos szárazsági igény esetében a szerkezeteken – külön szabványokban 24 óra alatt egységnyi felületre vonatkozóan – meghatározott vízmennyiség hatolhat át a szerkezet károsítása nélkül, de nedvesség átszivárgása nem engedhető meg. A légnedvesség szabályozását legalább szellőztetéssel biztosítani kell. Viszonylagos szárazság engedhető meg például nedvességre nem érzékeny iparcikkek tárolására szolgáló helyiségekben, valamint óvóhelyeken. A viszonylagos szárazsági követelmény eléréséhez a nedvességokozó típusához igazodó teljesítményű vízzáró szigetelést is lehet alkalmazni.

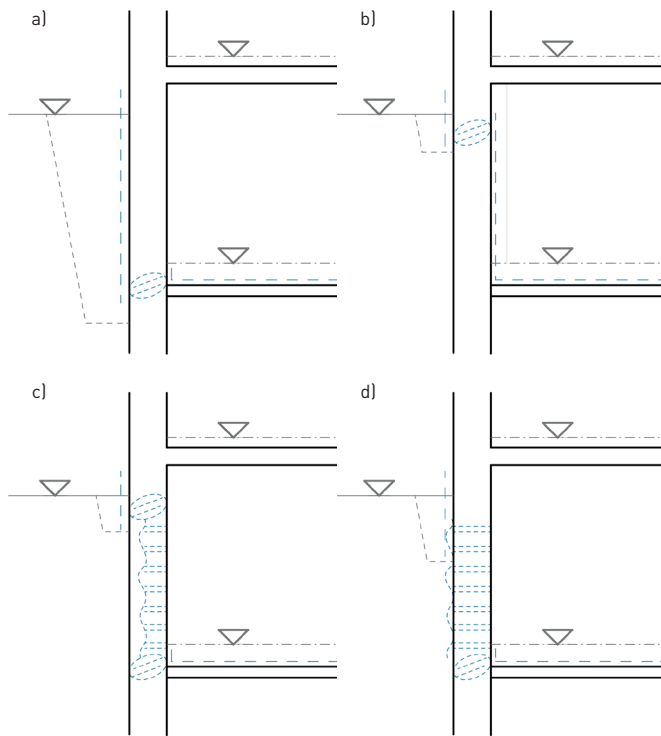
3. | Az utólagos védelem kialakításának elvei

A talajban lévő szigetelések szerepe kettős, egyrészt biztosítják a belső terek megfelelő szárazsági igényét, másrészt védik a teherhordó-térelhatároló szerkezeteket a támadó nedvességtől. Ezeket a feladatokat az építéskor az épület-szerkezetek külső oldalán kialakított szigetelések látják el a leghatásosabban. Egy épület nedvesség elleni védelmének utólagos kialakítása – különösen, ha több ütemben, eltérő szerkezetekkel kialakított épületről vagy részleges beavatkozásról van szó – komplex tervezési feladat.

A „Falazott szerkezetű épületek talajból származó nedvesség-hatások és sók elleni utólagos védelmének tervezése” című irányelv [3] javaslatokat fogalmaz meg az eltérő szigetelési vonalvezetésekre, figyelembe véve a nedvességterhelés mértékét és a munkavégzés módjának lehetőségeit. A 4. ábra négy ilyen lehetséges vonalvezetést mutat be:

- talajnedvesség elleni szigetelés külső oldali falszigeteléssel, injektált vízzárral, vízszintes padlószigeteléssel
- talajnedvesség elleni szigetelés belső oldali falszigeteléssel, injektált vízzárral, vízszintes padlószigeteléssel
- talajnedvesség elleni szigetelés tömbinjektált falszigeteléssel, injektált vízzárral, vízszintes padlószigeteléssel
- talajnedvesség elleni szigetelés fátýolinjektálással, injektált vízzárral, vízszintes padlószigeteléssel

Az egyes helyzetekben a szigetelés készülhet eltérő technológiával, de szakaszonként eltérő – egymással egyenértékű – technológiák esetén is biztosítani kell a folyamatos vonalvezetést azonos teljesítőképességű átfedésekkel mind keresztmetszeti, mind alaprajzi értelemben.



4. ábra: Alápincézett épület nedvesség elleni utólagos védelmének néhány elvi vonalvezetése [3]

4. | Sóval terhelt szerkezetek

A nedvesség elleni utólagos védelmet mindig ki kell egészíteni a falak sókezelésével, mivel a kipárolgás miatt a sókihordás az egyensúlyi nedvességállapotok kialakulásáig folytatódik. A sószennyezettséget az irányelv az **1. táblázatban** rögzített határértékekkel alig, kissé, közepesen, erősen és kiemelkedően sószennyezett kategóriába sorolja [4].

A kapilláris vízzel felszívott só mindig a legkülső párolgási zónában koncentrálódik, így roncsolása is innen befelé terjeszkedik. Általános elvként rögzíthető, hogy a sószennyezés a kipárolgási zónában a legmagasabb. Az összes oldható só-tartalom összetételét a leggyakrabban előforduló sók határozzák meg. A szulfátok a talajban jelen lévő vízzel oldható sók (glaubersó, keserűsó) kioldódásával, a talajnedvesség közvetítésével kerülnek a szigetetlen vagy nem megfelelően szigetelt épületszerkezetekbe. A kloridok városi környezetben a jégolvasztó sózásból keletkező oldattal, a nitrátok pedig elsősorban szennyvízből kerülnek a falszerkezetekbe. Az utóbbi két só típus higroszkópos tulajdonságú, tehát a levegő nedvességtartalmából is képes kristályvizet megkötni. A klorid, nitrát, szulfát só mennyiségétől függően a **2. táblázat** kategóriái alapján csekély, közepes és magas terhelési osztályba sorolható a szennyezettség [4].

A feldúsuló sók kristályosodási nyomása nagyságrendileg meghaladhatja nemcsak a felületképző anyagok, hanem a falazóanyagok húzószilárdságát is. A száradás első fázisában a kristályosodás a jellemző károsító folyamat, míg a későbbiekben a higroszkópos sók miatt hidratációs folyamatok is lejátszódnak. A hidratációs folyamatok során a felületen kívált higroszkópos sók a páratartalomtól függően vizet kötnek meg. A higroszkópos sóval szennyezett fal felülete először nedvesedik, majd a festék, később a vakolat, sőt a falazat anyaga is károsodhat, roncsolódhat az átkristályosodás révén. Bár a kristályosodási és a hidratációs nyomásértékek közel azonosak, a hidratációs nyomás által az építőanyagban okozott kár jelentősebb. Szobahőmérsékleten a szulfátok 80%-os, a kloridok általában 70%-os, míg a nitrátok már 40-50%-os relatív páratartalomtól mutatnak higroszkópos tulajdonságot.

A sószennyezettség kezelése a terheltség mértékétől függ. Az irányelvi ajánlás szerint kiemelkedő sószennyezettség (különösen a 4 m%-nál magasabb összes oldható só-tartalom) és magas az anionterhelés (különösen 2 m% feletti nitrát- és kloridterhelés esetén) a nedvesség elleni utólagos védelem kialakítása előtt sótelenítés szükséges. Hatékony sótelenítés csak vízben oldott sók esetén készülhet. A mélyebb rétegekben kikristályosodott sók eltávolítása csak visszaoldás segít-

ségével lehetséges. Sótelenítés történhet aktív elektrolitikus leválasztással vagy intenzív sógyűjtő réteg alkalmazásával, mindkét módszer kombinálható nedvesítéssel is. A falszerkezet sótelenítése készülhet vákuumtechnológiával, nyomáskülönbőséges eljárással, sótranszport vakolattal.

5. | Az épületdiagnosztikai vizsgálat összegzése

Az épületről Simonffyné Asztalos Éva okl. építészmérnök, műemléki épületdiagnosztika szakértő készített előzetes fal-diagnosztikai szakértői állásfoglalást [5]. A vizsgálat során helyszíni szemle, felületi nedvességmérés és roncsolásos mintavételt követően labordiagnosztikai vizsgálat is készült. A szakértői megállapítások alapján az épület korából adódóan nem rendelkezett talajnedvesség elleni szigeteléssel. A pincei falszerkezet anyaga vegyes, a boltozatig mészhabarc-sba rakott kőfalazat, melyet kisebb-nagyobb tégladarabok egészítettek ki, a boltozatot és a felette lévő faltesteket téglából rakták.

A terepszint alatti határolófalakat az alulról kapillárisan felszívódó nedvesség mellett oldalról nagy felületen beszívódó talajnedvesség is terhelte. A felületi nedvességmérő műszerrel végzett vizsgálatok szerint a pincében lévő falak erősen nedvesek és vizek; a boltozatok nedvességterhelése is magas volt, a földem feletti feltöltések is átnedvesedtek. A csatlakozó terepszint közeli mérési értékek a felszíni csapadék többletterhelését is kimutatták. A szabadon álló pincei belső főfalak jobb állapotúak voltak, mint a szélső földpartos falszerkezetek, ezeket a kapilláris nedvességfelszívódásra jellemző, felfelé csökkenő eloszlás jellemezte. A labordiagnosztikai vizsgálatok alapján a nedvességgel a falszerkezetbe került sók közepes és erős sószennyezettségi kategóriába sorolhatóak, és higroszkópos jellegűek. Az épületen belül a szennyvízelvezetés rendszere elavult, a magas nitrát só-tartalom a szennyvíz szivárgására is utalt. A pincei károsodásokat az utcai burkolat zárt fugás kialakítása is rontotta, a talajban lévő nedvesség az erősen záró hatású felületen keresztül nem képes kipárologni, a feldúsuló nedvesség a falak irányába áramlott.

A Körmendy-ház a vársétány utolsó épülete, a pince nyugati fala várfalként épült, alatta több méteres szakadék van. A szélső határoló fal az erős környezeti hatások miatt leromlott állapotú, a kőfal fugái hiányosak, egyes falszakaszok az fagyási olvadási ciklusok roncsoló hatása miatt töredezetté vált. A kiugró, párkány fedés nélküli falszakaszokon a csapadékterhelés kiterjedt roncsolást végzett.

1. táblázat: A sószennyezettség fokozatai [4]

sószennyezettségi fokozat	tömegszázalék
alig sószennyezett	< 0,1 m%
kissé sószennyezett	0,1 - 0,5 m%
közepesen sószennyezett	0,5 - 1,5 m%
erősen sószennyezett	1,5 - 2,5 m%
kiemelkedően sószennyezett	> 2,5 m%

2. táblázat: Az anionfajták mennyiségi fokozatai (WTA Merkblatt 4-5-99/D alapján) [4]

	anionfajták tömegszázaléka		
	kloridok	nitrátok	szulfátok
csekély terhelés	< 0,20 m%	< 0,10 m%	< 0,50 m%
közepes terhelés	0,20 - 0,50 m%	0,10 - 0,30 m%	0,50 - 1,50 m%
magas terhelés	> 0,50 m%	> 0,30 m%	> 1,50 m%

Az előkészítő szakaszban készített diagnosztika a boltozat feletti átnedvesedett feltöltés cseréjét és a pince aktív szellőztetését javasolta, azonban a tervezés során a pincébe helyezett funkciók miatt többlet intézkedések és utólagos aktív szigetelés mellett döntöttünk.

6. | Az utólagos vízszigetelés szerkezeti megoldásai

Az épület pincei padló síkja a terepszint alatt található cca. 4,1 m-rel. A pincei falszerkezetekre ható mértékadó terhelés talajnedvesség. A pincében vegyes funkció, kiszolgáló helyiségcsoportok, vizesblokk és régészeti köleletek kiállító tere létesült, az elvárt szárazsági igény szint viszonylagos szárazság, kisebb részen teljes szárazság.

A kis alapterületű épület talajszinti szerkezeteinek utólagos szigetelési tervezése a városias, részben zárt sorú beépítési jelleg és a változatos csatlakozó terepszintek miatt számtalan kihívást tartogatott. A feltérési nehézségek, a vegyes funkció, a kőfal fűrásának kérdései miatt szakaszonként különböző szigetelési megoldásokat alkalmaztunk. A kiviteli terv építész metszete rögzíti a szigetelés vonalvezetését [6].

Az „L” alaprajzú épület nyugati oldala a várfalon alagori pozícióban van. Itt függőleges falszigetelés kialakítására nincs szükség, ezen a falszakaszon a boltozat magasságában vízszintes falszigetelés készült. A falazat külső oldalán a fugák vízzáró habarccsal készültek, és a látszó kő falfelület páraáteresztő impregnálást kapott. A boltozatok feletti átnedvesedett feltöltés cseréje mindenhol elkészült [5. ábra] [7].

Az épület udvari és utcai határoló falai mellett a külső munkaárok létesítésének nem volt akadálya, de az utcai oldalon a munkaárok fenékmélysége a városi közművezetékek miatt a pince padlóvonal felett adódott, ez a peremfeltétel a vízszin-

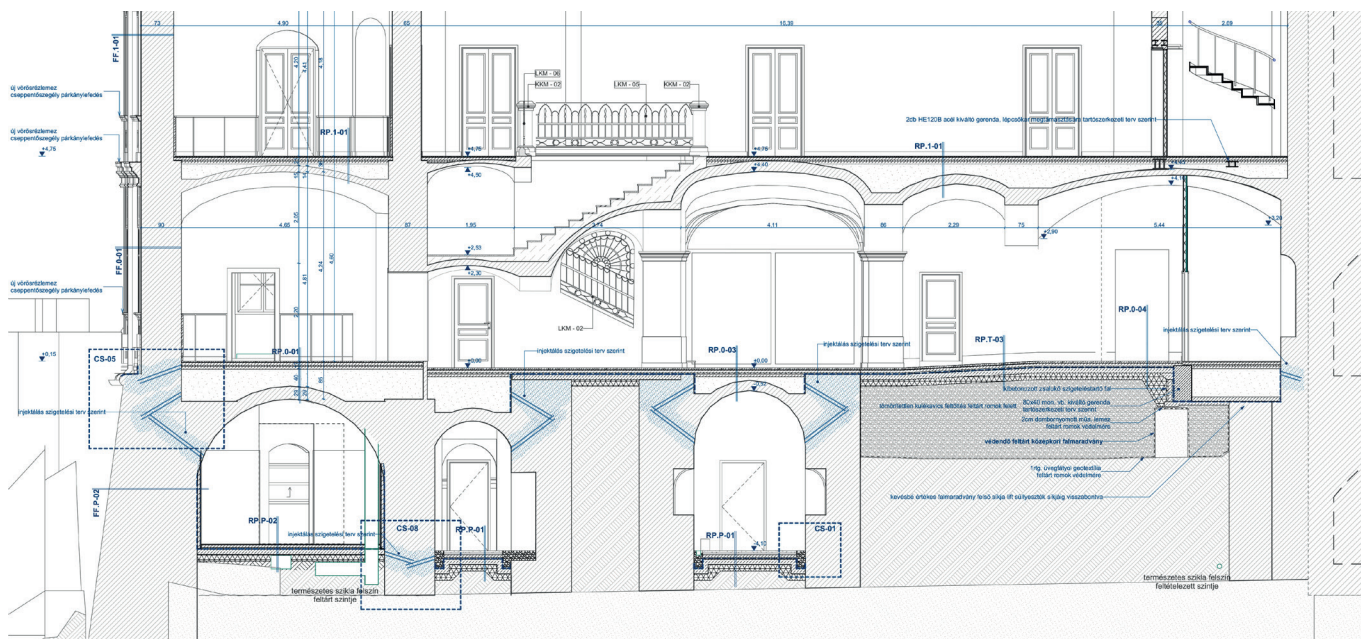
tes injektált falszigetelés pozícióját alapvetően befolyásolta. A külső oldalról feltárt falszerkezetekre az állékonyság szempontjából legkedvezőbb külső oldali bitumenes bevonat szigetelés került, ami a csatlakozó terepsík feletti 30 cm-es magasságig lett felvezetve.

A viszonylagos szárazságú pinceterekben új aljzatszerkezet, új modifikált bitumenes vastaglemez talajnedvesség elleni vízszigetelés és ágyazott padló készült. Az alacsonyabb igény szintű kő kiállító terekben a pincei falak belső oldala körül kavics szellőző sávot létesítettünk, ami a falszerkezet passzív száradását biztosítja [6. ábra] [6].

A teljes szárazsági igény szintű terekben folyamatos vonalvezetésű vízszintes padló-, függőleges fal- és vízszintes falszigetelés készült. A vízszintes vízzár és a vízszintes padlószigetelés közé belső oldali bevonatszigetelés és szigetelést védő, a gépészeti vezetékezésre alkalmas előtétfal került. Azokon a felületeken, ahol előtétfal építésére nem volt lehetőség, a szigetelésre 0,4-1 mm frakciójú tűzi szárított kvarchomok hintést és belső oldali felújító vakolatot terveztünk [7. ábra] [7].

A zárt sorúan csatlakozó szomszédos épület mellett a boltozat vonalában injektált vízszintes vízzár, felette lábazati magasságig tömbszigetelés készült, a szomszéd felőli nedveségterhelés kerülőutas átszivárgásának megakadályozása érdekében.

A nedvesség- és sókárosodott homlokzati szerkezetek legalább 1,5 m-es környezetéről a vakolatot el kellett távolítani, a fugákból a falazóhabarccsal ki kellett kaparni, ezáltal a falszerkezetbe jutott és kioldódott sók mennyisége csökkent. A szabadon hagyott falfelületen a természetes szellőzés révén a kirakódott sók mechanikai úton, dörzsöléssel drótkéfével, finom kefével, homokfúvással, homokszórással lettek eltávolítva. Az így kapott tiszta felületre WTA minősítéssel rendelkező szárító vakolat került, mely megköti a száradás során későbbiekben kioldódó sókat.



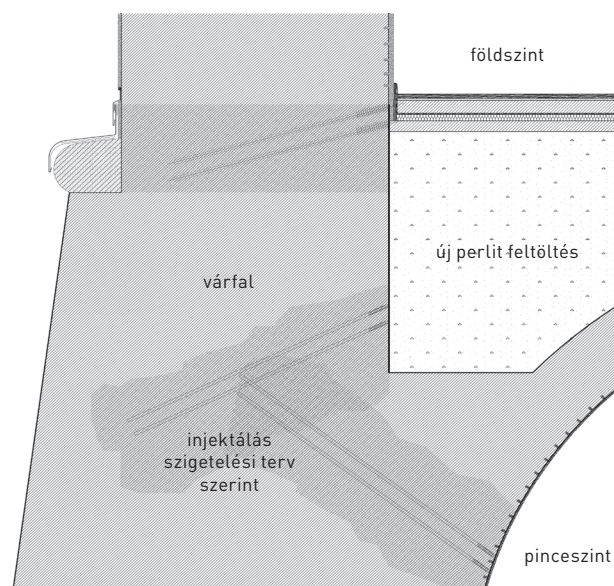
5. ábra: Metszet a kiviteli tervből, MCXVI Építésműterem [6]

7. | Tűzvíztároló visszatapadó szigeteléssel

Az épület tervezése során a tűzvédelmi követelmények és előírások tűzvíz tároló létesítését tették szükségessé. A meglévő műemléki épület falkontúrján belül nem fért el az előírt méretű tároló, emiatt az új épüleategység az udvaron, terpszint alatt kapott helyet. A kis telekméret miatt a vasbeton szerkezetű doboz közvetlenül az meglévő pincefal mellé került, ezért a szerkezetek talajnedvesség elleni védelme vízszatpadó szigeteléssel valósult meg, a tetőn pedig fordított rétegfelépítésű járható lapostető létesült [8. ábra] [7].

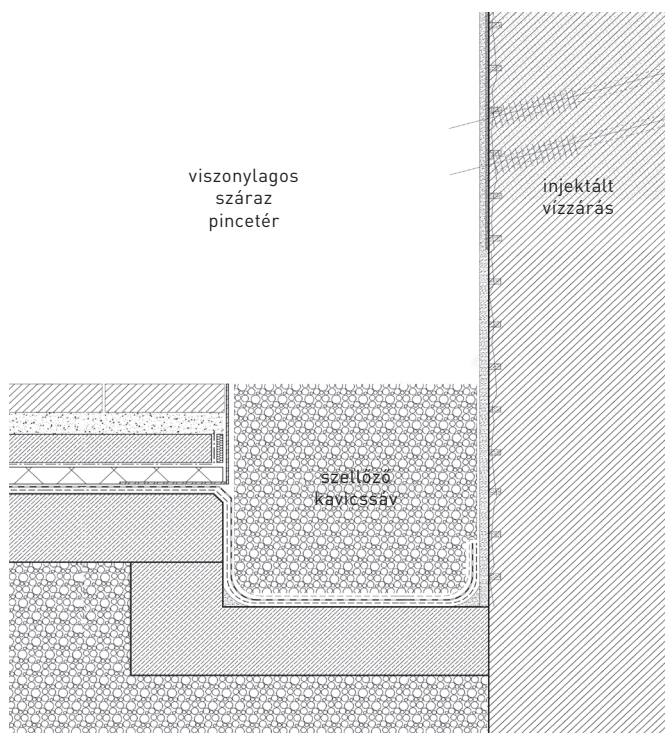
A visszatapadó szigetelés használata olyan geometriai kötöttségek esetén javasolható, ahol a külső oldali munkavégzés nem lehetséges. A szigetelés olyan előre elhelyezett vízszigetelő lemez, mely a helyszínen öntött friss betonnal teljes felületen kötést létesít. A szigetelés a teknőszigeteléshez hasonlóan készül és a végleges tartószerkezettel együtt alkot kész épületszerkezetet. A megtámasztásához nem szükséges külön szerkezetet, nem kell zsalukő falat építeni, kellően állékony hőszigetelésen, zsaluzaton, meglévő és előkészített falszerkezeten is elhelyezhető, csak ideiglenesen kell rögzíteni.

Amennyiben a lemezek kellő gondossággal vannak elhelyezve, és a kivitelezés során is ügyeltek épségükre, a beton kötése után teljes felületen tapadó szigetelést kapunk. Az esetleges meghibásodások ennél a megoldásnál lokálisan jelentkeznek, a szerkezet és a szigetelés között nem jön létre vízvándorlás. A különböző gyártók a szigetelés kötelező elemeként a beton minőségét is specifikálják. Az általunk tervezett rendszer előírásai szerint vízzáró (vas)

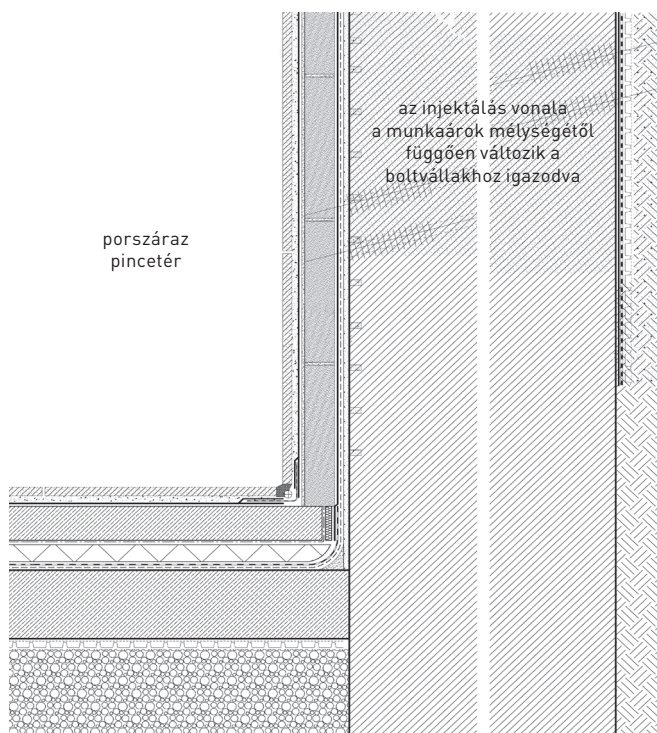


6. ábra: Vízszintes vízzár kialakítása a szélső vārfalban injektálással [7]

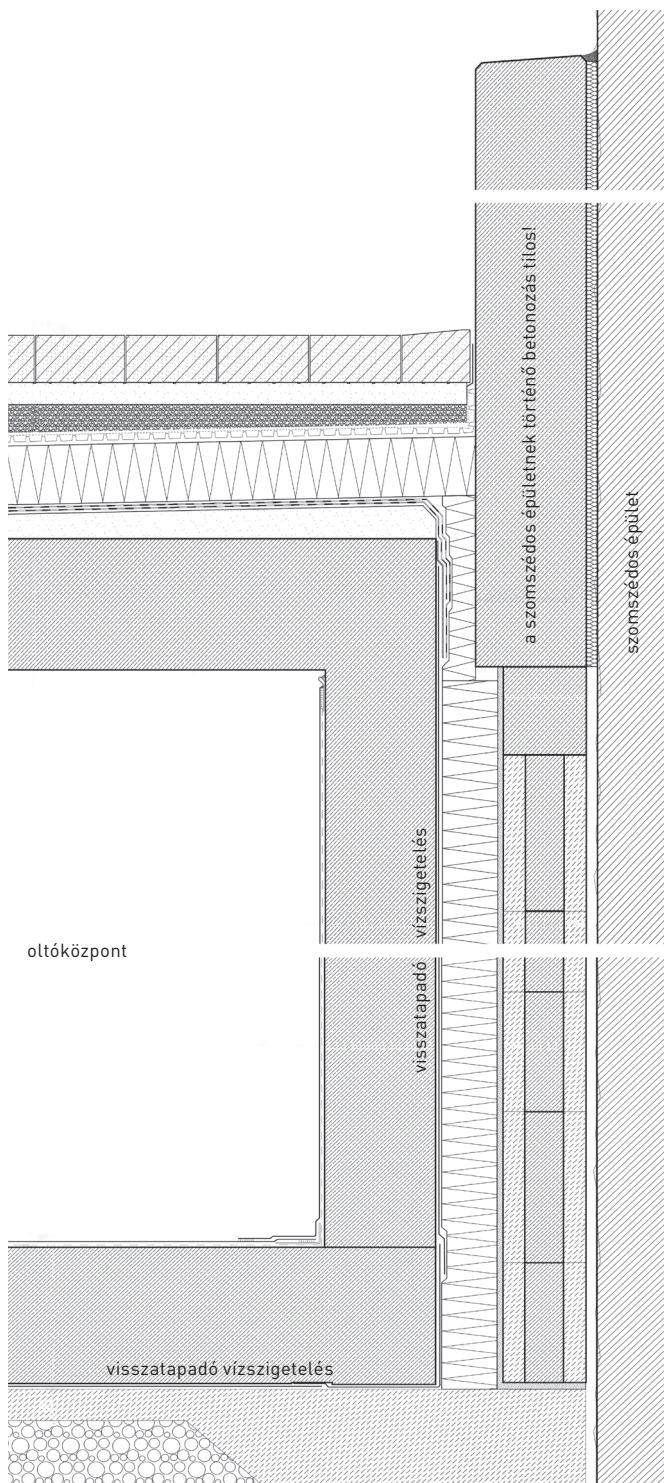
beton alkalmazására volt szükséges. A visszatapadó vízszigeteléseket többféleképpen is lehet csoportosítani, legfontosabb jellemzőjük azonban az anyag és a kötés típusa. Az anyag lehet nem duzzadó anyag (bitumenes lemez, PVC, PE, FPO) vagy duzzadó anyag (bentonit, hidrofíli polimer). A kötés típusa lehet mechanikai (nem-szött flízekkel) vagy anyagában tapadó (bentonit vagy duzzadóanyag), illetve ezek kombinációja [8].



7. ábra: Utólagos szigetelés a határoló falszerkezetben viszonylagosan száraz térben [7]



8. ábra: Utólagos szigetelés a határoló falszerkezetben porszáraz térben [7]



9. ábra: A tűzivíztároló szigetelése a szomszédos épület mellett, visszatapadó vízszigetelés használatával [7]

8. | Összegzés

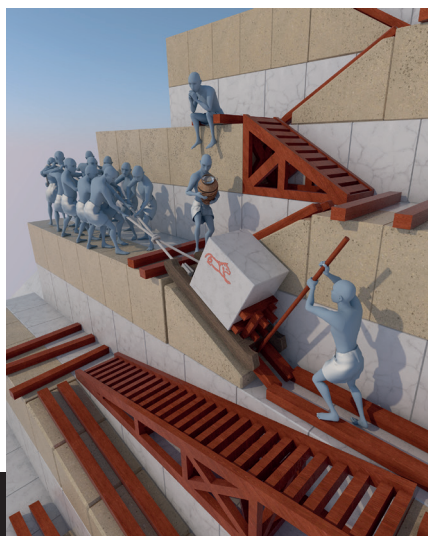
Az országos épületállomány jelentős része nem rendelkezik megfelelő minőségű talajból származó nedvesség elleni védelemmel. A szerkezetek jelentős része szigetetlen, vagy ha készült szigetelése az már elavult, elöregedett, ezáltal nem tölti be funkcióját. A kialakuló ázások a szerkezet tönkremenetele mellett az épületek használatát is akadályozzák: a komfortkörülmények nem elégítik ki a jelen kor igényeit, a használat módja korlátozottá válhat, a tartósan fennálló meghibásodás az épület jelentős értékcsökkenését okozhatja. A szerkezetek helyreállításához a hibaokok legteljesebb kizárása, a megfelelő felújítási stratégia megtervezéséhez a fal-szerkezetek rétegfelépítésének, anyagösszetételének pontos ismerete szükséges.

A felújítási tervek vizsgálata kapcsán rögzíthető, hogy a történeti épületek talajszintű szerkezetének rekonstrukciója komplex tervezői feladat, csak alapos előkészítő vizsgálatokkal és elemzésekkel érhetünk el tartósan jó eredményeket. A szigetelési koncepció tervezéséhez a meglévő szerkezetek és az őket érő hatások és igénybevételek elemzése szükséges. Az megfelelően kivitelezett szigetelés önmagában nem nyújt kellő védelmet, a falszerkezetben tárolt sók megkötése és az üzemeltetői körülmények szabályszerű biztosításával együttesen érhető el a kívánt eredmény.

A hibásan kivitelezett szigetelés, a szellőztetés hiánya, és a sók elégtelen kezelése a szerkezeteken lokális meghibásodásokat okozhat. A felújított, esetenként már átadott, és új funkciójában működő épület javítása nehézkes, a hibák csak újbóli jelentős beavatkozással orvosolhatók, aminek építési, ütemezési és pénzügyi kezelése is nehéz. Kielégítő eredmény eléréséhez alapos diagnosztika, körültekintő tervezés, és gondos, szakszerű kivitelezés szükséges.

Hivatkozások

- [1] [I]: Veszprémi Körmendy Ház átalakítása, revitalizációja, MCXVI Építésműterem Kft., 2020, https://www.mcxvi.hu/portfolio/kormendyhaz_veszprem/
- [2] **Herczeg László**: A Körmendy Ház, online cikk, Építészfórum, 2023.09.05., <https://epiteszforum.hu/a-kormendy-haz>
- [3] [I]: Falazott szerkezetű épületek talajból származó nedvességátadások és sok elleni utólagos védelemnek tervezése, 3. 2022. ÉPMI (v1_2022. I. 18.), építészügyi műszaki irányelv, ÉMI – ÉMSZB, Szentendre, 2022. [https://www.emi.hu/EMI/web.nsf/Pub/LEA16V\\$FILE/falazott_szerkezetu_epuletek_iranyelv_2022_01_18.pdf](https://www.emi.hu/EMI/web.nsf/Pub/LEA16V$FILE/falazott_szerkezetu_epuletek_iranyelv_2022_01_18.pdf)
- [4] [I]: Falazott szerkezetek nedvesség- és sóvizsgálat, 2/2019. [VII.1.] ÉPMI, építészügyi műszaki irányelv, ÉMI – ÉMSZB, Szentendre, 2019. [https://emi.hu/EMI/web.nsf/Pub/9R38W9\\$FILE/EMI%206.1%20napirend_v5.pdf](https://emi.hu/EMI/web.nsf/Pub/9R38W9$FILE/EMI%206.1%20napirend_v5.pdf)
- [5] **Simonffyné Asztalos Éva**: Veszprém, Vár utca 39. Körmendy-ház, Épületnedvesedéssel összefüggő károsodások és a homlokzatok állagának vizsgálatára épületdiagnosztikai szakvélemény az épület felújításának tervezéséhez. 2021. szeptember
- [6] **MCXVI Építésműterem**: Kiviteli terv, Metszet M1:50, 2022.05.31.
- [7] **Szecső Heléna, Svasznek-Somogyvári Tünde**: Körmendy-palota rekonstrukció kiviteli terv épületszerkezeti munkarésze 2022.06.18.
- [8] **Heincz Dániel**: Visszatapadó vízszigetelések tervezési kérdései. XXVIII. Nemzetközi Építudományi Konferencia, 2024.05.30-06.02. 67-73. o. <https://ojs.emt.ro/EPKO/article/view/1644>



A gízai nagy piramis belső szerkezeti kialakításának elméleti megközelítése

A theoretical approach to the internal structure of the Great Pyramid of Giza



Szabó Péter

okl. építészmérnök, PhD,
egy. docens, Soproni Egyetem,
Faipari Mérnöki és Kreatívipari
Kar, Kreatívipari Intézet, e-mail:
szabo.peter@uni-sopron.hu

Építészmérnök, egyetemi oktató és tervező. Tervezői munkájában kiemelt szerepet kap a fa mint építőanyag; több faszerkezetű kílátót, valamint lakó- és középületet tervezett. Szakmai érdeklődésének középpontjában a fenntartható anyaghasználat, a megújuló energiák alkalmazása és a nyári túlmelegedés csökkentésének passzív épületfizikai megoldásai állnak. Doktori kutatását is ezen a területen végezte. Egyetemi oktatóként és kutatóként foglalkozott az árnyékolók geometriájával, az akác szerkezeti alkalmazhatóságával, az akadálymentesítés tervezési kérdéseivel. Kutatási és tananyagfejlesztési tevékenységének fontos területe az építéstechnika története, különös tekintettel az ókori építési folyamatok mérnöki szemléletű értelmezésére és digitális rekonstrukciójára, valamint a digitális szemléltetés és a kompetenciaalapú tudásátadás lehetőségeire.

Kivonat / Hun

A gízai nagy piramis belső felépítése az ókori Egyiptom mérnöki és építészeti zsenialitásának kiemelkedő példája. A cikk célja, hogy a legfrissebb régészeti és mérnöki kutatások eredményeire támaszkodva rekonstruálja a piramis szerkezeti kialakítását és építési folyamatát. A tanulmány részletesen elemzi a belső terek – köztük a sírkamrák, folyosók és teherelosztó rendszerek – funkcionális szerepét és szerkezeti jellemzőit, valamint bemutatja azok fejlődési előzményeit a korábbi piramisok tükrében. Kiemelt figyelmet fordít a nyereggerendák és a gránit teherelosztó kamrák építési technikáira, amelyek a korabeli innovációt tükrözik. Az elemzés során külön hangsúlyt kap a piramisépítés során alkalmazott anyaghasználat, szerkezeti megoldások és munkaerő-szervezési stratégiák. Az eredmények nemcsak a nagy piramis belső felépítésének megértését mélyítik el, hanem hozzájárulnak az ókori építéstechnológia és kulturális háttérének jobb megértéséhez is. A tanulmány újabb nézőpontokat kínál a piramisépítés mérnöki és régészeti megközelítéseire, miközben felhívja a figyelmet a további kutatási lehetőségekre.

Kulcsszavak: Egyiptom, piramis, Kheopsz, ókor, sírkamra, nyereggerenda, piramisépítés

Abstract / Eng

The interior of the Great Pyramid of Giza is an outstanding example of the engineering and architectural genius of ancient Egypt. The aim of this article is to reconstruct the structural design and construction process of the pyramid based on the latest archaeological and engineering research. The study analyses in detail the functional role and structural characteristics of the interior spaces, including the tomb chambers, corridors and load-distribution systems, and presents their evolutionary history in the light of earlier pyramids. It pays particular attention to the construction techniques of saddle beams and granite load-bearing chambers, which reflect contemporary innovation. Special emphasis is given to the use of materials, structural solutions and labour management strategies used in pyramid construction. The results will not only deepen our understanding of the internal construction of the Great Pyramid, but will also contribute to a better understanding of the technological and cultural context of ancient architecture. The study offers new perspectives on engineering and archaeological approaches to pyramid construction, while drawing attention to further research opportunities.

Keywords: Egypt, pyramid, Cheops, antiquity, tomb, beam, pyramid construction

Lektorált tartalom

1. | Szerkezeti előzmények, szerkezetfejlesztés

Kheopsz piramisa nemcsak a legnagyobb a piramisok között, hanem a belső felépítése is teljesen egyedi. Ilyen bonyolultságú kialakítással sem a korábbi, sem a későbbi sírhelyek nem rendelkeznek. A sírkamrák és folyosók funkcióiról és sorrendiségéről még ma is vitáznak a szakemberek. Ezeket a vitákat tudományosan lezárni nagyon nehéz, csak adalékokat próbálunk nyújtani a további kutatásokhoz.

A nagy piramis belső felépítése sok ponton eltér a 4500 évvel ezelőtti állapotától. A sírrablók, kalandorok és a régészek maguk is sok ponton átalakították az „eredeti tervet”. A sírkamrákban „feltáró” alagutakat ástak, köveket, burkolatokat távolítottak el, de a javítás és a „turistabarát” átalakítások is megnehezítik a tudományos vizsgálatokat. Ennek ellenére a modern vizsgálati eredményeknek köszönhetően még napjainkban is új felfedezések születnek. Az eredeti bejárat felett „nagy üreg”-nek (1. és 3. ábra) keresztelt 9 méter hosszú, mészkő, nyereggerendákkal fedett járatot tártak fel 2023-ban [1].

1.1. Dzsószer piramisa

Nagyon nehéz megmondani, hogy a piramis kialakítása egy egységes terv alapján készült, vagy fokozatosan módosították a koncepciót. A korábban épült sírok, sírkamrák formáiból lehet következtetni a változások irányára, de egyértelmű következtetéseket levonni nem lehet.

A korai temetkezések gyakran csak egy fedett gödröt jelentettek, később az uralkodó „sír formává” a masztaba (pad) vált. Az első kőből épült, több egymásra épített „masztabából” álló lépcsős piramist Dzsószer fáraó építtette. Ezt a piramist többször bővítették és több dinasztia tárgyait is elhelyezték benne. Több mint 40 000 kőedényt találtak az elágazó földalatti járatokban.

Ennek a piramisnak a ma látogatható része nagyon félrevezető képet mutat. Meg lehet csodálni egy 7 méter széles és 28 méter magas „kamrát”, és

egy több darabból álló gránit szarkofágot. Ilyen méretű sírkamrát az ókorban nem építettek. Az eredeti egyetlen lépcsőből álló masztaba függőleges aknáját a temetés során feltöltötték, miután a fáraó földi maradványait a gránit „szarkofágba” helyezték. A földalatti járatokhoz más aknákon lehetett hozzáférni. Ma ez a kitisztított akna látható – mint sírkamra – a tetején, egy a mészkő kövek alkotta természetes boltozattal. Ezt a sírt is többször kirabolták (kitisztították) és a kövek természetes átboltozódását fa gerendákkal megtámasztották [2].

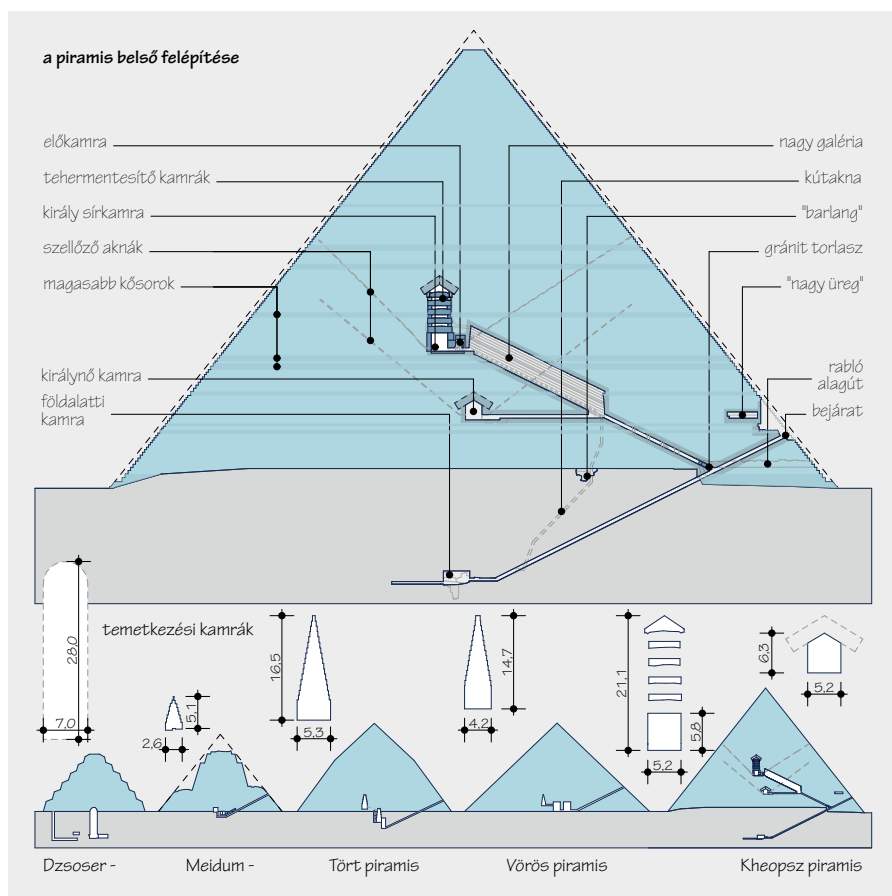
Statikai szempontból egy ilyen szerkezet felépítése, ha Imhotep építész-ként nem volt felelőtlen, csak úgy képzelhető el, ha a befejezett, egyszintes masztabára építették rá a többi lépcsőt. Erre azonban csak a fáraó temetése után kerülhetett sor. Persze az is elképzelhető, hogy pont ez a kockázatos boltozat kialakítás volt az oka a későbbi nagyon biztonságos statikai „terveknek”.

Építészeti szempontból ez azt jelenti, hogy a piramis lépcsőinek az építésére már csak a temetés után kerülhetett sor. Mivel a piramis alatti alagutakban a korábbi dinasztiából származó edényeket találtak, feltételezhető, hogy a sír-együttest hosszú ideig használták szent helyként, amibe akár a későbbi bővítések is beleférhetnek.

Az oszlop alátámasztású bejárat folyosó is évezredekkel később készült, amikor javításokat is végeztek a szerkezeten. A lépcsős piramis ma megtekinthető belső kialakítása építészeti szempontból nagyon félrevezető, nem tekinthető a nagy piramis szerkezeti előzményének.

1.2. Korai piramis maradványok

A piramisok következő generációjáról nagyon keveset tudunk. A talán Khaba fáraóhoz köthető „réteges” piramis, és Sekhemkhet „eltemetett”



1. ábra: A piramisokban található sírkamrák elhelyezkedése

piramisa csak romokban maradt fenn [2. ábra]. A kutatók abban sem biztosak, hogy ezek a piramisok teljesen felépültek vagy esetleg félbehagyták azokat [3].

Szerkezeti felépítésükből azonban pár dolog nyilvánvaló. Réteges falrendszereket építettek, pontosan megmunkált kősorokat kitöltve szabálytalanabb kövekkel. A sírkamrát pedig a piramis alá a mészkőbe vágták egy külső a piramis mellől induló járattal. A piramist ezeken a külső járatokon megközelíthető, földalatti folyosók és kamrák szegélyezik. Ez a kialakítás lehetővé tette, hogy a már teljesen elkészült piramis alá tudják temetni a fáraókat.

A réteges felépítés és a szabálytalan „kitöltő” kövek használata a későbbi piramisoknál is megfigyelhető. A kősorok befelé dőlnek, ami azt jelenti, hogy a piramis rétegeit belülről kifelé építették. Először a belső „mag” épült meg, amit hagymahéj szerűen bővítettek, végül a burkolatot helyezték el. A kövek kisebb méretűek, ami több lehetséges építési technikát is lehetővé tett.

A sírkamrák és az azokhoz vezető alagutak a mészkő alapba lettek bevágtva, így statikailag nem kellett foglalkozni a kamrák „lefedésével”.

1.3. Sznofru piramisai

Az időrendben soron következő három piramis feltehetően Sznofru fáraóhoz köthető. A meidum-, tört- és vörös piramis belső felépítése [1. ábra] a rokon vonások mellett komoly eltéréseket is tartalmaz. Egyik sem nyúlik mélyen az alapkőzetbe és a kamrák álboltozatos technikával épültek, egymáshoz közel eső kamra rendszereket alkotva.

A Meidum piramis dőlésszöge: $51^{\circ}50'$ és egy 2,6 méter széles és 5,1 méter magas álboltozatos sírkamrát tartalmaz. A kiszélesedő folyosói és a lefelé ereszkedő járat alsó része álboltozatos tehermentesítő kamrákat tartalmaz. Ebben a piramisban volt a legóvatosabb a „statikus” a belső kialakítás tekintetében, és mégis ez maradt fenn a legromosabb állapotban. Ennél a piramissnál sem tértek el a réteges felépítéstől, és az egyes kősorok [a korábbi építéshez hasonlóan] nem

vízszintesek, hanem befelé dőlnek. Ez a kialakítás csak a belülről kifelé történő építkezést teszi lehetővé.

A tört piramis alsó felének dőlésszöge meredekebb, a felső fele már kisebb hajlásszögű, ami megegyezik a vörös piramiséval. Ebben a két piramisban nem ismerünk tehermentesítő kamrákat és az álboltozatos sírkamrák 5,3 és 4,2 méter szélesek. A vörös piramis nem tartalmaz a mészkőbe vágott járatokat vagy kamrákat.

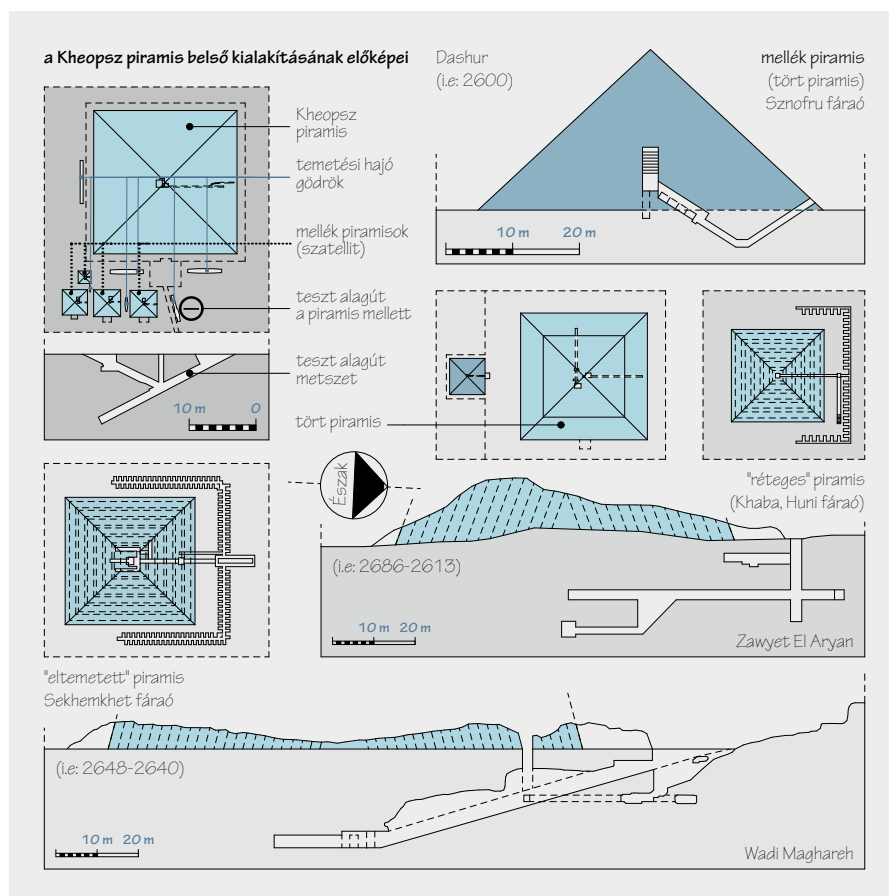
A piramis oldalából induló lefelé vezető járatok és az álboltozatos kamrák kialakítása piramisonként jelenthet technikai előrelépést, azonban nem ezek a Kheopsz piramis közvetlen előzményei.

1.4. Közvetlen előképek

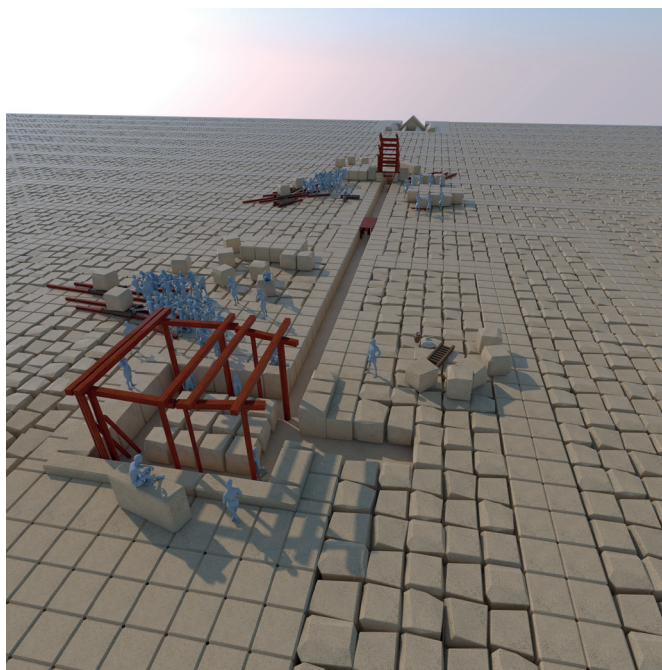
Sznofru fáraó tört falú sírépítménye melletti mellék piramisában találkozhattunk először egy felfelé vezető folyosóval és az azon lecsúszó gránit

torlaszok ötletével [3. ábra]. Ez korban közvetlenül a nagy piramis előtt épülhetett, igaz ebben a szatelit piramisban a tervezett „védelmi” rendszer nem működött tökéletesen, hiszen nem minden gránitdugó csúszott le. Azt, hogy erről tudtak-e az építők, és azért döntöttek úgy, hogy Kheopsz nagy galériájában nyomon követhető módon indítsák el ezeket a torlaszokat, menekülési útvonalként használva a kútaknát [1. ábra], nem tudjuk. Arról azonban tudunk, hogy ennek a rendszernek a vizsgálatára megépítettek egy „teszt” aknát a nagy piramis keleti területén [4. ábra].

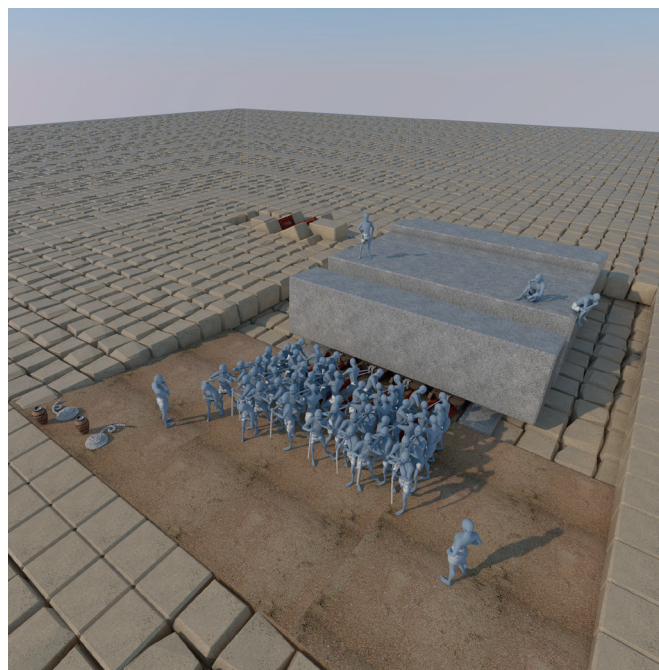
Ez a próba alagút méretében és dőlésszögében is megegyezik a „végleges” folyosó csatlakozási kialakításával. Az alagút tesztelése bebizonyíthatta, hogy a zárókövek mechanizmusa megfelelően fog működni. Ez az előzetes modell lehetőséget teremthetett arra is, hogy meghatározzák azoknak a temetkezési tárgyaknak a méreteit, amik „átférnek” a járat töréspontján.



2. ábra: Korai sírkamra kialakítások



3. ábra: A királynő kamra szintbeli elhelyezkedése, mellékárok kialakításával



4. ábra: A király kamra gránit fedőköveinek elhelyezése

2. | A nagy piramis belső felépítése

Az összes piramis közül a nagy piramis rendelkezik a legösszetettebb belső felépítéssel. A felhasznált építési technikák közül soknak megtalálhatjuk az előképét a korábbi sírkamrákban, de sok olyan megoldással is találkozhatunk, amelyek ennél az építménynél jelennek meg először [1. ábra].

2.1. Földalatti sírkamra

A földalatti sírkamra teljesen a mészkőbe vágva készült és nincsen befejezve [4]. Ez a befejezetlenség sok kérdést vet fel a kutatók körében a kamrák építési sorrendjével kapcsolatban. Sok kutató feltételezte, hogy a félkész állapot félrevezetés, és innen egy rejtett kamra nyílhat. A kincsvadászok ezért néhány „feltáró” járatot ástak, de nem bukkantak rejtett kamrára vagy kincsre.

Ez a sírkamra szerkezetében a Dzsó-szer fáraót követő romos piramisokkal van rokonságban. Elképzelhető, hogy itt állt már egy régebbi masztaba vagy egy elkezdett piramis. Ez megmagyarázza a kútakna felső részén található „barlang” kialakítását, hiszen ez akkor

a mésző felszínén volt. Nem bizonyítható, de a legnagyobb piramis is egy meglévő sír „újrahasznosításával” kezdődhetett.

A kamra két részből áll, egy 6 méter széles befejezett és egy 8 méteres félkész szakaszból. Feltételezhető, hogy a kisebb kamrát utólag próbálták kibővíteni, amit azonban sohasem fejeztek be. Talán ekkor született meg az ötlet, hogy a sírkamrákat inkább a piramis belsejébe építik. Amennyiben volt egy felépítmény a sírkamra felett, akkor az a felfelé induló folyosó vonaláig tarthatott. Ebből a feltételezésből kiindulva, Kheopsz nem akarta használni az „ódivatú”-nak számító földalatti kamrát, az Ő építkézése a felfelé vezető folyosóval kezdődött.

2.2. Felfelé vezető folyosó

Egy felfelé vezető folyosó ötlete már megfogalmazódott Sznofru kis szatellit piramisában. Ez a járat rossz állapotban van, a mésző sok helyen szétmállott. Egységes távolságokban nagy függőleges támaszkövek akadályozzák meg az alagút „lecsúszását”. Ezek a támaszkövek hatalmas „lyukas” monolitok, amiken a folyosó átvezet. A kialakítás azt bizonyítja, hogy egy ilyen felfelé vezető alagút építésében bizonytalanok

lehettek. A rossz minőségű kövek használata a több fázisú építkezésre utalhat, vagy csak az egyik közeli mészőbánya volt rossz választás. A folyosó szélessége két királyi könyök (104 cm), ami szabványosnak mondható az építkezésen. Ez az a szélesség, amit kőgerendával közvetlenül le „mertek” fedni. A meidumi piramisban, ahol kiszélesedik a járat, álboltozatos tehermentesítő kamrákat építettek fölé.

2.3. A „nagy üreg” és a nyereggerendák építése

A folyosó végén az út elágazik: az egyik irányban a nagy galéria található, míg egy vízszintes járat a királynő kamrájához vezet. Ennek a vízszintes járatnak a szintje [5] pontosan megegyezik a nemrég feltárt „nagy üreg” padlóval (5. ábra). Elképzelhető, hogy ez egy tervezett bejáratnak készült, de valószínűbb, hogy itt tesztelték először a mésző nyereggerendák építési technikáját.

Az eredeti bejárat feletti szokatlan szerkezeti megoldások régóta foglalkoztatják a kutatókat. A lefelé vezető folyosó áthidalói túlméretezettek, a felfelé elhelyezkedő dupla nyereggerenda-pár pedig túl magas van ahhoz, hogy tehermentesítés céljából építették

volna. A felfedezett „nagy üreg” pedig tovább fokozta a bizonytalanságot.

A feltárt folyosó a szakirodalomban kezdetben „nagy üreg” néven jelent meg, jelenleg azonban az „északi oldali folyosó” (NFC: North-Face Corridor) elnevezés a legelterjedtebb [6]. A folyosószakasz végén a padlószint megemelkedik, ami egyben a királynő kamrájához vezető folyosó szintjével is megegyezik. Elképzelhető, hogy ezt a fedett teret eredetileg egy másodlagos bejáratnak szánták, ám ezt az elképzelést később elvetették.

Valószínűbb, hogy miután elérték a királynő kamra magasságát, itt tesztelték a nyereggerendák építési technikáját. Ez a lefedési mód korábban még nem fordult elő az egyiptomi építészetben. A gerendákat szinte pontosan egymásnak döntve építették meg, az oldalirányú eltolásuk nem jelentős. A gerendák felső végei közelében kis bemélyedések találhatók, amelyek szinte biztosan fa támaszok fészkeiként szolgáltak (5. ábra).

Egy ilyen folyosó minél közelebb kerül a külső burkolathoz, annál nagyobb szerkezeti kockázatot jelent, ha a végén nem kap megfelelő megtámasztást. Lehetséges, hogy ez a felismerés vezetett a másodlagos bejárat tervének elvetéséhez. Ugyanakkor a statikai megtámasztásról mégis próbáltak gondoskodni: a napjainkban is látható két-két kőgerenda-pár feltehetően ezt a funkciót látta el.

A bejárat két oldalán fennmaradt kőmaradványok alapján megkísérelhető a második „üreg” rekonstruálása. Ez az újabb szerkezet egyaránt szolgálhatott a nyeregszerkezet tesztelésére és a statikai megtámasztás biztosítására. A két „folyosó” azonban nem kapcsolódik egymáshoz, közöttük az átjárás elképzelhetetlen. A második „üreg” gerendái valószínűleg döntött helyzetben álltak, és nem kizárt a kétszintes kialakítás sem. Elhelyezkedése miatt már a bejárat tehermentesítésének szerepe sem tűnik irreálisnak.

A két nyereg kialakítása azonban szerkezetében és kivitelezésében is teljesen eltér egymástól. Az első (beljebb lévő) szerkezet faoszlopokkal lett megtámasztva, és szélesebb gerendákból épült. A második szerkezet az építés során vízszintes fa gerendákra támaszkodott, ezt a megmaradt kőtámaszok is alátámasztják. Ezek a nyereggeren-

dák magas, de vékony mészkövekből állnak. Ez a forma akár a bejárat folyosó hatalmas áthidaló gerendáiból is kivágható lett volna. Nem kizárt, hogy a ki nem faragott, megmaradt nyereggerendákat vízszintes áthidalóként építették be.

A belső folyosó oszlopfészkeit és fa oszlopait nehéz úgy elképzelni, hogy az építés során valódi segítséget nyújtottak volna. Szinte lehetetlen úgy manőverezni a több tíz tonnás kövekkel, hogy az oszlopok pontosan illeszkedjenek a mélyedésekbe. Valószínűbb, hogy ezeket a már felépített „tetőszerkezet” utólagos megtámasztására használták. Egy ilyen megtámasztás indokolt lehetett, ha a szerkezet tetején később még nagyobb köveket mozgattak [7].

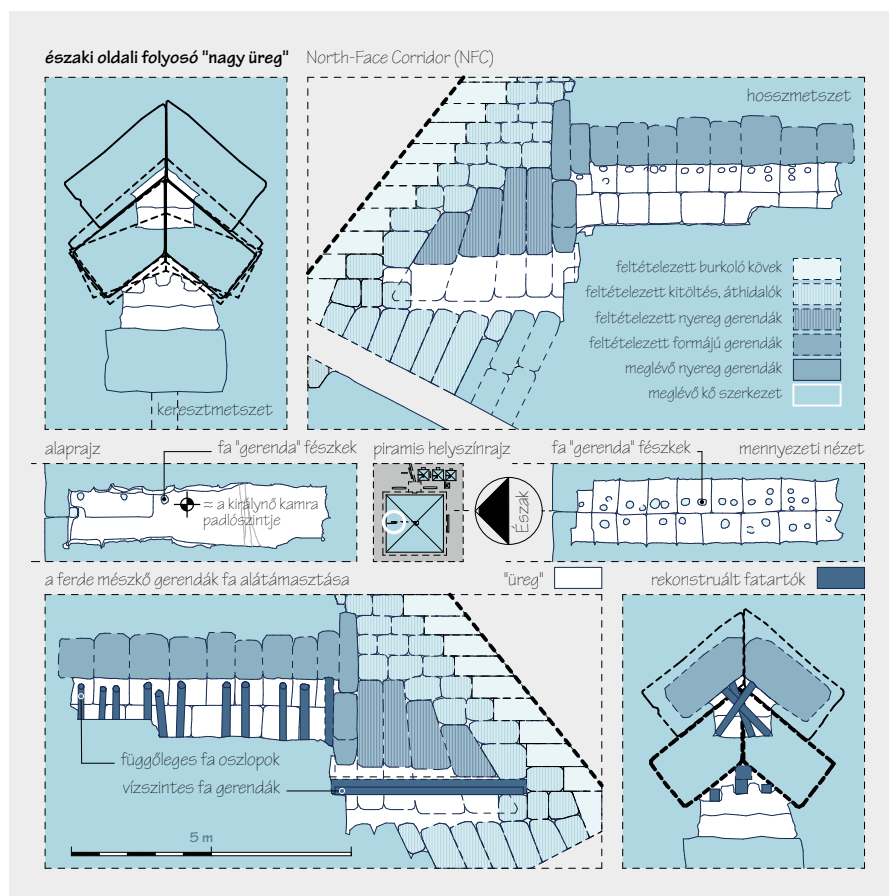
Mivel a faanyag rendkívül értékes volt, az építkezés egy bizonyos fázisában a fa támaszokat az üresen hagyott oromzaton keresztül eltávolították. Az oldal-záró köveket felülről ki lehetett emelni, illetve utólag is be lehetett helyezni. A folyosó rusztikus felületeit

simára lehetett volna csiszolni, de a jelenlegi állapot azt mutatja, hogy ez nem történt meg. Amennyiben ez csupán egy próbaépítmény volt, valószínűleg eleve nem is tervezték végleges kialakítását.

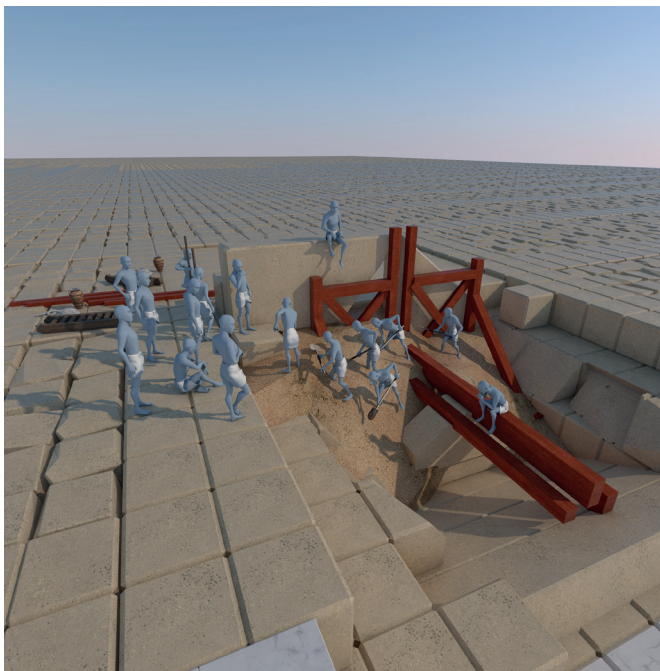
2.4. Királynő kamra

A sírkamra elnevezése félrevezető, mert a piramisban elméletileg nem temettek el a fáraón kívül mást. Igaz, hogy minden piramist kiraboltak, ezért egyetlen piramisban sem találtak soha kincseket vagy fáraó múmiát. A sírkamra padozatán fa oszlop fészkek maradtak meg, amik a nyereggerendák építéséhez adhattak állványzatot. A kamra oldalfalában egy álboltozatos falmélyedés található. A kutatók feltételezték, hogy ez egy titkos kamrába vezet, ezért „feltáró” járatokat ástak.

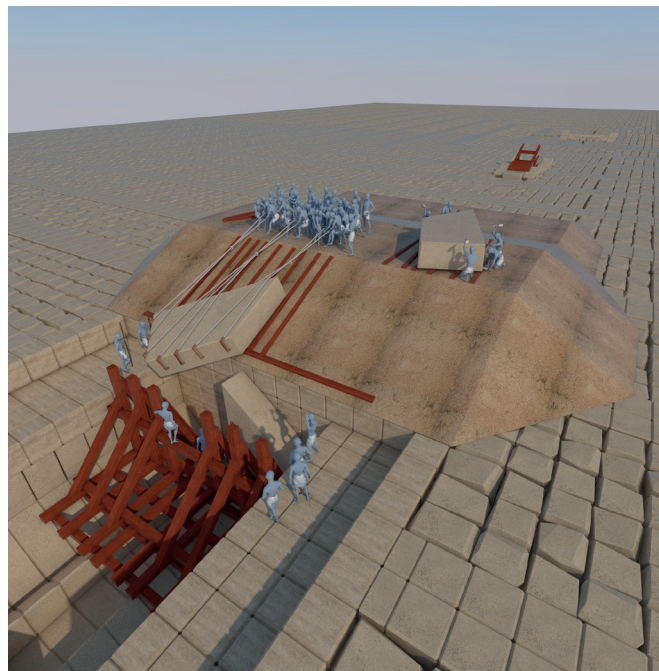
A kivitelezés szempontjából ennek a „nyílásnak” sokkal valószínűbb magyarázata is adható. A kamra nyereggeren-



5. ábra: A bejárat nyereggerendák kialakítása (metszeti ábrázolás)



6. ábra: A bejárat feletti kőgerendák elhelyezése homok segítségével



7. ábra: A kőgerenda függőleges leeresztése

dáinak építéséhez, megtámasztásához tudjuk, hogy használtak faoszlopokat. Feltételezhető, hogy megtámasztásnak ideiglenesen köveket, homokot is használtak. A tetőgerendák elkészülte után a nagy szerkezeti állványzatot, köveket a kis, csatlakozó vízszintes folyosón nem tudták volna kivinni. A kamra mellett ezért ideiglenesen építettek egy aknát (3. ábra). Az aknába átvezető nyílás méretéből adódóan csak álboltozatos kialakítású lehetett. A segédszerkezetek eltávolítása után az aknát feltöltötték, a nyílást befalazták.

A befalazott átjáró álboltozatos formája vélhetően az első sírrablóknak is szemet szúrt, ezért kibontották azt, de mögötte már csak a feltöltött akna köveit találták. Ezeket a kibontott köveket, sok más kővel egyetemben a „tisztítások” során hordhatták ki. A „falfülke” nem szimmetrikus elhelyezése is ezt az elméletet támasztja alá.

2.5. Nagy galéria

A nagy galéria ferde kialakítású álboltozatos rendszere sem tekinthető előzmény nélkülinek, hiszen a Meidum piramisban a tehermentesítő kamrák hasonló felépítésűek. A különbség a méretben van és abban, hogy itt a folyosót és a tehermentesítő sávot ösz-

szevonták. Ilyen monumentális méretű kialakításra csak a gránitdugók miatt nem lett volna szükség, mint az említett szatellit piramis példája is megmutatta. Ilyen széles folyosó építésére vélhetően a fáraó temetési tárgyainak a tárolására miatt lehetett szükség.

A folyosó mindkét oldalán egyforma távolságban falmélyedések találhatók [8]. Ezek a mélyedések legvalószínűbben olyan fagerendákat tartottak, amik az álboltozat építési állványzataként szolgálhatott (3. ábra). A ferde álboltozat mészkő köveit nagy pontossággal kell a helyükre tolni. Amennyiben túltolnak egy követ, gyakorlatilag lehetetlen lenne azt visszahúzni a helyére. Az állványzat nemcsak a pontos elhelyezést, hanem a kövek lebillenését is meg kellett, hogy akadályozza. Az álboltozat túlnyúlása csak egy tenyérnyi, egy kő így biztonságosan elhelyezhető, de amíg a boltozat kövei nincsenek megfelelően leterhelve, fennállhat a lebillenés veszélye.

A boltozattal párhuzamosan 2/3 magasságban mindkét oldalon található egy 10 cm vastag bemélyített horony. Ez egy ferdén futó fafödémeket tarthatott. Ez a födém (tető) állványzatként szolgálhatott az építés során, védte a galériát a behulló homoktól, de „munkavédelmi” szempontból is indokolható a 10 méteres mélység felett. A falmélyedésekbe

illesztett gerendák a temetés során tartották lépcsős kialakításban pódiumokat, burkolatot vagy álmennyezetet is.

A piramis folyosó rendszere, de a nagy galéria sem szolgálhatott a piramis építése során a kövek mozgatására. Olyan elképzelés, ami a zárókövek lecsúsztatásán kívül a kövek mozgatását belső folyosókon képzei el [9], alapvetően téves mérnöki szempontból. A méretek nem teszik lehetővé a manőverezést, a munkások elhelyezését. Egy belső álboltozatos, spirális rámpa építése mérnöki szempontból nagyobb kihívás, mint bármelyik ismert belső kamra felépítése. Egy ilyen, a külső felülettel párhuzamos álboltozat nincs megfelelően leterhelve, az összeomlana, valamint a sarkokon egy nagyobb kő mozgatása lehetetlen.

2.6. Király kamra

A lecsúszó záróköveken kívül a piramisban csak a királykamra építéséhez használtak gránitot [10] A gránit olyan kemény, hogy a sírrablók azt csak nagy nehézségek árán tudták volna áttörni. Az előkamra (1. ábra) biztonsági rendszerében is lecsúszó gránit lapok zárták el a kamra bejáratát. A kirabolt sírkamra azonban azt bizonyítja, hogy az emberi „lelemény” itt is győzött a kemény kővel szemben. A kamrát itt

hatalmas, vízszintes gránit gerendák fedik. Egy ilyen gerenda akár 80 tonnát is nyomhat **[4. ábra]**. Ezek a gerendák azonban nem bírták volna el a fölé tornyosuló kövek súlyát, ezért teherelosztó kamrákat építettek fölé.

A fáraó feltételezett végső nyughelyét öt egymásra épített tehermentesítő kamra védi a beomlástól. Az alsó négy kamrát vízszintes gránit gerendák fedik. A legfelső kamra mészkő nyereggerendákkal fedett. Teherelosztás szempontjából statikailag a legfelső kamra is elég lett volna, de akkor a szerkezet oldalnyomása veszélyeztette volna a nagygalleria tetejét. Az, hogy a teherelosztó kamrák magasra nyúljanak, végső soron a rájuk nehezedő kősorok számát (az összteherelést) is csökkenti.

3. | A kamrák lefedése

A piramis köveit, beleértve a legnagyobbakat is, rámpák és szánok segítségével a megfelelő helyükre lehetett szállítani. A sírkamrák lefedését azonban sokkal nehezebb megmagyarázni. A ferde mészkő nyereggerendák átlagosan 35 tonnásak, a hatalmas, vízszintes gránit gerendák pedig elérik a 80 tonnát. A lefedéshez fa, kő- és homok állványzatot használhattak, az oldalirányú mozgathoz pedig fa gerendákat és rámpákat. A mozgathat olajozás vagy a csúszós gipszhabarcs könnyíthette meg.

3.1. Vízszintes gerendák

A legnagyobb gránit gerendák mozgathatása a méretük ellenére a legegyszerűbb. Alacsony súrlódás mellett fa szánokkal és fa gerenda sínekkel, vízszintesen 160 ember tud elhúzni 80 tonnát [11]. A királykamrát fel kell tölteni homokkal és egy 6°-os rámpán le lehet engedni a köveket a helyükre. Egy ilyen beolajozott lejtőn a kő magától lecsúszik, és 20 ember elég az ellentartáshoz **[4. ábra]**. A homokot eltávolítani a még be nem fejezett nagy galéria végén lehet. A tehermentesítő kamrák gerendáit hasonló módon lehet megépíteni, a homok a kamra hiányzó végfalon eltávolítható.

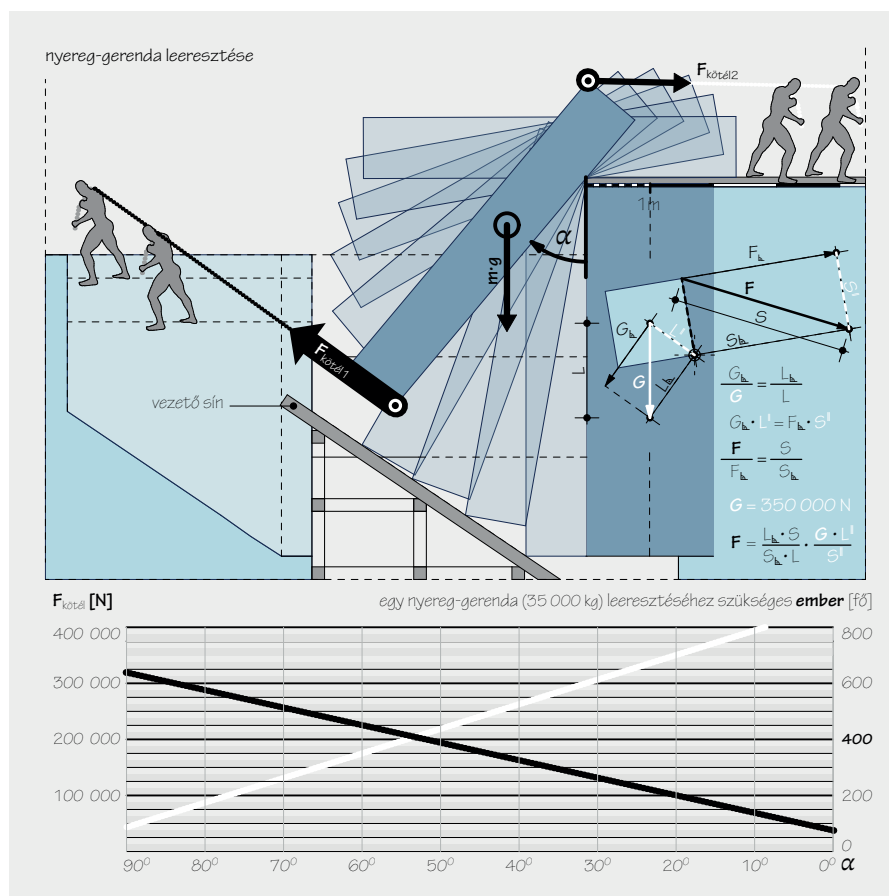
3.2. Nyereggerendák

A ferde kőgerendák mindenhol mészkőből készültek. Sok elmélet foglalkozik az elhelyezéssel és legtöbbször a kövek helyre illesztését az alattuk lévő homok eltávolításával képzelik el. Arra lehet elméletet kidolgozni, hogy egy homokkal feltöltött sírkamra fedőköveit a homok kilapátolásával illesztik helyre **[6. ábra]**. Ebben az esetben biztosítani kellene, hogy a kövek oldalirányba ne tudjanak elmozdulni. Ez nagyon komoly fa támrendszert feltételez, és az esetleges elmozdulásokat szinte lehetetlen utólag korrigálni. Két egymásra helyezett gerenda rendszer esetében a felső elhelyezésére ez a módszer nem ad magyarázatot. Ilyen dupla gerendázatra pedig jól láthatóan a bejárat felett láthatunk példát. Elképzelhető, hogy a királynő kamra és a legfelső tehermentesítő kamra felett is dupla gerendázat van, azonban ezt még nem tárták fel. Egy 35 tonnás gerendát vízszintesen 60 ember el tud húzni olajozott szánokon.

3.3. Függőleges leeresztés

Egy magasabb pozícióba húzott mészkő gerendát függőlegesen is a helyére lehet eresztetni **[7. ábra]**. Ebben az esetben komoly megtámasztó szerkezetre van szükség, ami nem engedi kimozdulni a helyére csúszó követ. A kő a saját súlyától is a helyére csúszna (esne), azonban a végén olyan gyors lenne az ütközés, hogy az könnyen eltörhetne.

Amennyiben kontrollálni szeretnénk a kő mozgását, kiszámíthatjuk az ellentartáshoz szükséges erőt, illetve a mozgathoz szükséges emberek számát **[8. ábra]**. Egy ember a számításban 500 N erővel tudja tartani a kötelet. 4-5 cm átmérőjű kenderköttelek használatakor azok húzószilárdsága elegendő a kövek mozgathoz, az ellentartáshoz. A lecsúszó kő megtartásához célszerű két csapatot használni, mert a geometriából adódóan a mozgathoz elején vagy a végén hatalmas erők jelennek meg. Meghatároztam



8. ábra: A kőgerenda vízszintes leeresztéséhez szükséges ellentartó erő (metszeti ábrázolás)

az egyensúlyhoz szükséges erőket az ábrázolt minden fázisban, statikailag határozott szerkezetként, a rajzon megadott képletek alapján. A nyílak az erőket, a kóták a hosszakat jelölik. A grafikonokon jelölt erők színezése az adott kötelek színe szerint történt. (A számítás statikai egyensúlyt modellez, nem számol a kő csúszásával, a kő magától is lecsúszna, az ellentartásra annak biztonságos és szabályozott elhelyezése miatt van szükség.) Egyirányú húzás esetén (a számítások erre vonatkoznak) maximálisan 600-800 emberre van szükség, hogy a kő ne magától zuhanjon le. Két irány esetében 400+400 ember a létszámszükséglet, ami nem kedvezőbb az előző megoldáshoz képest. (Félúton megtámasztva a követ a 400 ember átmehetne a másik oldalra, de ez a gyakorlatban kivitelezhetetlen.) A piramison rendelkezésre állhatott ez a létszám [12], de mérnökként nem ez tűnik a legjobb megoldásnak. 700 ember a követ pusztá kézzel meg tudná emelni, ha hozzáférne.

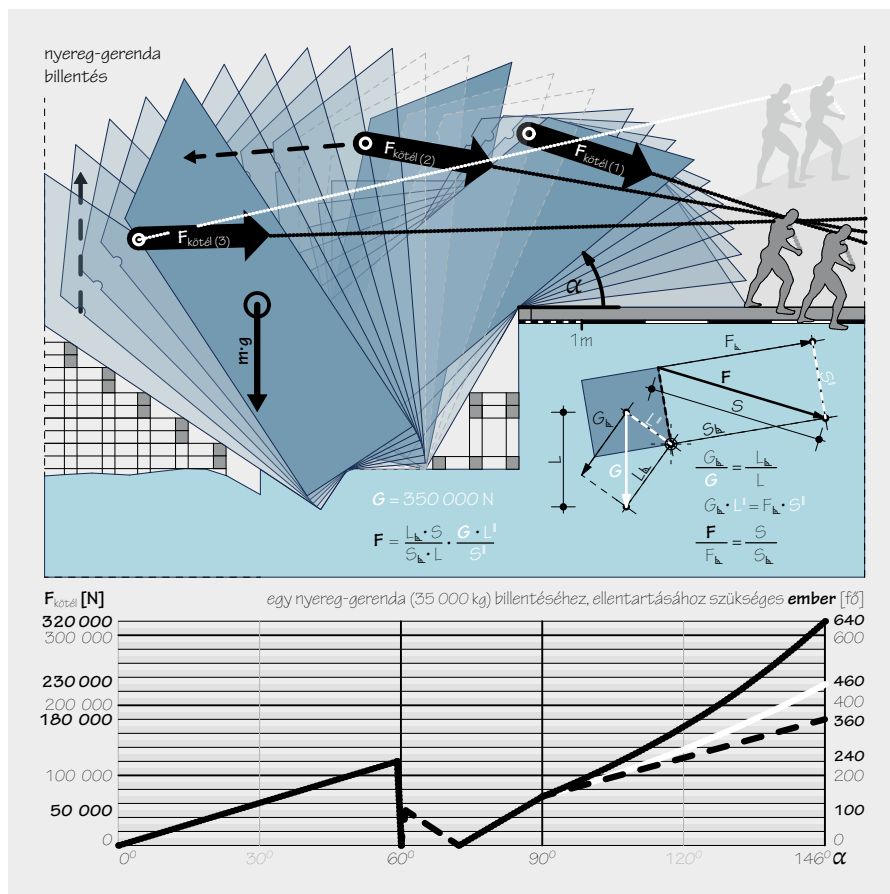
3.4. Billentés

A nyereggerendákat egy megfelelően előkészített fogadó szinten, oldal irányban is a helyükre lehet billenteni. A billentésnek megvan az az előnye, hogy több olyan stabil pozíció is adódik, ahol a húzóerő irányát meg lehet változtatni a folyamat közben, így a munkások átvezényelhetők egy másik pozícióba. A műveletet a **9. ábra** mutatja be. A grafikonon az erők jelölése az ábra erő jelöléseit követi. Az átbillentésnél a kő saját súlyától a helyére tudna esni, de ez is a repedés, törés kockázatát jelentené. Ennél a megoldásnál sem lehet elhagyni az oldalirányú megtámasztást, valamint azt az állványzatot, ami a köveket alátámasztja. Több szakaszra bontva a mozgatást, 200, illetve 400 ember szükséges a helyre illesztéshez. Amennyiben csak lassítani szeretnénk az „esést”, kevesebb ember is elég lehet, de akár növényi bálákkal is tudjuk csökkenteni a „becsapódás” erejét.

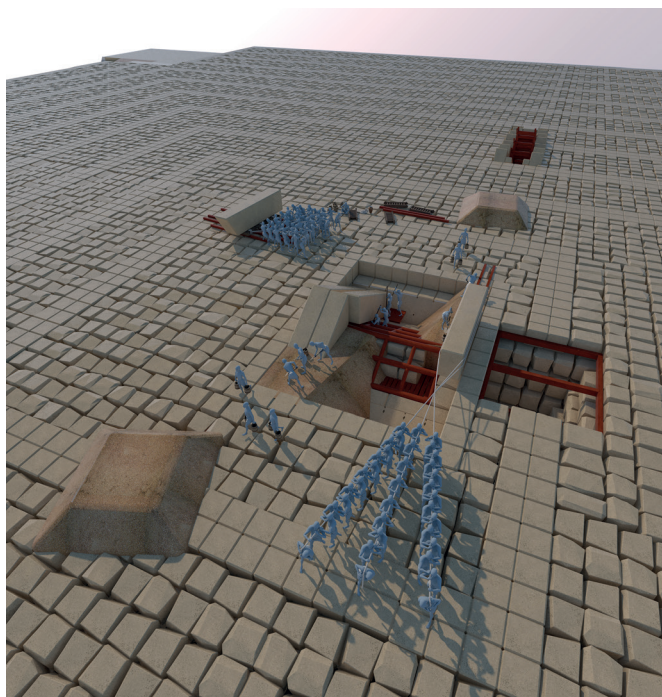
3.5. Eltolás

Készítsünk egy állványzatot, ami a nyereggerendák alátámasztását szolgálja. A gerendák kedvezőbb megtámasztása érdekében az egymásnak támaszkodó gerenda párokat el fogjuk tolni egymáshoz képest. A kamra felét homokkal feltöltjük vagy fa alátámasztást használunk. Az első gerendát vízszintesen elhúzzuk a kamra feléig, ott átbillentve a helyére csúsztatjuk. A vízszintes állványzatot (homokfeltöltést) áthelyezzük a kamra másik oldalára. Az előbb elhelyezett kő mellett a másik irányból egy követ lecsúsztatunk a szemben lévő oldalra. Ez a kő vízszintes irányban nincs a helyén, ezért azt oldalirányban a helyére kell csúsztatni (**10. ábra**). Mivel a szemben lévő kövek tengelyei nincsenek egy vonalban, ezért ezt az oldalirányú elmozdítást csak a kő szélességének a felével kell elvégezni. A csúszást a gerendák olajozása megkönnyítheti. Az alátámasztó gerendák minimális túlelemelésével (alátét lécz) a szemben lévő kövek nem akadnak össze. A királynő kamra tetőszerkezetének építéskor a mellé ideiglenesen kihagyott „gödör” a kivitelezést nagyban megkönnyíti.

A gerendák vízszintes mozgatásakor előnyös a jól csúszó olajozott felület. Ebben az esetben 80 ember a kamra feléig el tudja húzni a követ. Innen az magától a helyére csúszna, de a kő csúszását 100 ember teljesen kontrollálni tudja. A súrlódási együtthatót növelve, érdes fagerendákat használva pár ember elegendő a lecsúszás irányításához. Kedvezőtlen körülmények között 100 ember biztosan meg tudja tartani a mozgó gerendát (**11. ábra**). A második gerendát az ellentétes oldalról csúsztatják a helyére. A gerendát az alátámasztó állványzaton vízszintesen a helyére kell tolni. Egy 35 tonnás gerendát fa feszítő gerendák segítségével 10 ember a helyére tud tolni. Ez a megoldás két egymásra rakott gerendásor esetében is használható. Ilyenkor az alsó gerendák állványzatként szolgálnak, a csúszást a felületek között pedig híg gipszhabarcs biztosítja.



9. ábra: A nyereggerendák billentéséhez szükséges erők (metszeti ábrázolás)



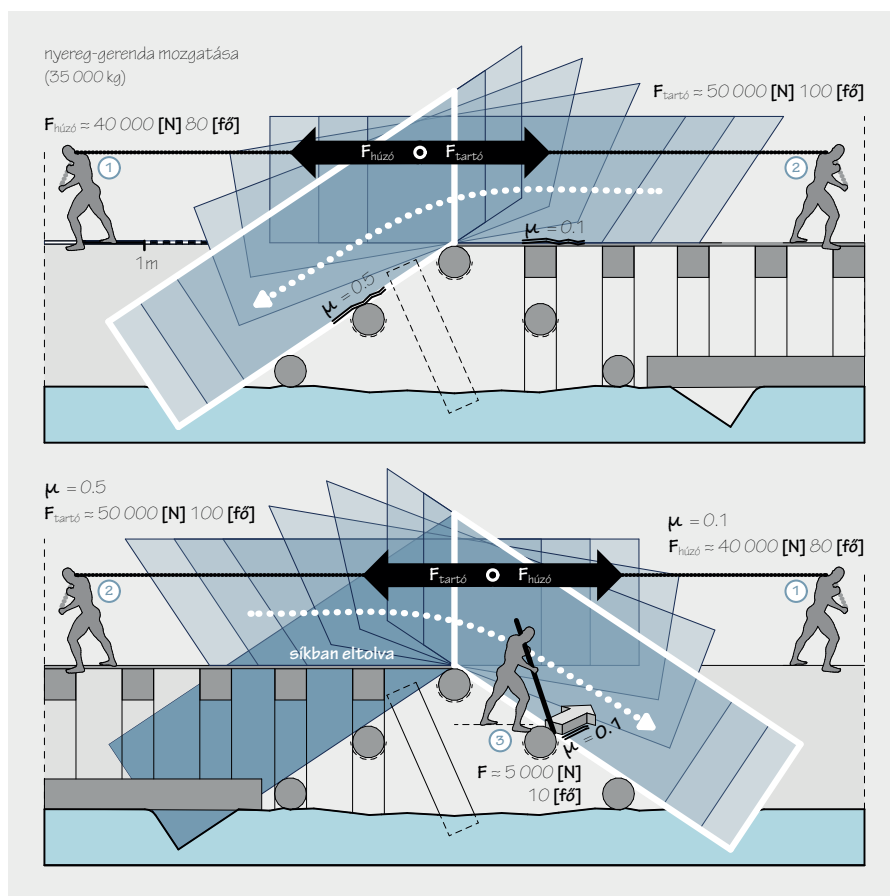
10. ábra: A királynő kamra tetőszerkezetének építése

4. | Összefoglalás

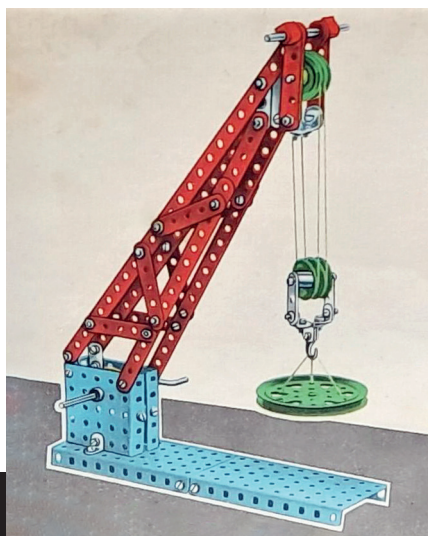
Építésként a 11. ábra szerinti megoldást tartom a legvalószínűbbnek. Természetesen nem tudhatjuk, hogy a valóságban milyen kivitelezési módszert alkalmaztak, azt azonban sikerült igazolni, hogy ezeknek a hatalmas gerendáknak a beillesztése technikailag megvalósítható. Kheopsz piramisa nem csak a méretében, hanem a belső kialakításában is egyedülálló. A felhasznált szerkezetek mérete, bonyolultsága komoly erőforrásokat vehetett igénybe. A hatalmas köveket nagy magasságba kellett szállítani. Ez rámparendszerekkel megoldható, de a rámpák szélessége a gerendák mérete miatt igen jelentős volt, ami lassította az építkezést. A hatalmas munka és a kivitelezés bonyolultsága mély nyomot hagyhatott az utódokban, mert az ezt követő valamennyi megépült piramis kisebb méretekkel rendelkezett. A belső sírkamrák kialakítása és száma pedig sokkal egyszerűbb lett.

Irodalomjegyzék

- [1] Keith Hamilton: The Great Pyramid Void, A layman's guide. <https://www.academia.edu/98053499>
- [2] Peter James: Saving the Pyramids: Twenty First Century Engineering and Egypt's Ancient Monuments. University of Wales Press, 2018.
- [3] Aidan Dodson: The Layer Pyramid of Zawiyet el-Aryan: Its Layout and Context. Journal of the American Research Center in Egypt, vol. 37 (2000), pp. 81-90. <https://doi.org/10.2307/40000524>
- [4] Mark Lehner, Zahi Hawass: Giza and the Pyramids: The Definitive History. University of Chicago Press, 2017.
- [5] Mohamed Elkarmoty, Johannes Rupfle, Khalid Helal és munkatársai: Localization and shape determination of a hidden corridor in the Great Pyramid of Giza using non-destructive testing. NDT & E International, vol. 139 (2023), 102809, <https://doi.org/10.1016/j.ndteint.2023.102809>
- [6] Hany Helal, Mehdi Tayoubi: Le couloir de la face nord de la Grande Pyramide (SP-NFC) découvert par la mission ScanPyramids. Bulletin de la Société française d'égyptologie (2024) no. 211, pp. 67-82
- [7] Sébastien Procureur, Kunihiro Morishima, Mitsuaki Kuno és munkatársai: Precise characterization of a corridor-shaped structure in Khufu's Pyramid by observation of cosmic-ray muons. Nature Communications, vol. 14 (2023), no. 1144. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-36351-0>
- [8] W. M. Flinders Petrie: The Pyramids and Temples of Gizeh (revised edition). Histories & Mysteries of Man, 1990.
- [9] Bob Brier, Jean-Pierre Houdin: The Secret of the Great Pyramid: How One Man's Obsession Led to the Solution of Ancient Egypt's Greatest Mystery (illustrated edition). Smithsonian, 2008.
- [10] Dietrich Klemm: The Stones of the Pyramids: Provenance of the Building Stones of the Old Kingdom Pyramids of Egypt (1st edition). De Gruyter, 2010.
- [11] Tom Fowlie, Michael Douglas: Decoding The Great Pyramid. NOVA PBS, 2019, <https://youtu.be/gFP-7Z9HLww>
- [12] Mark Lehner, Pierre Tallet: The Red Sea Scrolls: How Ancient Papyri Reveal the Secrets of the Pyramids. Thames & Hudson, 2022.



11. ábra: A gerendák eltolása (a súrlódási tényezők a nyugalmi állapotra vonatkoznak)



Játék, konstruálás és tanulás: az építés szerepe a kreativitás fejlesztésében

Playing, construction and learning:
the role of building in creativity development



Lenkei Balázs

DLA, egyetemi docens,
Soproni Egyetem
Kreatívipari Intézet,
ORCID: 0009-0000-2922-5375
lenkei.balazs@uni-sopron.hu

Ferenczy Noémi-díjas formatervező iparművész, háromszoros Magyar Formatervezési Díj-nyertes (2008, 2009, 2015). 2012-től a MOME oktatója, 2019–2024 között a Soproni Egyetem Alkalmazott Művészeti Intézetének igazgatója. Tervezési munkái infokommunikációs, biztonságtechnikai, egészségügyi és járműipari területekre terjednek ki. Legismertebb alkotása a MÁV IC+ kocsik designja. Kutatási témái közé tartozik a járműtervezés és a járműtörténet, az ergonómia és a formatervezés.



Preklet Edina

okl. fizika és matematika szakos tanár, PhD, egyetemi docens,
Soproni Egyetem
Alaptudományi Intézet,
ORCID: 0009-0001-5985-6220

e-mail: joobne.preklet.edina@uni-sopron.hu
PhD fokozatát az anyagtudományok és technológiák tudományterületén szerezte. Faanyagtudományi és csomagolótechnológiai kutatásai nemzetközileg elismert folyóiratokban jelennek meg. Oktatási tevékenysége során kiemelt hangsúlyt fektet az innovatív és kreatív oktatási módszerek alkalmazására. Az utóbbi években szakmai érdeklődésének egyik fókuszába kerültek a Z és az alfa generáció tanulási szokásainak eltérő mintázatai és ezek korszerű oktatási gyakorlatokra gyakorolt hatásai.

Kivonat / Hun

A 2000-es évek egyik nagy kérdése, hogy a digitalizáció milyen hatással van a gyermekek fejlődésére és a jövő generációira. A digitális tartalmakra fordított idő jóval meghaladja a klasszikus játékokkal való foglalatosságot, pedig a konstrukciós játékok bizonyítottan fejlesztik a kreatívipar számára kulcsfontosságú készségeket. A tanulmány bemutatja a játékok fejlődését és oktatási szerepét, valamint olyan világhírű egyetemi versenyeket, amelyek támogatják a „játékos tanulás” elvét és a szakmai karrierépítést. Az építész-, építőművész- és faipari mérnök szakos hallgatók körére fókuszálva választ keres arra, miért nem teljesülnek Magyarországon az oktatásfejlesztési célok, és milyen akadályok nehezítik a projektalapú oktatás bevezetését. Megállapítható, hogy bár a digitalizáció egyre nagyobb teret nyer, az oktatás nem követte ezt megfelelően a kreatív készségek fejlesztése terén.

Kulcsszavak: kreatív tervezés, konstrukciós játékok, játékos tanulás, projekt alapú oktatás, digitalizáció hatása

Abstract / Eng

One of the big questions of the 2000s is the impact of digitalisation on the development of children and future generations. The time spent on digital content far outstrips the time spent on classic games, even though construction games have been shown to develop key skills for the creative industries. The paper will describe the development and educational role of these games, as well as world-renowned university competitions that support the concept of “playful learning” and career development. Focusing on students of architecture, civil engineering and wood engineering, it seeks to answer the questions of why educational development goals are not being met in Hungary and what barriers hinder the introduction of project-based education. It can be concluded that, although digitalisation is gaining ground, educational development has not followed this up adequately in terms of developing creative skills.

Keywords: creative design, construction games, playful learning, project-based education, impact of digitalisation

Lektorált **artalom**

1. | A játék és a korai nevelés szerepe

1.1. Az innováció nemcsak cél, hanem lételemünk

A második ipari forradalommal léptünk abba a korszakba, amikor a tudás gyarapítása mellett annak közvetlen hasznosítása, az innováció különösen hangsúlyossá vált. Jelenlegi gazdasági rendszerünk egyik, ha nem a legfontosabb hajtóanyaga az innováció és annak különböző formái [1]. Sőt, az innováció ma már nemcsak a vállalatok és globális gazdasági-pénzügyi mechanizmusok mozgatórugója, hanem lassan saját magunk és civilizációnk túlélésének zálogává vált; például a földi ökoszisztéma drasztikus változása és az azokhoz való alkalmazkodás okán.

Heidegger „Kérdés a technika nyomán” című 1954-ben megjelent esszéjében [2] a technikát nem csupán eszközként értelmezi, hanem egy sajátos létmódként (Ge-Stell), amely keretezi és meghatározza az emberi kapcsolatot a világgal. Kiemeli, hogy a modern technika nem egyszerűen az emberi szükségletek kielégítésére szolgáló eszköz, hanem egy olyan folyamat, amely önálló dinamikát nyerhet, és amely az emberi létezés is alakítja. A technika fejlődése, a mesterséges intelligencia térhódítása számos új lehetőséget ad az emberiség kezébe. Ugyanakkor nem szabad megfeledkeznünk a tudományos és a kreatív gondolkodás fontosságáról, az emberi kíváncsiságról és alkotóerőről – illetve ezek szerepéről az emberi civilizáció létrehozásában, bolygónk mai arculatának kialakításában.

Éppen ezért elengedhetetlen, hogy az elkövetkező generációk alkotó elméi olyan komplex készségek birtokában legyenek, amelyekkel a jövőben még egy mesterséges intelligenciával rendelkező gép sem tudja felvenni a versenyt. Ahogy az OECD PISA stratégiája fogalmaz: „A természettudomány-tanítás feladata, hogy felkészítse a tanulókat arra, hogy képesek legyenek szembenézni a következő évtizedek kihívásaival” [3]. Mindezt úgy kellene tenniük, hogy egy rendkívül turbulens történelmi korszakot élünk, s nemcsak a társadalmi, de a környezeti változások is egyre hektikusabbak. A 4K kifejezés az, mely tulajdonképpen magába foglalja mindazt, amire egy 21. századi innovatív megoldásokat létrehozó embernek szüksége van: kommunikáció, kritikai gondolkodás, kollaboráció, kreativitás.

1.2. „Education through play” – a „játékos” tanulás elve

Az 1960-as és 1970-es évek során az Egyesült Államokban alakult ki az „education through play” elve, amely a gyakorlati tanulás fontosságát hangsúlyozta, és éppen az innovációt volt hivatott serkenteni új oktatási módszerek által – elsősorban az STEM rövidítéssel aposztrofált területeken. (A STEM kifejezés csak 1990-es évektől terjedt el, science: természettudomány, technology: technológia, engineering: mérnöki tudomány, mathematics: matematika területek rövidítéseként, a STEAM esetében az art szó is csatlakozott a rövidítés betűihez.) Lényege, hogy a tanulók (óvodától a középiskoláig) játékokon keresztül szereznek gyakorlati tapasztalatokat és mélyebb megértést az adott témákban.

Bónus és Csapó összehasonlító elemzése [3] bemutatja, hogy az Egyesült Államok erre a területre kidolgozott programja, a Next Generation Science Standards (NGSS) már az óvodás (!) gyerekek természettudományos tanításába bevezeti a mérnöki tervezést. „Ugyanis a gyerekek rendkívül kreatívan terveznek és építenek különböző dolgokat, például szívesen építenek erődöt, babaházat, homokvárat. A pedagógus feladata ennek a természetes tendenciának a felhasználása azáltal, hogy segít a tanulóknak felismerni, hogy a kreatív energia eszköz lehet a problémák megoldására és a célok elérésére egy szisztematikus folyamaton keresztül, amit mérnöki tervezésnek nevezünk. (...) A mérnöki tervezést viszi tovább 3-5. évfolyamra is. Ezen a szinten – a korábbi évfolyamokra építve – a tanulók már szisztematikusabb és kreatívabb módon vesznek részt mérnöki tervezést igénylő feladatokban és mindhárom szakaszban (probléma meghatározása, lehetséges megoldások kidolgozása, legjobb megoldás kiválasztása / tervek javítása) fejleszteniük kell képességeiket. Ez a megközelítés jobban felkészíti a tanulókat azokra a hivatásokra, amelyeknél a természettudományos tudás alkalmazására nagymértékben szükség van.” [3] (Itt kell kiemelni, hogy a NGSS program a „design” szót használja a mérnöki tervezésre (engineering design) és számos alkalommal használja a „design solution”, „design problem” kifejezéseket, ami nem minden esetben vág egybe a „planning” kifejezéssel, hanem a „design” klasszikus jelentésére utal.)

A természettudományok „nagybetűs” életben való alkalmazásának demonstrálása, a mérnöki / kreatív tervezésnek a tudatos (ki)fejlesztéséhez olyan iskolai feladatokra és projektekre van szükség, ahol a tanulók életszerű helyzetekben a problémákat teljes komplexitásukban látják. Idevág három további szempont:

- a projektmenedzsment agilis módszere sprint és értékelő / visszacsatoló fázisokból áll, azaz van egy sajátos lüktetése, mely bár tartalmaz határidőket, mégis inkább a cél hatékony elérésére koncentrál;
- a csapatmunka, mely személyek közötti kommunikáción alapul, és sem a modern tudomány nem működne, sem a gazdasági szereplők nem lennének életképesek nélküle;
- a Csíkszentmihályi Mihály nevéhez fűződő flow-elmélet, mely azt írja le, amikor az emberek optimális vagy csúcsteljesítményt nyújtanak, akkor megfigyelhetünk magukról, az időről, s ez leginkább az alkotó fázisokra jellemző [4].

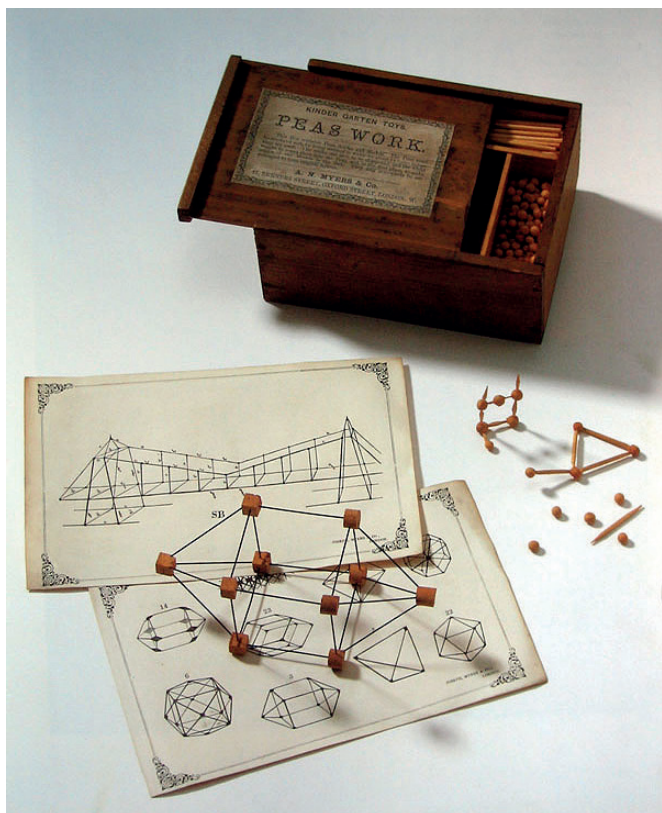
1.3. A zöldborsó és a sztárépítész

Ugorjunk vissza a 20. század közepére, amikor Buckminster Fuller, világhírű amerikai építész, nagy hatású gondolkodó, a geodéziai dóm feltalálója a következőképpen nyilatkozott egy massachusettsi óvodában gyermekként szerzett tapasztalatairól: „Az első óvodai napom egyikén a tanárnő hozott nekünk fogszékelyt és félig szárított borsót, és azt mondta, készítsünk ebből szerkezeteket. Rossz látásommal megszoktam, hogy csak tömegeket látok. Egyáltalán nem éreztem a szerkezeti vonalakat. A többi gyerek, akinek jó volt a szeme, ismerte a házakat és az istállókat. Mivel nem láttam, természetesen más érzékszerveimhez folyamodtam. Amikor a tanár azt mondta, hogy készítsünk szerkezeteket, megpróbáltam olyat készíteni, ami működik. Tolva, majd húzva azt tapasztaltam, hogy a háromszög megtartotta alakját, amikor semmi más nem. A többi gyerek téglalap alakú

szerkezeteket készített, amelyek úgy tűntek, hogy felálltak, mert a borsó tartotta őket formában. A tanár felhívta az összes többi tanárt az általános iskolában, hogy nézzék meg ezt a háromszög alakú szerkezetet. Emlékszem, meglepődtem azon, hogy meglepődtek.” [5]

Fuller kisgyerekként egy olyan óvodába járt, mely Friedrich Fröbel német pedagógus elveit alkalmazta. Fröbel 1837-ben alapította meg az első Kindergartent, azaz mai értelemben vett óvodát és felismerte a játéknak az egyén személyiség-fejlődésében játszott szerepét. Ehhez „adományok” nevezett tárgyakat ajánlott a kicsiknek: labdát, golyót, nyolc egyenlő részre osztott kockát, nyolc hasábra osztott kockát, hengert, lapokat, léceket, papírszalagokat stb., valamint fejlesztő játéknak ajánlotta a papírhajtogatást, de a fent említett borsó-fogpiszkáló foglalkozást is (1. ábra). Jól kimutatható az összefüggés Fuller különleges szerkezeti megoldásai és a kisgyermekkorában megszerzett játékokkal kapcsolatos tapasztalatai között.

Máthé Katalin egyik tanulmánya [6] rávilágít, hogy Fröbel fejlesztőpedagógiájának mekkora hatása volt Frank Lloyd Wright építész karrierjére is, aki legelső építészeti szárnypróbálgatásait a gyermekkorában édesanyjától kapott Fröbel-adományokkal való foglalatosságára vezette vissza. „Az akkor kilencéves Wrightot építésznek szánták, és ígéretes tehetségként nevelték. A hársból készült építőkockák és az azok egy-egybe rendezgetésére szolgáló négyzethálós osztású asztalka mellé Anna Lloyd Wright egy az édesanyák számára szervezett pedagógiai tanfolyamon való részvételt is megvásárolt, hogy fiát szakszerű instrukciókkal láthassa el a Fröbel-adományok hasz-



1. ábra: A Fröbel-féle zöldborsó játék [6]

nálatához.” [7] De említhetnénk Georges Braque, Paul Klee, Piet Mondrian, Le Corbusier és Johannes Itten nevét is, akik szintén ilyen intézményekben nevelkedtek kigyermekként. Ittennek később Kindergarten-nevelői képesítése is volt, s 1919-től a Bauhaus meghatározó alakjaként oroszlánrészt vállalt a műhelyrendszerű oktatás szervezésében, ahol a természet- és anyagtanulmányokat, kontraszt-, forma- és ritmustant oktatott.

2. | A konstrukciós / konstruáló játékok családfája

A konstrukciós / építő játékok vagy a körülöttünk lévő világ kicsinyített méretarányú modelljei vagy absztrakt téri világok manifesztációi, melyek léptékükből és építési logikájukból adódóan fejlesztik a kézügyességet, a térlátást és a problémamegoldó képességet: szerkezeti, egyensúlyi, statikai, esztétikai, absztrakciós kompetenciákat. Ezeknek a játékoknak a családját néhány archetípusra lehet visszavezetni, s ezekből nőttek ki, ágaztak el idővel az újabb és újabb konstrukciós játékfajták elsősorban a gyártástechnológia fejlődésének, az alkalmazott anyagoknak vagy egy-egy innovatív ötletnek köszönhetően. A fa és fém alapanyagok alkalmazását a gumi, majd az 1960-as évektől a különféle műanyagok megjelenése követte, de új lehetőségeket nyitottak meg a mágnesek, neodímium mágnesek és az elektro-mechanikus komponensek is a 2000-es évektől.

Fontos mérföldkő a digitális játékok megjelenése, melyeknek térnyerése a játékipacon az 1980-as évekre tehető, majd az 1990-es és 2000-es években a technológia fejlődése és a hozzáférhetőség bővülése tette igazán meghatározóvá őket a játékipacon. A digitális játékok persze másfajta lehetőséget kínálnak a fantázia és a kreativitás kibontakoztatására. Ezek a játékok nemcsak a valóság határait feszegetik, hanem olyan virtuális környezeteket teremtenek, ahol a játékosok szabadon kísérletezhetnek, tervezhetnek és új világokat alkothatnak – fizikai (és gyakran sajnos etikai) korlátok nélkül.

A Minecraftban például a játékos saját képzelete szerint formálhatja a környezetét, kockákból építkezve. Ez a játék a konstruáló játékok kreatív szabadságát és a konstrukciós já-



2. ábra: A klasszikus Meccano készlet [8]

tékok precíz, célorientált elemeit egyesíti. A játékos döntései és a játékmód választása határozza meg, hogy éppen melyik típus dominál. Ez a kettősség az egyik oka annak, hogy a Minecraft ennyire népszerű és sokoldalú: egyszerre támogatja a szabad önkifejezést és a logikus problémamegoldást. Hasonlóan, a Kerbal Space Program nemcsak tudományos ismereteket közvetít, hanem tervezési és problémamegoldási képességeket is fejleszt. Bár a digitális játékok sok esetben eltávolítanak a hagyományos értelemben vett kézügyességet és fizikai interakciókat igénylő tevékenységektől, cserébe egy olyan platformot biztosítanak, amely a komplex gondolkodás, a történetmesélés és az absztrakció új szintjeit nyitja meg.

2.1. A Meccano és Matador típusú játékok

A konstrukciós játékok egyik őse az angliai „születésű” Meccano 1898-ból [2. ábra], mely az alábbi alapelemeket tartalmazta:

- különböző hosszúságú lekerekített végű fémlapok, egyenlő távolságban elhelyezett lyukakkal,
- a lapokat csavarkötéssel lehet egymáshoz rögzíteni,
- már kezdetben része volt a készletnek a tengely és kerék, illetve különféle tárcsák.

A Meccanoból összetettebb szerkezeteket, például darukat, hidakat, gőzgépet vagy járműveket építhettek azok a 8-14 éves gyerekek, akik a mechanikai szerkezetek – fogaskerek, csigák, emelőrendszerek, karok – működésében szívesen merültek el. De az 1920-as évektől mérnökök és modellezők is használták a szetteket. A Meccano a mai napig kapható, újabb változatai már nemcsak merev, hanem rugalmas-hajlítható fém lapokat is tartalmaznak.

A Meccanoval szinte egyidőben szabadalmaztatta Matador nevű fa építőjátékát Johann Korbuly osztrák mérnök. A cégtörténet szerint ötletét az adta, hogy Korbuly végignézte, amint három fia egymás alkotásait rombolja le, amelyeket fakockákból építettek. Mi lenne, ha ezeket a blokkokat facsapokkal kötné össze? Így születtek a fából készült, hasábszerű, vagy hosszúkas, furatolt építőelemek, melyeket fa pecek segítségével lehet egymáshoz kapcsolni.



3. ábra: A KGST országokban elterjedt csehszlovák Merkur építőkészlet

A Meccano rokonának tekinthető a német Märklin cég az 1914-es Metallbaukasten játéka, majd annak kelet-európai replikái, továbbgondolt változatai, melyek idehaza is közismertek voltak: a Fémépítő játék, a Merkur [3. ábra], a BZ Metallbaukasten és a Technokid. Ezek a szocialista ipar lehetőségeihez mérten silányabb anyagokból és a precizitást kevésbé ösztönző üzemi körülmények között készültek.

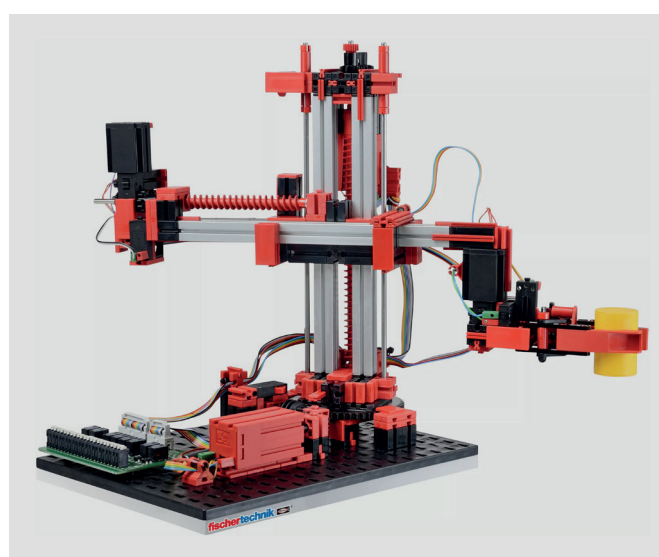
Az építőiparban dübeleiről, kötőelemeiről ismert Fischer cég konstrukciós játékkészletét eredetileg meglepetésnek szánták 1964 karácsonyán a mérnököknek és ipari ügyfeleknek. Az ajándékok olyan népszerűnek bizonyultak, hogy egy évvel később, 1965 karácsonyára a cég bemutatta első kiskereskedelmi építőkészletét Németországban. A kitek elemei erőteljesen a mérnöki gondolkodást sugallják geometriájukban, építési logikájukban és színvilágukban is [4. ábra]. Részben a Meccano távoli rokonai, részben a gépészmérnöki világból származnak, s ennek köszönhetően nemcsak szabadidős, hanem oktatási célra is kifejezetten alkalmasak. Ma már pneumatikus, elektromechanikus, elektronikus komponensek is elérhetőek, melyek kifejezetten a „makerek” számára kínálnak (Arduino, Raspberry stb.) kompatibilis fejlesztési lehetőségeket, akár az egyetemi oktatási keretek között is.

2.2. Tinkertoy

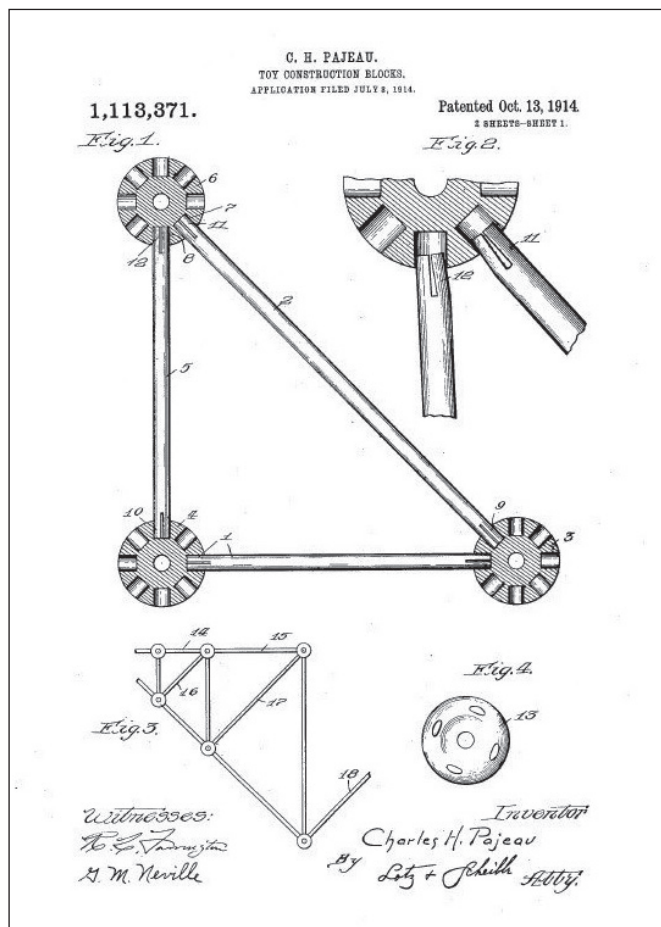
Az amerikai Charles H. Pajeau által 1914-ben szabadalmaztatott, szellős, 3D szerkezetek építésére alkalmas Tinkertoy [5. ábra] tulajdonképpen a fröbéli borsó-fogpiszkáló játék elveit követi, s két alapelemből állt:

- hengeres pálcikákból és
- lyukakkal ellátott hengeres csomópontokból.

A Tinkertoy egyik ikonikus leszármazottja a szocialista érában a Műanyag és Fémfeldolgozó Szövetkezett által gyártott Babylon, mely műanyag pálcákból és 26 lyukú, golyó alakú csomópontokból állt, s kifejezetten oktatási célokra szánták. Ha valakinek az 1958-as brüsszeli világkiállítás jelképe, az Atomium jut eszébe a játékról, az nem a véletlen műve.



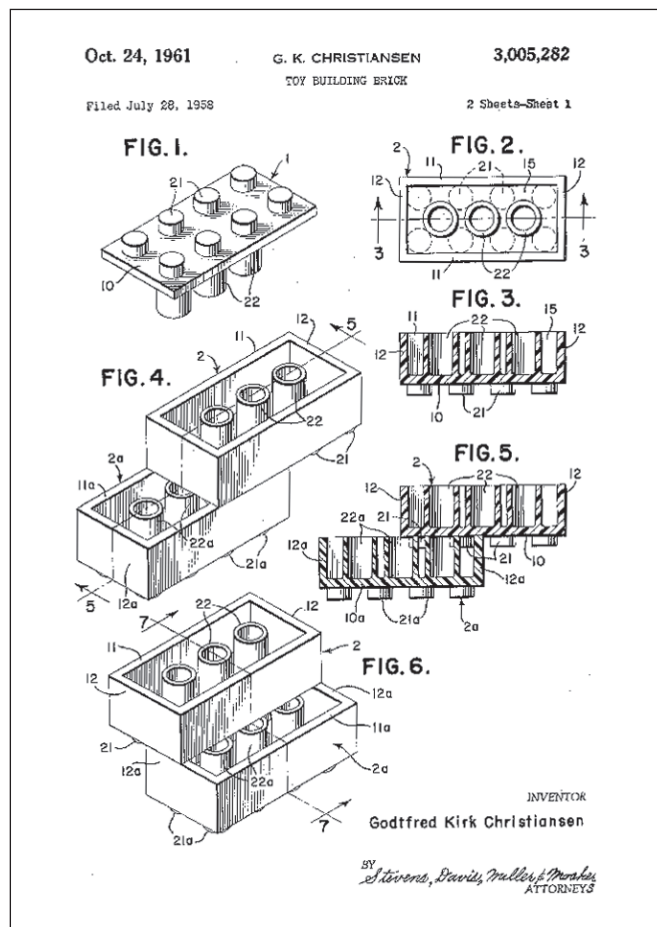
4. ábra: A Fischertechnik egyik elektromotorokkal hajtott készlete [9]



5. ábra: A Tinkertoy szabadalmi leírásának ábrája [10]



6. ábra: Geomagból összeállított rácsos tartószerkezet [11]



7. ábra: A LEGO szabadalmi leírásának ábrája [12]

1998-ban a mágnesek specialistája, a svájci Claudio Vicentelli szabadalmaztatta a Geomagot (6. ábra), mely szintén rudakból és golyókból álló konstrukciós játék, de a rudakat nem alakítható, hanem neodímium mágnesek rögzítik a csomópontként funkcionáló acélgolyókhoz. A készlet a 2000-es milánói és nürnbergi játékiállításokon hatalmas sikert aratott. Ezután a játék gyorsan elterjed világszerte és kiegészült egyéb építőelemekkel is célzott konstrukciós helyzetekre (tárcsák golyóscsapágyakhoz, karosszériaelemek járművekhez stb.)

2.3. LEGO

A dán LEGO Group által gyártott műanyag építőkockák maiakkal kompatibilis első változatát 1958-ban mutatták be (7. ábra). A játék legfőbb újdonsága az volt, hogy a többnyire négyszögletes építőelemek tetején egy raszter mentén bűtykök helyezkedtek el, aljuk pedig lyukas volt, így biztosítva az elemek egymásba kapcsolódását. 6 darab 2x4-es építőelem 915 103 765 féle variációban csatlakoztatható, ami óriási változatosságot biztosít. Az első készletek csak elvéve tartalmaztak a négyszögletes alapformától különböző elemeket (pl. ablakokat, lejtős tetőidomokat), de a LEGO népszerűségének növekedésével, az újabb és újabb szettek megjelenésével a kompatibilis elemek a mai napig szaporodnak.



8. ábra:
A Mola konstrukciós
rendszerből készített
épületmodell [15]

1977-ben az idősebb gyerekeket célozta meg a LEGO Technik, mely a Meccanohoz hasonló, lyuggatott elemeket, továbbá tengelyeket, fogaskereket, csapokat is tartalmazott mechanikus szerkezetek építéséhez.

A LEGO építőköcek mindig is magukban hordozták az oktatási segédeszközként történő felhasználást, és már a korai '60-as években is voltak olyan tanárok, akik különféle módon használtak LEGO kockákat az osztályteremben. A LEGO harmadik generációs tulajdonosa, és vezérigazgatója Kjeld Kirk Kristiansen kifejezett célja volt, hogy a LEGO tanulási segédeszköz is legyen, ezért 1980-ban létrehozta a LEGO Institutional Department nevű részlegét [13]. Ma már külön weboldal és LEGO készletek, valamint oktatási program áll rendelkezésre a STEM, STEAM területekhez az óvodától a középiskoláig bezárólag.

A LEGO Architecture Studio 2013-ban jelent meg a piacon és célzottan az építészeket, designereket szólította meg. Ez a különleges készlet eltért a hagyományos LEGO szettektől, mivel kizárólag fehér és áttetsző LEGO-elemeket tartalmazott, lehetővé téve az absztrakt, minimalista és professzionális megjelenésű makettek építését.

A LEGO üzleti modelljét és a kockák töretlen sikerét bizonyítja, hogy 2023-ban a cég forgalma akkora volt, mint a két legnagyobb amerikai riválisáé, a Mattel és Hasbroé együtt [14].

2.4. Mola

A brazil Marcio Sequeira építész által kifejlesztett konstrukciós építő-szett újszerű – intuitív és játékos – módon tanítja meg az építés és designer hallgatókat a szerkezetek tervezésére és azok viselkedésének tanulmányozására. Az építőjáték (8. ábra) rúdjai, pálcikái, rugói, láncai, mágnesei és merev lapjai az alapvető szerkezeti elemeket és csomópontokat reprezentálják, melyek a különböző igénybevételekre eltérő módon reagálnak, s tulajdonképpen a húzó-, nyomóerő, forgatónyomaték és a különböző támaszok stb. viselkedését szemléltetik. Ezt a játékot kifejezetten felsőfokú oktatási célokra fejlesztették ki, de egy 10-12 éves kisdíák is örömet lelhet benne, ha fogékony ezekre a problémákra.

3. | Műszaki-technológiai egyetemi versenyek – innováció és buli felsőfokon

Az oktatás és az oktatási segédeszközök sem tudják azonban önmagukban megvalósítani a 4K koncepció egészét, ezért az alábbi blokkban olyan példákat mutatunk be a felsőoktatás világából, melyek a kreatív-konstrukciós-mérnöki ismeretek elsajátítására, gyakorlati alkalmazására és csapatmunkára ösztönzik a projektek résztvevőit.

3.1. Tökhajtás és katapult

Az első katapultépítő eseményre valamikor az 1970-es években került sor egy indianapolisi iskolában. Inkább játékos kísérletként indult, hogy történelmi viseletbe öltözött diákok fegyvereket építsenek, csatákat imitáljanak, de a Pentagon hamar felfigyelt az eseményre; a vietkong ugyanis katapultokkal támadta harci helikoptereiket a vietnámi háborúban [16].

Később szerte az angolszász területeken elterjedtek a katapult építő egyetemi / főiskolai rangadók, mert a hallgatók integrálva tanulhatták a történelmi technológiákat, a mechanika és a kreatív tervezés alapjait. Az ostromgép – nemzet-



9. ábra: A Rowan University ASME hallgatói a „Pumpkin Chunkin” keretein belül kipróbálják az általuk épített hajtógépeket [17]

közi szóhasználatban a francia trebuchet – jól demonstrálja az alapvető fizikai elveket: forgás, erőkar, súlypont, kinetikai energia törvényszerűségeit, a csapatmunka pedig a projekt- és erőforrásmenedzsment, belső kommunikáció elsajátításában játszik szerepet. A trebuchet-k építését tervezés és kicsinyített méretarányú modellek építése előzi meg, a megvalósítás pedig a gyakorlati-szakmai fogások megtanulását célozza. Ezek a gépek általában könnyen hozzáférhető, olcsó anyagokból, lécekből, stáflikból készülnek, de van példa 4-5, vagy akár 8 méter magas gerendakonstrukciókra is, melyek sütőtököt vagy kosárlabdát hajítanak el. Az elkészült munkák bemutatója általában egy látványos és az érintett település számára is mozgalmas esemény (Purdue University, Upland High School, University of Windsor stb.) **(9. ábra)**.

3.2. Betonkenu

2012-2019 között Magyarországon is rendeztek betonkenu építő versenyeket **(10. ábra)**, amelyeken építőipari cégek, cementgyárak, de leginkább egyetemi csapatok vettek részt. Ennek a megmérettetésnek is az USA-ban találjuk meg az előzményeit az 1970-es években, majd 1981-ben Stockholmban rendezték meg az első nemzetközi versenyt. A kiírás szerint 4-6 méter hosszúságú cement kötőanyagú hajókkal lehet részt venni, melyeket nem merevíthet eltérő anyagú szerkezet, testüket és vízzáró rétegüket is kizárólag cement kötésű kompozit alkothatja. A versenyeredményeket nemcsak az evezős versenyen elért időeredmény határozza meg (férfi és női futamok), hanem olyan faktorokat is figyelembe vesznek, mint a mérnöki tervezés folyamata, innovatív szerkezeti és kivitelezési megoldások, tesztelés, projektmenedzsment, pénzügyi tervezés és üzleti prezentáció. A cél a betonkenu versenyek esetében is az, hogy a mérnöki gondolkodást, a kísérletező kedvet és az innovatív megoldások létrehozását serkentsék, ami gyakran különleges betonkeverék-tervekhez, vagy gyártási eljárásokhoz vezet, mint például 3D-nyomtatott zsaluzat, intelligens-dinamikus öntés, vagy 3D-nyomtatás. Az innovatív műszaki megoldások mellett helyet kapnak a vicces, vagy egészen túlzó formai megoldások is, például a norvégok viking hajóra emlékeztető kenui.



10. ábra: Az ETH Zürich hallgatóinak betonkenuja a 2017-es versenyen [18]

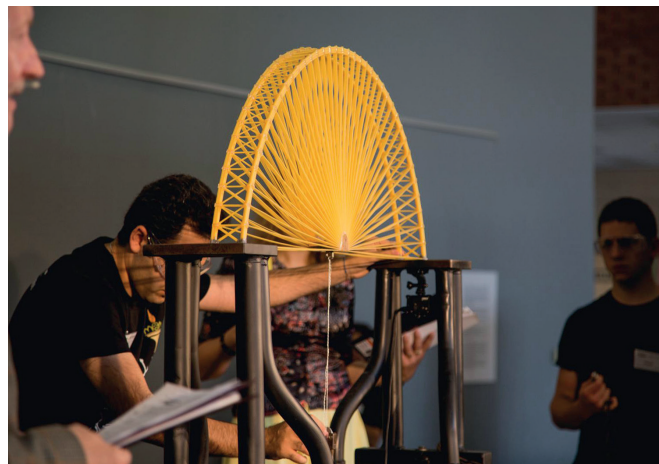
3.3. Híd dobozból

A Technische Universität München építészmérnök hallgatói egy sajátos tervezési és gyakorlati projektfeladatot kapnak tanulmányaik második szemeszterében évről-évre, mely immár két évtizedes múltra tekint vissza. A csapatoknak 30 perc áll rendelkezésükre, hogy egy előre megtervezett és Euro-szabványos dobozban összekészített alkatrészekből három méter fesztávolságú hidat építsenek össze, melynek teherbírása megegyezik prof. Stefan Winter tanszékvezető súlyával. A professzor saját bevallása alapján közel ezer ilyen hídon gyalogolt már végig az évek során, tesztelve azok teherbírását a feladat záróakkordjaként. Oktatóként ezzel a feladattal azt szeretné erősíteni, hogy a hallgatók ne csak az elméleti tudásukról adjanak számot, hanem az életben is álljanak helyt. Bizonyítsák rátermettségüket csapatmunkában, logisztikában is, és a kivitelezést, összeállítást is saját maguk végezzék el. A hallgatók az interjúk során kiemelték, hogy ez a projektfeladat mindig egyöntetű tetszést arat közöttük.

3.4. Spagettihíd

Az első tésztahíd-építő versenyek az 1980-as évekig vezethetők vissza, s többek között Észak-Amerikában, Európában és Magyarországon is rendeztek ilyen versenyeket. Az Óbudai Egyetem 2005-től RECCS néven saját versenyt szervezett a hazai és a környező országok hallgatói számára, mely később világversennyé nőtte ki magát. 2019-ig összesen 17 ország vett részt, 150 csapattal, közel 350 hallgató 190 téstaszerkezetet épített, amelyek együttesen több mint 36 tonna terhelést bírtak el.

A versenyek célja, hogy az egyetemisták saját tervezésű téstahídjaikat mérnöki szempontok szerint optimalizálják és a teherbírásukat (általában statikus súlyerő) maximalizálják egy adott fesztávon (pl. 1 m), adott mennyiségű téstából (pl. 1 kg spagetti) **(11. ábra)**. Statikai számításokat és szilárdságtani ismereteket kell alkalmazniuk, melyek eredményeként a 2013-as világversenyen állították fel az eddigi rekordot 570,3 kg pontszerű terheléssel. Tartó kategóriában pedig Irán csapata a csúcstartó 666,3 kg teherbírással.



11. ábra: A spagettihíd építő verseny egyik terhelési próbája [19]

3.5. Solar Decathlon

Az építész szakmában talán a Solar Decathlon versenyek váltották ki a legnagyobb visszhangot. 2002-ben az Egyesült Államok Energiaügyi Minisztériuma hívta életre ezt az egyetemi versenysorozatot, amely világszerte diákok ezreit ösztönözte arra, hogy magas színvonalon tervezzenek és építsenek kiemelkedő energetikai hatékonyságú és alacsony szén-dioxid-kibocsátású lakóépületeket. Cél az éghajlatváltozás mérséklése megfizethető, magas életminőséget biztosító, rugalmasan alakítható épületek által. A nyertesek azok a csapatok, amelyek a legjobban integrálják a fenntartható technológiákat (pl. a víz- és hulladékgazdálkodást is), a megújuló energiaforrások használatát a modern építészeti szerkezeti, téri, esztétikai megoldásaiba.

Európában, Kínában, Afrikában és a Közép-Keleten is rendeztek a Solar Decathlon név alatt az adott régió sajátosságaihoz alkalmazkodó versenyeket, melyek eredményeként kész és működő lakóházakat építenek fel egy kiállítási területen a több szakterületet képviselő csapatok kétéves munkájának eredményeként. Hazánkban 2019-ben az ÉMI szentendrei Tudományos és Technológiai Ipari Parkjában építették fel a Solar Decathlon Europe mintaházait két hónap alatt 15 ezer látogatóval ismertetve meg a környezetbarát építészeti megoldásokat (12. ábra).

3.6. Formula Student

Több magyar egyetem vesz részt a Formula Student versenyszériában, azonban ez egy lényegesen nagyobb lélegzetvételű projekt, mint a fenti példák, s nem néhány napig, hétig, esetleg hónapig tart, hanem a több tucatnyi főt számláló csapatok évről-évre fejlesztik járműveiket, és már-már cégszerűen felépített szervezeti struktúrában és munkamegosztással dolgoznak. Nemcsak járműmérnök hallgatók, hanem számos más szakterület képviselői is aktív részesei a csapatmunkának: villamosmérnök, műszaki menedzser, informatikus, PR, szponzoráció és rendezvényszervezés stb. szakterületekért felelős hallgatók is.



12. ábra: A szentendrei Solar Decathlonon építészeti kategóriában a Hungarian Nest+ mintaháza nyerte el a második, energiahatékonysági kategóriában pedig a harmadik díjat [20]

3.7. Továbbá ...

Fontos megemlíteni, hogy több hazai egyetemi műhely is rendszeresen szervez építőtáborokat, projektalapú kurzusokat vagy közösségi építéseteket – például a MOME, Széchenyi Egyetem, de említhetjük a Hello Wood programjait is. Ezek nemcsak a szakmai identitás kialakításában játszanak szerepet, hanem a kollaboráció és az élményalapú tanulás fontos színterei is.

4. | Magyarok a nemzetközi mezőnyben: lemaradás vagy lehetőség?

A tantervek változása során és a digitális tevékenységek térhódításával a természettudományos kísérletezés mellett a kreatív alkotó és tervezési feladatok, konstrukciós gyakorlati foglalkozások is kiszorulnak az iskolai oktatásból és a szabadidős játékok köréből is – tulajdonképpen már 10-12 éves kortól, vagy még hamarabb. A konstruáláshoz kötődő készségek fejlesztése kapcsán fontos megkülönböztetni az életkori sajátosságokat is. A szabadidős tevékenységek köre nemcsak az egyéni érdeklődési körtől, hanem az életkortól is függ. Míg kisgyermek számára a szenzoros és intuitív felfedezés áll a középpontban – a játszótéri játék, a szerepjátékok, a gyurma, építőkockák, és a mesehallgatás –, az általános iskolás gyerekek életében a sportok, számítógépes játékok, és csak esetlegesen a társasjátékok, konstrukciós építőjátékok, kézművesség válnak meghatározóvá. A tizenévesek (13+) körében a sport, zenehallgatás, drámajáték, és az online / személyes közösségi tevékenységek, baráti találkozók kapják a fő hangsúlyt. A probléma mértékét csak most, a Z és az alfa generáció iskolai, középiskolai és egyetemi oktatásba való belépésével kezdjük felismerni. Az egyetemi korosztály számára pedig a projektalapú, interdiszciplináris együttműködés biztosít releváns keretet. A mai egyetemisták körében egyértelműen megfigyelhető a szerszámokkal, eszközökkel, anyagokkal szembeni tartózkodó, vagy éppen idegenkedő magatartás.

Nem mehetünk el szó nélkül amellett, hogy a magyar fiatalok természettudományos területen mutatott teljesítménye a PISA teszteken az utóbbi évtizedekben csökkenő tendenciát mutat és az OECD átlaga alá süllyedt, miközben ötven évvel ezelőtt a világ élvonalában voltunk. Az amerikaiaké – ha nem is nagy mértékben – növekszik, ötven éves távlatban pedig már egy markáns emelkedő trend figyelhető meg és a 2010-es évek végére megelőzte a magyart. (Árnyalja a képet, hogy sajnos az OECD átlaga is csökkent a 2022-es adatok alapján az elmúlt két évtizedben szemmel látható mértékben.) A hazai oktatáskutatók ugyanakkor széleskörűen és folyamatosan foglalkoznak a természettudományos gondolkodásmód kialakításának lehetőségeivel [21] [22]. Munkáikból az derül ki, hogy a természettudományok területén többféle szemléletű és irányzat jelent meg az utóbbi évtizedekben. Egyrészt a természettudományos tartalmak és problémák kiváló lehetőséget teremtenek a gondolkodásfejlesztésre, másrészt a természettudományok tanulása, a hierarchikus fogalomrendszer elsajátítása elősegíti a más területeken is alkalmazható, általános gondolkodási képességek fejlődését [23].

A tapasztalatok azt mutatják, hogy a kreatív kompetenciákat igénylő szakokon az egyén korlátozott kompetenciái akadályozzák a hatékony teljesítményt az egyetemen is. Kedvezőtlen tapasztalat az is, hogy egy-egy kreatív tervezési feladat megoldásához az egyetemi hallgatók nem inspirációk, előzmények, analógiák keresésére és elemzésére használják az internetet, hanem az ott talált példát egész egyszerűen lemásolják és sajátjukként prezentálják. De ezt nem restségből, vagy kibúvót keresve teszik, hiszen a szituáció abszurditását sem érzik, s fel sem merül bennük az alkotó felelőssége az eredeti gondolatok iránt.

4.1. Mi volt / van a magyar tantervekben?

Az 1978-as tantervi reform bevezette a technikaórákat, amelyek a gyakorlati készségekre fókuszáltak, mint a barkácsolás és az egyszerű gépek működésének megértése. A felső tagozatosok ejtőernyőt, tutajt, periszkópot és más modelleket készítettek, miközben megismerték az alapanyagok tulajdonságait, a szerszámhasználatot és a konstrukciós alapelveket. Ehhez sok iskolában külön tantermet is kijelöltek.

Az 1995-ös Nemzeti alaptantervben az alsósok az anyagalakítás alapjait, a felsősök pedig a kézműves technikákat, szerelést, építést és modellezést sajátították el, kiegészítve vizuális kommunikációs ismeretekkel. A 2012-es NAT [24] már a nemzeti vonatkozású elemeket és a tárgy- és környezetkultúrát is beépítette a tananyagba, az alsó tagozaton a kreativitás kibontakoztatására helyezve a hangsúlyt. A felső tagozaton az óraszámokat az iskolák saját tantervei szerint oszthatták el (az ajánlás éves szinten 36 óra), de a tematikába bekerült a háztartásvezetés, fenntarthatóság és pályaaorientáció is. Ez azonban jelentősen csökkentette az alkotó és konstrukciós tevékenységekre fordítható időt.

Bereczki Enikő Orsolya egy kutatásban elemezte [26] a 2012-es NAT-ban a kreativitás fogalmának érvényesülését és szerepét és rávilágított, hogy már a fogalom definíciója is hiányzik, értelmezése pedig szerteágazó. A tanárok fejében – külföldi publikációk tanúsága szerint is – még nagyobb a káosz: kreativitásról alkotott implicit elméletek olyan tévhiteken alapulnak, minthogy a kreativitás egy misztikus és titokzatos jelenség, és értelmezése teljesen inkohereens. Lannert Judit oktatáskutató több tanulmányban és előadásban foglalkozik a kreativitás oktatásban betöltött szerepével [25].

A hatályos 2020-as NAT [26] tartalmazza ugyan a „Technika és tervezés” tárgyat heti 1 tanóra keretében az alsóbb évfolyamokon, ami inkább a modern technológiákra és kreatív tervezési folyamatokra helyezi a hangsúlyt. Ezek között szerepelhet makettek készítése papírból vagy újrahasznosított anyagokból, tervezési feladatok papíron vagy digitálisan. De ez az óraszám például a nyolcosztályos gimnáziumok esetében nagyrészt elvész, mivel a gimnáziumok hajlamosak más tárgyakra helyezni a hangsúlyt (pl. idegen nyelvek, matematika, természettudományok hagyományos oktatása).

A tantervi kereteken túl számos alternatív oktatási műhely – gyakran fizetős formában, vagy állami, illetve európai uniós forrásokkal támogatva – épít be konstruáló tevékenységeket a tanulásba. Ilyenek például a DesignPed középiskolás programjai, a CAN EDU, a KulturAktív vagy az ARKKI kezdeményezései, amelyek különféle közösségi térformálási feladatokon

keresztül segítik a kreatív, kísérletező tanulási folyamatokat. Ezek a programok különösen ott töltenek be fontos szerepet, ahol a hivatalos tananyag nem biztosít elegendő teret az élményalapú, gyakorlati pedagógiai módszereknek, ugyanakkor a részvétel anyagi feltételei is megoldottak.

4.2. Miért ragaszkodunk a 45 perces tanórákhoz?

Míg a 19. században és a 20. század elején Magyarországon a tanórák hossza nem volt egységesen szabályozva, és az iskolatípusoktól, valamint a helyi szokásoktól függött, a 20. század közepe óta nem változott a rendszer, a 45 perces tanórák váltak általánossá a közoktatásban. A 60 perces órák bevezetésére például elvételre találunk csak példákat, egyes iskolákban, helyi szinten. A 45 perces időkeret hosszabb annál, mint amennyi ideig a gyermekek és a fiatalok figyelme fenntartható, ugyanis a figyelem 20-30 perc után jelentősen csökken, ezzel együtt a tanulás hatékonysága is. Ez az időtartam is változott az évtizedek alatt, míg az 1990-es években a kutatások az egyetemista korosztálynál ezt igazolták, egy 2024-es brit felmérés alapján egy tipikus brit átlagosan mindössze 17 perc 10 másodpercig tud egy feladatra koncentrálni. A 18-24 éves korosztály tagjainak majdnem fele bevallotta, hogy 60 másodpercen belül elkalandozik a figyelmük, elveszítik a fókuszot egy adott feladattal kapcsolatban [27].

A magyar gyakorlat szerint 45 percbe sűrűsödik a tananyag, ami intenzív koncentrációt igényel. Aztán következnek a 10-15 perces szünetek, melyek nem alkalmasak arra, hogy a tanulók mentálisan és fizikailag is felfrissüljenek. Viszont a különböző tantárgyak és tanárok közötti gyakori váltás megzavarja a diákok tanulási ritmusát is. A szünetek optimális idejével és a tanulási folyamat szervezésével is több tudományterület képviselői foglalkoznak, például neurológiai vagy oktatáshatékonysági oldalról is [28]. Többen kutatták, hogy hogyan lehet a különböző korcsoportoknál a munka-szünet hatékonyságot növelni akár munkahelyi feladatszervezésben is [29], mégis Magyarországon a 45 perces tanórától való eltérést csak nagyon ritkán találunk. Ha ettől eltérnek, akkor leginkább olyan intézményekben, ahol nagyobb hangsúlyt fektetnek a projektekre, interaktív oktatásra vagy a komplex tantárgyakra, mint például a természettudományok, a művészeti tantárgyak, illetve az idegen nyelvek. A hosszabb órák bevezetése helyett lehetőségként például az egyes tantárgyak blokkjainak meghosszabbítása marad, a szünetek közötti időkihasználás vagy akár a szabadidős programok.

Magyarországon az iskolák számára 1993 óta kötelező saját pedagógiai programot készíteni, amit az 1993. évi LXXIX. közoktatási törvény írt elő. Ez a jogszabály szabályozta az intézmények működését és meghatározta a pedagógiai programok készítésének kötelezettségét. Bár a pedagógiai programok része lehet például egy projekthét, annak beépítése nem kötelező, az intézmények saját döntésétől és nevelési céljaiktól függ. Az innovatív szemléletű iskolák – különösen az alternatív pedagógiát alkalmazók – gyakran kiemelt jelentőséget tulajdonítanak a projektheteknek. Ezzel szemben az egyházi fenntartású intézményekben a projektek fókusza kevésbé kreatív feladatokon, inkább vallási és közösségi tevékenységeken van.

4.3. A magyar iskolaépületek többnyire inkompatibilisek a projekt alapú oktatással

A legtöbb magyar iskolaépületet a frontális tanítás elvárásai szerint alakították ki, ahol az osztályterekben a tanár kap központi szerepet, a diákok pedig egy irányba nézve, sorokban ülnek. A projektrendszerű oktatás viszont a csoportmunkára, kooperatív tevékenységekre és az interaktív tanulásra épít, amelyhez rugalmasan átrendezhető vagy multifunkcionális terek szükségesek. Az osztálytermek mérete, de leginkább a bútortér kialakítása ritkán teszi lehetővé a kisebb csoportokban végzett munkát vagy a különböző tevékenységek párhuzamos megvalósítását egymás zavarása nélkül. Ráadásul a legtöbb magyar iskolaépületben nincsenek olyan átmeneti, vagy közösségi terek, nyitott zónák, amelyek a projektalapú tanulás céljait szolgálnák.

Számos iskolaépület a megépítése óta nem esett át olyan komolyabb felújításra, amely figyelembe venné a korszerű oktatási elveket. Az újonnan épülő vagy felújított iskolák is gyakran az elavult pedagógiai elvekhez igazodnak, nem pedig a modern, diákcentrikus oktatás térbeli követelményeire. Vannak persze kiemelkedő példák is, mint az Alternatív Közgazdasági Gimnázium 110 éves épületének átalakítása (13. ábra), mely szerényebb költségvetéssel, nagyobb szerkezeti átalakítások nélkül, empatikus, befogadó tervezői szemlélettel készült el 2020-ban, és a MÉD különdíjával tüntették ki. „Az alternatív oktatási szemlélet és módszer másképpen szabja meg az iskolai élet kereteit, sokkal nagyobb önállóságot és felelősséget ad a diákoknak, ugyanakkor gyakorlatiasabb, az életre nevel.” – emelte ki a zsűri [30].

A hagyományos iskolai bútortér csak kompromisszumokkal alkalmas a rugalmas átrendezésre, ami alapfeltétele lenne a projektrendszerű oktatásnak. A csoportos tevékenységekhez moduláris bútorok vagy könnyen mozgatható asztalok

szükségesek, amelyek lehetővé teszik a tanulási környezet gyors átalakítását. Ráadásul a csoportokban egyszerre több párhuzamos tevékenység zajlik, amihez megfelelő akusztikai lehatárolás is szükséges [25] [31].

Ahhoz, hogy a diákok kreatív energiát felszínre lehessen hozni például a projekt alapú oktatás által, átfogó, a modern pedagógiai elveket követő infrastrukturális fejlesztésekre és az épületek célirányos átalakítására lenne szükség.

4.4. A technológiai infrastruktúra hiánya

A projektrendszerű oktatáshoz, vagy konstrukciós / kreatív feladatokhoz gyakran szükség van olyan eszközökre és technológiára, mely a magyar iskolák jelentős részében nem áll rendelkezésre. A fent bemutatott, oktatási célokra forgalomba hozott játékok nyugat-európai költségvetéssel mérve nem jelentenek „exkluzív” kiadást, a szettek pótlása, időről-időre történő aktualizálása, vagy fejlesztése az iskolai rutin része.

Amennyiben Magyarországon egy ilyen eszköz egyszeri beszerzésére forrás áll rendelkezésre, úgy azt gyakran csak egy szűk kör használhatja, az elkallódó alkatrészek pótlása pedig általában megoldhatatlan mind adminisztratív, mind anyagi, mind szervezeti okokból. A magyar valóságot kiválóan példázza a 2012-ben indult Öveges program, ahol több embert elítéltek a feltárt különösen nagyértékű költségvetési szabálytalanságok miatt, amellet, hogy sok intézmény sikeresen valósította meg a program egyébként nemes célkitűzéseit.

A középiskolák típusa jelentős mértékben befolyásolja a megszerezhető készségek spektrumát. Míg az általános gimnáziumokban jellemzően hiányoznak a képességeket és konstruáló képességeket fejlesztő tanórák, addig a technikumokban a tanterv szerves részét képezik a gyakorlati feladatok és a tanműhelyekben zajló képzés. A faipari mérnök,



13. ábra: Az AKG (Alternatív Közgazdasági Gimnázium) Kiscelli utcai épülete egy pozitív példa a közelmúltból, közösségi tér a folyosón [32] (fotó: Batár Zsolt)

építészmérnök, és építőművész szakokra felvett és jelentkező hallgatók aránya is arra enged következtetni, hogy gimnáziumokból jelentkezők kevésbé rendelkeznek a szakhoz szükséges konstruktív tervezési és implementációs készségekkel. A 2020-as években a szakképzésből jelentkeztettek és felvettek aránya minden évben magasabb, mint a gimnazisták esetén. (2024-ben például faipari mérnök képzésre a szakképzésből jelentkezők 73%-a nyert felvételt, míg gimnáziumból csak 53%, a felvi.hu adatai szerint.)

5. | Játsszunk, hogy alkossunk!

„Az ember igazán ember csak akkor, ha játszik.”

Friedrich Schiller Levelek az ember esztétikai neveléséről című művének a gondolatai. Azaz a játék nem pusztán szórakozás, hanem az emberi szabadság és kreativitás kifejeződése, amely összehangolja az érzéki és értelmi oldalunkat.

A konstrukciós játékok történetük során egyre komplexebbeké váltak, és moduláris építési logikájuknak köszönhetően az egyszerűtől a nagyon bonyolultig szinte végtelen variációban építhetők belőlük különböző szerkezetek akár empirikusan, akár intuitív módon. Emiatt kifejezetten alkalmasak oktató-fejlesztő eszközként egészen kisgyermekkortól az egyetemi képzésig mind a mérnöki (gépész, építő, mechatronikai, jármű, biomechanikai stb.), mind művészi (plasztikai, téralakítási, képkalkotási stb.) kompetenciák fejlesztésére.

A konstrukciós játékok új színtereken való megjelenésükkel különleges aspektust, új értelmet vagy funkciót kaphatnak, például digitális változatban vagy kültéren, más léptékben használva is más-más fejlesztési potenciált rejtenek a gyerekek számára. Mindezek ellenére, a konstruáló és konstrukciós játékok egyre inkább kiszorulnak a szabadidős elfoglaltságok köréből. Az oktatás pedig nem készült fel arra, hogy képes legyen erősíteni azokat a kompetenciákat, melyeket korábbi generációk életében ezek a játékok gyakorlatilag észrevétlenül fejlesztettek.

Bár a tudásalapú társadalom egyik alappilléreinek tarjuk a kreativitást és az innovációt, ezek oktatási háttere hazánkban még mindig esetleges.

Hivatkozások

- [1] **Joseph A. Schumpeter:** A gazdasági fejlődés elmélete. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1980.
- [2] **Martin Heidegger:** Kérdés a technika nyomán. In: J. A. Tillmann (szerk.): A későújkori józansága II. Göncöl, Budapest, 2004.
- [3] **Bónus Lilla, Csapó Benő:** A magyar és az amerikai természettudomány-tanítás tartalmi kereteinek összehasonlító elemzése az új sztenderdek tükrében. Magyar Pedagógia, 122(4), 189–211. 2022., <https://doi.org/10.14232/mped.2022.4.189>
- [4] **Csikszentmihályi Mihály:** Flow – Az áramlat – A tökéletes élmény pszichológiája. Akadémiai Kiadó, 2022.
- [5] **Buckminster Fuller:** Thinking Out Loud. In: PBS 'American Masters', dokumentumfilm. Rendező: Karen Goodman, Kirk Simon, 1996.

- [6] **Máthé Katalin:** Friedrich Fröbel adományai – Óvodai nevelés és absztrakt művészet, Magyar Iparművészet, 2020/6. 46–51., https://epa.oszk.hu/01000/01059/00274/pdf/EPA01059_magyar_iparmuveszet_2020_6_46-51.pdf
- [7] **Doug Stowe:** Peas-work. 2015.11.28, <https://wisdomofhands.blogspot.com/2015/11/peas-work.html>
- [8] **A kép forrása:** https://www.theodorebruceauctions.com.au/auction-lot/a-collection-of-vintage-meccano-including-instruc_3D74626936
- [9] **A kép forrása:** <https://www.fischertechnikwebshop.com/en-gb/fischertechnik-3d-robot-24-v-dc-511938-en-gb>
- [10] **Alan Larkin:** Tinkertoys. <https://alanlarkin.net/tinkertoys/>
- [11] **A kép forrása:** <https://www.geomagworld.com/hu/>
- [12] **[:** Christiansen Godfred Kirk. https://en.wikipedia.org/wiki/Godfred_Kirk_Christiansen
- [13] **[:** Lego education. <https://www.lego.com/en-us/history/articles/g-lego-education>
- [14] **Nemes Tamás:** Miért bombabiztos a Lego vállalati üzleti modellje? Világgazdaság, 2024.04.01. <https://www.vg.hu/cegvilag/2024/04/miert-bombabiztos-a-lego-vallalati-uzleti-modellje>
- [15] **A kép forrása:** <https://molamodel.com/>
- [16] **Dawn Mitchell:** Casting stones: How an Indianapolis catapult contest got the attention of the Pentagon. IndyStar, 2019.03.20., <https://eu.indystar.com/story/entertainment/best-lists/2019/03/20/how-catapult-contest-got-attention-pentagon/3200907002/>
- [17] **[:** Pumpkin Chunkin 2017. <https://sites.udel.edu/asme/2017/10/29/pumpkin-chunkin-2017/>
- [18] **[:** SkelETHon wins 1st prize for design innovation at the 16th Concrete Canoe Regatta in Germany. <https://dbt.arch.ethz.ch/skelethon-3d-printed-boat-wins-1st-prize-design-innovation-26th-concrete-canoe-regatta-germany/>
- [19] **[:** Milyen jó, hogy a tésztahíd építésben világhírűek vagyunk. Nuus, 2018.10.27. <https://nuus.hu/unatkozom/erdekes/1027/milyen-jo-hogy-a-tesztahid-epitesben-vilaghiruек-vagyunk/>
- [20] **Rétfalvi Donát:** Solar Decathlon Europe 2019: Magyar Fészek+ verseny-épület. 2019.04.10. <https://retfalvidonat.com/post/747407630226636800/solar-decathlon-europe-2019-magyar-f%C3%A9szek>
- [21] **Adey Philip, Csapó Benő:** A természettudományos gondolkodás fejlesztése és értékelése. In: Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, pp. 17–58. 2012.
- [22] **Korom Erzsébet, Z. Orosz Gábor:** A természettudományos nevelés fő kutatási irányzatai. Magyar Tudomány, 181(1), 34–46. 2020., <https://doi.org/10.1556/2065.181.2020.1.4>
- [23] **Géczi-Laskai Judit:** Kézművészet. Technika, életvitel és gyakorlat jegyzet. ELTE Tanító- és Óvóképző Kar, Bp., 2018., <https://www.eltereader.hu/kiadvanyok/geczi-laskai-judit-kezmuveszet-technika-életvitel-es-gyakorlat-jegyzet/>
- [24] **Bereczki Enikő Orsolya:** Kreativitás és köznevelés: A Nemzeti alaptanterv kreativitásfelfogásának kritikai vizsgálata, Neveléstudomány, 2016/3., 5–20. o., https://real-j.mtak.hu/13957/3/neveléstudomány_2016_3.pdf
- [25] **Lannert Judit, Németh Szilvia:** Kreatív tanulás, Kreativitás az iskolában és azon kívül, ISBN 978-615-82556-0-8
- [26] **5/2020. (I. 31.) Korm. rendelet** a Nemzeti alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról szóló 110/2012. (VI. 4.) Korm. rendelet módosításáról, <https://njt.hu/jogszabaly/2020-5-20-22>
- [27] **Emily Stearn:** Are you paying attention? Researchers pinpoint the exact number of minutes a person can concentrate before their mind wanders... Dailymail, 2024.10.11., <https://www.dailymail.co.uk/health/article-13949657/attention-number-minutes-person-concentrate-mind.html>
- [28] **Marlene Bönstrup, Iñaki Iturrate, Ryan Thompson, Gabriel Cruciani, Nitzan Censor, Leonardo G. Cohen:** A rapid form of offline consolidation in skill learning. Current Biology, vol. 29, 2019, no. 8, p. 1346–1351, <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.02.049>
- [29] **Gloria Mark, Daniela Gudith, Ulrich Klocke:** The cost of interrupted work: more speed and stress. Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing System, p. 107–110, 2008., <https://doi.org/10.1145/1357054.1357072>
- [30] **[:** A MÉD Europa Design különdíj 2020 győztese. ED, 2021.02.22., https://europadesign.hu/med_2020/a_med_europa_design_kulondij_2020_gyoztese
- [31] **Cseh András:** Space pedagogy - Responsive environments for learning May 2018, The 5th International Conference S.ARCHAT: Venice, Italy, <https://www.researchgate.net/publication/326440009>
- [32] **Somogyi Krisztina:** Kibontakozó tér – Az AKG iskola Kiscelli utcai épületének átalakulása. Építészfórum, 2020.02.11. <https://epiteszforum.hu/kibontakozo-ter--az-kg-iskola-kiscelli-utcai-epuletenek-atalakulasa>



A 2024. évi Építőipari Nívódíjasok és a kapcsolódó további elismerések

The Construction Industry Premium Award winners in 2024
and related other recognitions

Az Építőipari Nívódíj pályázati felhívását 2024. évben huszonnegyedik alkalommal hirdette meg az Építőipari Mesterdíj Alapítvány Kuratóriuma (ÉMA) az alapítók és csatlakozók nevében és felhatalmazásával. Az első pályázat meghirdetésére 2000-ben került sor, akkor 7 díjazott volt. Az évek során 2023-ig összesen 228 nívódíjat ítelt oda a bíráló bizottság. Ehhez adódik hozzá a 2024. évi 13 díjazott, így már 251 építményre kerülhetett Építőipari Nívódíj tábla.

Az Építőipari Nívódíj alapító szervezetei:

- Építési Vállalkozók Országos Szakszövetsége (ÉVOSZ)
- Építéstudományi Egyesület (ÉTE)
- A csatlakozó szervezetek:
- Magyar Építőművészek Szövetsége (MÉSZ),
- Magyar Mérnöki Kamara Építési Tagozata (MMKÉT),
- Magyar Építész Kamara (MÉK),
- Magyar Épületgépészeti Koordinációs Szövetség (MEgKSZ),
- Közlekedéstudományi Egyesület (KTE),
- MTF Közműtechnológiákért Egyesület (HSTT),
- Magyar Művészeti Akadémia Építőművészeti Tagozata,
- Magyar Út- és Vasútügyi Társaság (MAÚT).

Az alábbi nyolc kategóriában hirdettek pályázatot:

- többlakásos lakóépület,
- középület,
- ipari és energetikai építmény,
- mezőgazdasági építmény,
- műemlék-helyreállítás és rehabilitáció,
- közlekedési létesítmény,
- komplex infrastrukturális létesítmény,
- környezetvédelmi és vízügyi létesítmény.

Pályázatot nyújthatott be minimálisan 600 millió Ft nettó végszámla értékű, legalább egy évvel korábban használatbavételi engedélyt kapott létesítménnyel a megvalósító szervezetek bármelyike. 2024. szeptember 13-i határidőre 29 pályamű érkezett be. A mezőgazdasági létesítmény kivételével minden kategóriában érkezett pályázat.

A benyújtott pályázatokban szereplő létesítmények tervezési és kivitelezési szempontból egyaránt igen magas színvonalat képviseltek. A pályázatot kiírók delegáltjaiból álló 18 tagú Bíráló Bizottság az ügyrendje szerint eljárva a benyújtott dokumentációk, illetve a helyszíni bejárásai, valamint a referensek összefoglalói alapján bírálta és értékelte a pályázatokat. A bírálat fő szempontjai a következők voltak: az adott építmény általános *építészeti-műszaki értékelése*, a kivitelezés *műszaki-technikai színvonala*, szakszerűsége, a beruházás *gazdaságossága, üzemeltethetősége*, valamint a létesítményt létrehozók – különösen a beruházók, tervezők és kivitelezők – közötti *együttműködés*.

A Bíráló Bizottság véleményezte a Magyar Mérnöki Kamara Építési Tagozata által alapított Építési Alkotói díjra és a MÉK Elnöksége által alapított Sándy Gyula díjra, valamint a Magyar Épületgépészeti Koordinációs Szövetség Épületgépészeti Nívódíjra tett javaslatokat. Továbbá javaslatot tett Az ÉVOSZ az Év Zöld Építménye különdíjára is. A Bíráló Bizottság összesen tizenhárom építményt részesített Építőipari Nívódíjban és négy részére elismerő oklevelet adott ki. Az Építőipari Nívódíjat tanúsítvány és a létesítményen elhelyezett, az alkotók megnevezésével ellátott bronztábla testesíti meg, ezen táblák ünnepélyes felavatására 2025 tavaszán kerül sor.

Budapest, 2024. december 12.

Tolnay Tibor a Bíráló Bizottság elnöke
Bálint Péter a Bíráló Bizottság elnökhelyettese
Bükkösi Raymond a Bíráló Bizottság titkára
Wéber László az Alapítvány Kuratóriumának elnöke

A Magyar Építőipar folyóirat beszámolója a Bíráló Bizottság sajtóközleménye [1] és a díjkiosztó gála kapcsolódó képanyaga [2] alapján készült, mely az Építőipari Mesterdíj Alapítvány webhelyén is elérhető. Jelen cikkünkben a 2024. évi 13 mesterdíjas és további 4 elismerő oklevéllel kitüntetett építőipari projektet szeretnénk megismertetni olvasóinkkal [3]. De ezelőtt még megemlékezünk azokról a kollégákról, akik az ÉVOSZ évszázó közgyűlésén 2024-ben különböző elismeréseket vehettek át [4].



Dercz István, Habert Péter, Márton Norbert, Sándor Pál és Vagyóczki István Lechner Ödön díjasok, Koji László, az ÉVOSZ elnöke és Lánszki Regő építészeti államtitkár, díjátadók között [4]

A hazai építőipar legrangosabb elismeréseit adták át december 12-én Budapesten az Építési Vállalkozók Országos Szakszövetségének évzáró gáláján. A közgyűlésen az ÉVOSZ megalakításának 35. évfordulóját is ünnepelték. A Mercure Budapest Castle Hill hotel Mátyás-termében a hagyományoknak megfelelően öt szakembert ismertek el az 1994-ben alapított Lechner Ödön díjjal. A szecesszió építészetének világhírű mesteréről elnevezett díjat az ágazat érdekében hosszabb távon végzett kimagasló szakmai és társadalmi tevékenység alapján lehet elnyerni. Az ÉVOSZ 2024-ben az alábbi öt szakember pályáját ismerte el a *Lechner Ödön díjjal*:

- *Dercz István*, a Weinberg'93 Építő Kft. ügyvezetője a magasépítési létesítmények generálkivitelezési területén végzett több mint három évtizedes kiemelkedő szakmai munkája és vezetői munkássága elismeréseként;
- *Habert Péter*, a DVM Group Kft. ügyvezető partnere a magasépítési létesítmények generálkivitelezési területén végzett kiemelkedő szakmai munkája és vezetői munkássága elismeréseként;
- *Márton Norbert*, a Merkbau Építőipari és Kereskedelmi Zrt. kereskedelmi igazgatója az építőanyag kereskedelem területén végzett kimagasló szakmai munkája, valamint kiemelkedő kereskedelmi igazgatói munkássága elismeréseként;

- *Sándor Pál*, a FÖBER Zrt. magasépítési igazgatója a magasépítési létesítmények projektvezetői, műszaki ellenőrzési területén végzett több mint négy évtizedes kiemelkedő szakmai munkája elismeréseként;
- *Vagyóczki István*, a Grabarics Építőipari Kft. ügyvezetője a magasépítési létesítmények kivitelezési területén végzett közel három évtizedes kiemelkedő szakmai munkája elismeréseként kapott kitüntetést.

Az eseményen megtörtént az Építőipari Mesterdíjak, az Építési Alkotói díjak, a Sándy Gyula díj, valamint az Épületgépészeti Nívódíjak átadása is.

Építési Alkotói díjban részesítették *Liszi Marianna* okleveles építészmérnököt, a Grabarics Kft. által kivitelezett Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság felelős műszaki vezetőjét, valamint *Varga Balázs* okleveles építőmérnököt, az A-Híd Zrt. Lánchíd rekonstrukció projektjének felelős műszaki vezetőjét.

Sándy Gyula díjat kapott *Vígh Tamás*, a HUNÉP Zrt. okleveles építészmérnöke, a debreceni Csokonai Nemzeti Színház rekonstrukciójának építésvezetője.

Épületgépészeti Nívódíjban részesült *Makáry Csaba*, okleveles épületgépészmérnök, az AGOREX Kft. cégvezetője, a baltinfürdő V4 konferenciaközpont és kiállítótér épületgépészeti tervezéséért.



Liszi Marianna felelős műszaki vezető Építési Alkotói díjat vesz át Wagner Ernőtől, a Magyar Mérnöki Kamara elnökétől [4]



Varga Balázs felelős műszaki vezető Építési Alkotói díjat vesz át Wagner Ernőtől, a Magyar Mérnöki Kamara elnökétől [4]



Vigh Tamás építésvezető Sándy Gyula díjat vesz át Dr. Hajnóczi Pétertől és Szalay Tihamértől, a Magyar Építész Kamara elnökétől és alelnökétől [4]



Makary Csaba épületgépészmérnök, Épületgépészeti Nívódíjat vesz át Koji László ÉVOSZ elnöktől és Dr. Barótfi Istvántól, a Magyar Épületgépészeti Koordinációs Szövetség elnökétől [4]



Varga Tamás ügyvezető és Surányi Judit projektvezető Építőipari Mesterdíjat vesz át Wéber Lászlótól, az Építőipari Mesterdíj Alapítvány elnökétől [4]

Az Építőipari Mesterdíj Alapítvány a „Nemzeti összetartozás hídja” kötéldíj egyedi kábelszerkezetének installálási munkáiért *Építőipari Mesterdíjban* részesítette a *Graboplan-Industrie Kft.-t*.

Az ÉVOSZ az *Év Zöld Építménye különdíjában* részesítette a *Corvinus Gellért Campus* budapesti épületét (építtető: *Mecenás Universitatis Corvini Alapítvány*, tervező: *Lean Tech Mérnökiroda Kft.*, lebonyolító: *Óbuda-Újpek Zrt.*, generálkivitelező: *Market Építő Zrt.*) a magasépítési szakágban, és a *Mosoni-Duna torkolati műtárgyat és csatlakozó létesítményeit* (építtető: *Országos Vízügyi Főigazgatóság, Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság*, tervező: *SBS-KOMIR Mérnöki Szolgáltató Kft.*, lebonyolító: *FŐBER Nemzetközi Ingatlanfejlesztő és Mérnöki Zrt.*, generálkivitelező: *Mészáros és Mészáros Zrt., KÖTIVIEP'B Közép-Tisza Vidéki Vízépítő és Telekommunikációs Kft.*) a mélyépítési szakágban.

A Magyar Építőipar szerkesztőbizottsága minden kitüntetett kollégának gratulál, és a további eredményes munkához jó egészséget, erőt és kitartást kíván!

A következő oldalakon pedig következnek a 2024. évi tizenhárom mesterdíjas és a négy elismerő oklevéllel kitüntetett építőipari projekt egy-egy oldalas bemutatása.



A Corvinus Gellért Campus építői az Év Zöld Építménye különdíj átvételekor



A Mosoni-Duna torkolati műtárgy építői az Év Zöld Építménye díj átvételekor

Források

[1] Tolnay Tibor, Bálint Péter, Bükkösi Raymond, Wéber László:

Tájékoztató a pályázat eredményéről: 2024. évi Építőipari Nívódíjasok. Sajtóközlemény, Budapest, 2024.12.12. <https://mesterdij.hu/>

[2] Építőipari Mesterdíj Alapítvány: 2024. évi Építőipari Nívódíjasok.

Díjazottak felsorolása és fényképek. https://mesterdij.hu/wp-content/uploads/2024/12/2024_Nivodij_vetites-R2.pdf

[3] Szabó Ákos: Bemutatjuk, mely építmények kapták meg az építőipar legmagasabb szakmai elismerését az idei évben. Magyar Építők, 2024.12.12., <https://magyarepitok.hu/aktualis/2024/12/bemutatjuk-mely-epitmenyek-kaptak-meg-az-epitoipar-legmagasabb-szakmai-elismereset-az-idei-evben-galeria>

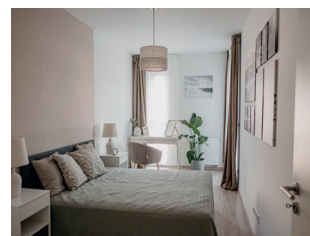
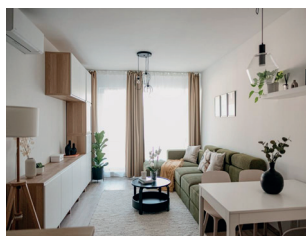
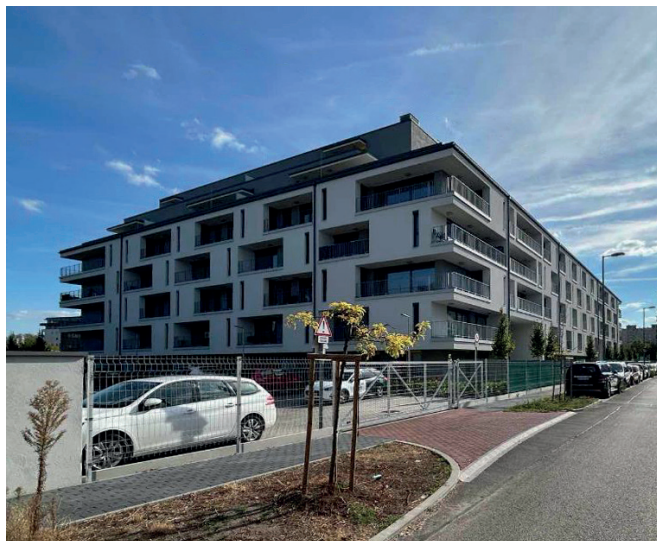
[4] Hegedűs Gergely: Kiemelkedő építőipari pályát ismertek el: Derczó István Lechner Ödön-díjat kapott. Magyar Építők, 2024.12.12., <https://magyarepitok.hu/iparagi-hirek/2024/12/kiemelkedo-epitoipari-palyat-ismertek-el-derczo-istvan-lechner-odon-dijat-kapott>

1. | Somfa Liget Lakópark VII. ütem, Budapest

Nívódíj többlakásos lakóépület kategóriában.

A kőbányai lakóház alkotói kiváló érzékkel ismerték fel a környezethez, az építési területhez való igazodás szükségességének mértékét, igény szintjét, léptékét. Az elhagyott iparterület ingerszegény környezetében sikeresen megtalálták azt a néhány igazodási lehetőséget, ami hatással lett a megvalósítandó épület letére, szellemiségére, hangulatára. Jó érzékkel határozták meg azt, mi várható el „itt és most” a megvalósítandó lakóépülettől, mitől lesz kiváló alkotás. Ez a tervezői tudatosság tükröződik a telepítéstől, a „hézagosan zárt sorú” beépítéstől az építészeti megformáláson keresztül a funkcionális kialakításig, a racionális alaprajzokig, az átgondolt részletekig. A kivitelező kiváló munkát végzett. Az anyagok használata, a felületek képzése, a részletek igényes kialakítása, minden részletre való odafigyelés a racionális, józan felfogáshoz igazodik, amellyel, hogy a minőségi követelmények kompromisszumok nélkül megvalósultak.

Építető: OTP Ingatlan Zrt. (Budapest)
 Tervező: Vadász és Társai Építőművész Kft. (Bp.)
 Lebonyolító: Triple E Kft. (Budapest)
 Generálkivitelező: Épszerk-Pannónia Invest Ép. Kft. (Bp.)
 Alvállalkozók: Szabó és Társa Belsőépítészeti Kft. (Mosonmagyaróvár), VILLTEK Műszaki és Kereskedelmi Zrt. (Nagykanizsa), Popesz-Ép-Szer Kft. (Kistarcsa)



2. | Normafa Síház Étterem, Budapest

Nívódíj kereskedelmi és vendéglátó építmény kategóriában.

A Normafánál álló szép és időtlen épület visszafogottan igényes felújításon esett át – amit kiegészít az új, aszimmetrikus, könnyed, mai faszerkezetű bővítvény. Az új szárny szerényen a főépület mögé húzódik. Az együttes átmenetet képez a tradicionális, szeretnivalóan romantikus-modern, épített síház és a természeti és kilátást adó környezet, az erdő között. Tiszteletteljes, értékőrző innovációnak vagyunk tanúi. Megőrizve újat teremtő a kompozíció, jól konstruált szerkezetekkel, finom és megoldott részletekkel, illő és üdvös anyaghasználattal, transzparenciával. Az érzékeny, elemző és részletekbe menő tervezést kiváló, magas színvonalú kivitelezői munka követte. A végeredmény elismert és tájépítészetileg is díjazott régi-új épületegyüttes lett.

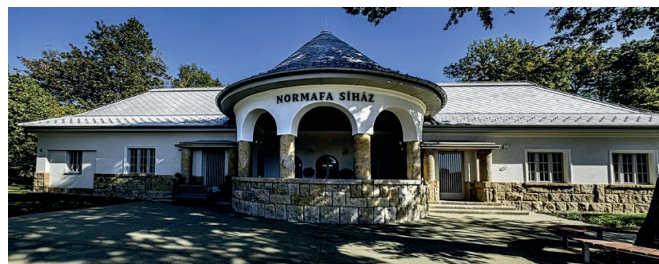
Építtető: Budapest XII. Ker. Hegyvidéki Önk.

Tervezők: Hetedik Műterem Kft. (Budapest),
Studio Konstella Kft. (Budapest)

Műszaki ellenőr: Arkkitekti Építész és Mérnöki. Kft. (Bp.)

Generálkivitelező: Archibona Építőip., Ker. és Sz. Kft. (Bp.)

Alvállalkozók: HOREX Kft. (Budapest),
T-KOMFORT Kft. (Esztergom),
DÓR Kft. (Budapest)



3. | Dorothea Hotel Budapest

Nívódíj kereskedelmi és vendéglátó építmény kategóriában.

A budapesti Belváros három különálló, eltérő funkcióval működő, egykor igényes tervezésű és kivitelezésű épületét az alkotók egy egységgé fogták össze, az így kialakult közös belső udvar fölé mintegy 1000 m²-es üvegfedés került. A három épület: a Wéber ház, a MAHART ház és a Münnich/Futura ház felújítása és funkcionális átalakítása az organizációs nehézségeket és a műemlékvédelmi kötöttségeket is figyelembe véve a tervezők és a kivitelezők számára nem mindennapi kihívás volt. A homlokzatokat megőrizték, a belső tér viszont teljesen átalakult, emellett 16 méter mély porszáraz pincét alakítottak ki. A tömbbelső II. emeletén a három épületet összekötő fedett tér körül lehetővé vált a kívülről sokarcú épületegyüttes belső egységesítése a harmonizált, lamellaszerkezetű belső homlokzat létrehozásával. A látványelemekkel, növényekkel díszített belső tér igazi attrakció. Az újjáépítésből született belvárosi szálloda épületegyüttese túlzás nélkül világszínvonalú.

Építető:	Dorotya Investment Zrt. (Esztergom)
Tervező:	TSPC Kft. (Győr)
Lebonyolító:	Eco-Tec Kft. (Budapest)
Generálkivitelező:	Market Építő Zrt. (Budapest)
Alvállalkozók:	Moratus Szerkezetépítő Kft. (Bp.), Vilati Szerelő Zrt. (Budapest), Árkossy Bútor Kft. (Herend)

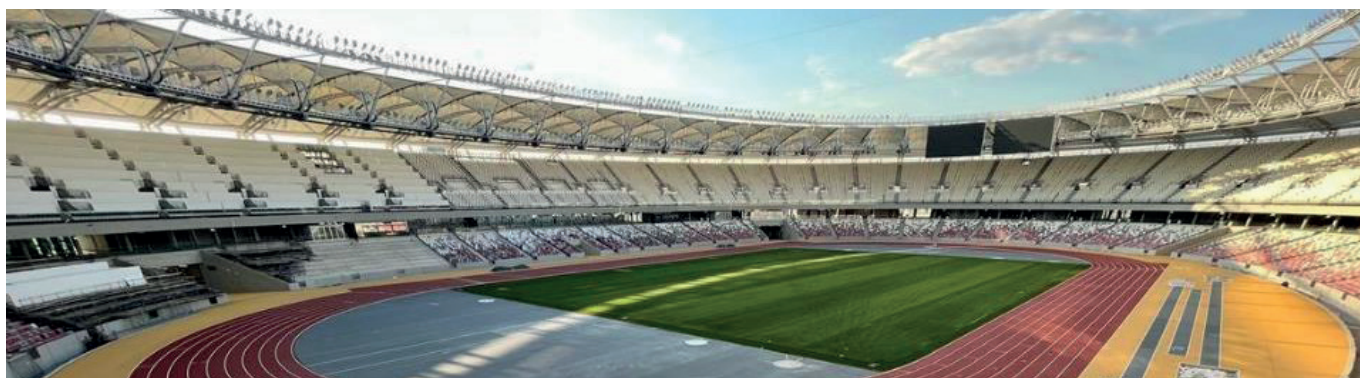


4. | Nemzeti Atlétikai Központ, Budapest

Nívódíj sport és szabadidős építmény kategóriában.

A stadion egy időről-időre nagy sportesemények befogadására alkalmas 15 000 fő névleges kapacitású aréna. Befogadóképessége növelhető, így 2023-ban nagy sikerrel rendezték itt meg az atlétikai világbajnokságot, amikor 25 000 néző számára alakították ki a nézőteret. A projekt több lényeges és igen eltérő elem egymásra épülését kívánta meg az építészeti attrakció mellett: a közlekedés, az árvízvédelem és a közművek megoldása egyidejűleg komoly feladat volt. Maga a stadion mind építészeti, mind mérnöki szempontból nagyszerű alkotás. Könnyedségével a térlefedés a tág környezet meghatározó városképi eleme lett. A feszített megvalósítási tevékenységre az építető, tervező, beruházó konstruktív munkakapcsolata volt jellemző. Budapest egyik barnamezős területéből gyönyörű és a tervek szerint a közforgalom számára is használható sport- és szabadidős komplexum született.

Építető: Építési és Közlekedési Minisztérium
 Tervező: NAPUR Architect Kft. (Budapest)
 Lebonyolító: Főber Zrt. – Óbuda Group (Budapest)
 Generálkivitelező: ZÁÉV Építőipari Zrt. + Magyar Építő Zrt.
 Alvállalkozók: KÉSZ Csoport (Budapest),
 Mészáros és Mészáros Zrt. (Felcsút),
 V-HÍD Építő Zrt. (Budapest)



5. | Jedlik Ányos Gimnázium, Budapest

Nívódíj középület, oktatási építmény kategóriában.

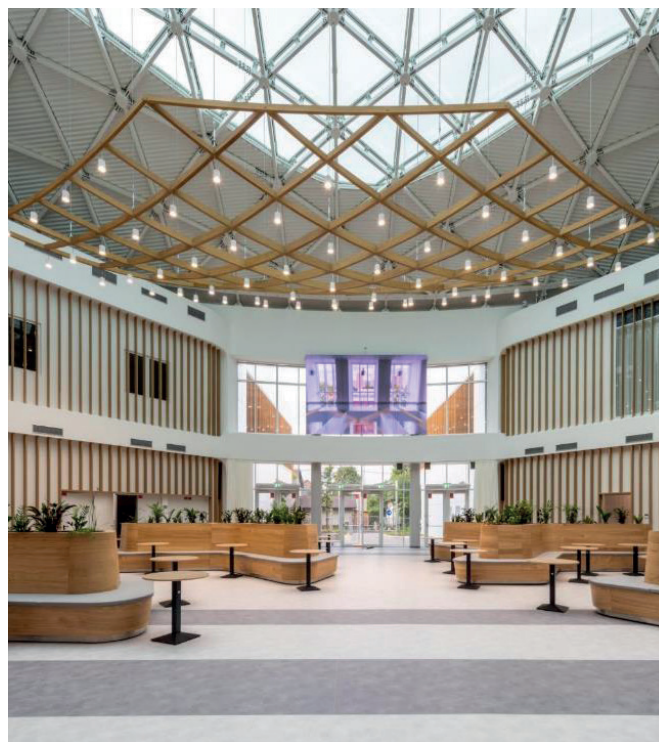
A csepeli gimnázium átfogó modernizálásának fejlesztési célja olyan, nemzetközi szinten is kiemelkedő iskola létrehozása volt, amely képes a regionális és európai diákközösség tudományos- és sportéletébe bekapcsolódni. Ezt a célt maximálisan elérték: a 760 diák és 70 tanár olyan körülményeket tudhat magáénak, amelyek az oktatási-nevelési szempontokon túl a tágan értelmezett közösségi lét, a kultúra és a sport iránti igényeknek is kiválóan megfelelnek. A régi, megmaradó, ugyanakkor teljeskörűen felújított épülettömb és az új épületszárny szerves egységet képeznek. Az aulában az építészeti térformálás ragyogó mérnöki, műszaki megoldásokkal párosul. Épületgépészeti, -villamossági megoldásai korszerűek, a belsőépítészet, az oktatástechnika magas színvonalúak, a digitalizáció követelményeit messzemenően figyelembe veszik. Az igényesen megvalósított épületegyüttes a közel nyolc évtizedes múltú gimnáziumnak méltó otthona lett.

Építető: Építési és Közlekedési Minisztérium

Tervező: BIM.GROUP Kft. (Budapest)

Generálkivitelező: Laterex Építő Zrt. (Budapest)

Alvállalkozók: KÉSZ Metaltech Kft. (Kecskemét),
Schal-Tech Kft. (Budaörs),
Taksép Kft. (Budapest)



6. | V4 Konferenciaközpont, Balatonfüred

Nívódíj középület, kulturális építmény kategóriában.

Balatonfüreden, az egykori Huray utcai piac helyén épült fel a konferenciaközpont és mélygarázs. Az építészeti koncepció megőrizte a 71-es főút felőli domboldal eredeti zöld lejtőjét, így az épület viszonylag nagy tömegével nem zavarja meg az üdülőkörnyezet kertvárosi jellegét. Maga az épület üvegfalaival, világos mészkőburkolatával, könnyed eleganciával remekül illeszkedik a város szövetébe. Rendeltetése multifunkcionális, így alkalmas többcélú rendezvényekre, konferenciák, kiállítások, színházi és egyéb kulturális események, koncertek, hangversenyek megrendezésére. Az impozáns előcsarnokból nyílik a kiállítótér és a plenáris terem, amely színházként is használható. Több szekcióterem is rendelkezésre áll, ezek nagyvonalúan összenyithatóak. Technikai felszereltségével, korszerű technikáival áll a város rendelkezésére és szolgálja a Balaton-felvidék egész évi látogathatóságát.

Építtető: Balatonfüred Város Önkormányzata
 Tervező: KÖZTI Középülettervező Zrt. (Bp.)
 Lebonyolító: V-Ber Mérnöki és Tender Kft. (Veszprém)
 Generálkivitelező: Paralelbau Kft. + Szabadics Építőipari Zrt.
 Alvállalkozók: Péter Építő Kft. (Budapest), Kele Kft. (Budapest), Holalak Építőipari és Szolgáltató Kft. (Lesencetomaj)

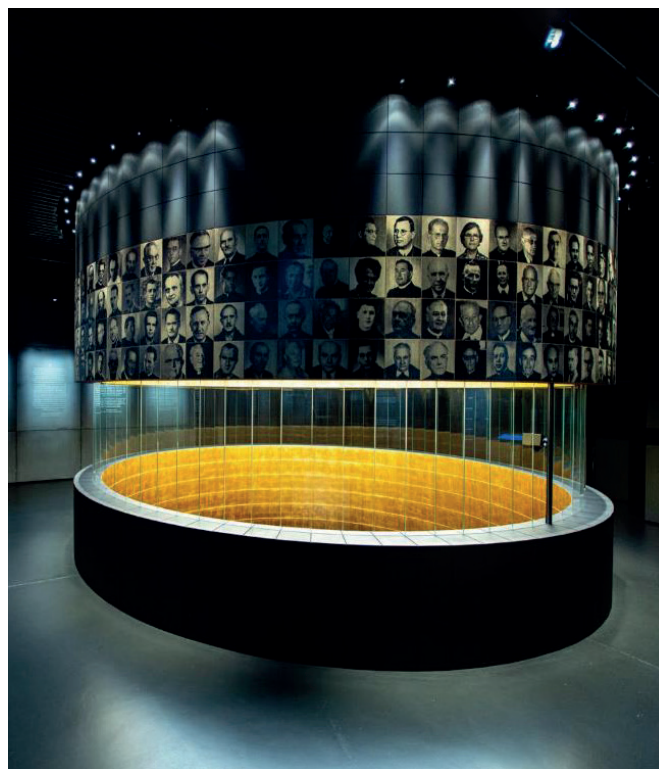


7. | Mindszentyneum, Zalaegerszeg

Nívódíj középület, szakrális építmény kategóriában.

Zalaegerszeg belvárosában, a megújult Göcseji Múzeum tőzomszedságában épült meg a múzeum, szép emléket állítva Mindszenty József bíborosnak. Az ötszintes épület homlokzata hézagolt alumínium lamellás előtét szerkezet, mely „hártyaként” szimbolikusan sejteti az épület szakrális jelentését. Emögött az elegáns, köpenyszerű homlokzat mögött a múzeum meghitt belső tereit az előudvarhoz kapcsolódó átriumhoz és a díszlépcsőhöz szervezték, ezek látványa nagy hatással van a látogatóra. Kiemelt, tudatosan megformált a rotundaszerű, nagy belmagasságú tér, közepén a bíboros teljes alakú, fehér szobrával. Dicséretes a fénytechnika, a mesterséges és a természetes világítás összhangja. A múzeum építészeti kialakításával és megvalósításának gondosságával méltó kegyhelyet nyújtott az egyházáért küzdő bíborosnak.

Építtető: Zalaegerszeg MJV Önkormányzata
 Tervezők: TSPC M. F. és T. T. H. Kft. (Győr) és
 Konkrét Stúdió Kft. (Budapest)
 Lebonyolító: TSPC M. F. és T. T. H. Kft. (Győr)
 Generálkivitelező: ZÁÉV Építőipari Zrt. (Zalaegerszeg)
 Alvállalkozók: ZALA-ELEKTRO Épületvillamossági,
 Szerelő és Szolg. Kft. (Zalaegerszeg),
 Kozma Kft. (Zalaegerszeg),
 Éptak 95 Kft. (Budapest)



8. | Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság, Budapest

Nívódíj középület, ipari és energetikai építmény kategóriában.

Budapesten, az Angyalföldön épült fel az Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság (NMHH) új hírközléstechnikai komplexuma, az EMC mérőlabor a hozzá tartozó mérőkamrákkal, kiegészítő helyiségekkel és szerverközponttal. A tervezés hangsúlyosan zöld szemléleten alapult: megújuló energiaforrások és környezetkímélő megoldások biztosítják, hogy az új székház a lehető legkisebb mértékben terhelje a környezetet. A mű alapvetően többfunkciós műszaki épület, amelyben igen speciális, belső működési feltételeket kellett teremteni, ez rendkívüli tervezési és kivitelezési precizitást követelt meg. Biztosítani kellett a tökéletes árnyékoltságot, hisz a zaj- és sugárzásszennyezettség magát a hiteles mérést lehetetlenítené el. Az akusztikai megoldásokkal szemben szintén magas megrendelői igényeket fogalmaztak meg. Az alapvetően ipari jellegű tevékenységet végző létesítmény elegáns megjelenésével, háromszintes zöldfelületi rendszerével, függőkertes, illetve mikrokertes, otthonos munkakörnyezetével szervesen illeszkedik az épített környezetéhez.

Építető: Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság
Tervező: Nirmana Építészroda Kft. (Budapest)
Lebonyolító: CÉH Tervező, Ber. és Fejl. Zrt. (Bp.)
Generálkivitelező: Grabarics Építőipari Kft. (Budapest)
Alvállalkozó: Alukonstrukt Építőipari Szolg. és Ker. Kft. (Szeged), Evotech Kft. (Budaörs), SWIETELSKY Magyarország Kft. (Bp.)



9. | Csokonai Nemzeti Színház, Debrecen

Nívódíj műemlék-helyreállítás, rehabilitáció kategóriában.

A Debrecen belvárosában álló színházépület teljeskörű rekonstrukciója és környezetének felújítása komplett egységben valósult meg. Mesteri elegancia, ahogyan a többször átépített színházat újraformálták az alkotói. A színházi funkció szíve, fő tere természetesen a színpad és a történelmi nézőtér, amely pazar élményt nyújt. A tervező kiváló érzékkel, és az előzményi értékekre tekintettel fejtette meg, majd rekonstruálta a színházi teret. A helyreállítás és a restaurátori munkák szemet gyönyörködtetők. A színpadtechnika összetett, első osztályú minőségű. Az épületben mindenhol igen magas színvonalú műszaki megoldások készültek, korrekt és a színházi funkcióhoz méltó kivitelben. A gépészeti kialakításban, illetve a műemléki felújítás során az épületenergetikai korszerűsítés maximumát sikerült megvalósítani, így környezettudatosság és fenntarthatóság szempontjai szerint is jó példát mutat. A felújított színház Debrecen büszkesége lett.

Építető: Debrecen MJVáros Önkormányzata
Tervezők: Archiko Kft. (Debrecen) + Tisza Építész
Műterem Kft. (Nyíregyháza)
Lebonyolító: FŐBER Zrt. + Eng-Land Kft.
Generálkivitelező: HUNÉP Építőipari Zrt. (Debrecen)
Alvállalkozók: TU-COLOR Kft. (Debrecen),
Bihari Vállalkozás Kft. (Debrecen),
Komker Kft. (Komádi)

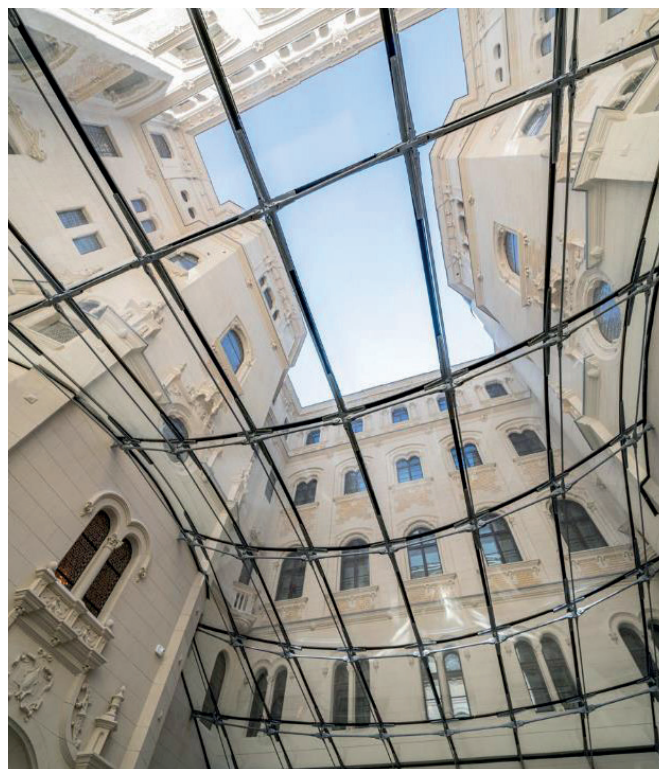


10. | W Budapest Hotel, Drechsler-palota

Nívódíj műemlék-helyreállítás, rehabilitáció kategóriában.

A világörökség részét képező Andrásy úti épületet a pesti köznyelv mint „Balettintézet” ismerte. A csaknem 140 éves ház Lechner Ödön és Pártos Gyula korai munkája; historizáló, neoreneszánsz stílus jegyekkel. Az épület fennállása óta többször funkciót és tulajdonost váltott, átépítették, anyagait cseréltek, az elmúlt két évtizedben igencsak lepusztult. Az szálloda létrehozásánál messzemenően figyelembe vették a műemléki szempontokat, ugyanakkor alapvető követelmény volt, hogy az épület minden elvárható igényt elégítsen ki. A nagyvonalú üvegtetővel fedett belső udvar a hotel központi tere, innen az Andrásy úti árkád felé vendéglátó terek nyílnak, a függőleges közlekedést a két védett, gyönyörűen helyreállított háromkarú főlépcső biztosítja. A szállodai szobákat magas szintű, egyedi design szerint változtatatosan alakították ki, kiválóan hasznosították a tetőtérteret és a pincészetet. A 20 évig üresen álló épület ma újra teljes pompájával áll az Operaházzal szemben.

Építető: QPR Properties Kft. (Budapest)
 Tervező: Bánáti + Hartvig Építész Iroda Kft. (Bp.)
 Lebonyolító: AddVal Kft. (Budapest)
 Generálkivitelező: DVM Group Kft. (Budapest)
 Alvállalkozók: GMB Solutions Zrt. (Budapest),
 Palazzo Kft. (Budapest),
 Schal-tech Kft. (Budapest)



11. | Déli összekötő vasúti Duna-híd, Budapest

Nívódíj közlekedési létesítmény kategóriában.

A budapesti Déli összekötő vasúti híd Magyarország legfontosabb és legforgalmasabb vasúti összeköttetése a Dunán. A két eredeti, több mint százéves híd felszerkezetének állapota leromlott, elérték tervezési élettartamuk végét. Az ilyen kiemelt forgalmi jelentőségű hidaknak az átépítése nem oldható meg a forgalom alól kizárással, a felújításuk általában csak egy harmadik híd előzetes megépítését követően történhet meg. Ennél a projektnél a három hídfelszerkezetes kialakítás illeszkedett a Bp. Ferencváros – Bp. Kelenföld közötti háromvágányúsítás és az elővárosi és távolsági kötőtpályás kapcsolatok fejlesztési lehetőségéhez is. Így a meglévő pillérek felhasználásával egy teljesen új felszerkezet épült meg a híd északi oldalán a Rákóczi híd és a vasúti híd között. A meglévő két régi felszerkezet átépítése az új szerkezet forgalomba adása után történt meg. Az alkalmazott technológia, azaz, hogy az új hidak felszerkezeteit a végleges helyükön építették meg vízi kiszolgálással, illetve a teljes organizáció különleges kihívások elé állította a projekt stábját: a tervezőket, kivitelezőket, a fejlesztés irányítóit. Kiváló együttes munkájuknak köszönhetően a megújult műtárgy új távlatokat nyitott a hazai vasúti közlekedés előtt.

Építető:	Építési és Közlekedési Minisztérium
Tervezők:	Főmterv Zrt. – MSC Kft. – Speciálterv Kft.
Lebonyolító:	Eco-Tec Kft. (Budapest)
Fővállalkozó:	Duna Aszfalt Zrt. (Tiszaújváros)
Alvállalkozók:	Duna Group Európa Útépítő Kft. (Bp.), Provox Híd Kft. (Érd), HSP Kft. (Alsónémedi)

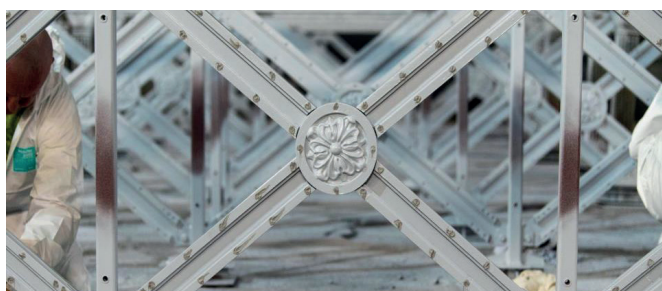
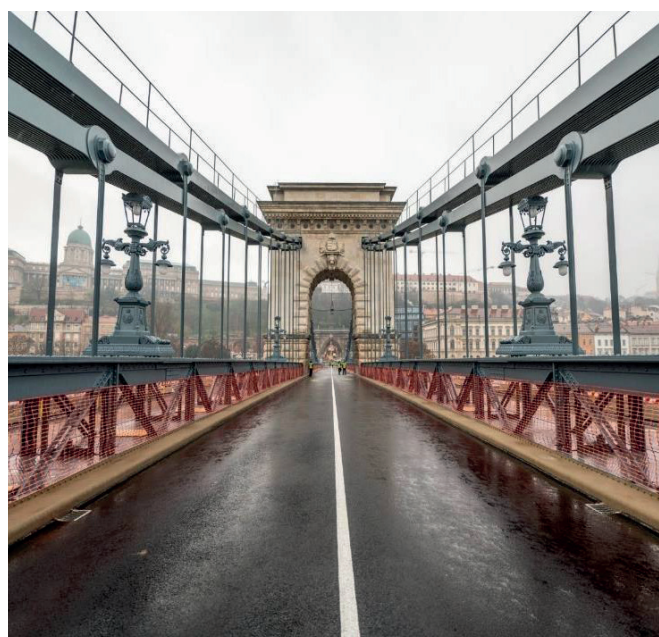
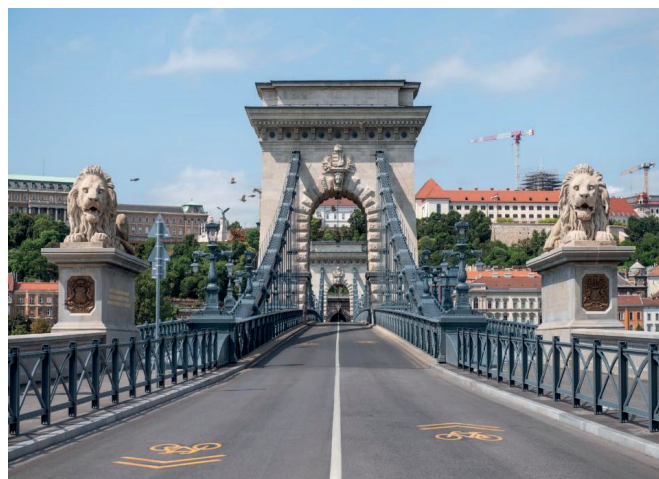


12. | A Széchenyi Lánchíd felújítása, Budapest

Nívódíj közlekedési létesítmény kategóriában.

Az 1849-ben átadott Széchenyi Lánchíd Magyarország első állandó dunai hídja, Budapest egyik legfontosabb szimbóluma. A felújítás egyik fő célja az volt, hogy úgy óvják meg a történelmi struktúrát, hogy a híd továbbra is megőrizze eredeti jellegét, egyúttal megfeleljen a mai kor műszaki és közlekedési követelményeinek. Külön kihívást jelentett a kivitelezők számára a belvárosban történő építkezés lebonyolítása. A műemléki védelem alatt álló híd restaurálása során a legnagyobb figyelmet az eredeti formák és anyagok megőrzésére fordították. Az előregedett tartószerkezeteket felújították, átfogóan restaurálták és megerősítették, korszerű korrózió elleni védelmet alkalmaztak, a sarukat kicserélték, rekonstruálták a díszítő vasalatokat és kandelábereket. Mindenre kiterjedő kellő figyelmet kapott a kőkonzerválási munka, melyből nem maradtak ki a hidat őrző oroszlanok sem. A Budapest 150. születésnapján átadott, felújított Széchenyi Lánchíd a város modern képével harmóniában köti össze a múlttal.

Építető: Budapesti Közlekedési Központ Zrt.
Tervezők: FŐMTERV Mérnöki Tervező Zrt. (Bp.),
MSc Mérnöki Terv. és Tan. Kft. (Bp.),
CÉH Tervező, Ber. és Fejl. Zrt. (Bp.)
Lebonyolító: Budapest Közút Zrt. (Budapest)
Fővállalkozó: A-Híd Zrt. (Budapest)
Alvállalkozók: Hídtechnika Kft. (Bp.), Belfry PE Kft.
(Bp.), Belvárosi Építő Kft. (Szentendre)



13. | Mosoni-Duna torkolati műtárgy, Győr

Nívódíj környezetvédelmi és vízügyi létesítmény kategóriában.

A Duna felső szakaszán létesített gátak miatt bekövetkezett több évtizedes medersüllyedés következtében napjainkra a Mosoni-Duna torkolatában több mint két métert süllyedt a kisvízszint. A létesítés elsődleges célja a lesüllyedt kis- és közepes vízszintek visszaállításával a természetvédelmi, ökológiai vízigények kielégítése, a természetes vízkészletek hasznosíthatóságának növelése, a vízgazdálkodás helyzetének javítása. A műtárgy a vízszintemelés mellett árvízkapuként is funkcionál, képes lesz az esetek többségében a Duna árzeit kizárni, ahogyan a nemrég bekövetkezett rendkívüli áradások során be is igazolódott ez a védelmi képessége. Ugyanakkor újra lehetővé teszi a Mosoni-Dunán a hajózást a folyók városának nevezett Győrig. Az utóbbi időben Magyarországon is tapasztalt rendkívüli aszály miatt a térségi vízviszatarlás fontossága újra a figyelem középpontjába került. Ezzel a torkolati műtárggyal egy olyan fontos mérnöki létesítmény épült meg, mely máris messzemenően igazolta a létjogosultságát.

Építtető: Országos Vízügyi Főigazgatóság – Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság

Tervező: SBS-KOMIR Kft.

Lebonyolító: FŐBER Zrt.

Generálkivitelező: Mészáros és Mészáros Zrt., KÖTIVIÉP'B Kft.

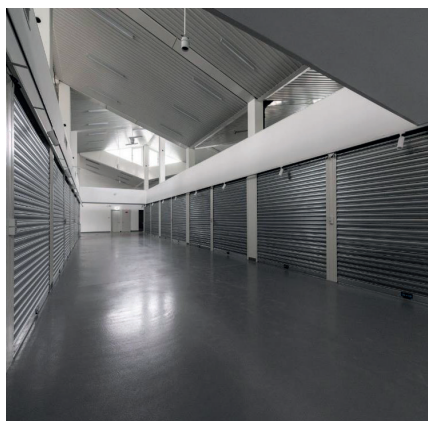
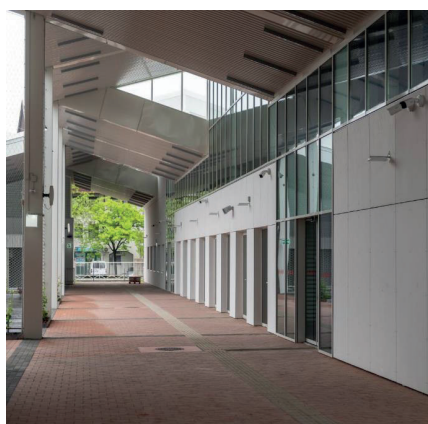


14. | Térségi Vásártér, Békéscsaba

Elismerő oklevél kereskedelmi építmény kategóriában.

A békéscsabai új térségi vásártér projekt keretén belül épült meg a fedett-nyitott vásárcsarnok, a pavilonosor és a parkolóház. A beépítés a régi piac és az azt határoló közterületen történt, szépen illeszkedve a város már megújult köztereinek arculatához. Meg kellett felelni a megnövekedett igényeknek. Az alkotók sikeresen törekedtek arra, hogy közkedvelt, kellemes hangulatú terek alakuljanak ki, melyek egyszerre találkozó-, pihenő és szezonális szabadtéri elárusítóterek. Ugyanakkor érvényesülnek a közbiztonság és akadálymentesség szempontjai is. Minden évszakban díszítő, könnyen fenntartható zöldfelületek együttese született meg. A telken belüli szeparált áruforgalommal elérték, hogy az árusító funkció minimálisan zavarja a környező utcák forgalmát. A törtfehér színű látszóbeton megjelenésével, az áttört nyerstégla és növényfuttatással kialakított zöld homlokzatokkal kiváló esztétikai és kivitelezési minőségben elkészült épületegyüttes az egész városrész rehabilitációját eredményezte.

Építető:	Békéscsaba MJV Önkormányzata
Tervező:	Óbuda Építész Stúdió Kft. (Budapest)
Lebonyolító:	Békéscsaba Városfejlesztési Nonp. Kft.
Generálkivitelező:	Swietelsky Magyarország Kft. (Bp.)
Alvállalkozók:	Békés "kas" Kft. (Békéscsaba), Galéria Invest Kft. (Békéscsaba), Bészer Kft. (Békéscsaba)



15. | Acticity (volt Heim Pál Kórház), Veszprém

Elismerő oklevél középület, kulturális építmény kategóriában

Veszprém városának közepén a 120 éves leromlott állapotú gyermekkorház épületei már több évtizede üresen álltak, amikor Veszprém 2023-ban Európa Kulturális Fővárosa lett. Ez alkalomból a régi épületek részleges elbontásával, bővítésével, átalakításával egy olyan kulturális közösségi találkozási helyet hoztak létre, amely teret biztosít a városban a különböző művészeti csoportoknak; a próbatermeken kívül sportolási lehetőség és többszáz vendéget befogadó rendezvényterem, valamint étterem és kávézó is ki lett alakítva. A főépületet műemléki jellegű restaurálás útján állították helyre, az egyes épületeket híddal kötötték össze, megoldották az akadálymentes közlekedést. A tágas ősfás parkban szabadon pihenhet bárki, a zöld homlokzatú parkolóház is nyitott mindenki előtt. A volt barnamezős infrastruktúra mára a város új kulturális központja lett ezzel a jól sikerült átépítéssel.

Építtető: Veszprém MJV Önkormányzata
 Tervezők: GALL és TÁRSAI Építésziroda Kft. (Bp.),
 Balázs és Vecsey Építész. Kft. (Debr.)
 Lebonyolító: Veszprém 2030 Műszaki Infrastruktúra
 Fejlesztő Kft. (Veszprém)
 Fővállalkozók: VEMÉV-SZER Építő- és Szer. Kft. +
 VeszprémBer Építő Kft. (Veszprém)



16. | Magyar Állami Operaház, Budapest

Elismerő oklevél műemlék-helyreállítás kategóriában.

Az Operaház épületében az elmúlt 140 év alatt sokszor végeztek felújítást. A mostani rekonstrukció azt a célt tűzte ki, hogy legyen olyan az Operaház, amilyennek Ybl Miklós megtervezte. Mivel Ybl korának építéstechnológiáival, anyagaival, nem mellesleg legjobb szakembereivel dolgozott, a cél megvalósítása komoly kihívást jelentett – áldozatokkal járt és időigényes volt különösen úgy, hogy közben korunk operaházi követelményeinek is meg kellett felelni. Alapos kutató munka előzte meg a tervezést és a kivitelezést. Visszaállították a zenekari árok eredeti helyét és a nézőtéri székek elrendezését, a nézőtér padozatát tartó szerkezeteket teljes egészében faszervezetre váltották vissza. A komplett színpadtechnika, épületgépészet és épületvillamosság is teljesen megújult. Gondos restaurátori munkával a régi szépségüket árasztják a belső közönségforgalmi terek és a külső homlokzat. A heroikus munka eredményeképpen ma olyan élményben lehet részünk az Operaházban, mint Ybl idejében.

Építető: Magyar Állami Operaház
 Tervező: ZDA-ZOBOKI Építészroda Kft. (Bp.)
 Lebonyolító: CÉH Tervező, Ber. és Fejl. Zrt. (Bp.)
 Generálkivitelezők: West Hungária Bau Kft. – Épkar Zrt. – LAKI Épületszobrász Zrt.



17. | A Hild téri játszótér és környéke, Budapest

Elismerő oklevél infrastrukturális létesítmény kategóriában.

Az új park és játszótér kialakítását a lakosság bevonásával történő közösségi tervezés előzte meg. A játszótér tematikája Dániel András mesevilága köré épült fel. A családok körében „kufli játszótér” néven emlegetett téren az utcafronton lévő szökőkút-fal mellett elhaladva, a kapun belül az ott élő Kufli-mesefigurák különböző játékok formájában elevenednek meg. Jelentősen nőtt a zöldfelületek aránya, melyet több-szintű elhelyezéssel és zöldtető kialakításával sikerült elérni. A meglevők mellé új fákat ültettek, a legmelegebb nyári napokon is található a park valamelyik szegletében árnyékos rész. A téren töltött idő komfortjához nagyban hozzájárul a pelenkázóval ellátott, akadálymentes, gondosan üzemeltetett vizesblokk is. Olyan részletekbe menően átgondolt és nagyon szerethető játszótér, pihenőpark jött létre a Belváros szívében, melyet a mozgásukban korlátozottak is biztonságosan használhatnak.

Építető:	Belváros-Lipótváros V. kerületi Önk.
Tervező:	Város-Teampannon Kft. (Budapest)
Lebonyolító:	Belváros-Lipótváros Vagyonkezelő Zrt.
Generálkivitelező:	Penta Általános Építőipari Kft. (Gödöllő)
Alvállalkozók:	ZIÉP Zöld Infrastruktúra Építő Kft. (Debrecen), Épület-Forma Kft. (Bp.), Színrelép Kft. (Dunakeszi)

