

MEI

MAGYAR ÉPÍTŐIPAR

HUNGARIAN BUILDING INDUSTRY

LXXII. | 2024.2.



A Szerk. TISZTELT OLVASÓNK!



Szabó Péter PhD
szerkesztőbizottsági tag

1872-ben a Bányászati és Erdészeti Akadémián tantervreformot hajtottak végre, melynek eredményeként létrejött az önálló „Építészeti Tanszék”. Az építőiparban válik külön az építész- és az építőmérnök fogalma. Már megépült az első kőolaj-vezeték, Londonban jár a földalatti, és egyre több helyen használják a távirót. Elkészült az első sorozatfelvételt, letéve a mozgófilm alapjait.

Akkoriban az építőiparnak és a tanszéki oktatóknak teljesen új kihívásokkal kellett szembenézniük. Néhány év múlva gőz-hőközpontokból távhő szolgáltatás indult, megjelenik az elektromos világítás a lakásokban, megépítik az első felhőkarcolót Chicagóban, feltalálják az előfeszített betont, és beindul az alumíniumtermelés. Eiffel megépíti az acélvázastornyát Párizsban (a munkálatokat Sobó Jenő is követi a tanszékről). Pár évvel később már mozgólépcső viszi az embereket az egyes emeletek között, és szabadalmaztatják a gipszkarton lemezt. Marconi rádiójelei „zavarják meg” az éter nyugalma, és világpremierre indul a film. Megépül az első műszakilag kiértelt vasbeton konstrukció. 1899-ben, amikor elektromos autók száguldoznak az utakon (100 km/h), New York Találmányi Hivatalának vezetője kezdeményezi a hivatal bezárását, mert „minden feltalálhatót feltaláltak már”. Azután beléptünk a XX. századba...

A század elején megszületett a Tanszéken az első, gazdagon illusztrált magyar nyelvű épületszerkezeti tankönyv – Erdészeti Építéstan – három kötetben. Ezután következtek a háborúk, az Akadémia költözése és az újjáépítés.

Az Építészeti Tanszék kutatásai ekkoriban a faipari üzemek tervezése mellett a könnyűszerkezetes lakásépítés felé fordultak. Több generáció faipari mérnökei ismerkedhettek meg az oktatóinktól az építőipar legmodernebb eredményeivel és a fával építés szakmai kihívásaival.

2022-ben ünnepelhetjük a Tanszék a fennállásának 150. évfordulóját.

A Soproni Egyetemen még ugyanebben az évben struktúraváltásra került sor. Több „tanszék” összevonásából létrejött a Kreatívipari Intézet. Ez a változás az Építészeti Tanszéket is érintette. Új formában, de töretlen lelkesedéssel dolgoznak a kollégáink, hogy válaszokat adjanak az építőipar mai kihívásaira. Megoldásokat keresünk a globális felmelegedés okozta faanyag változásra, a robotizáció és a mesterséges intelligencia jelentette kihívásokra. Ezekre a kérdésekre még nem ismerjük a válaszokat, de ebben a folyóiratszám szeretnénk bemutatni, emléket állítva 150 évnek, hogy kollégáink az új struktúrában is igen széles spektrumát kutatják az „építés”-nek.



Magyar Építőipar | Hungarian Building Industry

Főszerkesztő: **Horváth Tamás PhD** – SZE, Győr

A szerkesztőbizottság elnöke: **prof. dr. Becker Gábor** – BME, Budapest

A szerkesztőbizottság tagjai:

Bozsaky Dávid habil PhD – SZE, Győr; **prof. Kiss Rita**, az MTA levelező tagja / BME, Budapest;

Molnár Tamás habil DLA – PTE, Pécs; **Stocker György habil DLA** – BME, Budapest;

Szabó Péter PhD – SE, Sopron; **Terjék Anita PhD** – ÉMI, Szentendre / ME, Miskolc;

Vizi Gergely PhD – ÓE, Budapest; **Völgyi István PhD** – BME, Budapest

Index: 25,553 HU ISSN 0025-0074

A folyóirat lektorált cikkeket tartalmaz. Megjelenik évente hat alkalommal.

Szerkesztőség: 1095 Budapest, Mester utca 87. Tel./fax: 06 1 201-8416,

e-mail: info@epitokiado.hu, internet: www.magyarepitokiado.hu

Kiadja: ÉTE Szakértő és Magyar Építőipar Kiadó Szolgáltató és Kiadói Kft.

Felkészít: Dévai Zoltán | Kiadványszerkesztés: Horváth Tamás PhD

Címlapon: „Deák tér, amilyennek szerettük” Winkler Gábor rajza

2024.2. TARTALOM | CONTENTS

51 BEVEZETŐ	Szabó Péter Tisztelt Olvasónk! <i>Dear Reader!</i>
53 ELFELEDETT	Sági Éva A Soproni Egyetem Faépítészeti Intézetének százötven éve <i>150 years of the Wooden Architecture Institute of the University of Sopron</i>
60	Szabó Péter A Gízai nagy piramis – Az építés rekonstrukciós kísérlete <i>The Great Pyramid of Giza – Experimental reconstruction of the building process</i>
70	Tárkányi Sándor A soproni zsinagógák hasznosításának időszerű kérdései <i>Current issues in utilising the synagogues of Sopron</i>
77 AKTUÁLIS	Márfai Molnár László Színek és rétegek: Műemlékvédelmi konferencia Sopronban <i>Colors and layers: Conference on monument protection in Sopron</i>
79 PRAXIS	Péterfalvi Ágnes, Kósa Balázs Ház//Táj – Az épített és természetes környezet viszonya <i>House//Landscape – The relationship between the built and natural environment</i>
86 VÁROS	Oszvald Ferenc Nándor Harka: község vagy kisváros? <i>Harka: village or small town?</i>
93 MINŐSÉG	Kóczán Zsófia, Pásztor Zoltán Papír alapú termékek az építőiparban <i>Paper-based products in the construction industry</i>
99 50 ÉVE ÍRTUK	Dr. Winkler Oszkár A faházprogram és a lakásépítés <i>The wooden house program and housing construction</i>
102	Szabó Péter Kommentár Winkler Oszkár „A faházprogram és a lakásépítés” című 50 éve megjelent cikkéhez <i>Commentary on the 50 years ago published article of Winkler Oszkár “The wooden house program and housing construction”</i>

Sági Éva*

A SOPRONI EGYETEM FAÉPÍTÉSZETI INTÉZETÉNEK SZÁZÖTVEN ÉVE

150 YEARS OF THE WOODEN ARCHITECTURE INSTITUTE OF THE UNIVERSITY OF SOPRON

KIVONAT / HUN

A Soproni Egyetem Faépítészeti Intézete több mint 150 éven át képviselte az intézményben az építészeti tudományát. Tanárai a jogelőd selmecbányai, majd soproni Bányászati és Erdészeti Akadémián / Főiskolán bánya-, kohó- és erdőmérnökök százainak adtak át színvonalas és munkájukhoz nélkülözhetetlen építészeti ismereteket, emellett kutatásokat folytattak és szaktudásukkal támogatták az intézmény infrastruktúrájának fejlesztését. Másfél évszázad alatt olyan új képzések indultak, mint a faipari mérnökképzés vagy az építész MSc, amelyek az intézet oktatási-kutatási palettáját is tovább bővítették, a faépítészetre nagy hangsúlyt helyezve. Az Intézet oktatói – aktív tervezőként – mindenkor nagy jelentőséget tulajdonítottak a naprakész szakmai ismereteknek és a tervezési, kivitelezési gyakorlattal való élő és intenzív kapcsolatnak. A hagyomány napjainkban is folytatódik az építészet és a faépítészet sokrétű ismereteinek továbbadásával.

Kulcsszavak: Soproni Egyetem, építészetoktatás, oktatástörténet, faépítészet, Selmecbánya, Bányászati és Erdészeti Akadémia

ABSTRACT / ENG

For more than 150 years, the Institute of Wood Architecture at the University of Sopron has represented the science of architecture at the institution. Its professors at the predecessor Academy of Mining and Forestry in Selmecbánya and later at the Sopron Academy / College of Mining and Forestry provided hundreds of mining, metallurgical and forestry engineers with high-quality architectural knowledge essential to their work, while also conducting research and supporting the development of the institution's infrastructure with their expertise. Over a century and a half, new courses such as the wood engineering and the MSc in Architecture have been launched, which have also broadened the Institute's teaching and research palette, with a strong emphasis on wood architecture. The Institute's lecturers, as active designers, have always attached great importance to up-to-date professional knowledge and to a lively and intensive contact with design and construction practice. This tradition continues today with the transmission of a wide range of knowledge in architecture and wood architecture.

Keywords: University of Sopron, architectural education, history of education, wood architecture, Selmecbánya, College of Mining and Forestry

* környezetmérnök, PhD, levéltárvezető, Soproni Egyetem, sagi.eva@uni-sopron.hu

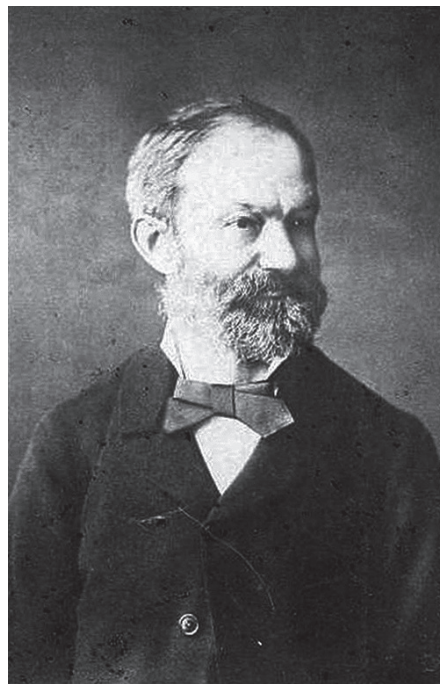
A Soproni Egyetem Faépítészeti Intézete 2022-ben ünnepelte megalapításának százötvenedik évfordulóját. A másfél évszázad alatt sokszor változtak a keretek, az oktatás részletei, de ami állandó maradt: az időszerűség, a gyakorlatiasság és a kreativitás.

1. | A SELMECI IDŐSZAK

Az Intézet előzményei másfél évszázadnál is régebbre, egészen 1834-ig nyúlnak vissza: ekkor vették fel a „polgári építészetet és a vízépitészetet” a selmecbányai Bányászati-Kohászati Akadémia tantárgyai közé [1]. A bánya- és kohótiszteket, -vezetőket felsőfokon képző intézmény mellett működő Erdészeti Tanintézet tantervébe pedig csak 1838-tól kerültek be az építészeti tantárgyak. Az építészeti ismeretek kezdetben összefonódtak a rajzismeretekkel, különösen a műszaki megjelenítéshez szükséges ábrázoló geometriával. Eleinte nem volt kinevezett tanára a szakterületnek: az építészeti és rajzoktatást kezdetben a felső-bibertárnai bányamérnök vezette [2]. 1839-ben ráébredtek a tantárgycsoport jelentőségére, és külön rajztanárt neveztek ki az újonnan felállított *Ábrázoló Geometria-Építészeti Tanszék*re (1839-1866) *Hönig János* személyében, aki egyúttal „ábrázoló mértant” is tanított. Az építészeti előadása eleinte *Adriany János*ra hárult, aki később a bányaművelés-bányamérés-bányagéptani tanszék tanára lett, majd 1841-től Hönig átvette az építészeti tanítását is. Két évre rá, Hönig a bécsi műegyetem tanári katedrájára távozott, így 1843-tól a bányamérnök *Marschan József* oktatta a kapcsolódó tárgyakat, akinek javaslata alapján építették 1848-ban a főváros erősítéseit. Az akadémia 1846-os átszervezésével létrejött a Bányászati és Erdészeti Akadémia. Az építészeti ekkor a bánya-, a kohó- és az erdőmérnök hallgatóknak másod- és harmadéven is tanították (ideértve a polgári építészettől összegzett „víz- és útépítészeti”, az építészeti rajzot és az „épületi tervek kidolgozását”) [3].

1847-től egy évig a geodézia tudománya terén nemzetközi elismertségnek örvendő *Albert Miller* vitte tovább a tanszéket, akit a leobeni bányászati-kohászati tanintézet bányászati tanszéke szőlített el Selmecről. Őt a tanárok sorában *Pöschl Ede* követte 1850-ben, aki a tanszékek 1866-os átszervezése után is maradt az új, három tárgyat egyesítő *Bányagéptan-Kohagéptan-Építészeti Tanszék* (1866-1872) rendes tanára. *Pöschl* valóságos polihisztor volt: oktatói pályafutása előtt összesen négy különböző szakágban (jog, bányászat-kohászat, geodézia, matematika-mechanika) folytatott tanulmányokat, négy különböző felsőoktatási intézményben. 37 évig működött tanszékvezetőként a selmecbányai Akadémián, ő volt az első, választott igazgató 1873 és 1876 között. Az építészeti ebben a korai időszakban oktató segédtanárok között számos olyan nevet találunk, akik később a bányászati vagy erdészeti tudományokban szereztek nevet (*Szécsi Zsigmond*, *Gretzmacher Gyula*, *Herrmann Emil*) [1] [2] [3].

A kiegyezés után újabb változások következtek: az 1868/69. tanévtől kezdve az oktatás nyelve németről magyarra váltott. Nem sokkal később, 1872-ben a Bányászati és Erdészeti Akadémián tantervreformot hajtottak végre, mely eredményeként létrejött az immár önálló *Építészeti Tanszék*. Az új egység irányításával *Lehoczky Gyula*t (1. ábra), a Selmecen végzett bá-



1. ÁBRA:
Lehoczky Gyula,
az önálló
Építészeti Tanszék
első tanára [5]

nya- és kohómérnököt bízták meg, először rendkívüli, majd nyilvános rendes tanári minőségben. *Lehoczky* oktatáshoz szükséges tapasztalatait a szélaknai gép felügyelőségénél és a kisgarami vasgyárnál szerezte meg. Tanári énjé már itt megnyilvánult: vásárnapi iskolát alapított, ahol a növendékeket szabadkézi és mértani rajzra is tanította, később gépészetet oktatott a püspöri bányászati akadémián. Rövid ideig *Pöschl Ede* tanársegéde is volt Selmecbányán, majd kis kitérő után visszatérve két évtizedig eredményesen tanította a hallgatókat az építészeti tudományokra [4].

Visszatérve az oktatásra: az 1872-ben elfogadott új tanrend szerint az *építészeti valamennyi* (bányász, fém- és vaskohász, gépész-építész és erdész) *szak tárgyai között* helyet kapott, megkerülhetetlenül. A tervezést megalapozó tantárgyak, úgymint a szerkesztési és mértani rajz, illetve a szabadkézi és díszítő rajz majdnem mindegyik szakiskola tantervében szerepelt, akárcsak az általánosabb építészeti ismeretek (Helyszínrajz és térképelés, Építészeti rajz, Építészeti). Az alapokhoz társultak az egyes szakokon nagyobb jelentőséggel bíró részismeretek: a leendő bányamérnökök bányaeépítmények és aknaházak tervezését, valamint vasút- és hídépítészeti ismereteket tanultak, a fém- és vaskohómérnök-hallgatók vaskohók és gyártelepek tervezését, az erdészek pedig gátak és gerebek tervezését. Meg kell említeni az Akadémia rövidéletű, de beszédes nevű gépészeti-építészeti szakiskoláját, amelyben az építész-mérnöki ismeretek szinte teljes spektrumát oktatták, így architektonikus alaktant és rajzot is [2].

Lehoczky Gyula szinte haláláig tanított, elhunyt után fél évig részben tanársegédje, *Csia Ignác*, részben *Cségi Ottó*, a bányamérés-tan-geodézia tanszék vezetője pótolta. Végül *Sóbó (Staudner) Jenő* (2. ábra) személyében találták meg a következő tanszékvezető rendes tanárt 1892-ben, aki Selmecen végzett vaskohómérnök-ként, majd többek között zólyombrezói munkássága alatt nagy jártasságot szerzett az ipari építészetben (a gyár újjáépítését is ő vezette). (Külön érdekesség,



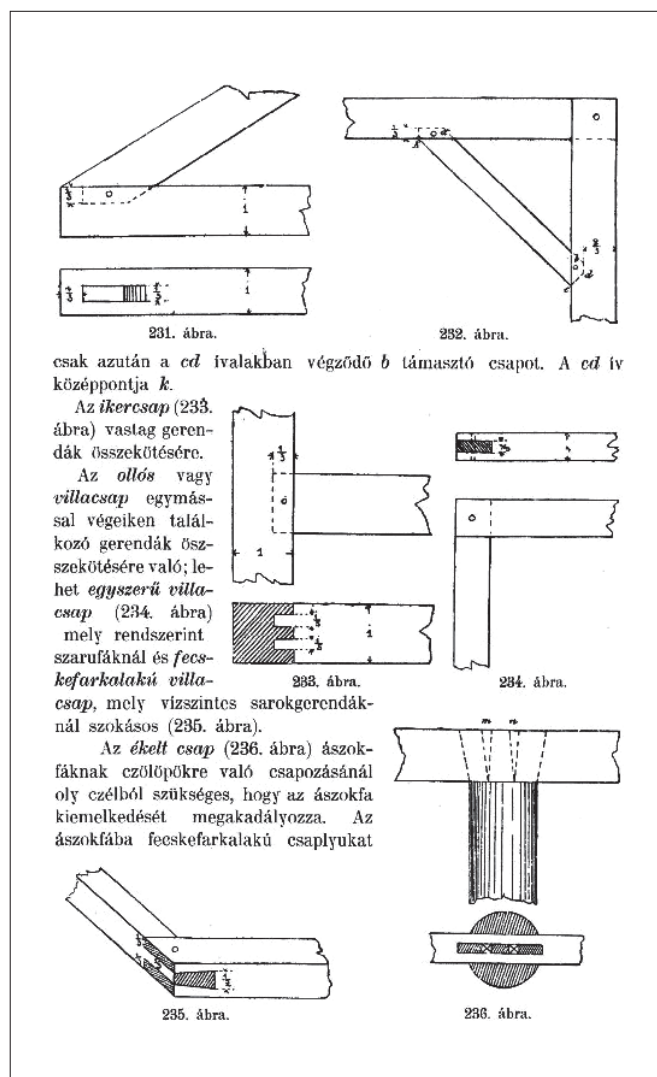
2. ÁBRA:
Sobó Jenő,
a Középítészeti
Tanszék utolsó,
selmecbányai
tanára [6]

hogy az építészeti tanszék selmecbányai korszakának tanárai és tanársegédei nem rendelkeztek hivatalosan építészeti végzettséggel. Többnyire az Akadémián végzett mérnökök voltak, építészeti látásmódjukat a gyakorlatból merítették. Ez hozzájárult ahhoz, hogy az építészeti előadások tökéletesen beilleszkedtek a bányászati, erdészeti szaktárgyak közé.)

Sobó az Akadémiára visszatérve, elődjéhez hasonlóan a középítészet mellett út- és vasútépítést, valamint víz- és hídépítést is oktatott, elméleti és gyakorlati síkon egyaránt. Szaktudását jelzi az „Erdészeti Építéstan” című, három kötetben kiadott, de négykötetesre tervezett műve, mely az *első teljes körű, magyar nyelvű épületszerkezettan könyv* (3. ábra) [3] [4].

Kevés híján harmincéves tanári pályafutása alatt az intézmény aligazgatója is volt, és vezetése alatt a Középítészeti Tanszék közreműködött az akadémiai épületek karbantartásának felügyeletében és az új laborok építésében is. Sobó Jenő közreműködésével készült el az 1900-ban avatott bányászati és kohászati palota, és ő tervezte a kémia laboratórium épületét (4. ábra). (Meg kell említeni, hogy tanszék már korábban is kivette a részét a fejlesztésekből: az 1892-re befejezett erdészeti palota építését Kosztela János tanársegéd vezette és felügyelte.)

1904-ben, a Bányászati és Erdészeti Akadémia M. kir. Bányászati és Erdészeti Főiskolává történt átszervezésével az oktatási idő négy évre emelkedett. Az Építészet Tanszék nem tartozott egyik szakosztályhoz sem, az *alapozó tanszékek* között találhatjuk meg. A tárgyakat viszonylag magas óraszámokban oktatották: középítést például az akkori diákok (mindegyik szakon) két félévben is tanultak, először négy óra elmélet, négy óra gyakorlat felbontásban, majd három plusz hat órában. A korabeli középítéstan tantervi programokban olyan részleteket találunk, mint az épületi fa osztályozása és kezelése, vagy a különféle (pl. donga-, porosz- stb.) boltozatok szerkesztése, rakása, elkészítése és leszerelése.



3. ÁBRA: Fakötéseket ábrázoló oldal
Sobó Jenő: Középítéstan című tankönyvéből [7]



4. ÁBRA: A selmecbányai Kémia palota, tervező: Sobó Jenő [6]

2. | SOPRONI FOLYTATÁS

Az első világháborút követően Selmecbánya a megalakuló Csehszlovákiához került, a Bányászati és Erdészeti Főiskolának költöznie kellett: Sopronban kapott új helyet. Sobó Jenő már súlyos betegen érkezett az Akadémia új otthonába és alig egy évvel később, 1920-ban elhunyt. Halála után tanársegédét és helyettesét, Solt (Spissák) Bélát nevezték ki helyettes tanárnak, majd négy évre rá rendes tanárnak. A Selmecen kohómérnökként végzett Solt Béla a gyakorlatban töltött évek után, 1911-ben tért vissza a Bányászati és Erdészeti Főiskolára. Már Sobó Jenő jobbkezeként bővítette építészeti tudását Zürichben, ösztöndíjasként. A főiskola új, soproni székhelyén a volt katonai főreáliskola épületállományának átalakításában és kibővítésében is számíthattak rá, többek között az ő tervei szerint épült a *Vaskohászati Anyagvizsgáló és Ércelőkészítési Pávilon* (mai D épület, **5. ábra**) [3].

Amikor 1922-ben a főiskolát átszervezték *Bányamérnöki és Erdőmérnöki Főiskolává*, új tanszékeket is létesítettek: többek között az *Út- és Vasútépítészeti Tanszéket*, amely a tantervi reform után átvette az Út- és Vasútépítészeti és a Víz- és Hídépítészeti oktatását [9] [10]. Solt Béla ettől kezdve csak a Középépítészeti tanított. A kevés tantárgy elindította a tanszék leépülését, 1936-tól Solt egyedül, tanársegéd nélkül maradt a tanszéken.

A második világháború után nehéz időszak következett a felsőoktatási intézmények életében, az Építészeti Tanszék azonban ekkor kapott új esélyt a fejlődésre: 1946-ban nevezték ki tanársegédnek Winkler Oszkárt (**6. ábra**), aki hivatalosan az Ábrázoló Geometria Tanszék állományába tartozott, de feladatköre az Építészeti Tanszékhez kötötte, a nyugalmazott Solt Béla pótlására. A háború utáni szűkös helyzetben két évig nem nevezhettek ki tanárt, Winkler és a szintén építészmérnök Bonta Márton megbízott előadóként tanított a középépítészeti. A vezetés még ebben a bizonytalan időben is nélkülözhetetlennek tartotta a tanszék fenntartását, így végül 1948-ban írhattak ki pályázatot a tanszékvezető személyére. A posztot a soproni születésű, ma nemzetközi hírnévnek örvendő Winkler Oszkár nyerte el, aki az *első építészmérnök* lett a tanszék élén.



5. ÁBRA: A Solt Béla által tervezett vaskohászati pávilon (mai D-épület) Sopronban [8]

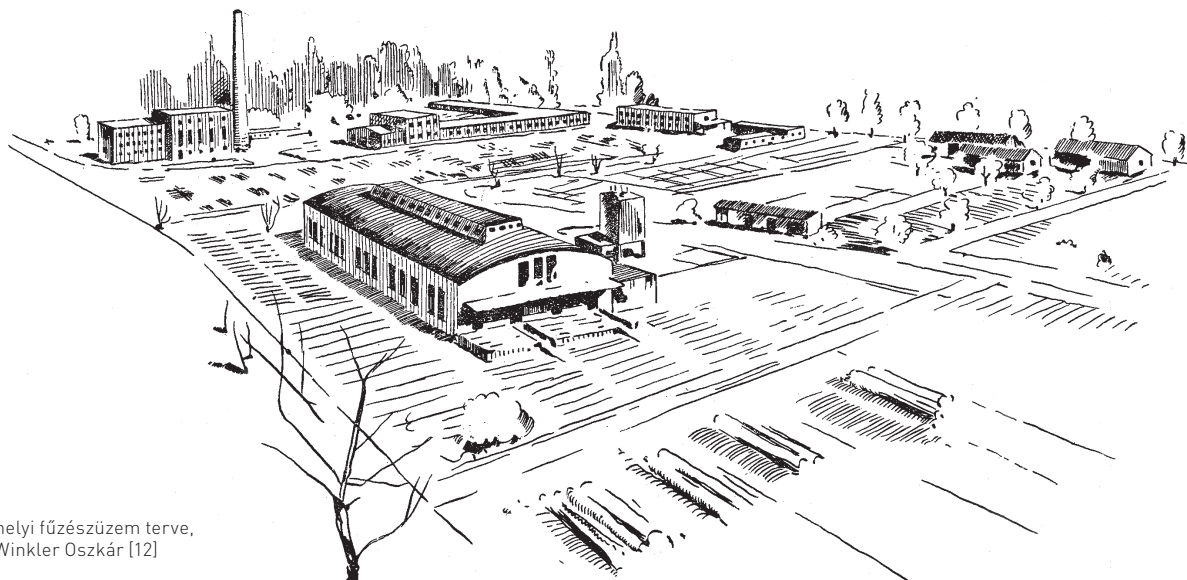


6. ÁBRA: Winkler Oszkár építész, az Építészeti Tanszék tanára [6]

Winkler sokrétű épülettervezői és vasbetontervezői gyakorlata, számos megvalósult terve és művezetői tapasztalata teljesen új távlatokat nyitott a tanszék életében. Tervezői rutinjának a Főiskola is hasznát vette: tervei alapján épült az ún. „Régi Kollégium” (ma Fekete Zoltán kollégium) és a „rajz- és tantermi épület” (*F épület*). A tanszék vezetése mellett a város életében is fontos szerepe volt: a háború után az újjáépítési munkálatokért felelt, majd megbízták az első vidéki állami tervezőiroda vezetésével. Építészeti munkásságának elismeréseként Ybl-díjat is nyert. Doktori értekezésének témája – a fűrészüzemek tervezése – tanszékvezetőként végzett kutatásain alapult (**7. ábra**) [11].

Az új vezető a tanszék fellendülését hozta magával: már kinevezése után nekilátott a „újjáélesztésnek”, kérvényezte egy tanársegéd kinevezését. Először csak demonstrátorokat (végzés előtt álló mérnökhallgatókat) neveztek ki. Így került a tanszékre többek között Strausz József erdőmérnök, aki egész szakmai életét itt töltötte.

Az építési, építészeti feladatokat nem pusztán elméletből ismerték: a tanszék a főiskola (a későbbi egyetem) engedélyével kisebb-nagyobb külső, „*költségvetésen kívüli*” (KK) munkamegbízásokat is elvállalt: műszaki ellenőrzéseket, tervezéseket. Dolgoztak többek között a Vasárugyárnak, az ERDŐTERV-nek, az Óvónőképzőnek, a soproni Épületasztalos Vállalatnak, a Petőházi Cukorgyárnak, több erdőgazdaságnak stb. A gyakorlati ismeretek hasznosítása látható a két féléves



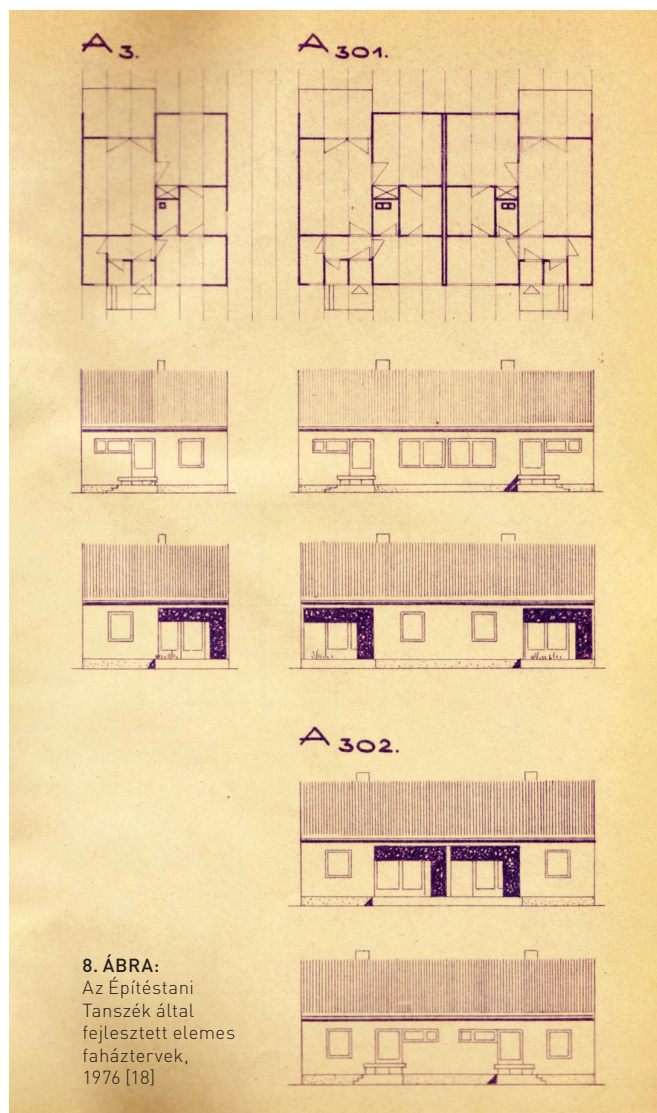
7. ÁBRA:
Szombathelyi fűrészüzem terve,
tervező: Winkler Oszkár [12]

„Erdészeti építéstan” tantárgyi programjában. A program összeállításánál Winkler Oszkár törekedett arra, hogy az erdőmérnök hallgatók „megfelelő alapképzést kapjanak, amely a gyakorlat során a szükséges további részletismeretek elsajátítását lehetővé teszi. A magasépítés terén jól képzett erdőmérnök nemcsak arra lesz alkalmas, hogy az erdőgazdaság épületeivel kapcsolatos karbantartási munkának kielégítő módon eleget tegyen, hanem arra is, hogy az erdőgazdaság számos magasépítési tervezői feladatát maga oldja meg, hiszen az erdőgazdaság különleges igényeit a legjobban ismerie kell.” [13]

Az 1957-ben indított faipari mérnökképzés újabb távlatokat nyitott, és néhány évre rá életre hívták a „Faipari építéstan” és „Bútorstílustan” tantárgyakat [14]. 1962. szeptember 1-jével az Erdőmérnöki Főiskolát Erdészeti és Faipari Egyetemmé szervezték, két – erdőmérnöki és faipari mérnöki – karral. A tanszékek elosztásánál az Építéstan Tanszék a Faipari Mérnöki Karhoz került. A faipari vonatkozású tantárgyak oktatása magával hozta egy faipari mérnök szükségességét a tanszéken: ekkor csatlakozott a csapathoz Somfalvi György, aki több évtizeden át, még nyugdíjazása után is segítette az oktató- és tervező munkát.

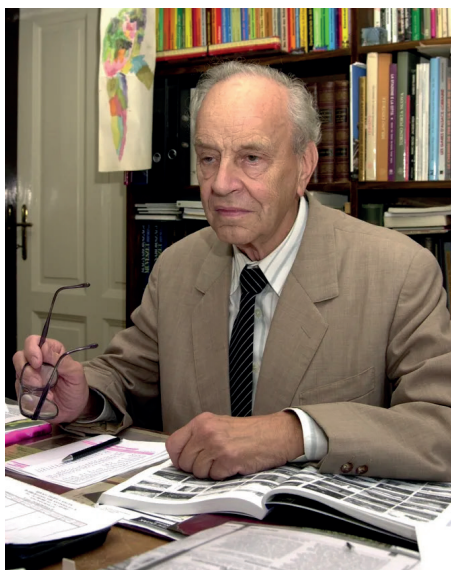
Ebben az időben kezdett a tanszék önálló kutatások folytatásába [15]. Az 1960-as évek végén indították a könnyűszerkezetes faházak tervezésével (8. ábra), alkalmazásával kapcsolatos, többéves kutatási projektet [16], és foglalkoztak fűrészüzemek tervezésének irányelveivel is [17]. A vállalt külső megbízások (szakértések, tervezések) közül számos a faipar és az erdőgazdaság gyakorlatához kapcsolódott (pl. Faforgács Feldolgozó Vállalat, Budapesti Falemezgyár). A munkákba hallgatókat is bevontak, az erdőgazdasági és erdészeti építészethez kapcsolódó diplomamunkák mellett egyre több faipari témájú készült. Diplomatervezőként került a tanszékre Józsa Béla, aki tanszéki mérnökként évtizedeken át részt vett a faépítészeti, faszerkezetek oktatás-kutatásában.

A szervezeti átalakításokkal változtak a tantárgyak is: az 1964-es tantervreform után az összefoglaló „Erdészeti építéstan” tantárgy az erdőmérnökök képzésében több részre bomlott: az „Építési anyagok és szerkezetek”, valamint az „Er-



8. ÁBRA:
Az Építéstan Tanszék által fejlesztett elemes faháztervek, 1976 [18]

9. ÁBRA:
Kubinszky Mihály
1975-95 között vezet-
te a tanszékét [19]



dészeti épületek” tárgy fedte le elődje területét. Utóbbi célja alapvetően az volt, hogy az erdőmérnökök elsajátíthassák az egyszerűbb épületek tervezésétől kezdve a nagyobb épületek áttervezésén, karbantartásán keresztül egészen az építkezések lebonyolításához szükséges ismereteket. A faipari mérnökhallgatók szigorlatoztak is az építéstani ismeretekből: az építési anyagokat és szerkezeteket részletesebben tanulták, emellett a faipari üzemek épületeinek tervezésére, karbantartására, akár áttervezésére helyezték a hangsúlyt. Az építészeti ismeretek az 1972-ben indult faipari üzem mérnök-képzés tantervében is helyet kaptak.

1975-ben *Kubinszky Mihály* (9. ábra) követte Winkler Oszkárt a tanszék élén. Mielőtt 1957-ben, tanársegédként a tanszékre került volna, a Soproni Magasépítési Nemzeti Vállalatnál dolgozott építésvezetőként. Egyetemi munkássága alatt építési megbízott volt a fertődi kastély helyreállítási munkálatainál, és sokrétű társadalmi és szakmai tevékenységéből megemlíthjük, hogy éveken át betöltötte a soproni Városszépítő Egyesület elnöki tisztségét is. Hagyományos építészeti, építőmérnöki tevékenységeken túlmutató érdeklődése a tanszék kutatásaiban és az oktatott tantárgyakban is megnyilvánult. Az oktatási spektrum bűrtörténet, belsőépítészeti ismeretek, urbanisztikai ismeretek oktatásával bővült. A munkához tudományos munkatársak és speciális tantárgyakat oktató meghívott előadók csatlakoztak.

Az 1980-as években előtérbe kerültek a faszerkezet-építéssel kapcsolatos vizsgálatok és elemzések, a fa- és faalapanyagú épületek külön tantárgyat kaptak. A gyakorlatias kutatások jó alapot adtak arra, hogy 1989-ben a tanszék aktív részvételével elindítsák a két éves faszerkezet-építő szakmérnöki szakot. A képzés célja olyan mérnökök képzése volt, akik képesek faszerkezetek, faszerkezetes épületek tervezésére, méretezésére. Végzett faipari mérnökökön kívül más felsőfokú műszaki végzettségűeket is felvettek (építész-, építő- és erdőmérnököket). A képzés igen gyakorlatias volt, külön foglalkoztak a faszerkezetek állagmeghatározásával és felújításával, valamint a teherviselő faszerkezetekkel, ill. azok méretezésével. Ezzel párhuzamosan az erdőmérnök-képzésen belül szűkült az építészeti ismeretek oktatása: alapvetően



10. ÁBRA: Winkler Gábor 1995-2005 között vezette a tanszékét [20]

arra összpontosítottak, hogy a végzett erdőmérnökök képesek legyenek „a beruházó szerepkörében” építkezéseket irányítani, kivitelezetni.

Az egyetemen az évezred utolsó évtizedében több új szak indult. 1993-ban vették fel az első környezetmérnök-hallgatókat, akiknél a terület- és a településrendezés, valamint -fejlesztés tudományára később egész szakirány épült. 1994-ben kelt életre az alkalmazott művészeti képzés, ahol a belsőépítészeti képviselt nagyobb súlyt. A képzésben szerepeltek az építészeti- és az építőtudományok, valamint az építészettörténet is. Az okleveles faipari mérnökképzés 1993-as szakosításakor született faszerkezet-tervező szakirány tantárgyai igen hasonlóak voltak a korábbi szakmérnöki képzéshez.

Az új szakok, és a velük járó tantárgyak kibontakoztatásában nagy szerepe volt *Winkler Gábor* építésmérnöknek (10. ábra), aki 1995-ben vette át a tanszék vezetését elődjétől. Soproni kinevezéséig több megyei vállalatnál volt vezető építész-tervező, valamint városrendező. Tanított a győri Széchenyi István Főiskolán, Pápa elismert főépítésze volt, valamint az ICOMOS Magyar Nemzeti Bizottságának elnöki posztját is betöltötte. Városrendezési és műemlékvédelmi tevékenységei jó alapot adtak a kapcsolódó tantárgyak oktatásához.

A 2000-es évektől – immáron a Nyugat-magyarországi Egyetemen – a tanszék oktatási tevékenysége egyre hangsúlyosabban kapcsolódott műszaki-építészeti tantárgyakkal a faipari mérnökképzéshez, településrendezési-fejlesztési vonalon pedig a környezetmérnök-képzéshez. A faipari mérnökök számára a faépítészethez kapcsolódó ismeretek komoly szakmai előnyt is adhattak. A környezetmérnökök multi- és interdiszciplináris jellegű képzésében pedig a területi vonatkozású tantárgyak voltak nélkülözhetetlenek (pl. településföldrajz, városépítés és műemlékvédelem, regionális tervezés stb.).

2005-től *Szabó Péter* építésmérnök vette át Winkler Gábor-tól a tanszék vezetését, majd 2007-ben a szervezeti egység neve Építéstani Intézetre változott. Szabó Péter 1995-től a tanszék munkatársa, az oktatásban mindig is nagy hasznát vette aktív tervezői gyakorlatának. Kecses faszerkezetes kilátói (11. ábra) az ország több pontján várják a látogatókat (pl.



11. ÁBRA: Sörházdombi kilátó, tervezők:
Szabó Péter, Hantos Zoltán, Somfalvi György [21]

Sopron, Sörházdomb). Az Intézet kutatási profiljába az eddigi faház-, faszerkezet-tervezéseken, állagvédelmen, településfejlesztési kérdéseken kívül bekerült az oktatás fejlesztése is. Az intézet gondozásában indulhatott meg az építész MSc. képzés, amely projektalapú oktatással, az ökológia és a faépítészet kérdéseire fókuszálva ad korszerű és időtálló ismereteket. A szak specializációi (szerkezettervező faépítész, műemlékvédelem és rekonstrukció) tükrözik az intézet hagyományos erősségeit.

A Soproni Egyetem 2020 augusztusától alapítványi formában működik. 2021-ben, az Egyetem intézeteinek átszervezése után Faépítészeti Intézet néven, *Markó Balázs* építész vezetésével egyesült a korábbi Építéstani Intézet, a Műszaki Mechanika és Tartószerkezetek Intézet, valamint a Faalapú Termékek és Technológiák Intézet terméktervezési része. Napjainkban a Kreatívipari Intézet keretében folytatódik az építészeti ismeretek oktatása.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] **Faller Gusztáv:** A Selmeci M. K. Bányász- és Erdész-Akadémia évszázados fennállásának emlékkönyve 1770-1870. Selmecz, 1871
- [2] **Pauer János:** A selmeczbányai magyar királyi Bányászati és Erdészeti Akadémia története alapításától vagyis 1770-től kezdve az 1895/96. tanévéig. Selmeczban, Joerges, 1896
- [3] **Zsámboki László (szerk.):** A selmeci Bányászati és Erdészeti Akadémia oktatóinak rövid életrajz és szakirodalmi munkássága 1735-1918. Miskolc, 1983
- [4] **Csáky Károly:** Híres selmeczbányai tanárok. Lilium Aurum, Dunaszerdahely, 2003
- [5] **Forrás:** Lehoczky-család archívuma
- [6] **Forrás:** Soproni Egyetem Központi Könyvtár és Levéltár 1/b., 2/c., 3/c., 4/c. fond Építészeti/Építéstani Tanszékre vonatkozó iratai, valamint 204. fond, Építéstani Tanszék iratai
- [7] **Sobó Jenő:** Középítéstan I-II. Selmeczban, Joerges, 1898-1899
- [8] **Diebold Károly felvétele,** Soproni Egyetem Központi Könyvtár és Levéltár
- [9] **Majer Antal:** Erdészeti felsőoktatásunk fejlődése a tantárgyak és a soproni évek tükrében. In: Hiller-Igmándy (szerk.): Mindnyájan voltunk egyszer az Akadémián... Sopron. Erdészeti és Faipari Egyetem, 1983
- [10] **Évkönyv 1924:** A M. Kir. Bányamérnöki és Erdőmérnöki Főiskola évkönyve az 1923/24. tanévről, Sopron, Székely és Társa
- [11] **Winkler Gábor:** Winkler Oszkár (1907-1984) élete és munkássága. NYME Faipari Mérnöki Kar, Sopron, 2002
- [12] **Winkler Oszkár:** A magyarországi fűrészüzemek korszerűsítésének néhány építészeti kérdéséről. Erdészettudományi Közlemények 1958/1. 187-205.
- [13] **Tantárgyi program** 1955, 1963, 1993: Soproni Egyetem Központi Levéltár 17. fond: Tantervek, programtervek: 1955, 1963, 1993
- [14] **Évkönyv 1969:** Az Erdészeti és Faipari Egyetem évkönyve – 1968/69. tanév. Sopron, 1969
- [15] **Kutatási jelentés 1972:** NYME Központi Levéltár 16. fond: Kutatási jelentések: Az Erdészeti és Faipari Egyetem 1972. évi kutatási beszámoló
- [16] **Kubinszky Mihály:** Forgácslepelemes kísérleti lakóház. In: Az Erdészeti és Faipari Egyetem Kiadványai, 1969. 3. sz.
- [17] **Winkler Oszkár:** Farostlemezgyárak tervezésének építészeti vonatkozásai. In: Erdészeti és Faipari Egyetem Kiadványai, 1969, 5. sz.
- [18] **Kutatási jelentés 1978:** Az Erdészeti és Faipari Egyetem 1976-1978. évi kutatási beszámoló jelentése. Kézirat, SOE Központi Könyvtár és Levéltár
- [19] **Pluzsik Tamás fotója.** In: Elhunyt Dr. Kubinszky Mihály városunk díszpolgára. SopronMédia, 2016.10.18. <https://www.sopronmedia.hu/cikkek/elhunyt-dr-kubinszky-mihaly-varosunk-diszpolgara>
- [20] **Winkler Gábor:** Építészettörténet oktatás ma - Sopronban, a NYME Alkalmazott Művészetek Intézetében. Építészforum, 2010.05.10. <https://epiteszforum.hu/epiteszettortenet-oktatasa-ma-sopronban-a-nyme-alkalmazott-muveszetek-intezeteben>
- [21] **Kaboldy:** Sopron, Sörházdombi kilátó, 2009.11.11. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e7/Sorhazdombi_kilato.jpg

Szabó Péter*

A GÍZAI NAGY PIRAMIS – AZ ÉPÍTÉS REKONSTRUKCIÓS KÍSÉRLETE

THE GREAT PYRAMID OF GIZA – EXPERIMENTAL RECONSTRUCTION OF THE BUILDING PROCESS

KIVONAT / HUN

A tanulmány az építészeti és régészeti adatok alapján a gízai nagy piramis építési technikájának tudományos alaposságú rekonstrukciójával foglalkozik. Fókuszál a konstrukciós anyagok geológiai eredetére, a munkaerő logisztikai szervezésére, valamint az alkalmazott építési eszközökre és módszerekre. Kiemeli a piramis szerkezeti elemeinek statikai analízisét, és tárgyalja az építési folyamatot meghatározó lehetséges technológiai innovációkat. Az elemzés során az ókori építkezési gyakorlatok mélyreható megértésére törekszik, kiemelve az építészeti teljesítmény és az ókori mérnöki tudás összetettségét.

Kulcsszavak:

Egyiptom, piramis, Kheopsz, ókor

ABSTRACT / ENG

The study focuses on the scientifically rigorous reconstruction of the construction techniques of the Great Pyramid of Giza based on architectural and archaeological data. It examines the geological origins of the construction materials, the logistical organization of the workforce, and the tools and methods used in the building process. The research highlights the structural analysis of the pyramid's elements and discusses possible technological innovations that may have influenced the construction process. Through this analysis, the study aims to achieve a deep understanding of ancient construction practices, emphasizing the complexity of architectural achievements and ancient engineering knowledge.

Keywords:

Egypt, pyramid, Cheops, antiquity

ektorált tartalom

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

1. | ADATOK

Az ókor hét csodájából napjainkra egyedül a gízai nagy piramis maradt fenn, amit a IV. dinasztia fáraója, Kheopsz (Khufu, Hufu) építtetett az i.e. 26. században. A piramis 146 méteres magasságával évezredekken keresztül a világ legmagasabb épülete volt. Az építés körülményeiről még napjainkra sincs egységes konszenzus, pedig a legutóbbi régészeti eredmények jelentősen szélesítették az ismereteinket [1].

Az építési helyszín eredeti formájára csak a mai felmérések alapján következtethetünk, azonban a környék feltárásai és a korabeli írott források alapján ez a kép tovább árnyalható. A piramis jó minőségű burkoló köveit az elmúlt évszázadok során beépítették a város épületeibe, ezért a síremlék pontos méretei, igaz nagyon jó közelítéssel, de csak becsülhetők.

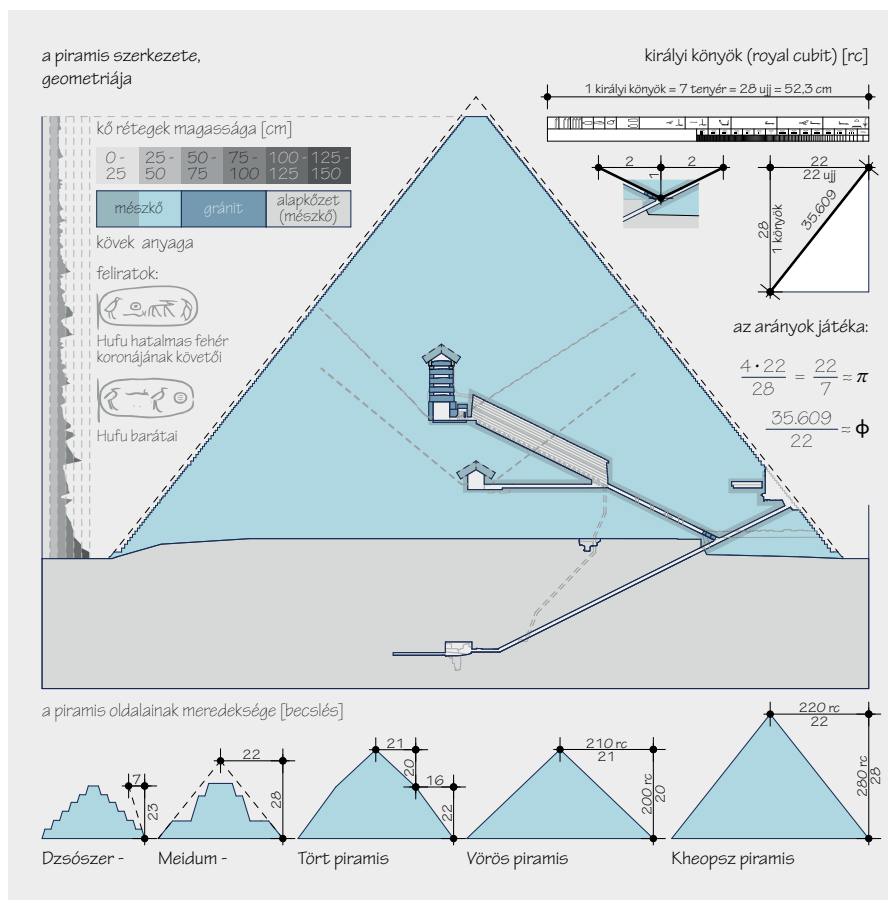
1.1. AZ EGYIPTOMI HOSSZMÉRTÉK

Ebben az időben hosszsmértékként Egyiptomban a könyököt használták. A piramis építésekor nem a hagyományos könyököt (ami 6 tenyér hosszúságú), hanem a királyi könyököt alkalmazták a 7 tenyérnyi méretével. Egy *királyi könyök* hozzávetőlegesen 52,3 cm hosszúságú [2]. További felosztásként a tenyeret 4 ujj egységre bontották, így egy királyi könyök 7 tenyér, vagyis 28 ujj (1. ábra).

A dőlésszögeket, lejtéseket egy, az egyik befogójára állított derékszögű háromszög segítségével határozták meg. A függőleges befogót egy királyi könyök hosszúságúnak vették, a vízszintes befogót pedig újbán mérték fel. Ez a vízszintes hosszmeret a *seked* [3], a dőlésszög egyiptomi mértéke.

1.2. A PIRAMIS MÉRETEI

A piramis szabályos négyzög alapú gúla, az alap hossza 440 királyi könyök, a magassága pedig 280. Az oldalainak a dőlésszöge 22 seked. Mai mértékegységekben meghatározva [4] az alap hossza 230, a magassága pedig 146 méteres, az oldalainak dőlésszöge 51°50'. A belső járatok dőlésszöge nagyon közel van az 1/2 seked, értékhez, vagyis 26°33'-hez. A fő síkokat pontos



1. ÁBRA: A piramis szerkezete, geometriája

san a négy égtáj felé tájolták, egy északi irányba helyezett „bejárattal” [5].

1.3. SZERKEZETI ELEMEK

A gízai fennsík mészkőből áll, innen bányászták az építőkövek legnagyobb részét. A piramist burkoló kövek és a mögöttük található 2-4 sornyi pontosan faragott „támasztó” kő a turai bányából származik [6]. A királyi sírkamra gránit elemeit pedig Asszuánból szállították ide. Az építéshez nagy mennyiségű gipszhabarcsot használtak fel. A piramis 210 különböző magasságú kő-sorból (szintből) áll (1. ábra). Az egyes szintek magassága 1,50 és 0,5 méter között változik [7]. Felfelé haladva egyre kisebb köveket használtak az építéshez. A felhasznált kövek mérete 500 és 80 000 kg között változik. Egy átlagos, egy köbméteres építőelem, 2 500 kg-ot nyom [8].

A fehér turai mészkő burkolat simára csiszolt felülete adta a piramis végső

megjelenését. Hasonlóan gondos megmunkálást kaptak a kamrák és folyosók szerkezeti is [9]. A tehermentesítő gerendák és a burkoló kövek mögötti támaszkövek illesztése és megmunkálása is nagyon pontos. A szerkezet többi, helyben bányászott, rossz minőségű „kitöltő” mészkőre azonban elnagyolt tömb, amik nincsenek síkra munkálva. A pontatlan illesztéseket gipsz habarccsal töltötték ki. Az építőkövek száma nagyságrendileg 2,5 millió.

1.4. ELHELYEZKEDÉS

A piramis helyeként a gízai mészkő fennsík egy 50 méter magasra emelkedő pontját határozta meg Kheopsz fáraó és építész, Hemiunu herceg. A helyszíntől pár száz méterre délre található a helyi mészkőbánya, a kikötő és a munkások városa is [10]. Keleti irányban volt a Nílus egyik mellékága (csatornája) duzzasztógátakkal és öblökkel (She Khufu). Ebből az irányból történt a

végleges piramis komplexum megközelítése is **(2. ábra)**. Az ábrán szereplő „munkások városa” a mai régészeti feltárások alapján készült, több időszak egymásra épüléséből [11]. A kikötő és a munkások városa között áll az úgynevezett Varjú fal (Heit el-Ghurab), amiről az ősi település is kapta a nevét. A fal 200 méter hosszú, 12 méter széles és 10 méter magas. A fal nyugati végében, egy hatalmas vízszintes áthidaló fedte kapu található. A bánya és a kikötő elhelyezkedése alapján a piramis induló rámpáját a délnyugati sarokban volt célszerű elhelyezni [12]. Így az építés teljes ideje alatt, a szatellit piramisok, a halotti templom és a felvonulási útvonal párhuzamos építésével is zavartalanul végezhető volt a munka.

1.5. A MUNKÁSOK

A település feltárásával a leletek betekintést adnak az ott élők mindennapjaiba és életkörülményeikbe. A munkaszervezésről és a csapatok méretéről, a pár éve megtalált, a piramis építésére datált, *vörös-tengeri tekercsek* [13] adnak leírást. A táblázatos formában fennmaradt papirusz Merer felügyelő 40 fős csapatának a tevékenységét, élelmézését követi nyomon közel egy éven keresztül. A csapat Tura és Gíza között szállított köveket az építkezésre, de részt vett a piramis melletti gátak megnyitásában és az élelmiszerellátásban is. A piramisban is megmaradt néhány munkáscsapatnak a felirata. Ezek a nevek közvetlenül „Hufu”-ra vagy a fáraó Hórusz nevére utalnak, egyértelműen a fáraóhoz kötve az építkezést **(1. ábra)**.

A 40 fős (külön névvel bíró) csapatok a kisebb munkákat 10 fős „brigádokban” végezték, és 4 db 40 fős csapat alkotott egy nagyobb egységet külön felügyelők alá szervezve. Ez a munkaszervezés a létszámok tekintetében megfelel a mai katonai raj-szakasz-század kialakításnak. Bár országoként és fegyvermenként vannak eltérések a 10-40-160 főből álló felépítés már több, mint négyezer éve jól vizsgálják.

1.6. ARZÉNBRONZ

A vésést réz vésővel és fa kalapáccsal végezték. A csiszolást bazalt vagy kovakő darabokkal készítették el [14]. A

réz keményebb, mint a mészkő, azonban egy-egy réz szerszám nagyon hamar elkopik. Az egyiptomi réz szerszámok azonban arzén tartalmúak. Az arzén gyakran megtalálható a rézércben, azonban az ókorban (az ón használatára előtti) a réz ötvöztetésére használták, arzénbronzot létrehozva.

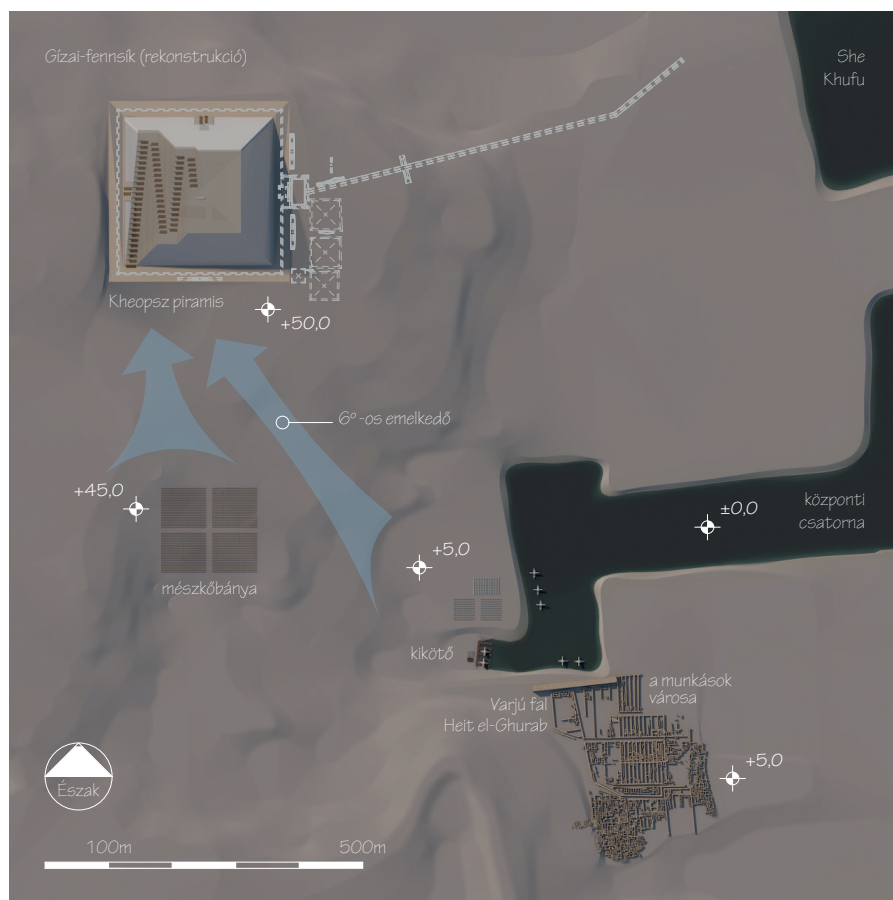
Összehasonlításként a 8%-os arzéntartalmú bronz, valamint a 8%-os óntartalmú bronz, a kovácsolás során azonos mértékű keményedést mutatott és elérte ugyanazt a végső keménységi szintet [15]. A Vickers keménység alapján az arzénbronz 50-250 HV keménységet ér el, az ónbronz pedig 150-300 HV értéket. Az arzénbronz hidegen is jól kovácsolható, míg az ónbronz 12%-os óntartalom felett törékennyé válik. Az arzénbronz vésők a gyakorlatban ugyanazt a keménységet produkálják, mint az ónbronz (bronz) vésők a későbbi korszakokban, könnyebb megmunkálhatóság mellett.

Az arzén és a gőzei is nagyon mérgezőek. A kovácsokra igen komoly ve-

szélyt jelentett, idegkárosodást, végtagbénulásokat és halált okozva. Talán ezekre az ősi időkre vezethető vissza Héphaisztosz sántaságának a mítikus eredete is. Az ón használatára történő áttérésnek inkább egészségügyi okai voltak és nem technikai. A korai vasfegyvereknél is jobbák voltak a bronz fegyverek, de az ón lelőhelyek elvesztése kikényszerítette a vas használatát és a kovácsolás, edzés fejlődését. A lágycél Vickers keménysége 130-180 HV. A legjobb szerszámacélok keménysége elérheti a 800 HV értéket is.

2. I A REKONSTRUKCIÓ PARAMÉTEREI

Az építés rekonstruálásához és modellezéséhez egyszerűsítésekre volt szükség. A modellek és ábrák az ArchiDAD 27 és iClone 8.4 programokkal készültek a következőkben ismertetett elvek szerint.



2. ÁBRA: Gízai-fennsík (elvi rekonstrukció)

2.1. KIINDULÓ ADATOK

A modell kiinduló paraméterei:

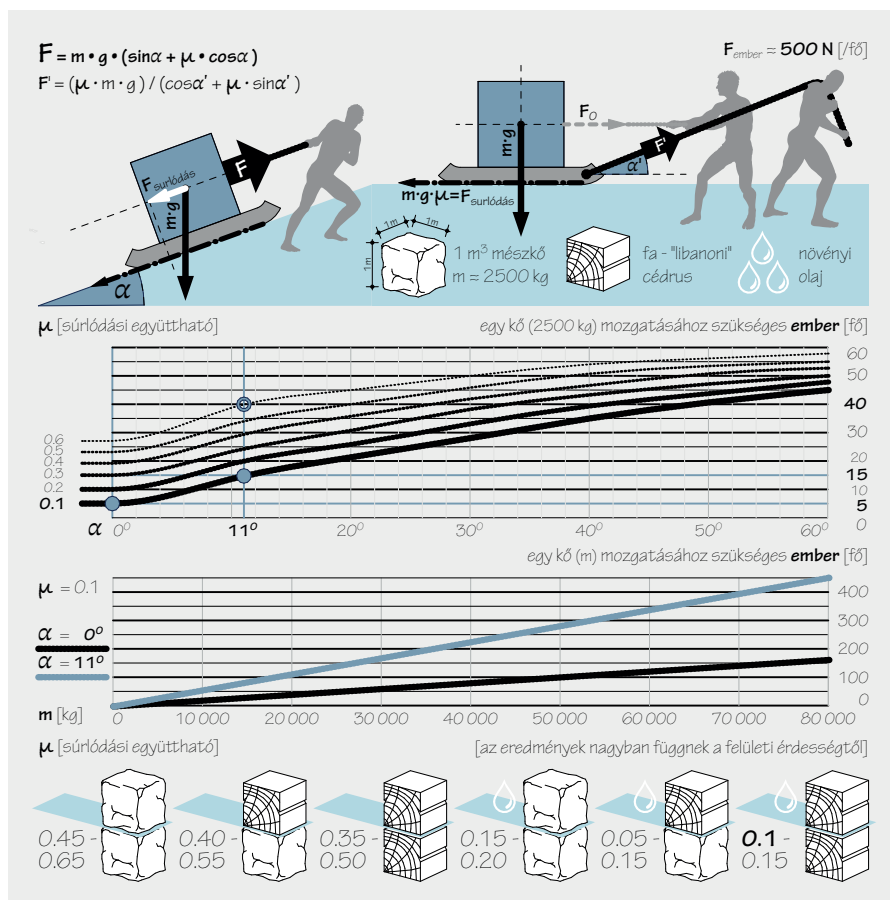
- A piramis építőkövei egy köbméteresek és 2 500 kg tömegűek, ezért a modellben a piramis 146 szintből épül fel.
- Egy ember átlagosan 50 kg-ot tud felemelni (húzni), 500 N erő kifejtésével számolva.
- A rámpák 20%-os (11°) emelkedéssel épülnek.
- A rámpák kőtörmelékéből és gipszhabarcsból készülnek, amikre fagerendákat helyeznek.
- A rámpák egy-egy szintet hidalnak át, 5 méter hosszúak és 1 méter magasak.
- A kövek mozgatása fa szánokon történik, hosszirányú fagerendákon (sín) mozgatva.
- Az építési brigádok 40 főből állnak.

2.2. AZ ARÁNYOK JÁTÉKA

Nincs adatunk arról, hogy 4500 évvel ezelőtt az egyiptomiak ismerték a n vagy az aránymetszés értékét. A legkorábbi emlék a n használatára egy későbbi matematika tekercsben (Rhind, i.e.1650) fordul elő, ahol ez az érték 256/81-nek [3,1604] adódik. A n értékére a legpontosabb közelítést az ókorban a szirakuszi Arkhimédész (i.e. 287–212) adta 22/7 [3,1428] értékben.

A korábbi piramisok nagyon pontos dőlésszögét azok romos állapota, valamint a burkoló kövek hiánya miatt nagyon nehéz meghatározni. Tudjuk, hogy a szögeket a királyi könyvek alapján határozták meg sekedben. A legelfogadottabb arányokat átírva sekedbe 16, 21, 22, 29 értékeket kapunk. A korábban épült négy piramis közül egyedül a Meidum piramisnak egyezik meg a dőlésszöge a Kheopszéval. Mindkettőnek 22 sekert vagyis 22/28 az oldalaránya.

Kétszer véve a piramis alapját elosztva a magassággal ($4 \times 22/28 = 22/7$), ami a n értékének Arkhimédészi közelítését adja. Az oldal lap háromszögének magassága elosztva az alap hosszának a felével ($35,609/22$) jó közelítéssel az aránymetszés arányát teszi ki (1. ábra). Ez azonban a véletlen és az arányok játéka és nem az ókori mérnökök szándéka volt.



3. ÁBRA: Pinceépítés bányász technológiával [2]

2.3. A RÁMPA NYOMÓSZILÁRDSÁGA

A rámpa teherbírásának az ellenőrzésére 3,2 cm oldalhosszúságú (gipszhabarcs) próbatesteket készítettem. A próbatestek gipsz – homok tömegszázalékos arányát 1:9-től 9:1 arányig változtattam. A kísérletet kétféle szemcseméretű homokkal, szabványos törőgépen végeztem.

Már két egységnyi gipsz használatával is 4,4 N/mm² nyomószilárdság érték adódott. A gipsztartalom növelésével maximálisan 10,43 N/mm² érték volt elérhető. Már a legkisebb nyomószilárdsági érték is képes megtartani a gerendák rámpára nehezedő terhét. Mivel ilyen kisléptékű mintadarabok szilárdsági tesztje is igazolta azok teherbírását, nem volt szükség további tesztek végzésére [16].

A valódi piramisban az egy szintet áthidaló rámpák magassága átlagban 50-80 cm [17], vagyis a fa gerendák pár alátámasztó kővel vagy akár alá-

támasztás nélkül is működhetnek. A rámpák kialakítására inkább a szánok biztonságos pályán tartása érdekében, a lebillenés megakadályozása miatt volt szükséges.

2.4. A SÚRLÓDÁSI EGYÜTTHATÓK

A súrlódási együtthatókat kísérleti úton határoztam meg (3. ábra). A kísérlet során kétfajta faanyagot, duglászfenyőt és libanoni cédrust, a kövek vizsgálatához mészkövet és szürke gránitot használtam. Minden próbatest fűrészelt és csiszolt felülettel is rendelkezett. Minden variációt megvizsgáltam, száraz, nedvesített és olajozott körülmények között. A próbatestek négyzet alapja 10 cm élhosszúságú volt, a súlya pedig 10 N.

A tapadási súrlódás vizsgálatát döntő lejtőn végeztem el, a csúszási súrlódás meghatározását három különböző módszerrel is vizsgáltam. Vízszintes

1. TÁBLÁZAT: A kövek megmunkálásához szükséges munkások becsült létszáma

munkanem	becslés egy kőre	óra/ember	kő [db]	munkások
mésző bányászása Gízában	12 ember 2 óra	24	2 500 000	1250
mésző bányászása Turában	12 ember 2 óra	24	330 000	165
burkolókő ferde megmunkálása	2 ember 3 óra	24	80 000	10
támasztó kő megmunkálása	2 ember 18 óra	36	250 000	188
burkolókő ferde csiszolása	2 ember 3 óra	6	80 000	10
támasztó kő csiszolása	2 ember 18 óra	36	250 000	188

felületen, állandó sebesség mellett húzva rugós erőmérővel. Lejtőn lecsúsztatva, a próbatestre szerelt gyorsulásmérővel és lejtőn gyorsulva az út és idő meghatározásával [18].

Ahogy az várható volt, a súrlódási együtthatót a felületek minősége határozta meg leginkább. Érdekes eredmény volt, hogy a nedvesített felületek csak a „ritkán” létrejött vízfilm kialakulásakor mutattak könnyű csúszást, gyakoribb volt a felületek letapadása. Csak állandó és nagyon intenzív vizezés hozott jó eredményt, ami a piramis építésénél gyakorlatban nem volt megvalósítható. Növényi olaj használatával azonban már nagyon kevés „kenőanyag” is alacsony [0,1] együtthatót produkált. A fa az olaj egy részét magába szívta, így a csúszási paraméterek hosszan megmaradtak, újra olajozás nélkül is. Az olaj a csiszolt kövek között is hatékony kenőanyagnak bizonyult.

A kövek közötti tapadási együttható 0,5 körülnek adódott, ami a piramis

belső járatainak a dőlésszögével egyezik meg (1. ábra). A zárókövek a felületek minősége alapján a járatokban a lecsúszás közeli állapotban vannak, azok megtámasztása azonban nem igényel komoly tartószerkezetet. Azokat megdöntve, vagy fagerendára tolvá, esetleg beolajozva könnyen lecsúszthatók.

2.5. A KÖVEK MOZGATÁSA

A szánokra helyezett köveket hosszanti fa gerendákon mozgatják a munkások [19]. Olajozás nélkül egy követ vízszintesen 10, rámpán pedig 19 ember tud elhúzni. Ugyanez olajozott fagerendákon 5, illetve 15 embert jelent (3. ábra). Fa feszítő rudat használva (egyszerű emelő), 0,2 és 1,8 méteres erőkarral számolva, a kövek vízszintes eltolásához, olajozott felületeken elegendő egyetlen ember. Hasonló feltételekkel a rámpán két ember már elegendő a mozgatáshoz (4. ábra). A rámpán a

2. TÁBLÁZAT: A kövek megmunkálásához szükséges munkások becsült létszáma

munkanem	v [m/s]	súrlódás, μ [-]	ember/kő	hossz [m]	munkások
vízszintes mozgatása (szárazon)	0,2	0,3	15	640 743 605	279
vízszintes mozgatása (olajjal)	0,2	0,1	5	640 743 605	93
mozgatása rámpán (szárazon)	0,1	0,3	24	469 066 300	652
mozgatása rámpán (olajjal)	0,1	0,1	15	469 066 300	408
eltolás feszítőrúddal (szárazon)	0,01	0,3	2	144 566 856	168
eltolás feszítőrúddal (olajjal)	0,01	0,1	1	144 566 856	84
Gíza, szállítás (szárazon)	0,2	0,3	15	1 415 000 000	615
Gíza, szállítás (olajjal)	0,2	0,1	5	1 415 000 000	205
Tura, szállítás (szárazon)	0,2	0,3	15	165 000 000	72
Tura, szállítás (olajjal)	0,2	0,1	5	165 000 000	24
hajón szállítás, Níluson	1 hónap alatt 200 követ 40 ember szállít				275

feszítő rudakkal a visszacsúszás megakadályozható. Kör keresztmetszetű, 5 cm átmérőjű rúd a fellépő nyomások hatására nem törik el. Az eredmények a megadott képletek, valamint az elemi szilárdági számítások alapján lettek meghatározva.

2.6. A MUNKÁSOK LÉTSZÁMA

A munkások számának becsléséhez, több, a gyakorlatban elvégzett méretarányos kísérlet (pl.: NOVA) alapján van mód [20]. Húsz éven keresztül az év 300 napján, 8 órás munkaidővel számolva a piramis 48 000 órán keresztül épült. A piramis belső köveinek a száma 2 500 000, a burkolat mögötti támasztó köréteg 250 000 db, a burkolat pedig 80 000 követ számlál.

Az egyes munkafolyamatok becsült adatai alapján a teljes 20 éves időtartamot figyelembe véve a piramis melletti kőbányában egyszerre 1250 ember dolgozik, míg Turában 165. A támasztó kövek méretre vágását és csiszolását 375 ember végzi, a burkolatok megmunkálásához pedig 20 ember munkájára van szükség, igaz 48 000 órán keresztül (1. táblázat).

A kövek mozgatásához szükséges távolságokat a felépített CAD modell alapján számítottam, figyelembe véve minden egyes kőnek a piramison belül elfoglalt pozícióját. A kövek összesített vízszintes mozgatási távolsága a piramis közeléből és a piramis szintjein belül 640 743 605 méter. A teljes kőmennyiséget figyelembe véve a rámpán történő mozgatáshoz 469 066 300 méter utat kell megtenni. A gízai kőbányából a piramis lábához megtett út, összesítve a kövekre 1 415 000 000 méter. A turai kőbányában megtett út becslése 165 000 000 méter. A Níluson történt szállításra a vörös-tengeri tekercsek alapján adtam becslést.

A piramison a kövek mozgatását és elhelyezését, a számítások alapján egyszerre 584 ember végzi. A kövek hajón történő szállításához az adatok alapján 275 ember elegendő (2. táblázat).

A létszámok és mozgatási sebességek becslésen alapulnak, azonban a munkások nagyságrendjének meghatározásához jó alapul szolgál. Természetesen a 20 éves munkavégzés alatt a létszámok és a munkafolyamatok mennyisége változott. Nem számoltam



4. ÁBRA: Egy 2500 kg-os kő oldalirányú eltolása feszítő rúddal

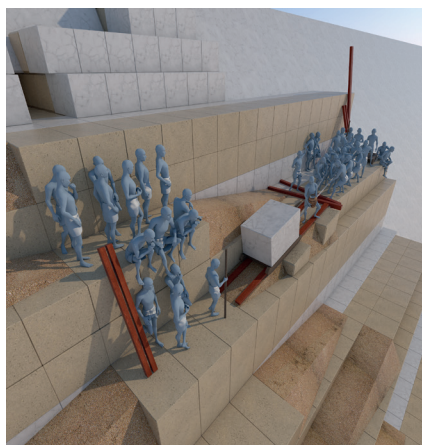
a szánok „üres” mozgatásával és a ki-segítő munkásokkal, családtagokkal, ahogy a kevés, de nagyon nehéz gránit gerendák mozgatásával sem.

Ismerjük, hogy a piramis építésének minden égtájhoz tartozóan volt egy-egy felügyelője. Feltételezve, hogy mindegyikük 160 (4×40) embert felügyelt, akkor a piramison egyszerre 640 ember dolgozhatott. Ennyi munkás pedig a becslés alapján elegendő az építéshez és egymás zavarása nélkül el is fér a területen. A Gízai fennsíkon a bányászok, kőművesek, szállítók és az ellátást segítő személyzet száma 2500-3000 főre tehető. A szomszédos munkás város létszámát 5000 főre lehet becsülni. Turában a becsült létszámok alapján két „század” dolgozhatott egyszerre. Így az ottani becsült teljes létszám 500 fő körül mozoghatott.

3. | MÉRNÖKI TERVEZÉS

3.1. RÁMPÁK, SZÁNOK ÉS SÍNEK

Egyiptomban nagyon kevés a faanyag, a jó minőségű építőanyagot (libanoni cédrus) külföldről hozták be, ezért a rámpák kő törmelékből és gipszhabarcsból állnak. Mivel kevés a faanyag, ezért telepített sín rendszerek lerakására nincsen mód. A piramis belsejében szabálytalan alakú kötömbök [4] találhatóak, ezért azokon a gerendák használata nélkül nem lehet a szánokat mozgatni.



5. ÁBRA: A keskeny rámpán történő mozgatus, kétirányú közlekedés 40 ember esetében.

Egy csapat (40 ember) felszerelése: 2 db szán, 8 db 6 méter hosszúságú gerenda, 8 db 3 méteres gerenda, 4 db 2 méteres feszítő rúd, kötelek és olajos kancsók. 4×4 ilyen munkáscsapat fel tudja építeni a piramist az odaszállított kövekből.

3.2. A RÁMPÁK MÉRETE, ELHELYEZÉSE

Egy egyenes külső rámpa nagyon sok szempontból előnytelen. A rámpa nagyon sok anyagot igényel, minden új szint elérésekor a rámpát is növelni szükséges és szinte lehetetlen a rámpán való mozgást szakaszolni. A körbe futó rámpát nehéz a piramis szerkezetére támasztani és a sarkokon is kényelmetlen a nagyobb kövekkel manőverezni. Egy spirális belső rámpa [21] állékonysági és szállítási problémákat vet fel.

Mivel egy szint magassága csupán egy méter (a modellen), ezért az egyik szintről a másikra egy 5 méter hosszú rámpán (20%) a köveket két, a rámpára ideiglenesen elhelyezett gerendán fel lehet húzni. A rámpák kialakítására a piramis területén belül is mód van, így az egyik oldal ideiglenesen „nyitott” marad. A rámpákat váltott irányban, „Z” formában egymás mellé lehet helyezni. Az egyik rámpáról a másikra nem kell befordulni, hanem merőlegesen át lehet tolni a köveket rövid fagerendákon. (A szánok kereszt irányban is mozgathatók, a súrlódás nem függ az érintkező felületek nagyságától.) A kisebb kövek átmozgathatóak pusztán emberi



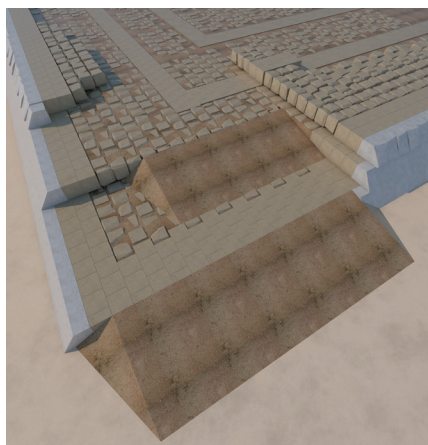
6. ÁBRA: A turai, fehér mészkő burkolat formázása és csiszolása

erővel is. Keskenyebb rámpákon, vagy nagyobb kövek mozgásakor, azok a lerakott gerendákon, feszítő rudak segítségével tolatók el (4. ábra). A keskenyebb, a piramis oldalán futó rámparendszer kőrámpákból vagy részben kövekkel merevített szerkezettel képzelhető el. Ezeknél a keskeny rámpáknál faszervezetek, vagy telepített fa sínek használata is feltételezhető. A legkeskenyebb rámpák használatakor is van elég hely a pihenőkön a kétirányú közlekedésre (5. ábra). A modellen a fehér kövek a burkolat csiszolt vagy még le nem munkált elemei. A kívülről rájuk támaszkodó világosbarna „kockák” az építés segéd szerkezetei, a keskeny rámpák alátámasztását szolgálják.

A rámparendszert úgy kell megtervezni, hogy a legnagyobb, akár 9 méter hosszú, 80 000 kg-os köveket is a helyére lehessen mozgatni. Az előlotti szintekre azonban keskenyebb rámpa is megfelelő. A rámpa rendszernek a piramis csúcsa közelében is lehetővé kell tennie a kövek szállítását. A rámpa nem akadályozhatja a burkoló kövek elhelyezését, valamint nem lehetetlenítheti el az élek és lapok pontos kitűzését.

3.3. A BURKOLÓKÖVEK ELHELYEZÉSE

A piramis burkoló köveit nem célszerű utólag elhelyezni, azok a szintekkel egyszerre kerülnek a helyükre. A piramis legkülső 3-5 kőora pontosan illesztett és faragott kövekből áll, ezért a következő sor építését, pontos elhe-



7. ÁBRA: A piramist merevítő „réteges falszerkezet”

lyezését ezen a ponton kell elvégezni. Itt lehet kimérni a pontos lejtést és a síkok összecsiszolására is itt kerülhet sor. Minden szinten a burkolat köveit helyezik el először, amit a támasztó kősorok követnek. Ezek után helyezik el a kitöltő, szabálytalan alakú helyi mészkövet, gipszhabarcsba ágyazva. A sírkamrák, folyosók és a szellőzők a szintekkel együtt épülnek [22]. Az építés során a burkolatok síkba csiszolását a helyszínen végzik el (**6. ábra**).

3.4. A MEREVÍTŐ FALRENDSZER

A szerkezet merevítése miatt a kitöltő kövek közé bizonyos távolságokra (5-8 méter) célszerű lenne faragott 2-4 sorból álló merevítő falakat emelni a támasztó sorok mintájára. Ilyen merevítő kősor (födém) beépítésére

vízszintesen is szükség lenne. A modellben a vízszintes merevítő sor nem ábrázolható (mivel minden kősor 1 méter magas), azonban a piramisban [7] bizonyos szintek sokkal vastagabb kövekből épülnek fel (**1. ábra**). Egy vastagabb kősor után csökken a szintek magassága, amit ismét egy vastagabb szint követ. A vastagabb (merevítő) kősor egy belső elem (például kamra) tetejének a kialakítása után következik. Ez teljesen megfelel a mai mérnöki tervezési szemléletnek. A merevítő falak beépítésére nincsen egyértelmű bizonyíték [23], azonban a rablók által vájt alagút falzatának a vizsgálata és a korábbi piramisok feltárt falszerkezete alapján ennek meglétét lehet feltételezni. A modellben szereplő (kétfajta) kőpárkány szélességét ezen merevítő kősorok alapján célszerű megtervezni. Sznofru korábbi piramisainak „építési sorrendjét” jelölő struktúra is inkább magyarázható a szintenkénti belső merevítéssel, mint a hagymahéj szerű bővítéssel (**7. ábra**).

3.5. KESKENY RÁMPA

A fő rámpa induló pontja a helyi bánya és a kikötő alapján célszerűen a gúla délnyugati sarkába kerülhet. Az északi oldalon lévő bejárat miatt ott is szükség van egy, a későbbi temetést kiszolgáló rámpa felépítésére. Egy ilyen kisméretű rámparendszer oldja meg a piramis legfelső szintjére a feljutást. Ez a rámpa csak átlagos kövek mozgatását teszi lehetővé. A burkoló kövek egy sávját nem vágják le, azok a rámpa megtartá-

sát szolgálják. A rámpát az alsó szakaszon törmelékből is el lehet készíteni, a felső keskenyebb szakaszon pedig ferdére vágott kövekből vagy akár fából is készülhet (**8. ábra**).

3.6. A RÁMPA BONTÁSA

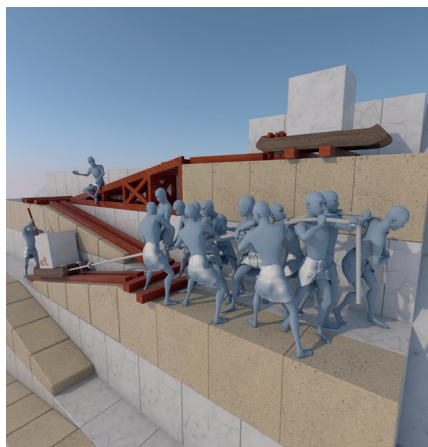
A legfelső kövek elhelyezése után a rámpát szintenként, felülről lefelé el kell bontani. Az eddig támasztékként szolgáló burkoló köveket csak ezután lehet síkba vágni és csiszolni. Itt állványként az alatta lévő sorok szolgálnak (**9. ábra**). A halotti menet után a bejárat burkoló köveit kell elhelyezni, amit a rámpa bontása és a burkolat véglegesítése követ.

4. I KIVITELEZÉS

A következőkben tekintsük át az építéskivitelezés elméletünk szerinti szakaszait a helyszínválasztástól a csúcskő elhelyezéséig.

4.1. A HELYSZÍN KIVÁLASZTÁSA

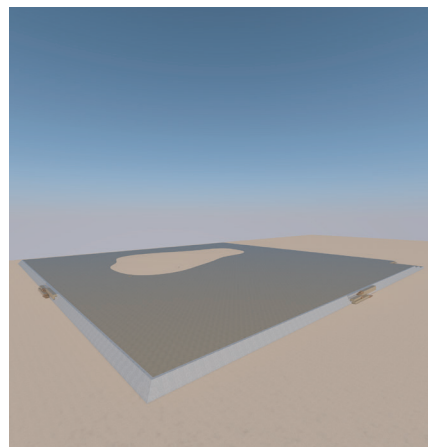
A piramis kitűzésére a Gízai fennsíkon került sor, figyelembe véve a kikötő és a kibányászható mészkőtömbök helyzetét. A kőzetlemez repedései behatárolják az építés helyét és vélhetőleg egy ilyen repedés az oka annak is, hogy a bejáratot el kellett tolni a piramis középtengelyéhez képest [6]. A piramis a meglévő mészkő domb egy darabját



8. ÁBRA: A keskeny rámpa kialakítása a piramis utolsó fázisának elkészítéséhez



9. ÁBRA: A keskeny rámpa bontása után a „felesleges” kövek eltávolítása, a burkolat csiszolása



10. ÁBRA: A meglévő mészkődomb „beépítése” a piramis szerkezetébe

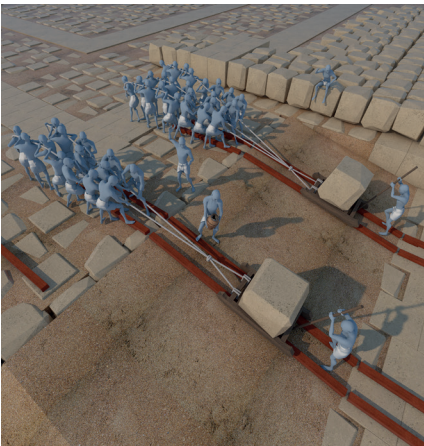
is magába foglalja, ezzel jelentősen csökkentve a szükséges építőkövek számát (10. ábra). A pontos tájolást a nap segítségével könnyen el tudták végezni a megfelelő pontossággal, valamint a sík fogadósínt beállítása se okozhatott gondot egy vízszintező árok segítségével.

4.2. INDULÓ RÁMPÁK

A kitűzés után a gondosan faragott külső burkolóköveket helyezték el. A piramis délnyugati sarkán egy 16 méter széles rámpa épült 20%-os lejtéssel (7. ábra). Ez a rámpa a külső faltól befelé épült a piramis területén belül. A nyugati és az északi oldal közepén a burkoló kövekre támaszkodva egy-egy keskeny rámpa építése is elkezdődött. Az északi a fáraó temetéséhez szükséges, a nyugati pedig a piramis befejező szakaszában fog szerepet kapni (11. ábra).

4.3. FALMEREVÍTÉS

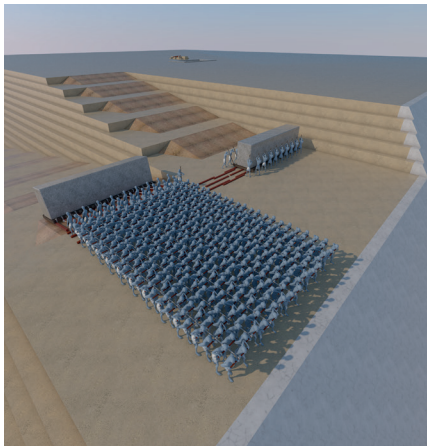
Az alsó sírkamrát a folyosójával együtt az alapkőzetbe vágva már kialakították (1. ábra). (Az alsó kamrát sohasem fejezték be teljesen.) A burkolat mögé két sornyi pontosan megmunkált támasztó kő került. A burkoló- és támasztó kövek is jó minőségű mészkövek a délre található Turai bányából [6] származnak. Ezek a kövek a valóságban 1,5 méter magasak, 10-15 tonna súlyúak, így ezek a piramis alapszerkezetének legnagyobb elemei (a modell



12. ÁBRA: Kőmozgatáshoz szükséges létszám olajozott és „száraz” fagerendákon húzva

1 méter magas köveket tartalmaz). A támasztó kövek mögé szabálytalanul megmunkált helyi mészkőtömbök kerülnek, gipszhabarcsba ágyazva. Ilyen szabálytalan kövekből áll a nemrég felfedezett „nagy üreg” is. Nyolc-tíz méternyi szabálytalan kötömb után ismét 2-3 sor pontosan faragott szilárdító fal épült. Ez a felépítés változik a közép-pont felé (12. ábra).

Az 5 méter hosszú rámpát a következő szinten egy szintén 5 méteres vízszintes szakasz követi. A következő rámpa innen fog indulni. A ferdére faragott külső burkoló köveket utólag csiszolják síkra egy egyszerű kinyúló állványzat segítségével (7. ábra). Az állványzatot akár a kövek szállítására használt szán és gerendák felhasználásával is meg lehet oldani. A burkolatok csiszolása folyamatosan történik, nem igényel alsó állványzatot.



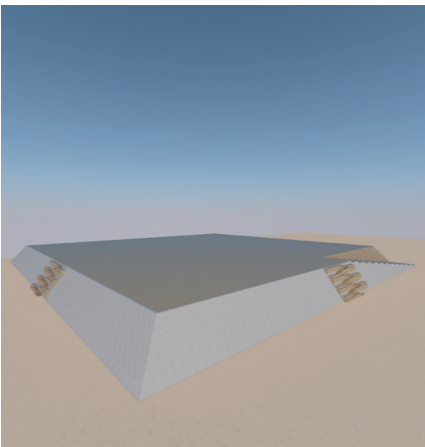
13. ÁBRA: A legnagyobb gerendák mozgatásához szükséges hely és létszám

4.4. A RÁMPARENDSZER ELSŐ SZAKASZA

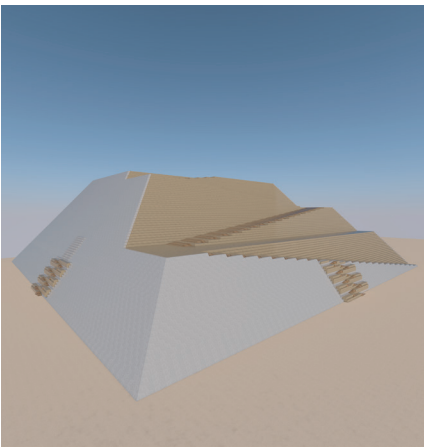
A széles rámparendszerre a király-kamra tető gerendáinak az elhelyezéséig van szükség. Ez a piramis rámparendszerének az első szakasza, amivel a kövek 72% elhelyezhető. Egy 80 tonnás gerenda rámpán történő mozgatásához 450 emberre van szükség (3. ábra). Oldalirányú eltolásához feszítőbotok segítségével pedig 18 munkásra (13. ábra). Ennyi munkásra [19] több falfestmény is utal a későbbi korszakokban [24].

4.5. A MÁSODIK SZAKASZ

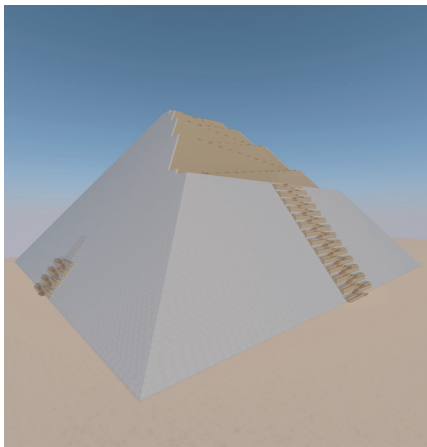
Az építés következő fázisában keskenyebb rámpa is elegendő, ezért a széles teraszokat lecsökkentik, azokat rész-



11. ÁBRA: A kisegítő északi és nyugati keskeny rámpa elhelyezkedése



14. ÁBRA: A széles rámpák és teraszok „feltöltése”, a 72% megépítés után



15. ÁBRA: A belső rámpák „feltöltése”, az oldalsó rámpa kialakítás a hátralévő 7% felépítéséhez



16. ÁBRA: A legfelső szakasz keskeny, meredek rámparendszere

ben „feltöltik”. A belső merevítő fal-szerkezetek a feltöltés vonalát is meghatározzák. A széles rámpák feltöltése után a piramis 113 méteres magasságig tovább építhető (**14. ábra**).

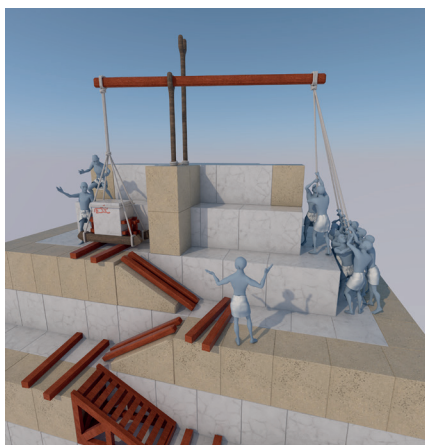
4.6. A HARMADIK SZAKASZ

Ezt követően olyan kicsi a legfelső szint területe, hogy biztonságosan, a piramis befoglaló méretén belüli rámpakialakítás már nem lehetséges. A teraszokat ekkor feltöltik és a piramis nyugati oldalán kap szerepet a burkolatra támaszkodó keskeny rámpa. Ezzel a rámparendszerrel építik meg a piramis tömegének hiányzó 7%-át (**15. ábra**).

4.7. A LEGFELSŐ SZAKASZ

A legfelső 32 szint már nem elég széles ahhoz, hogy ott két egymást követő 5 méteres rámpa helyet kapjon, ezért onnantól egy-egy keskenyebb rámpa épül. Ezen a területen már nem lehet feltöltésből építeni a rámpákat, azok kő vagy fa szerkezetűek.

Az utolsó kilenc szint felépítésére a helyhiány miatt már meredekebb rámpák kialakítása szükséges, 26,56°-os lejtéssel. A piramis belső járatainak is ez a dőlésszöge, ami könnyen szer-



17. ÁBRA: A piramis csúcsának kialakítás a külső burkolókövekre támaszkodó segédépítménnyel

keszthető egy 2:1 arányú derékszögű háromszög alapján. A piramis felső szintjei a valóságban már csak 50 cm magasak, a felhasznált kövek így csak 500-1000 kg tömegűek. Olajozott fa gerendákon egy ilyen követ 5-10 munkás tud felhúzni (**16. ábra**).

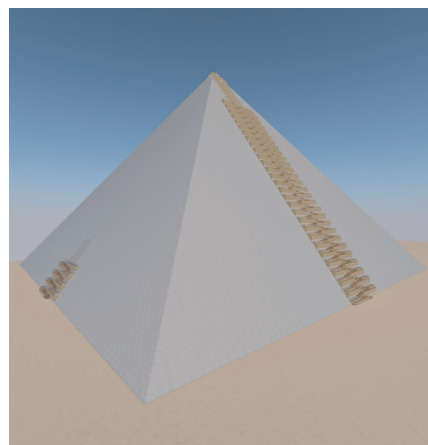
4.8. A PIRAMIS CSÚCSA

A legfelső pár szintre a köveket emberi erővel is fel lehet emelni, de egy egyszerű emelővel is elvégezhető a munka. Ilyen emelő használatára nincsenek az adott korból források, de a hajók mozgatható árbocai vagy a gémeskutak hasonló elven működtek (**17. ábra**).

A piramis csúcsa a feltételezések alapján arany bevonatú volt. A kisebb méretű kövek felemelhetőek, az aranylemez burkolat a helyszínen is kialakítható. Az adott korban nem tiszta aranyat használtak, hanem elektrumot (55% arany, 45% ezüst).

4.9. A RÁMPÁK BONTÁSA

A burkolatra épített tartóköveket fentről lefelé lebontották (**18. ábra**), a burkolatot pedig simára csiszolták (**9. ábra**). A fáraó temetése után a bejárat felőli rámpákat is elbontották és elvégezték a csiszolási feladatokat. Ez-



18. ÁBRA: A piramis külső rámpáinak eltávolítása, az építmény befejezése

zel nyerte el végső formáját a piramis komplexum legnagyobb építménye, a Gízai nagy piramis.

5. | ÖSSZEGZÉS

Amíg nem találunk olyan papiruszt, ami pontosan leírja, hogy milyen technológiával épültek a piramisok addig csak feltételezésekre szorítkozhatunk. Az ismertett építési módszer az adott kor anyagait és technológiáit felhasználva próbál egy lehetséges mérnöki megoldást felvázolni, figyelembe véve a régészeti feltárások eredményeit is. Ez az elmélet módszert mutat be a legnagyobb kövek mozgatására, a burkolatok csiszolására és a legfelső szintek megépítésére is. A sírkamrák építésével és azok lefedésével egy következő tanulmány fog foglalkozni.

A korai piramisokat áttekintve egyértelmű, hogy nem voltak kiforrott technológiák, sokat hibáztak és próbáltak tanulni a hibáikból. Egyfajta irány vagy akár fejlődés azonban felismerhető a piramisépítésben. Minden piramis más és más, vélhetően az építési technológiák is eltértek egymástól. Építésként nem állítom, hogy így épült fel Kheopsz piramisa, én így építettem volna fel, és azért az sem zárnam ki, hogy eleink is hasonlóan gondolkoztak.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] **Keith Hamilton:** The Great Pyramid, Part 1, A Layman's guide. 2022.02.25. <https://www.academia.edu/72468121/>
- [2] **Peter-Christian Jánosi (ed.):** Structure and significance: Thoughts on ancient Egyptian architecture. Österreichischen Akademie der Wissenschaften, 2005.
- [3] **Dušan Magdolen: The Seked:** On ancient Egyptian mathematics and astronomy. Asian and African Studies 13, 2004, 2, 134-140. <https://www.academia.edu/3572583/>
- [4] **Keith Hamilton:** The Great Pyramid Void, A Layman's guide. 2023.03.06. <https://www.academia.edu/98053499/>
- [5] **Szabó Adrián:** Architectural visualization of the Great Pyramid of Khufu and its complex. <https://www.academia.edu/100729089/>
- [6] **Dietrich Klemm, Rosemarie Klemm:** The Stones of the Pyramids: Provenance of the Building Stones of the Old Kingdom Pyramids of Egypt (1st edition). De Gruyter, 2010.
- [7] **W. M. Flinders Petrie:** The Pyramids and Temples of Gizeh (revised edition). Histories & Mysteries of Man, 1990. http://www.gizapyramids.org/pdf_library/petrie_gizeh.pdf
- [8] **V. Maragioglio, C. Rinaldi:** L'Architettura delle Piramidi Menfite, Parte IV - Testo, Centro per le Antichità e la Storia dell'Arte del Vicino Oriente, Roma, 1962. https://gizamedia.rc.fas.harvard.edu/images/MFA-images/Giza/Gizalimage/full/library/maragioglio_piramidi.pdf
- [9] **Galal Ali Hassaan:** Mechanical engineering in ancient Egypt, Part XXXVIII: non-stone, non-wooden human statues industry. International Journal of Engineering and Techniques 3(1), 2017, 43-55. <https://www.academia.edu/36678349/>
- [10] **Mark Lehner, Zahi Hawass:** Giza and the Pyramids: The Definitive History. University of Chicago Press, 2017.
- [11] **Mark E. Lehner:** The lost port city of the pyramids: The Heit el-Ghurab site reveals a new face. Aeragram, 2013. <https://www.academia.edu/36930567/>
- [12] **Mark Lehner, Megan Flowers, Rebekah Miracle (ed.):** ARCE Sphinx Project 1979-1983 Archive. Open Context, 2017. <https://doi.org/10.6078/M7CZ356B>
- [13] **Mark Lehner, Pierre Tallet:** The Red Sea Scrolls: How Ancient Papyri Reveal the Secrets of the Pyramids. Thames & Hudson, 2022.
- [14] **Stan Florek, Thomas Hikade, Sarah Carter:** The flint artefacts from two workshops at Wadi el-Sheikh, Eastern Desert, Egypt. Records of the Australian Museum 71(4), 121-137. o. <https://doi.org/10.3853/j.2201-4349.71.2019.1681>
- [15] **Heather Lechtman:** Arsenic bronze: Dirty copper or chosen Alloy? A View from Americas. Journal of Field Archaeology 23, 1996, 477-514. <https://www.academia.edu/3801230/>
- [16] **M. Regourd, J. Kerisel, P. Deletie, B. Haguenauer:** Microstructure of mortars from three Egyptian pyramids. Cement and Concrete Research, 18(1), 81-90. [https://doi.org/10.1016/0008-8846\(88\)90124-X](https://doi.org/10.1016/0008-8846(88)90124-X)
- [17] **M. Hurst:** Ancient quarry ramp system may have helped workers build Egypt's Great Pyramids. University of Liverpool, 2018.11.02. <https://news.liverpool.ac.uk/2018/11/02/ancient-quarry-ramp-system-may-have-helped-workers-build-egypts-great-pyramids/>
- [18] **Preklet Edina, Szabó Péter:** Súrlódási együttható meghatározása a gyakorlatban. Dimenziók: Matematikai Közlemények 12, 2024, 25-32. o. <http://publicatio.uni-sopron.hu/3391/1/dimenziok-12evf-2024-12k-025-032.pdf>
- [19] **Wilhelm Jansson:** To move an obelisk. Uppsala Egyetem, 2019. <https://www.semanticscholar.org/paper/To-Move-an-Obelisk-Jansson/de66ee9ea2f0339cc696cc3620633ec9e27d62c0>
- [20] **Tom Fowlie, Eric Meyers:** NOVA: Decoding The Great Pyramid. PBS (Direct), 2019.
- [21] **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. Smithsonian, 2008.
- [22] **David Ian Lightbody:** Biography of a Great Pyramid Casing Stone, The Journal of Ancient Egyptian Architecture 1 (2016), 39-56. o. https://web.ujaen.es/investiga/egiptologia/journalarchitecture/downloads/JAEA1_Lightbody.pdf
- [23] **Aidan Dodson:** The Layer Pyramid of Zawiyet el-Aryan: Its layout and context. Journal of the American Research Center in Egypt, 37, 2000, 81-90. o. <https://doi.org/10.2307/40000524>
- [24] **C. St. C. Davison:** Transporting sixty-ton statues in Early Assyria and Egypt. Technology and Culture, 2(1), 1961, 11-16. o. <https://doi.org/10.2307/3101295>

Tárkányi Sándor*

A SOPRONI ZSINAGÓGÁK HASZNOSÍTÁSÁNAK IDŐSZERŰ KÉRDÉSEI

CURRENT ISSUES IN UTILISING THE SYNAGOGUES OF SOPRON

KIVONAT / HUN

Hazánk vidéki városai közül Sopron rendelkezik a legtöbb egyedileg védett épülettel, több mint 400 ingatlannal. A műemlékek népes sorában kiemelt helyet foglalnak el az egykori helyi zsidó közösségek szakrális épületei, egykori imahelyei, a zsinagógák. A város közel 750 éves építéstörténete során négy zsinagóga is gazdagította a vallási épületek számát, mára azonban csak három maradt meg: két középkori és egy 19. századi. A középkori zsidóság a 14. században épített magának két szakrális imahelyet a történelmi belvárosban, egy közösségi és egy magánzsinagógát. A 19. században is épült két zsinagóga, melyek közül napjainkra csak az ortodox zsinagóga maradt fenn. Jelen tanulmány ezen épített örökség rövid építéstörténetét és hasznosításuk aktuális kérdéseit taglalja.

Kulcsszavak: Sopron, műemlékvédelem, zsinagóga, hasznosítás, szakrális építészet

ABSTRACT / ENG

Among Hungary's towns (apart from Budapest), Sopron has the largest number of nationally protected monuments, which includes more than 400 pieces of real estate. On the wide scale of historic monuments, a distinguished place is taken by the former local Jewish communities' sacred buildings, former places of worship, the synagogues. During the town's nearly 700-year-old architectural history, no less than four synagogues enriched the number of religious buildings in Sopron. However, only three of them remained for today: two medieval synagogues and another from the 19th century. The Jews of Sopron built for themselves two sacred places of worship in the historical city centre in the 14th century, one community and one private synagogue. Two more synagogues were built in the 19th century also, among which only the orthodox one remained for today. This study briefly discusses the architectural history of the above-mentioned built heritage and the actual questions of its utilization.

Keywords: Sopron, monument protection, synagogue, utilization, sacred architecture

* okl. építész, DLA, egyetemi docens, Soproni Egyetem FMK Kreatívipari Intézet, e-mail: tarkanyi.sandor@uni-sopron.hu

1. | A KÖZÉPKORI ZSINAGÓGÁK ÉPÍTÉSTÖRTÉNETE

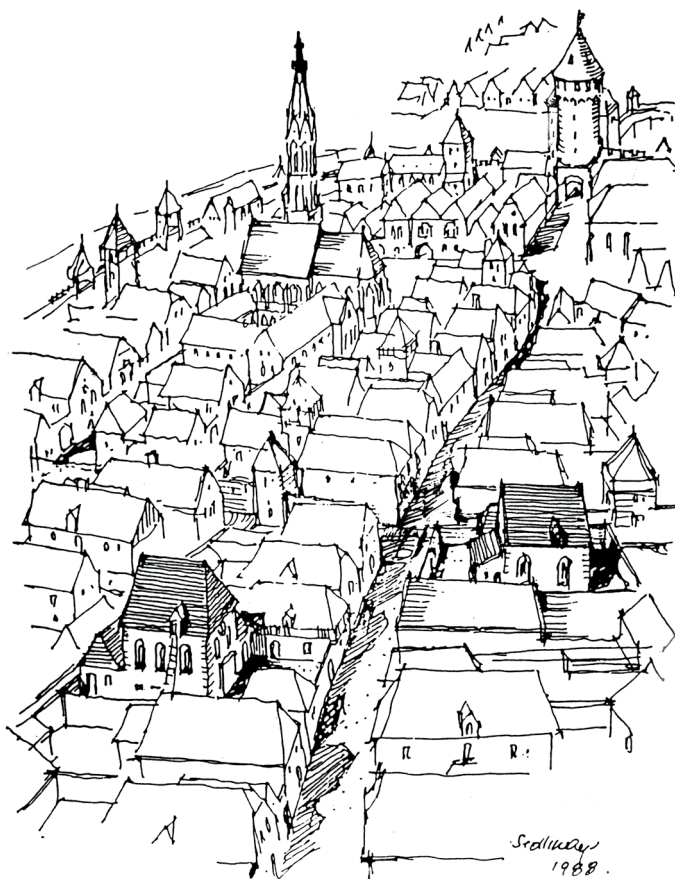
A soproni zsidó közösség első említése az 1096-os, első kereszties hadjárat idejéből való, a városba való betelepedésük feltehetően több ütemben történt. A soproni az ország első zsidó közösségei közé tartozott, a királyi levelekben a budai közösséggel együtt említették [1].

Az 1241-42-ben történt tatárjárás pusztításai után a középkori belváros körüli erődítés jelentős átalakítására, korszerűsítésére – királyi adományokkal segítve – 1297 és 1340 között került sor. Az építők háromszoros falgyűrűt alakítottak ki, oly módon, hogy felmagasították a 39 falatornnyal erősített római város (Scarbantia) falait, majd a felújított falon belül és kívül 6-7, illetve 5-6 méterre egy-egy bástya nélküli falgyűrűt emeltek. A hármas falgyűrűt 25 méter széles vizesárokkal vették körül, így bevehetetlen erősséggé tették a belvárost (1. ábra).

A soproni zsidók legkorábbi épített emléke a volt Zsidó (Jugendgasse), ma Új utca 22–24. alatti, téglalap alaprajzú, három boltszakaszos közösségi zsinagógájuk, az ún. Ó-zsinagóga, melyet 1300 körül építhettek. Az utca vonalától hátra húzott szakrális épület mögött az előcsarnokból nyíló, alacsonyabb női imaterem kapott helyet, jobbra a rituális fürdő található. A 6×9 méteres zsinagóga egyes építészeti elemei késői román jellegűek, a bejárat timpanonjának és az Áron-fülkének vakmértűves tagolása, a fülke szőlőindás kerete, valamint a fölötté nyílt rózsablak mérműve – egy korabeli átépítés eredményeképpen – már a klasszikus gótika formakincséhez illeszkedik [3].

1350 körül, az újonnan megerősített városmagban új középület épült, egy tehetős bécsi zsidó bankár, név szerint Izrael magánzsinagógája, a gótikus, két boltszakaszos ún. Új-zsinagóga (ma Új utca 11.). Az 1379-es összeírás szerint a soproni zsidók házai többnyire a zsinagógáktól egészen a Só piacig húzódtak. A magánzsinagóga csak rövid ideig, 1440-ig működött a közösség zsinagógájának szomszédságában. Ekkor a soproni zsidók házait – négy kivételével – elvették, hogy így kárpótolják a várfalon kívül, a belváros sikeresebb védelme miatt lebontott, néhány Kovács utcai ház tulajdonosát. A magánzsinagógát a következő években lakóépületté alakították át [4].

A vesztes mohácsi csata után, 1526. szeptember elején a soproniak egy óra alatt, csellel kiűzték az akkor 400 fős zsidó közösséget. Ennek módja a következő volt: a polgármester azt mondta a törökök előtt Pozsonyba menekült Mária királynénak, hogy a zsidók ki akarnak költözni Sopronból. A királyné a kiköltözést engedélyezte, mely hozzájárulás birtokában a polgármester megparancsolta a zsidóknak, hogy egy óra alatt hagyják el a várost. Az elűzést követően a közösségi zsinagógát és házait Sopron polgárai feldúlták, a pergamenre írt héber kézírásos könyveiket elhurcolták, szőlőiket leszüretelték, teheneiket elhajtották [1] [5]. Házait a városi tanács az 1530-as években eladta soproni lakosoknak. A zsinagóga telkén előbb a templomszolga háza, majd az ispotály, végül 1553-ban a zsinagóga került új tulajdonos birtokába. A zsinagóga telkét kettéosztották, a korábbi szakrális épületeket pedig lakóházzá alakították át [4] [5].



1. ÁBRA: Sopron belvárosa a középkorban, balra a közösségi, jobbra a magán zsinagógával [2]

2. | A 19. SZÁZADI ZSINAGÓGÁK ÉPÍTÉSTÖRTÉNETE

2.1. A TEMPLOM UTCA 23. SZÁM ALATTI NEOLÓG ZSINAGÓGA TÖRTÉNETE

A kiűzött zsidó lakosság a környező településekről az 1810-es évektől kezdett visszaköltözni Sopronba. A betelepülők mindannyian a Sheva Kehillot öt Sopron megyei községéből érkeztek: a három évszázaddal korábban elűldözöttek egyes leszármazottjai tértek vissza újra a városba. A 19. század első évtizedeiben a városba visszatelepülő, újjáalakuló soproni zsidó közösség imaházat (imatermet) kezdetben bérleményekben tartott fenn. Először a Hal téren, a Krausz-féle házban (ma Ógabona tér 4.), majd a Fekete Sas téren a Schäffer házban (Sas tér 4., ma Bécsi u. 1.), ezt követően az egykori Zsidó utcában, a Győry-féle házban (Új utca 25.) működött az imaház [5].

1874 és 1876 között Rosenfeld Jakab örökhagyó jóvoltából, 25.000 forintos költségvetésből [1] építették fel a Templom utcában a korai neoreneszánsz stílusú zsinagógát, Schármár János soproni építész tervei alapján [6] (2. ábra). Az épület utcai homlokzata sok hasonlóságot mutatott Karl König, neves bécsi zsidó építész turnergassei zsinagógaépületével [7]. A Soproni Izraelita Hitközség zsinagógáját 1876-ban avatták fel,



2. ÁBRA: Az 1944-ben bombatalálatot kapott, majd 1949-ben lebontott Templom utca 23. szám alatti volt neológ zsinagóga 1935-ben [8]

dr. Jellinek Adolf bécsi rabbi közreműködésével. A közösség jeles vallási vezetője dr. Pollák Miksa főrabbi volt, aki 1894-től 1944-ig látta el a rabbini teendőket.

A Templom utca 23. szám alatti, neoreneszánsz stílusú zsinagóga az utca vonalától 4 méterrel visszahúzza épült fel, a földszinten 240 m²-es, 334 főt befogadó templomtérrel, az emeleten U alakú, a nők számára kialakított, 120 m²-es galériával [9]. A bima a főhajó keleti végére, a frigyszekrény elé került, ezzel nagyszabású oltárkompozíció jött létre, melyet mizrah-nak (keletnek) neveznek [10]. Az 500 fő befogadására alkalmas szakrális épület a középkori belvárost és a Promenádot (a mai Széchenyi teret) összekötő Templom utcában, városképileg hangsúlyos helyen létesült.

A belvárost korábban csak az Előkapun és Hátsókapun keresztül lehetett megközelíteni, 1851-től azonban újabb „kapu” jött létre a városfal és a Brückl-torony elbontásával [7]. Az újonnan létesült „városkapuban” a Soproni Izraelita Hitközség zsinagógája és az 1886-ban, mellette felépített kétemeletes iskolaépület a közösség társadalmi elfogadottságát, befolyását, integrációját hivatott igazolni.

Az 1944-ben bombatalálatot kapott neológ zsinagóga épületét a hitközség deportálásból és munkaszolgálatból visszatért tagjai – Sopron város Tanácsának bontási kötelezése miatt – 1949-ben elbontották. Az üres, jogtalanul államosított telekre 1961-ben emeltek 16 lakásos lakóépületet, Winkler Oszkár soproni építész tervei alapján [7]. A lakóház homlokzatán 2007-ben helyeztek el fehér márvány emléktáblát a neológ zsinagóga és neves történész rabbija, dr. Pollák Miksa emlékére. Az emléktáblán lévő, egykori zsinagóga homlokzatát bemutató relief Kutas László munkája.



3. ÁBRA: A Paprét 12. szám alatti, 1891-ben épült ortodox zsinagóga 1900 körül [11]

2.2. A PAPRÉT 12. SZÁM ALATTI ORTODOX ZSINAGÓGA TÖRTÉNETE

A helyi ortodox hitközséget az 1868-69-es magyar zsidó kongresszus után, az anyahitközségből kivált 48 tag alapította meg. 1873-ban, a különválás évében rabbist is választottak Grünvald Manó személyében. A hitközség székhelye és imaterme az Új utca 25. szám alatti épületben volt – ugyanabban a helyiségben, melyet a szétválás előtti, egységes hitközség használt korábban [5]. Egy évvel később alakult meg a Talmud Tóra iskola, majd 1890 és 1891 között felépült a hitközség temploma a Papréten, késői historizáló stílusban **(3. ábra)**. A terveket Schiller János soproni építész készítette [5] [6], a kivitelezést Ullein József soproni építőmester végezte.

A Paprét 12. szám alatti zsinagóga a földszinten a férfiak számára 197,6 m²-es, a nők számára kialakított U alakú galériaszinten 112,8 m²-es méretével megközelítette az anyahitközség templomának méretét [9]. A bima – az ortodox előírásoknak megfelelően – a zsinagógatér középpontjában maradt, így a belső elrendezésben a hagyományos kétközpontúság elve érvényesült [10]. Az imaterem kupoláját építészeti elemeket tartalmazó, illuzionisztikus hatású falfestménnyel díszítette Steiner Rudolf soproni festő. A zsinagóga belső terének leghangsúlyosabb eleme a fából készült, díszes tórafülke volt **(4. ábra)**, melynek lenyomata az épület belső déli falán még ma is látható.

Az épület helye a történeti városmaghoz viszonyítva periférikus, a Paprét páros oldalának hátsó részében az utcavonaltól 4 méterre hátrahúzott zsinagóga 11,5 méteres párkánymagasságával azonban meghatározó városképi hangsúlyt jelentett. Az épület telkének hátsó, udvari, bal oldali végében két helyiségből álló, kis épületet emeltek a sakter számára.



4. ÁBRA: A papréti ortodox zsinagóga enteriőre imádkozókkal, az 1900-as évek elején [11]



5. ÁBRA: Az Új utca 11. szám alatti Új-zsinagóga belső tere, a 2014-ben nyílt Elfeledett Soproniak – Arcok, sorsok, áldozatok című kiállítással (fotó: Kiss Péter)

Itt történt az állatok rituális előírás szerint való (kóser) levágása [12]. 1944-ben az ortodox zsinagóga a papréti gettó részévé vált.

A II. világháború után, 1945-től az ortodox és a neológ hitközség deportálásból és munkaszolgálatból visszatért tagjai felváltva használták az épületet, melyet 1947-ben, a fertőszentmiklósi zsinagóga eladásából befolyt összegből belülről renováltak. Mivel a gyermekes családok az 1956-os események miatt (zsidó ellenes pogromok) kivándoroltak, a kis létszámú, megmaradt hitközség az épületet 1969-ben eladta.

3. | A SOPRONI ZSINAGÓGÁK HASZNOSÍTÁSA

3.1. A KÖZÉPKORI MAGÁNZSINAGÓGA KUTATÁSA ÉS HELYREÁLLÍTÁSA

1955-ben az Új utca 11. számú lakóépület hátsó traktusában Riedlmayer Gyula építész egy kétszakaszos, bordás keresztboltozattal fedett helyiséget fedezett fel, melyben néhány gótikus, mérművel díszített ablakot is talált. A helyiségről a további kutatások igazolták, hogy zsidó szakrális épület volt. A terem telken belüli elhelyezkedése, magassága és gótikus boltozata, ablakainak faragott kőből készült mérművei, a keleti fal közepén feltárt Tóra-fülke, valamint a nyílás mellől kibontott timpanonkő a korábbi zsinagóga funkciót bizonyították [13].

Az első ütemben, 1959-re elkészült restaurálás során a zsinagóga terét üresen hagyták, csak a Tóra-fülke elé készült egy háromlépcsőnyi feljárat. Föléje a falból kibontott, háromkaréjos vakmérműves oromzati követ helyezték el, a mérműves ablakokat Szakál Ernő kőszobrász restaurálta, illetve pótolta [12]. A zsinagógatérbe ekkor még csak a nyugati fal közepén lévő, előcsarnokból nyíló, kétszárnyú ajtón lehetett

belépni. Az ablaktalan helyiséget három, a mennyezetről lelógatott egyedi lámpával világították meg. Dávid Ferenc művészettörténész kutatásai alapján az épület magánzsinagógaként funkcionált, és 1440-ig működött [12].

Az épület utcai, földszinti helyiségében 1960-ban nyílt egy kis tárlat, amely kb. tíz évig, az Új utca 22-24. szám alatti zsinagóga helyreállításáig volt megtekinthető. A kiállításon a helyszínen talált leletanyagokon kívül a soproni zsidóság történetére vonatkozó dokumentumokat, valamint a középkori soproni zsidó temetőből származó sírköveket, sírkő töredékeket is bemutatnak. A kiállított múzeumi anyag részben a soproni Liszt Ferenc Múzeum, részben a budapesti Zsidó Múzeum letétje volt [14] [12].

Az Új-zsinagóga helyreállításának második ciklusa az Ó-zsinagóga feltárása, helyreállítása után, 1987-ben, kiegészítése 1993 és 1996 között készült el. E befejező restaurálás szintén Sedlmayr tervei alapján valósult meg, a második zsinagóga kutatásának, helyreállításának tapasztalatait felhasználva. Az épület kutatását ekkor már Dávid Ferenc művészettörténész irányította [12].

A Szent György utca 14. számú lakóház hátsó udvari traktusainak a bontása eredményeként a zsinagóga keleti fala is láthatóvá vált, ami három ablak (két gótikus mérműves és egy körablak) megnyitását tette lehetővé [12]. Az imatermet az egykori főtömeg érzékeltetésére kelet-nyugati hossz tengelyű, kontyolt magas nyeregtetővel fedték le. A második ütemben állították helyre a zsinagóga eredeti, északi főbejáratát, melynek kőkeretét is rekonstruálták. A belső térben a Tóra-fülke keretezését szintén helyreállították az eredeti kövek felhasználásával, egyúttal fa pódium készült a bima helyére [9].

A második helyreállítás után közel 20 évvel, 2014-ben, a Holokauszt 70-ik évfordulója alkalmából nyílt meg az Elfeledett Soproniak – Arcok, sorsok, áldozatok című kiállítás az Új-zsinagógában (**5. ábra**). A tárlat a soproni zsidóság több mint 700 éves történetét ismerteti, bemutatva számos soproni zsidó család történetét is. A táblák fölött az áldozatok



6. ÁBRA: A helyreállított épületegyüttes 1973-ban, jobbra az ispotály épülete, balra a templomszolga háza, hátul az udvarban a közösségi zsinagóga épülettömege [15]



7. ÁBRA: A papréti ortodox zsinagóga belső tere 1980-ban, beszakadt mennyezettel, a női karzat öntöttvas oszlopaival [18]

fekete-fehér portréi láthatók, az épület használata ily módon megújult, új, méltó funkciót kapott. A kiállítás 2017-ben állandóvá lett alakítva és kiegészült több mint 150 tárgyat tartalmazó gyűjteménnyel. Az elmúlt tíz évben a tárlatot több mint 42 000 látogató tekintette meg, a világ számos országából.

3.2. A KÖZÉPKORI KÖZÖSSÉGI ZSINAGÓGA KUTATÁSA ÉS HELYREÁLLÍTÁSA

Az 1967-ben felfedezett kora gótikus zsinagóga együttesének részletes kutatását 1971-73 között Dávid Ferenc művészettörténész vezette. Az alaprajzi méretében kb. 6×9 méteres zsinagóga férfi imaterme lényegében a tetőzetig megmaradt. A rendkívül alapos, részletes falkutatás során az alábbi elemek kerültek elő: a fél oszlopkőről induló háromszakaszos bordás boltozat lenyomata, illetve levésett kőfaragványai; a Tóra-tekerics őrzésére szolgáló Áron-fülke és kőkeretének darabjai; az előtte levő lépcső alapozása és korlátelemei; a felolvasó hely (bima) hatszögű alapozása; több fali fülke, amelyekben egykor az imakellékeket tartották; az előimádkozó ülőfülkéje az Árontól jobbra; valamint számos betekintő és áthalló nyílás [10].

A kutató az egész együttes eredeti elrendezését is rekonstruálta. A zsinagóga északi oldalához oldalfolyosó épült, amelyből nemcsak a férfi imatér, hanem a női imaterem is nyílt. A női imatermet – a folyosóhoz hasonlóan – egy oldalon vakárkádívek tagolják, amelyek részint díszítésként, részint ülőfülkéként funkcionáltak. A női imateremből a vízszintes kémlelő nyílásokon keresztül a bima felolvasó emelvénye és a Tóra-fülke látható. A folyosó jobb oldalához néhány, feltehetően faelemekkel osztott tér csatlakozott, amelyen belül működött a rituális fürdő (mikve) is.

A zsinagóga műemléki helyreállítása Sedlmayr János építész tervei alapján valósult meg. A Dávid Ferenc által irányított falkutatás nemcsak a falazatoknak egymáshoz viszonyított korát határozta meg, hanem elegendő mennyiségű adatot biztosított az ún. elméleti rekonstrukció megalkotásához. Az

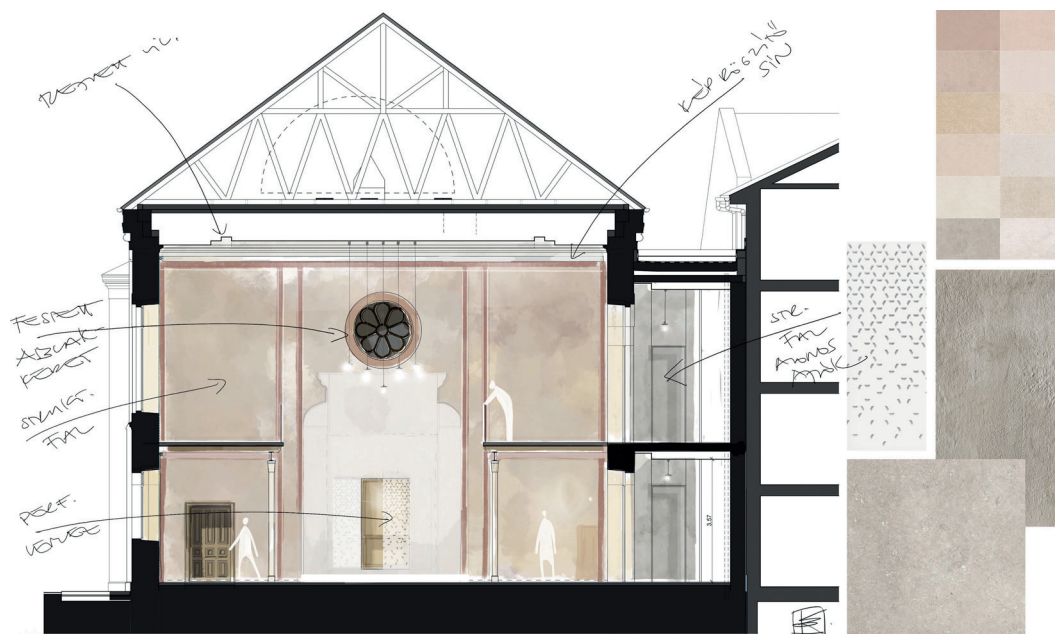
Új utca 22. szám alatti, középkori ispotály az utcára merőlegesen épült, amit a zsidók kiűzése után egy emelettel bővítettek. Csak a 18. században építették át úgy, hogy a szomszédos házakkal együtt zárt sorú beépítést eredményezett. A tervező a későbbi barokk kapualjat és a felette lévő emeleti szobát is elbontatta, az így keletkezett hiátuson keresztül a zsinagóga az utcáról is láthatóvá vált. A kibontás eredménye a rövidülésben alig észrevehető, viszont a két ház között előbukkanó zsinagóga hangsúlyos tömege bőven kárpótolja a szemlélőt a veszteségért [6. ábra].

A fő tér fölé helyezett, 60 foknál kissé meredekebb, kontyolt, gótikus formájú nyeregtető a zsinagóga tömegének a városképben megfelelő hangsúlyt adott. A tervező a belső tér lefedésének érzékeltetésére „gondolati rekonstrukciót” alkalmazott: az ismert adatokból kiszerkesztett boltmezőket íves vasbeton lemezekből készítették el, a tér keleti és északi mezőiben. A vasbeton boltmezők közé a helyszínen megtalált kő bordákat rögzítették, melyek két szomszédos mezőn függenek. A soproni Ó-zsinagóga a történeti belvárosának rehabilitációjáért Európa-díjjal kitüntetett város idegenforgalmának egyik leglátogatottabb nevezetességévé vált. Román András véleménye szerint az épület a magyar műemlék-helyreállítás aranykorának legjelesebb alkotása [16]. A zsinagóga hármastagolású téregyüttese (férfi imaterem, női imaterem, rituális fürdő védőépülete) a helyreállítása óta a Soproni Múzeum kezelésében van, múzeumként funkcionál.

3.3. A PAPRÉTI ORTODOX ZSINAGÓGA HASZNOSÍTÁSÁNAK AKTUÁLIS KÉRDÉSEI

Az épületet eladása után egy ideig raktárként használták. Az 1980-ban készült fotók alapján megállapítható, hogy a zsinagóga imatermének festett zárófödénje beszakadt, a női karzatot részben már elbontották, a tórafülke szétbontása is elkezdődött [7. ábra]. 1982-ben az épület kezelője, az Autóközlekedési Tanintézet (ATI) megbízta az Út Vasúttervező Vállalatot (UVATERV) a zsinagóga rekonstrukciójára és át-

8. ÁBRA: Kirády Rita Rebeka belső falnézeti rajza a vizesblokkokkal bővített zsinagógáról. Az egykori tóraszekrényt a világos szürke felület jelzi. [22]



alakítására ATI iskola céljára. Azt tervezték, hogy a közbelső földem beépítésével kétszintes iskolát hoznak létre, a hátsó ajtót megszüntetik (mivel az későbbi nyitás volt), az egyik oldalajtó helyett ablakot építenek be, a bejáratot az előtér világítása miatt üvegezten készítik. Ezt követően felmerült, hogy a megfelelő megvilágítás érdekében a teljes felső szintet lebontják, majd egy új emeletet már az oktatási feltételeknek megfelelően alakítják ki. Később az ATI gazdaságossági megfontolásból már az egész épület lebontását kívánta elérni, de ezt az Országos Műemléki Felügyelőség az épület várostörténeti, városképi értékei miatt nem engedélyezte. A Tudományos Ismeretterjesztő Társulat (TIT) hajlandónak mutatkozott átvenni az épületet, hogy abban – több városi vállalattal összefogva – konferenciatermet alakítson ki [17].

1986-ban a zsinagógát a megyei ATI és annak felügyelő szerve, a Győr-Sopron Megyei Tanács Közlekedési Osztálya átadta a TIT megyei szervezetének a kezelésébe. Az új használatot kötelezték oktatási intézmény működtetésére. 1990-ben a Kincstári Vagyon Igazgatóság az épület tulajdonjogát átruházta ingyenesen a TIT Pannon Egyesületnek (kezelő: Tudományos Ismeretterjesztő Társulatok Szövetségi Iroda) [19].

Az 1988-ban életveszélyessé nyilvánított épületet tetőszerkezetét a Kincstári Vagyon Igazgatóság felújította 1992-93-ban. Az eredeti sík mennyezet helyett nyitott fedélszékű tetőszerkezet épült, alatta a falat betonkoszorúval is megerősítették. 1992-ben Fekete Szilárd soproni építész vázlatterveket készített az épület természettudományi stúdióvá alakításához [19], de a tervek nem valósultak meg. 1992 után eltűntek a belső térből az addig még meglévő berendezési tárgyak: a tóraszekrény és a nagyterem közepén függő eredeti világítótest (gázlámpa).

Az egykori ortodox zsinagóga 2002-ben kapott ideiglenes műemléki védelmet, amit 2003-ban és 2004-ben is megújítottak. Miniszteri rendelettel történt, egyedi műemléki védelmét 2004 október 12-én kapta meg. A zsinagóga bejárat

homlokzatán 2004-ben helyeztek el fekete márvány emléktáblát a megmaradtak a holokauszt során meggyilkolt 1640 mártír emlékére.

2005-ben a Kulturális Örökségvédelmi Hivatal Soproni Regionális Irodája az akkori tulajdonost, a győri TIT Pannon Egyesületet kötelezte az épülettel kapcsolatos statikai vizsgálatok elvégzésére, a szerkezetek megerősítésére és a homlokzatok helyreállítására [20]. Ezt követően a tulajdonos eladta a zsinagógát a soproni önkormányzatnak, aki azt a későbbiekben hasznosítani kívánta. Fekete Szilárd soproni építész tervei alapján 2006-ban készültek el az ingatlan kiállító- és előadóteremként történő hasznosításának elvi engedélyezési tervei, melyre a műemléki hatóság 2006 augusztusában elvi engedélyt adott [20]. Az önkormányzat azonban a tervet nem valósította meg.

Sopron Megyei Jogú Önkormányzata 2013 októberében írt ki építészeti és hasznosítási ötletpályázatot a papréti ortodox zsinagógával kapcsolatban. A pályázatot azért is írták ki, mivel a helyi városvezetés nem igazán tudott mit kezdeni az épülettel, a hasznosítására sem volt ötlete. Habár a tervpályázat sikeres volt (26 pályázat érkezett, melyből első díjas terv is született) [20] az épület hasznosítása nem dőlt el, a felújításhoz a pénzügyi fedezet nem állt rendelkezésre.

2022 augusztusában újabb terv, immár építési engedélyezési tervdokumentáció készült a zsinagógával kapcsolatban, amit az önkormányzat be is nyújtott engedélyezésre. Fekete Szilárd építész a tervezési program alapján többcélú rendezvény és kiállító terem létrehozására készített tervet, melyre a kérelmező 2023 januárjában kapta meg az engedélyt. A belsőépítészeti terveket Kirády Rita Rebeka belsőépítész készítette (8. ábra), aki gondolt arra is, hogy az ideiglenes vagy időszakos vallási funkció betöltésére is alkalmas legyen a felújított épület (mobil tóraszekrény és bima) [22]. A felújítási, átalakítási munkálatokat azonban még nem kezdték meg, a tervezett helyreállításhoz szükséges pénzügyi fedezet megléte kérdéses.

4. | ZÁRÓ GONDOLATOK

Az előző fejezetekben ismertetett, soproni középkori zsinagógák európai viszonylatban is kiemelkedő, unikális épített és kulturális örökséget képviselnek, aktuális (múzeumi és kiállítóter) hasznosításuk biztosítva van. Kis méretük (6×9 méter), korábbi szakszerű helyreállításuk miatt fenntartásuk nem ró nagy terhet tulajdonosukra.

A holokauszt borzalmai révén megtizedelt vidéki zsidó közösségek egykori szakrális épületei országsszerte kiürültek, nagy részüket eladták, elbontották, átalakították. A Gazda Anikó által az 1980-as években számba vett 760 zsinagóga-, illetve imaház épületből 1987-re már csak 201 egykori szakrális épület maradt meg. Számuk 2019-ben 162-re csökkent [9]. Nagy részüket lakóházként használják (85 esetben), a második legjellemzőbb új hasznosítási mód a kulturális funkció [31 db]. Hat helyszínen könyvtár (Apostag, Baja, Kalocsa, Paks, Szigetvár, Tiszakécske), hét esetben múzeum (Mezőtúr, Sopron középkori zsinagógái, Tata) vagy kiállítóterem (Kisvárd, Szekszárd, Szolnok) működik az egykori zsinagógában. Van, ahol hangversenyterem (Hódmezővásárhely, Szombathely, Zalaegerszeg), (zene)iskola (Gyula, Bodrogkeresztúr, Devecser, Füzesgyarmat, Kiskőrös), kultúrház (Békés, Gyöngyös, Szentantalfa, Tapolca, Várpalota), technika háza (Esztergom, Kecskemét) hasznosítás is előfordult. Egy-egy korábbi zsinagógából aggok házát (Kistarcsa), bábszínházat (Kecskemét), hivatali helyiséget (Kapunvár), irodát (Ónod, Szarvas) vagy mozi (Pásztó) is kialakítottak [23].

A soproni ortodox zsinagóga 1969-es eladása óta az épület műemléki értékei jelentősen csökkentek, pusztultak. A lebontástól a 2004-ben történt országos műemléki védelem mentette meg, de az azóta eltelt 20 évben a soproni városvezetés nem tudott mit kezdeni a zsinagógával. A 2013-as tervpályázat kiírása és a 2023-as engedélyezési tervek elkészítése – kulturális és szakrális funkció együttes biztosítására – csak egy pozitív szándékot jelöl, a tényleges helyreállításra sajnos még egy darabig várni kell.

HIVATKOZÁSOK

- [1] Pollák Miksa: A zsidók története Sopronban, a legrégebbi időktől a mai napig. Franklin Társulat Nyomdája, Budapest, 1896. 91-92, 113-120, 242.
- [2] Sedlmayr János rajzi rekonstrukciója, 1988.
- [3] Sisa József, Dora Wiebenson (szerk.): Magyarország építészetének története. Vince Kiadó, Budapest, 1998., 47-48.
- [4] Dávid Ferenc: A soproni Ó-zsinagóga. Franklin Nyomda, Budapest, 1978., 11, 22-24, 101.
- [5] Tárkányi Sándor, Tárkányi Eszter: Elfeledett soproniak – Arcok, sorsok, áldozatok / Forgotten Sopronians – Faces, fates, victims. Sopron, 2014., 18-19, 36, 49, 51.
- [6] Winkler Gábor: Sopron építésze a 19. században. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1988., 115, 142.
- [7] Dávid Ferenc, Tárkányi Sándor: A soproni neológ izraelita templom és iskola. Soproni Szemle 67. évf. [2013] 2. sz., 138, 145-147.
- [8] Diebold Károly fényképe. Soproni Múzeum Fotótára, 20724
- [9] Gazda Anikó: Zsinagógák és zsidó közösségek Magyarországon. MTA Judaisztikai Kutatócsoport, Budapest, 1991., 41-45, 133, 136.
- [10] Klein Rudolf: Kelet-Közép-Európa zsinagógái 1782-1944. Pharma Press Kiadó, Budapest, 2014., 23.
- [11] Szerző nélkül. Soproni Múzeum Fotótára, 7934
- [12] Tárkányi Sándor: Elfeledett soproniak – Családok, tárgyak, hagyományok / Forgotten Sopronians – Families, Objects, Traditions. MAZSIHISZ, Sopron, 2016., 15-19, 77-79.
- [13] Sedlmayr János: A soproni Ó-zsinagóga helyreállítása. Magyar Műemlékvédelem IX. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1984., 315, 317.
- [14] Scheiber Sándor: A soproni középkori zsinagóga. Győr-Sopron Megyei Tanács Idegenforgalmi Hivatala, Sopron, 1963., 22-24
- [15] Bauer Sándor fényképe, Fortepan
- [16] Román András: 487 bekezdés és 617 kép a műemlékvédelemről. Terc Kft., Budapest, 2004., 204.
- [17] Kelemen István: Adatok a Sopron, Paprét 12-14. sz. épület (Ortodox zsinagóga) történetéhez. Tanulmány. MÉM MDK Irattár, 6412/1982.
- [18] Szerző nélkül: Győr-Moson-Sopron Vármegyei Kormányhivatal, Építésügyi és Építésfelügyeleti Osztály 2. irattára, Sopron
- [19] Fekete Szilárd: Vázlat, a Sopron, Paprét zsinagóga természetudományi stúdióvá történő átalakításához. Gépelt kézirat, 1992. (a 2003-as védetté nyilvánítási javaslatból). MÉM MDK Tervtár, 50926.
- [20] Szerző nélkül: KÖH Irattár. Ügyiratszám: 410/559/2005, 410/876/2006.
- [21] Németh Gergely: A soproni Paprét zsinagóga ötletpályázatának eredménye. Építészforum, 2014.01.28. <https://epiteszforum.hu/a-soproni-papréti-zsinagoga-otlepalyazatanak-eredmenye/>
- [22] Király Rita Rebeka: Belsőépítészeti koncepcióterv a 9400 Sopron, Paprét 12-14. sz. alatti volt zsinagóga felújításához, 2022.
- [23] Tárkányi Sándor: Zsinagógák sorsa Magyarországon – Lebontott, elhagyott és használatban lévő zsidó templomaink. Szakrális épületek sorsa – A közösség szerepe. Icomos MNB, Budapest, 2023., 86-87.

Márfai Molnár László*

SZÍNEK ÉS RÉTEGEK: MŰEMLÉKVÉDELMI KONFERENCIA SOPRONBAN

COLORS AND LAYERS: CONFERENCE ON MONUMENT PROTECTION IN SOPRON

2023. november 3-án került sor Sopronban a *Színek és rétegek – Műemléki helyreállítások Sopronban 2017-2023* című műemlékvédelmi konferenciára és az ehhez kapcsolódó kiállításra az Orsolya téri Lábasházban. Mint közsímet, Budapest után Sopron a műemlékekben leggazdagabb városunk. És hozzá kell tenni ehhez, a szervezett műemlékvédelem is talán itt indult meg leghamarabb hazánkban. A Stornó-család 19. századi kezdeményezései után a két háború között kezdte pályáját Csatai Endre, aki a háború utáni műemlékvédelemnek is meghatározó alakja lett. Az 1940-es évek végétől az MTA égisze alatt kezdődött meg a tervszerű feltárások folyamata, majd napvilágot látott a *Sopron és környéke műemlékei* című kötet is, amelyért a szerzők, Csatai Endre és Dercsényi Dezső 1954-ben Kossuth-díjat kaptak, majd ezt a kitüntetést elnyerte a topográfiai sorozat főszerkesztője, 1957-ben Fülep Lajos is, aki napjainkból visszatekintve a hazai modern művészettörténetírás és esztétikai gondolkodás egyik legjelentősebb megújítójának tekinthető. Az 1960-as évek végére beteljesedett műemlékfeltárási- és helyreállítási programnak köszönhetően a város 1975-ben elnyerte a hamburgi Alfred Töpfer F.V.S. Alapítvány műemlékvédelmi díjának aranyérmét. Valamint a Csatai Endre örökébe lépő muzeológus, etnológus Domonkos Ottó az 1960-as, '70-es években jelentős szerepet játszott abban, hogy a Sopron belvárosában helyreállított épületekbe közintézmények, üzletek, szolgáltatások kerüljenek, s ezáltal a feltárt értékeket a nagyközönség is láthassa. Úgy tűnik, Sopron műemlékei szerencsés sorsot viseltek a modernség idején, hiszen az előbbi, hevenyészett vázlatból is kitűnik, a város épített örökségének védelmét és megőrzését az elmúlt másfél évszázadban mindig a kor legmagasabb tudományos színvonalán álló, elkötelezett kutatók végezték, még ha egyes döntéseiket napjaink felől nézve vitathatjuk is.

Az 1980-as évek végétől azonban a műemlékvédelemre szánt pénz elenyészett, miközben a régi épületek nagy része ismét magántulajdonba került. A 21. század kezdetére Sopron történelmi lakónegyedei ismét alapos felújításra vártak,



A konferencia és kiállítás meghívójának címlapja

hiszen a legutóbbi is 50-60 éve történt, miközben alaposan megváltoztak – és tegyük hozzá, megdrágultak – az építési és felújítási technológiák, valamint ezzel párhuzamosan a műemléki szemlélet is átalakult.

A fentebb leírtaknak megfelelően igen indokolt volt, hogy az új évezred harmadik évtizedének elején ismét szakmai konferencia témája legyen mindaz, amit Sopron épített műemléki környezete jelent napjainkban.

A konferencia első előadását Markó Balázs, a Soproni Egyetem Kreatívipari Intézetének építészprofesszora tartotta, aki személyes hangvételen idézte fel soproni ikonikus épületek

* esztéta, egyetemi docens, Soproni Egyetem, Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar, Kreatívipari Intézet, e-mail: molnar.laszlo@uni-sopron.hu



A konferencia kezdetén Dr. Farkas Ciprián, Sopron polgármestere köszönti a résztvevőket a Lábasházban (fotó: Rombai Péter)

részleteit saját grafikái segítségével, melyeket fiatalkori emlékei és későbbi megfigyelései alapján emlékezetből rajzolt. Ezt követően Tárkányi Sándor, Sopron történeti belvárosának műemléki szakügyintézője, és a Soproni Egyetem Kreatívipari Intézetének építész docense mutatta be a legújabb építészeti helyreállítások eredményeit, azokat a várost látogató, a történelmi hangulatot kereső érdeklődőknek is szemléletes megoldásokat, melyeket az évszázados épületek homlokzatainak felújításakor alkalmaztak. Tulajdonképpen a konferenciához kapcsolódó kiállítás címválasztását, alapját is ez a téma szolgáltatta, hiszen éppen azt bizonyította, hogy a korszerű építési technológiák átgondolt alkalmazásai a műemlékek védelmét és megújulását is szolgálják, és a gondos kutatások eredményeképpen az épületek homlokzatai az egyes történelmi rétegekre utalnak ezáltal. Ennek az összefüggésnek a további vonatkozásait tárgyalta Veöreös András és Józsa Dávid, B. Juhász Györgyi, akik a helyreállítások, restaurálások egyházi vonatkozásait és építészeti tapasztalatait mutatták be előadásaikban.

A műemléki szemlélet változásait tükrözte Kirády Rita Rebeka építész, a Soproni Egyetem docensének előadása is, aki az ipari műemlékek védelmének és hasznosításának témájában tartott előadást. A műemlék fogalma a köztudatban a több százéves, hazánk történelmi viszonyai folytán belföldön ritka épületekhez kötődik. Azonban ez a 19. században kialakult látásmód napjainkra komoly revízióra szorul, hiszen az ipari múlt is az idő telésével mintegy megteremti önmaga történelmi távlatát és ezzel értékeit. Nemes András, a Soproni Múzeum főmunkatársa pedig egy szintén fontos, bár a szakmán kívüliek számára kevésbé nyilvánvaló feladatra, az értéklét megújításának és bővítésének munkájára mutatott rá.

A konferencia záróelőadásában Németh László faipari mérnök osztotta meg tapasztalatait, melyet a régi épületek

faanyagainak védelme és vizsgálata során szerzett az elmúlt több mint két évtizedben. A műemlék épületek talán legkritikusabb területe a beépített fa, amely a tető, a földem és más épületrészek strukturálisan biztosító konstruktív eleme, ám szerves anyagként a leginkább ki van téve az idő múlásának. A korszerű technológiák alkalmazása talán itt játszhatja a legfontosabb szerepet, hiszen a feltárás és konzerválás feladatainak napjainkban korábban nem ismert lehetőségei adódnak a kémia, a lézertechnológia, a számítógépes elemzések és számos egyéb műszaki eljárás összhangjában.

Úgy vélem, a fentebb bemutatott soproni műemlékvédelmi kiállítás és konferencia napjainkban, a *Posthistoire* korában különös fénytörésben kaphat helyet. A történelem képzetének, mint eszmének és programnak az illúzióvá válása napjainkra egyre inkább teret nyert, miközben olyan műemlékvárosokban, mint Sopron, folytonosan szembesülünk a kézzelfogható történelmi emlékek meglétével. A művészet időbeli egységét illető, jogos kétely és a művészet időbelivé válását reprezentáló alkotások, esetünkben épületek valósága a megértő szemlélet egységét egyszerre tagadja és igényli. Ahogyan Hans Belting fogalmaz vonatkozó tanulmányában: „Nem a rész, hanem az egész a fontos, amely viszont a részekből tevődik össze. A dolgok állását csak megközelítően jelzi a 'pluralizmus' címkéje, hiszen ez a fogalom is még azokból az időkből származik, amikor a pluralizmusnak megvolt az ellentéte. Ha a megtörtént művészettörténet után kutatunk, csak a megírt művészettörténetet találjuk, amely azonban mindössze olyan vázlatokból áll, melyeknek nem voltak következményei. Olyan ez, mint egy tükörszoba, amelynek nem találjuk a kijáratot.”

Az így adódó dilemmán úgy tűnik, éppen az a szemlélet léphet túl, amely a diszciplináris megújulást és az interdiszciplinaritást, a történelmi örökséggel való törődést és a legmodernebb tudományos eljárásokat próbálja meg összekapcsolni.

Péterfalvi Ágnes¹, Kósa Balázs²

HÁZ//TÁJ – AZ ÉPÍTETT ÉS TERMÉSZETES KÖRNYEZET VISZONYA

HOUSE//LANDSCAPE – THE RELATIONSHIP BETWEEN THE BUILT AND NATURAL ENVIRONMENT

KIVONAT / HUN

Az ember és a természet kapcsolata ősidők óta szoros, azonban az iparosodás és urbanizáció miatt ez az összhang megbomlott, alálérendeltségi viszonyra alakult. A cikk a visszatérés útjait és az építészeti, valamint a tájépítészeti szerepét vizsgálja ebben a folyamatban. Az építészeti kezdetben természetes anyagokkal dolgozott, tiszteletben tartva a környezetet, ám a nyugati kultúra kényelmi szempontjai elhanyagolták a természeti harmóniát. Fenntartható megoldásokat olyan szemléletmód kínál, amely a természet tiszteletére, integrálására és a környezet értékeinek megőrzésére épül. Példák, mint a Solar Decathlon versenyprojektjei és a hazai épületek, bemutatják, hogyan valósulhat meg az épített és természetes környezet közötti harmónia. Az építészeti célja nem az uralkodás, hanem az illeszkedés, a természeti adottságok kiemelése. Ehhez komplex, rendszerszemléletű megközelítés, interdiszciplináris együttműködés és a megrendelők tudatos szemléletformálása szükséges.

Kulcsszavak: ember és természet kapcsolata, fenntartható építészeti, természeti harmónia, interdiszciplináris együttműködés, rendszerszemlélet

ABSTRACT / ENG

The relationship between humans and nature has been close since ancient times; however, industrialization and urbanization have disrupted this harmony, turning it into a hierarchy of dominance. The article explores the paths to reconnect and examines the roles of architecture and landscape architecture in this process. Initially, architecture worked with natural materials, respecting the environment, but the comfort-focused perspective of Western culture neglected natural harmony. Sustainable solutions require an approach that emphasizes respect for, integration with, and preservation of nature's values. Examples, such as the Solar Decathlon competition projects and some domestic buildings, demonstrate how harmony between built and natural environments can be achieved. The goal of architecture is not to dominate but to adapt and highlight natural assets. This requires a complex, systemic approach, interdisciplinary collaboration, and the conscious shaping of clients' perspectives.

Keywords: human-nature relationship, sustainable architecture, natural harmony, interdisciplinary collaboration, systems thinking

¹ tájépítész mérnök, a botanikus kert vezetője, Soproni Egyetem, e-mail: peterfalvi.agnes@uni-sopron.hu

² építésztervező művész, DLA, egyetemi tanár, Soproni Egyetem Faipari Mérnöki és Kezítvívipari Kar Kezítvívipari Intézet, e-mail: kosa.balazs@uni-sopron.hu

Az emberi létezés kezdetétől fogva szimbiotikus kapcsolatban állt a természeti környezettel: életterének fizikai színtere, biológiai szükségleteinek forrása, esztétikai és művészeti önkifejezésének fundamentuma. Az emberi civilizáció és a természet szövetéke valójában disszociálhatatlan, összefonódottságuk multidimenzióanalízis és komplex. Ennek ellenére az antropocentrikus világkép térnyerésével megfigyelhető az alienáció, a hierarchikus relációk kialakulása, valamint az ember dominanciaigényének manifesztációja. E diszlokáció és szegmentáció számos ökológiai és szociális krízis generátora lett. Jelen diskurzus azonban nem a negatív externáliákra fókuszál, hanem a reintegráció, a rekonstrukció és a természettel való újrapcsolódás útjait, metodológiáit kívánja vizsgálni.

Az építészet, mint az ember egyik legősibb produktív tevékenysége, szintén jelentős evolúciós ívet járt be. Az archaikus építmények alapvetően természetes nyersanyagokból készültek, az emberi kreativitás, technológiai adaptáció és alkotói vágy szintéziseként. Bár felmerülhet a kérdés, hogy az ősi városépítések során vajon reflektáltak-e az ökoszisztémára gyakorolt hatásokra – például az erdőirtásra vagy a geomorfológiai átalakításokra –, mégis létezett egy implicit, kollektív természethez való alázat. Ez a természetorientált szemlélet a mai napig tetten érhető bizonyos keleti kultúrákban, miközben a nyugati társadalmak az antropogén kényelmi szempontokat helyezték előtérbe, szinte teljesen marginalizálva az ökológiai harmónia fenntartását.

A kortárs paradigmákra jellemző az emberi perceptuális viszonyulások leépülése a természeti környezethez. A vizuális, érzékszervi kapcsolatok dezintegrációja egyfajta kognitív és érzelmi elidegenedéshez vezet, miközben az ember beavatkozása a környezetbe exponenciálisan növekszik. Ennek a kapcsolati hálónak a restaurációja és rekonstrukciója nem pusztán szocio-ökológiai, hanem interdiszciplináris – az építészet és a tájépítészet konvergenciáját is magában foglaló – feladat. A válaszok nemcsak a tervek materiális aspek-

tusaiban, hanem a tervezési folyamat komplexitásában, holisztikus szemléletében keresendők.

A fenntarthatóságot gyakran illuzórikus módon azonosítjuk természetbarát technológiák és alapanyagok alkalmazásával, valamint intelligens energetikai rendszerek integrációjával. Mindazonáltal, ha mindeközben degradáljuk a helyi ökológiai rendszert, redukáljuk a zöldfelületeket, vagy negligáljuk a táj vizuális morfológiájában bekövetkező változásokat, valójában nem értünk el szubsztanciális előrelépést. A jelenlegi építési gyakorlatok jelentős része ezeket a kritikus aspektusokat ignorálja, kizárólag az emberi igények kielégítésére fókuszálva. Az alternatív tervezési stratégiák megfontolása helyett gyakran racionalizálunk és kompromisszumot kötünk a természeti adottságok rovására. Ezzel szemben, ha az építészeti tervezés szemléletét újrapozicionálnánk, talán a kompromisszum fogalma sem hordozna negatív konnotációt. Ha képesek lennénk felismerni, hogy a környezeti tényezőkben rejlő potenciál nem akadály, hanem lehetőség, a tervezési folyamat eredményeképpen nemcsak a személyes elégedettség, hanem az ökológiai egyensúly is javulna.

A kommunikáció és a szemléletmód kulcsfontosságú tényezővé válik ebben a folyamatban. Képes-e a tervező szisztémás gondolkodással, transzdiszciplináris megközelítéssel dolgozni, és ezt az attitűdöt közvetíteni a megrendelők felé? Ha túllépünk az épületstruktúrák fizikai határain, és a tágabb ökológiai kontextust is integráljuk a tervezésbe, lehetőség nyílik valóban holisztikus és fenntartható megoldások kidolgozására.

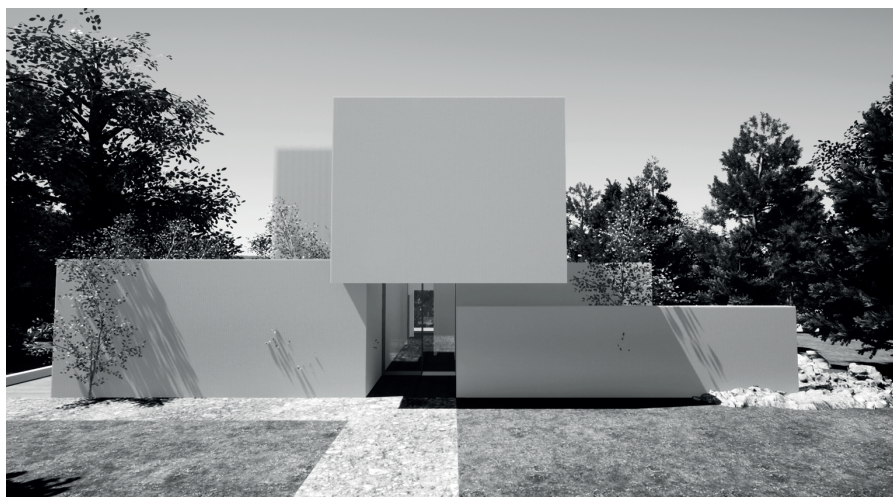
Az épített környezethez való adaptáció mellett elengedhetetlen, hogy a tervezés során hangsúlyt kapjon a természetbe való integráció. Az építészeti értékteremtés alapvető premisszája minden korszakban az volt, hogy az új épület a meglévő értékek kontextusában szülessen meg. Ugyanakkor a természetes értékek megőrzése és kibontakoztatása gyakran háttérbe szorul. A növényzetet gyakran akadályként érzékelik, holott a természeti adottságok a tervezés szempontjából inspiratív

lehetőségeket rejtene magukban. Az ökológiai analízis, az érzékelés és a szisztematikus vizsgálódás elsődleges szerepet kell, hogy kapjon minden építészeti beavatkozás során.

Ezen szemlélet tükrében született meg a Solar Decathlon Europe 2019-es szentendrei versenyén résztvevő „SOMEshine” fantázianevű projekt, amely a Pécsi Tudományegyetem, a Miskolci Egyetem és az algériai Blida Egyetem hallgatói és oktatói együttműködésében valósult meg. A projekt alapelveit részletezi a Magyar Építéstechnika 2021/11-12. lapszámában megjelent tanulmány is, amely az energiahatékony építészeti térformálást mutatja be. A 2022-es wuppertali Solar Decathlon verseny „Lungs of the City” projektje szintén az energiatudatos és környezetpozitív építéset innovatív paradigmáit képviseli.

Jelen elemzés célja e projektek tervezői attitűdjének bemutatása, amely – még ha nem is képes teljes mértékben integrálni a versenyeken felhalmozott tudást – alapvetéseiben reflektál azokra. Lakossági projektek keretében kívánom bemutatni a természet és az épített környezet viszonyrendszerét, a tervezési metodológiákat, valamint ezekből levonható következtetéseket.

A tervezési folyamat során paradigmátikus szemléletváltás szükséges, amely a nyugati kultúra antropocentrikus megközelítése helyett a keleti filozófiák tradicionális, természetközpontú metodológiáját részesíti előnyben. Ez a szemlélet az ökológiai integrációt, a fenntartható harmónia megteremtését, valamint a természet inherens tiszteletét helyezi fókuszba. A holisztikus, azaz rendszerszemléletű megközelítés egyik alapvető premisszája, hogy az épített környezet nem diszkrét entitásként, hanem a táji ökoszisztéma szerves részeként értelmezendő. Ennek értelmében az építészet és a tájépítészet között nem létezik merev dikotómiák, és a két szféra közötti határvonalak elmosódottsága szükségszerű. Az épületnek nem csupán vizuálisan és funkcionálisan kell a tájjal szimbiózisban léteznie, hanem környezeti, kulturális és szociális aspektusaiban is kölcsönhatásra kell lépnie vele, elutasítva az uralmi pozícióra való törekvést.



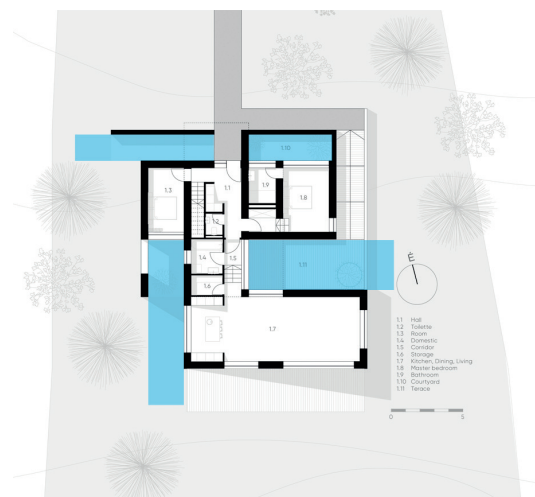
1. ÁBRA: Családi ház, Pécs (terv, látványterv: Kósa Balázs)

Pécs egyik legfrekvenciáltabb lokációjában, a Rezeda dűlőn elhelyezkedő családi ház (1. ábra) tervezése során az építészeti koncepció alapvető célja a környezeti kontextushoz való adaptáció volt. Az épület nem törekszik dominanciára vagy vizuális túlsúlyra, hanem az ökológiai és táji környezet organikus részévé válik, miközben harmóniában együtt él a természeti környezet morfológiájával. A belső és külső terek vizuális és térbeli átmenetisége ezt a szemléletet erősíti: a belső tér észrevétlenül folyik át a külső térbe, egyfajta liminális zónát képezve, amely megteremtí az épület és a táj közötti dialógust. Bár az épület definiál egy önálló térrendszert a táj szövetében, a fizikai és funkcionális határok ebben

a rendszerben relatívak, és egy kölcsönös viszonyrendszeren alapulnak, amelyben a belső és külső terek egymástól disszociálhatatlanok.

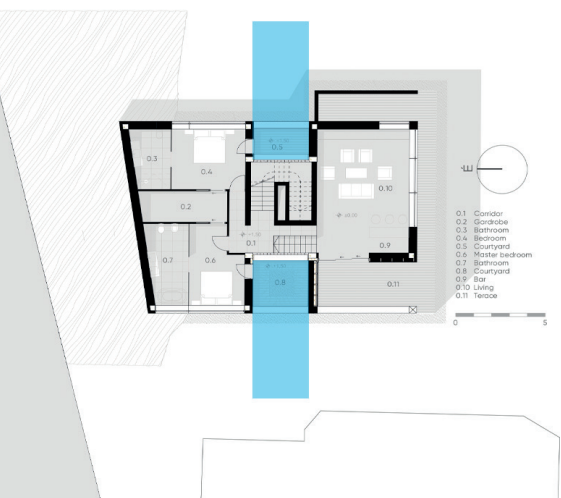
A külső és belső terek határmezsgyéjén kialakuló intermediális tér, amely az átmenet és a kapcsolat színtere, nem csupán térbeli transzparenciát teremt, hanem a természetes környezettel való közvetlen interakció lehetőségét is maximalizálja. E határok szándékos elmosása növeli az építészeti rendszerek permeabilitását, az átjárhatóságot és a természetközpontú kapcsolatot, miközben elősegíti a vizuális integrációt és az ökológiai kapcsolódást.

E megközelítésmód magas szintű tudatosságot, reflektív tervezői attitűdöt és az antropocentrikus domi-



nancia elutasítását követeli meg. A tervezési folyamat szerves része a funkcionalitás és forma kölcsönhatásának precíz vizsgálata, amely során a forma nem uralkodó elem, hanem a funkció determinációjából születik. Az épület az ökológiai és táji adottságokat nem akadályként, hanem premisszaként kezeli, és a tervezői szabadságot e természetes értékek tiszteletének rendeli alá. Az épület tudatosan „hátralép”, teret engedve a természet látványának és jelenlétének, alázattal reflektálva a hely specifikumaira, ezzel egy újfajta tervezési szemlélet paradigmáját képviselve.

Környezetével szimbiózisban áll az a Velencére tervezett lakóépület (2. ábra), amely tömegformálásában



2. ÁBRA: Családi ház, Velence (terv: Kósa Balázs, Pátrovits Zsolt, Háner Dávid)



3. ÁBRA: Hétvégi ház, Szentendre (terv: Barna Eszter, Kósa Balázs)

a domborzati viszonyokhoz adaptálódik, belső térszervezése pedig a természetre nyíló teljes panorámával oldja fel az épített és természeti környezet közötti diszparitást. Hasonló szemléletmód vezérelte a szentendrei hétvégi ház tervezési folyamatait is (3. ábra), amelynek legjelentősebb innovációja a kedvezőtlen topográfiai adottságok építészeti erőforrássá alakítása, valamint a telek legnagyobb értékének, a tájképi kilátásnak a maximális kihasználása. Az épület koncepciójának másik meghatározó eleme az eredeti növényzet megőrzése és integrálása az épülettömeg struktúrájába. Már a tervezési folyamat kezdetén elsődleges szempontként kezelték a telken található vegetáció feltérképezését és megővését,

így a beavatkozások minimalizálása mellett a növényállomány aktív részévé vált az építészeti koncepciónak. Az eredmény olyan terv, amely egyszerre elégíti ki az emberi szükségleteket és őrzi meg a természetes értékeket, miközben holisztikus szemlélettel törekszik a komplex, ökológiai szempontból fenntartható megoldások ki-dolgozására.

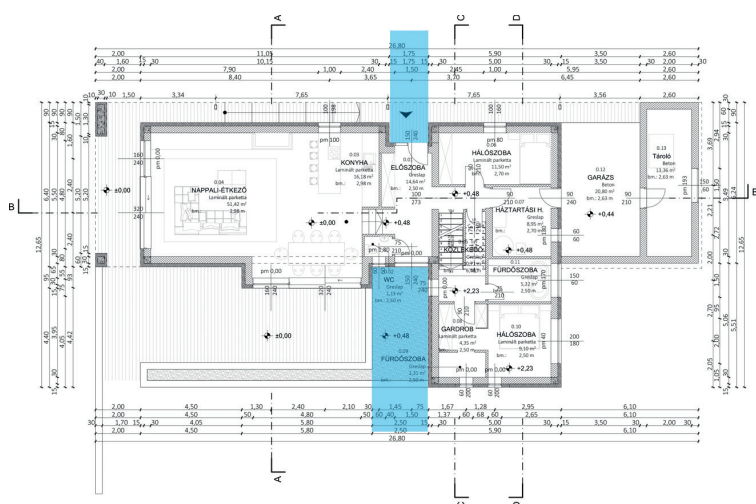
Az építészeti praxis alapvetése kell, hogy legyen a tágabb természeti kontextus figyelembevétele, amely azonban szükségszerűen megköveteli az interdiszciplináris együttműködést más szakágak képviselőivel. Ez a fajta multidimenzionális megközelítés lehetőséget teremt arra, hogy egy adott projektet több perspektívából vizsgáljanak, és ezáltal mélyebb kontext-

usok táruljanak fel. Sem a művészeti, sem a tisztán természettudományos szemléletmód nem elegendő ahhoz, hogy a tájban rejlő komplexitás és a mélyebb rétegek értelmezhetővé váljanak. Ehhez szükség van egy inter- és transzdiszciplináris megközelítési modellre, amely a komplex problémák szintetizálására törekszik azáltal, hogy azokat részfeladatokra és témakörökre bontja, majd innovatív, adaptív megoldásokat dolgoz ki.

Formát és teret kell adni az ember és a természet közötti interakciók manifesztációjának, amelynek kiváló példája az orfűi projekt (4. ábra). Az egykori stég konceptuális újraértelmezéséből született meg a NEST (Nád, Elmélyülés, Stég, Természetesség), magyarul FÉSZEK névre ke-



4. ÁBRA: NEST, Orfű (kiviteli terv: Kósa Balázs, Kovács Péter, fotó.: Kovács Péter)



5. ÁBRA: Családi ház, Orfű (terv: Kósa Balázs, Gazdag Gábor)



resztelt szakrális struktúra, amely formai kialakításában a környező nádas organikus szövedéke és az egyik legősibb építési archetípus, az egymásnak támasztott ágak által létrehozott sátorforma inspirálta. Az építmény nem csupán egy menedéket vagy hajlékot reprezentál, hanem egy mediációs térként funkcionál, amely a szemlélődés és reflexió helyének kiemelésével lehetőséget nyújt a járókelők számára, hogy olyan mélységben és minőségben kapcsolódjanak a környezethez, amely korábban nem volt elérhető. Ez az építészeti gesztus egyfajta transzformációs „híd” az ember és a természet között, amely a harmónia megteremtésére törekszik úgy, hogy kiemeli a környezet szépségeit, ugyanakkor érintetlenül hagyja annak integritását.

A FÉSZEK koncepciója emberközpontú – az építmény megnyitja terét minden létező számára, legyen az ember, állat vagy a természet. A struktúra homogenitása, puritán esztétikája és diszkrét jelenléte olyan szakrális atmoszférát teremt, amely egyszerre biztosítja a természethez és az önmagunkhoz való kapcsolódás lehetőségét.

Az építészet mint környezetformáló diszciplína jelentős hatást gyakorol mind a fizikai környezetre, mind az emberi pszichére, ami egyaránt társadalmi és ökológiai felelősséget ró a tervezőkre. Egyrészt társadalmi aspektusból az épített tér pszichológiai és szociális hatásait kell figyelembe venni, másrészt az ökológiai

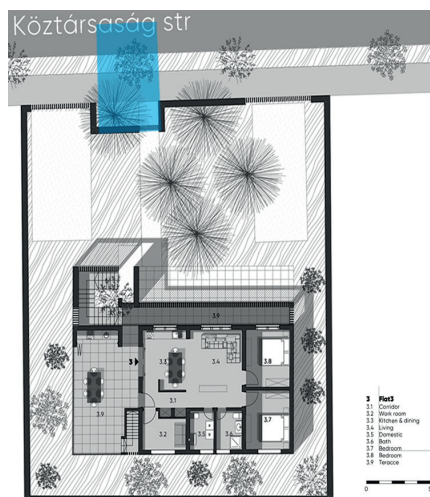
vonatkozások fókuszálják a környezetre gyakorolt hatások vizsgálatát. A táj – amelybe az épített környezet is szervesen integrálódik – nem statikus entitás, hanem folyamatosan változó és fejlődő rendszer, amely egy adott időpillanatban a természeti, társadalmi és gazdasági folyamatok dinamikus kölcsönhatásának egyedi lenyomata.

Éppen ezért a tájjal kapcsolatos tervezési folyamatok nem redukálhatók statikus megoldásokra, hanem egy dinamikus, adaptív szemléletet követelnek meg, amely nemcsak a jelenlegi problémákra reflektál, hanem képes anticipálni a jövőbeli fejlődési irányokat is. Az emberi kapcsolat a természeti térrel szintén folyamatos transzformációban megy keresztül, időbeli és kulturális kontextusban egyaránt. Ebből következően rendkívül fontos, hogy a tervezés releváns, kontextusérzékeny válaszokat adjon a felmerülő kihívásokra, miközben elősegíti az ökológiai fenntarthatóságot és a társadalmi szükségletek kielégítését.

Az Orfűre tervezett családi ház projekt (5. ábra) kiváló példája az épület és környezete közötti precíz szinergia megteremtésének. Az épület legfőbb karakterjegyei az átjárhatóság, a funkcionalitás egyértelműsége, valamint az épülettömeg logikus és racionális szerkesztése. A ház minden helyisége egy adott táji elemre fókuszál, egy-egy facsoportot, a domboldal kontúráját vagy más természetes látványt helyezve a középpontba. A ter-

mészetközeli esztétika, a hagyományos formák interpretációja, valamint a méretarányos lépték kiválasztása az épület mértéktartó és „jól viselkedő” karakterét hangsúlyozzák. Az épület érzékenyen reagál a környező táji kontextusra, míg a természetes környezet visszahat az épület megjelenésére, finomhangolva annak esztétikai és érzelmi karakterét. Ebben a viszonyrendszerben nemcsak a zöldfelületek mennyisége, hanem azok ökológiai minősége is meghatározó szereppel bír. A természetes hatású, élő zöldfelületek képesek érzelmileg mélyebb kötődést kialakítani, amely pozitív hatást gyakorol az ember kognitív funkcióira és pszichológiai állapotára.

Az építészet és tájépítészet területén alkotásmódszertani paradigmaváltás szükséges annak érdekében, hogy az épített és természetes környezet között fenntartható egyensúly valósuljon meg. Az épület és az azt körülvevő táj holisztikus egységként kezelendő, ami integrált, interdiszciplináris tervezési folyamatot igényel. Ez a komplex szemléletmód kiterjedhet mind kisléptékű családi házakra és azok kertjeire, mind nagyobb léptékű, települési szintű beavatkozásokra. A tervezési folyamatban az építész és tájépítész közötti szoros együttműködés, a folyamatos diskurzus és kooperáció elengedhetetlen annak érdekében, hogy a természetes és épített elemek között harmonikus kölcsönhatás jöjjön létre. Ez a harmónia abban nyilvánul



6. ÁBRA: Háromegetes nyaralóépület, Balatonlelle (fotó: Kósa Balázs)

meg, hogy az épített környezet és a természet egymást erősítve, kiegészítve jelenik meg, és így valódi szinergiát alkotnak.

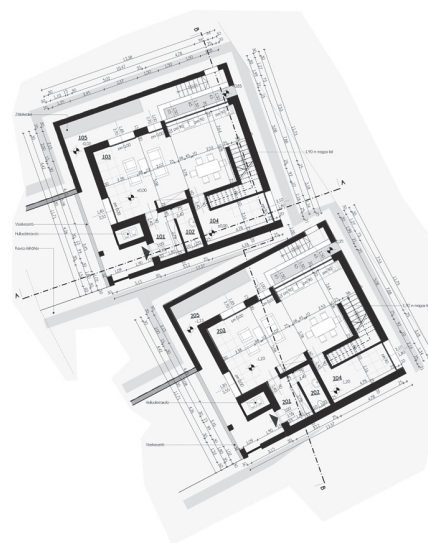
Vegyünk egy példát arra, amikor a természet nem csupán passzív háttérként, hanem az épített környezet aktív és integrált részvevőjeként jelenik meg. Egy balatonlellei üdülőépület (6. ábra) rekonstrukciója során a területen álló fekete fenyők megőrzése nemcsak magától értetődő döntés volt, hanem az építészeti koncepció szerves részévé vált. A fák egyedi morfológiáját és texturális karakterét nem csupán megtartották, hanem esztétikai és design szempontból is központi elemként hasznosították. A Pine Nest névre keresztelt projektben az épület vizuális és funkcionális

kapcsolatot teremt a fenyőkkel, melyek nem pusztán környezeti adottságként vannak jelen, hanem interakcióba lépnek az épülettel. A letisztult, fehér falak „festővászonként” funkcionálnak, míg a fenyők árnyékai folyamatosan változó, dinamikus vizuális réteget adnak az épület megjelenéséhez. Ez az állandóan átalakuló árnyjáték nemcsak a természet jelenlétére hívja fel a figyelmet, hanem az épített környezet és a természet közötti folytonos kölcsönhatást is hangsúlyozza.

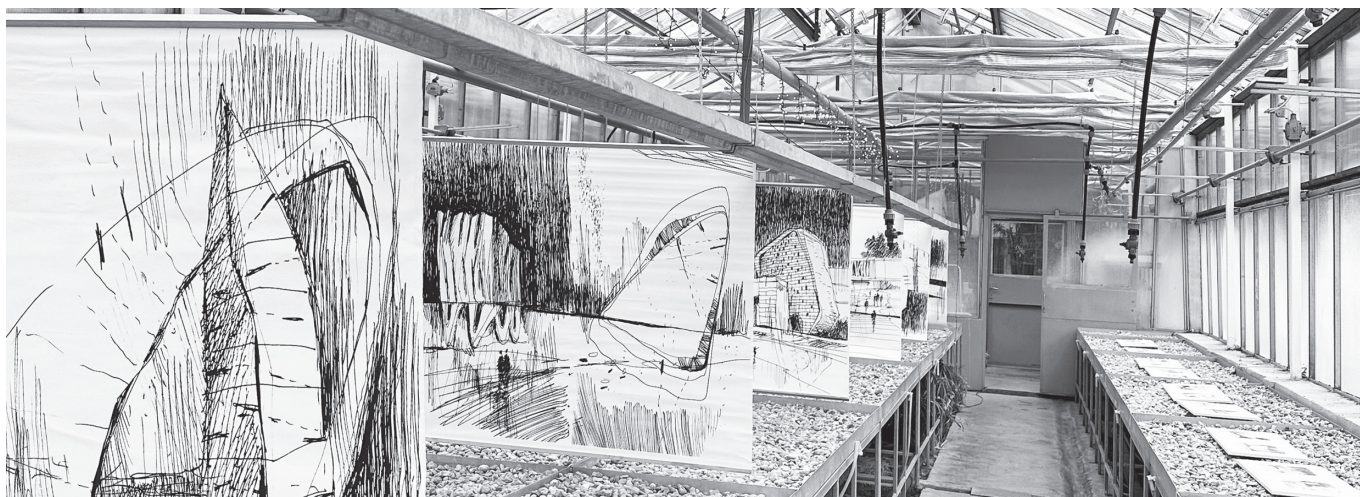
Az Ikrek névre keresztelt diósi kétlakásos épület (7. ábra) a balatonlelle példához hasonlóan érzékenyen reagál környezetére, a sűrűn lakott településrész kontextusához igazodva. A tervezési koncepció központi

eleme volt, hogy a nappali tartózkodás terei vizuálisan is összekapcsolódjanak a természettel, elkerülve a szomszédos épület falának dominanciáját. Ehelyett a látvány középpontjába egy zöld udvar került, amelynek pozitív pszichológiai és mentális hatása evidens. A kerítés mentén elhelyezkedő fenyők esztétikai és funkcionális integrációja – mint design elem – kézenfekvő megoldásként szolgált ebben az esetben is.

A rendezett közterület és zöldfelület önmagában is értéknövelő tényező, azonban a tervezési folyamat során az ökológiai aspektusok figyelembevételével hosszú távon biztosítható az épített és természetes környezet közötti koherencia, valamint a fenntartható jövő megteremtése. Az



7. ÁBRA: Kétlakásos lakóépület, Diós (terv: Pátrovits Zsolt, Kósa Balázs)



8. ÁBRA: ARTiquarium, Sopron (fotó: Péterfalvi Ágnes)

ilyen típusú tudatos tervezési attitűd kommunikációja a megbízók felé elengedhetetlen, hiszen a tervezők felelőssége, hogy a társadalom szemléletmódját olyan irányba tereljék, amely nyitottabbá teszi az embereket a környezetbarát és természetközeli megoldások befogadására.

A tervezés alapvető mozgatórugója az, hogy az ember nyomot hagyjon a természetben úgy, hogy az ne elvegyen annak értékeiből, hanem hozzáadjon, kiemelve a helyi adottságokat és rejtett potenciálokat. A tájépítészet esszenciáját a kapcsolatteremtés adja: egyrészt kapcsolatot hoz létre az épített és természetes környezet között, az élettelen matéria és az élő anyag szinergiáján keresztül; másrészt összekapcsolja az embert a környezetével, mind fizikai, mind spirituális értelemben. A természet változásainak megfigyelése során az ember saját reflexiói által válik a tér organikus részévé, amelyben a kör-

nyezet és az egyén kölcsönösen alakítják egymást.

Az építész és tájépítész munkája a művészet és a tudomány határmezsgyéjén helyezkedik el, egy élő, folyamatosan változó térrel dolgozva. Kulcsfontosságú az együttműködési készség, az esztétika és a funkcionalitás harmonikus ötvözése, a természettel való összhang megteremtése, amely a fenntarthatóság egyik alappillére. A tudomány innovatív megoldásokat kínál a technológiai kihívásokra, ugyanakkor a művészet lehetővé teszi, hogy az emberi érzékenység és a közvetlen tapasztalás megmaradjon, ezáltal mélyebb kapcsolatot alakítva ki a minket körülvevő világgal.

Az Artium et Natura Kutatócsoport a Soproni Egyetemen egy multidiszciplináris platformként működik, ahol különböző tudományterületek és művészeti ágak szakemberei együttműködve kutatják és valósítják meg a „forma és funkció harmóniáját az

élő környezetben”. A kutatócsoport tevékenysége magában foglalja interdiszciplináris workshopok és alkotótáborok szervezését olyan témákban, mint a természetművészet, az erdő-táj-gazdálkodás (urban forestry) és a városi környezetfejlesztés.

Ezek az események nemcsak a tudományos párbeszédet segítik elő, hanem gyakorlati megoldásokat is kínálnak az élő környezet és az épített tér közötti összhang megteremtésére. A csoport kiemelkedő projektjei között szerepel a Soproni Egyetem ARTiquarium nevű kiállítóter működtetése (8. ábra), amely egy történeti jelentőségű üvegház újjagondolt, adaptív újjrahasznosításával jött létre. Az ARTiquarium időszakos összművészeti kiállítások helyszínéül szolgál, melyek célja, hogy hidat képezzenek a művészeti kifejezés, a tudományos kutatás és a természeti környezet közötti kapcsolatok feltárása és erősítése érdekében.

Oszvald Ferenc Nándor*

HARKA: KÖZSÉG VAGY KISVÁROS?

HARKA: VILLAGE OR SMALL TOWN?

KIVONAT / HUN

Magyarország csökkenő népességű ország, de a jó gazdasági környezetben lévő településeken népességnövekedést figyelhetünk meg. Az egyik ilyen jó gazdasági környezet Mosonmagyaróvártól Szentgotthárdig a Nyugat-Dunántúl. E környezetből is kiemelkedik Sopron és térsége. Az elmúlt 20 évben jelentős lett a kereslet a soproni ingatlanok iránt, ami nagymértékű árnövekedést eredményezett. Az ingatlanfejlesztők és az otthonkeresők figyelme is a szomszédos községek felé fordult. E községek eltérő stratégiát folytattak, de a növekedés mindenhol megfigyelhető. Szembetűnő azonban Harka növekedése népességszám és terület tekintetében is. A számok mögött azonban komoly problémák, feszültségek húzódnak meg, melyeket e dolgozat bemutat. Megtartható-e a községi identitás? Kellenek-e még agrárgazdálkodásra a külterületek? Lehet-e korlátja a növekedésnek? Lehet-e ezeket a kérdéseket településrendezési eszközökkel kezelni?

Kulcsszavak: szuburbanizáció, település-szerkezet, településkép, településtervezés, arculat, infrastruktúra

ABSTRACT / ENG

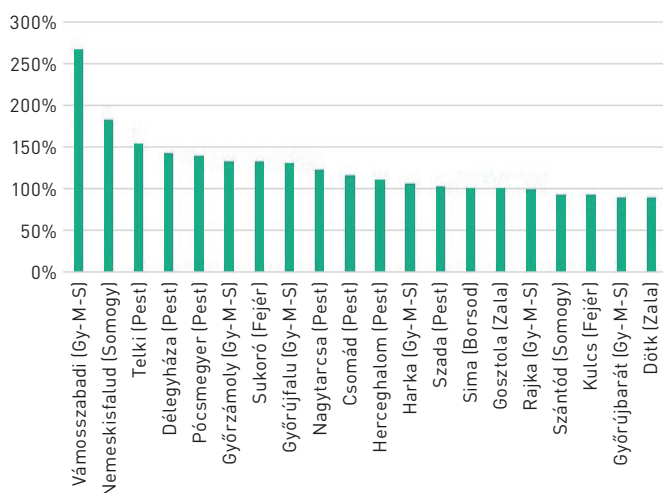
Hungary is a country with a declining population, but settlements in a good economic environment are seeing population growth. One such good economic environment is the West Transdanubian region from Mosonmagyaróvár to Szentgotthárd. Sopron and its region also stand out from this environment. Over the last 20 years, demand for real estate in Sopron has increased significantly, resulting in high price growth. Property developers and home seekers have also turned their attention to neighbouring municipalities. These municipalities have pursued different strategies, but growth has been observed everywhere. However, the growth of Harka is striking in terms of both population and area. Behind the numbers, however, lie serious problems and tensions, which this paper explore. Can the identity of the municipality be preserved? Do the agricultural land still need agricultural management? Can there be limits to growth? And can all these issues be addressed through urban planning instruments?

Keywords: suburbanisation, settlement structure, settlement image, settlement planning, image, infrastructure

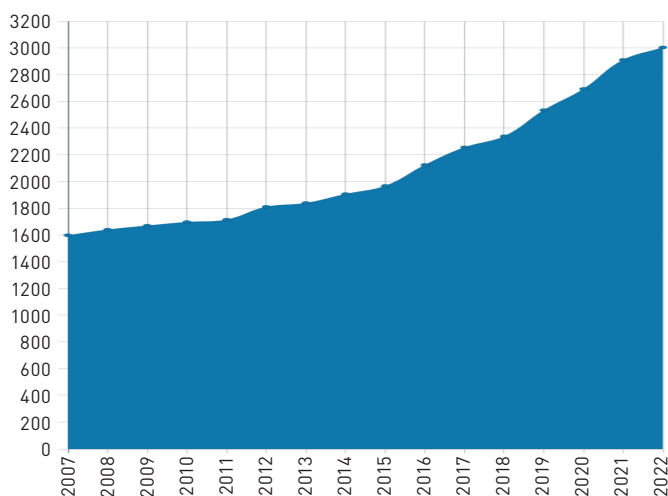
* okleveles településmérnök, PhD, települési főépítész, Harka Község Önkormányzata; egyetemi docens, Soproni Egyetem, Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar, e-mail: oszvald.ferenc@uni-sopron.hu

1. | BEVEZETŐ

Sopron és agglomerációja demográfiai viszonyai jelentősen megváltoztak az osztrák munkaerőpiac megnyitása óta: a munkavállalási célú belső migráció – népszámlálási statisztikában még nem megjelenő – jelentős népességnövekedést eredményezett, mely jól nyomon követhető a beépítésre szánt, vagy már be is épített lakóterületek növekedésében (1. és 2. ábra). Sopronban a nagy kereslet az ingatlanárak – az országos átlagot jelentősen meghaladó – emelkedését vonta maga után, így a környékbeli falvak is az ingatlanfejlesztés látókörébe kerültek. A tartósan megmaradó magas kereslet azonban itt is hamar árnövekedést eredményezett, mely a telekméret csökkenéséhez, kevésbé szerencsés arculatot eredményező gazdaságos építészeti megoldásokhoz, és rengeteg problémába ütköző külterületi beépítésekhez vezetett. Ezen agglomerációs folyamatok a környékbeli településeken mindenhol, de különösen Harka településen jelennek meg szembetűnően [1].



1. ÁBRA: Legnagyobb arányú népességnövekedés 2000-2020 között [2]



2. ÁBRA: Állandó bejelentett lakosok száma Harkán [3]

2. | HELYZETKÉP

2.1. LAKÓTERÜLET-BŐVÜLÉS SOPRONBAN

2003-ban megjelent cikkemben [4] már írtam Sopron tervezett lakóterületi bővülése kapcsán, akkor erős túlzásnak értékeltem a tervezett fejlesztéseket. Még a belső vándorlásból származó jelentős népességnövekedés is csak részben tudta e túlzóan kínálatorientált tervet mérsékelni: a Soproni és Sopron környéki – rendezési tervekben meglévő – új lakóterületek kb. 40%-a még mindig üresen áll. Ami viszont beépült, az sokszor igen nagy laksűrűséggel. Ez a beépítés-sűrűség területgazdálkodási és infrastruktúra-ellátottsági szempontból rövidtávon lehet előnyös, de összességében komoly problémákat vetít előre. Annak ellenére, hogy Sopronban is bőségesen áll rendelkezésre beépíthető, beépítésre szánt telek, a környező településeken is megindult a lakóterület-fejlesztés, elsősorban a soproninál alacsonyabb telekár iránti kereslet-növekedésnek köszönhetően [6].

2.2. TELEPÜLÉSSZERKEZET

A település szerkezetének főbb jegyei már az első katonai felmérésen felismerhetők (3. ábra). A jelenlegi településszerkezet több, jól követhető építési hullámban alakult ki. Ennek eredményeképpen a település épületállománya összességében rendkívül vegyes képet mutat, azonban a fejlődés különböző szakaszaiban épült lakóterületek önmagukban egységesnek mondhatók.

A község tradicionális településrésze a Nyéki utcán (Fő utca) szerveződött az északi oldalon a templomoktól, a déli oldalon a Kecske patak vonaláig. Az eredeti településmag a Nyéki utca, a Soproni és a Keresztúri út találkozási pontja mentén található. Jellemző az utcák orsószzerű kiszélesedése, a kiteresedést lezáró egységes kialakítással sorakozó lakóépületek és az orsó tengelyében található katolikus templom. Az oldalhatáron álló beépítési mód nem alakult át, az épületek megmaradtak. A Fő utca vonala, a középső, tölcse-szerűen szétnyíló teresedés a templommal, és ezt a teret merőlegesen lezáró térfal máig a szerkezetben megőrződött. A II. és III. katonai felmérés jó mutatja a térségi kapcsolatokban beálló változásokat: az északnyugat-délkelet útvonal megerősödése a településszerkezetre is hatást gyakorolt (4. és 5. kép).

Néhány helyen megjelent az úgynevezett hajlított házas beépítés, ám ezek léptékükben megtartották az eredeti utca-képet. A telekstruktúra később sajátos módon alakult át. A hosszúházas beépítés egyes traktusai – amelyeket más-más családok laktak – által elfoglalt területek külön telekké alakultak. A korábban egy oldalhatáron álló beépítésű telek 4-5 telekre oszlott, melyeknek beépítettsége ebből következően közel 100%.

A település területe alapvető változásokon ment keresztül a trianoni békeszerződés majd a II. világháború után. Az ausztriai területekkel való kapcsolat megszűnt, az egyes települések területi kiterjedése is megváltozott (6. kép).

A Nyéki utcára szerveződött ősi települési struktúra átalakulása a 60-as, 70-80-as és 90-es évek folyamán a minden-



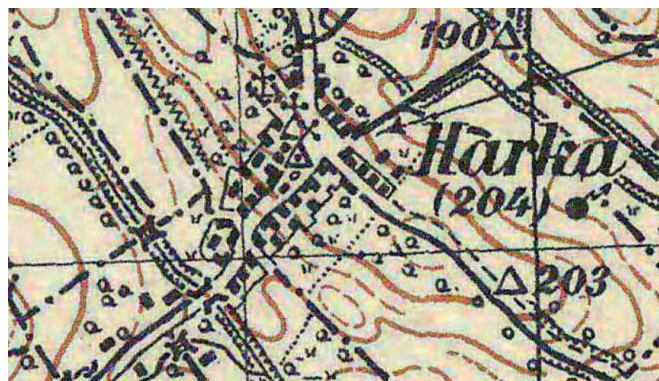
3. ÁBRA: Harka a 18. században, Első Katonai Felmérés [5]



5. ÁBRA: Harka a 19. században, Harmadik Katonai Felmérés [7]



4. ÁBRA: Harka a 19. században, Második Katonai Felmérés [6]



6. ÁBRA: Harka az 1941-es katonai felmérésen [8]

kor uralkodó telekalakítási, beépítési, építési irányzatokat követve valósult meg.

A település lakóterületi fejlődése valós tükrö az elmúlt évtizedek társadalmi-gazdasági viszonyainak. A folyamatban lévő lakóterületfejlesztések a Harkán kialakult kertvárosi jelleget erősítik, és a további fejlesztések is ebbe az irányba hatnak. A tervezett lakóterület fejlesztések elsősorban a község iránt megnyilvánuló jelentős érdeklődés, lakásépítési szándék, a városnál olcsóbb telekvásárlási igények kielégítését szolgálják, ugyanakkor nem vitatható a település kellemes lakókörnyezeti adottságainak a vonzereje sem. A beköltözés, a gyors növekedés a hagyományos településszerkezetet a legtöbb esetben radikálisan megváltoztatja. Történelmi példák sora igazolja a gyorsan megvalósítható, nagyterületű sakktabla alaprajzok kialakulását. Ebben a domborzat sem feltétlenül akadály, jó példa erre Pilisszántó példája. Harka is áldozatul esett a „sakktablásításnak” (7. és 8. ábra), azonban a településmagban és a környezetében többnyire megmaradt a szalagtelkes rend. A történeti településrészen szalagtelkek oldalhatárán álló hosszúházak találhatók, az átmeneti területen és az új lakóparkokban gyakran 30%-os beépíthetőségű telkeket találunk. A településszerkezet tehát szétesőben van, érdekes azonban, hogy sok hasonló példával ellentétben a társadalmi egység kevésbé erodálódott. Több nagyvárosi agglomerációban megfigyelhető, hogy a települések szociokulturális szempontból és fizikailag is szétszakadnak: a helybeliek és a beköltözők között érdekellentétek alakulnak ki. Harka esetében nem tapasztalható ilyen társadalmi konfliktus.

Mindezekkel együtt megállapítható, hogy Harka terület felhasználás szempontjából még mindig egy nagyon jó szerkezetű település. A települést feltáró úthálózat mentén helyezkedik el a település történelmi magja, elsősorban lakó és településközponti vegyes (intézmények, szakrális épületek) területtel. A központtól távolodva sport és zöldterületekkel szabdalva elsősorban lakóterületek (megjelenő kertvárosias) helyezkednek el, a település beépített szélén különleges idegenforgalmi területek, és a jól megközelíthető részekben nem zavaró funkciójú gazdasági területek találhatók. A település beépített területét elsősorban mezőgazdasági területek veszik körbe, nyugati részén szőlők, az északi részén erdőterületek találhatók.

2.3. A MÉRHETETLENÜL NÖVEKVŐ INGATLANÁRAK

Az osztrák munkavállalás lehetősége és a hazai lakástámogatási rendszer együttesen generálta a keresletet a nyugati határszélen. Sopron belső területein gyakorlatilag elfogytak az építési telkek, a városszéli lakóterületek (pl: Kutyahegy, Virágvölgy, Apácakert, Pihenőkereszt) infrastrukturális ellátottsági viszonyai nem, vagy nem sokkal voltak jobbak a környező községekéinél. Az árszínvonalban azonban – kezdetekben – ez nem volt érezhető, Sopronban lényegesen magasabbak voltak az ingatlanárak így a kereslet a Sopron környéki települések felé fordult. Harka az elsők között lépett egy kínálati szemléletű rendezési tervvel, óriási területet adva az

ingatlanfejlesztésnek. A keresletnövekedés azonban hamar árnövekedést eredményezett. Ennek hatására az egyébként kedvező méretű építési telkeken (700-1000 m²) először kettő, majd egyes területeken három lakás jelent meg, egy vagy több épületben, ezt a helyi szabályozás lehetővé tette **(8. ábra)**. És ezen a ponton meg is érkeztünk a következő problémához.

2.4. TELEKSZERKEZET, A BEÉPÍTÉS PARAMÉTEREI

A kedvező méretű telkek aprózódni kezdtek: ahol a HÉSZ megengedte, ott önálló helyrajzi számon, ahol a minimális építési telekméret ezt nem tette lehetővé, de a lakásszám szabályozás több lakás kialakítását megengedte egy telken, ott megosztási határvonalakkal egy helyrajzi számon maradvány, vagy nyeles telekké alakításokkal sűrűsödött a beépítés. Mindkét esetben fizikailag akár 280-350 m²-es miniparcellák jöttek létre. Nem ritkák a kétszeres nyeles telkek sem, így van olyan lakóépület, melynek nyolc (!) szomszédja van **(9. kép)**. A hagyományos szalagtelkes rend itt a valóságban szétesett, csak az alaptérképeken maradt nyoma. A beépítés paraméterei egyre inkább kertvárosias, helyenként kisvárosias formát öltöttek, igaz ezt a rendezési tervek sem rejtették véka alá. Ez a telekalakítás kis területen jelentős lakóingatlanszám növekedéshez vezetett, melyet a követő jellegű infrastruktúrafejlesztés képtelen volt kiszolgálni.



7. ÁBRA: Lakónegyed Harka Sopron felé eső részén [9]



8. ÁBRA: Növekedés nyugati irányban [9]

2.5. KÜLTERÜLETI BEÉPÜLÉS

Az új lakóterületeken megjelenő zsúfoltság, a magas ár, az infrastrukturális ellátottság kapacitáskorlátai új irányokba terelték a keresletet **(10. kép)**. Az ország bármely részén járva ismerős a képlet: gyümölcsraktár, növény szárító, egyéb mezőgazdasági épület stb., amelyben életvitelszerűen laknak **(11. és 12. kép)**. Komoly problémákat vet fel ez a fajta szétterülés. A legégetőbbek közé tartozik, hogy a külterületen nincs megoldva a közlekedés, ezzel együtt a személyszállítás sem, valamint az, hogy a közműpótló berendezések minőségéről és kapacitásáról nincsenek információi az önkormányzatnak. A Sopron környéki falvak – így Harka is – folyamatosan alakulnak át, veszítik el mezőgazdasági jellegüket: a telekszerkezet változása is ennek indikátora, de a foglalkoztatási szerkezetben is megjelenik ez. Ilyen változások közepette vajon valós igény-e a nagymértékű külterületi beépítés?

2.6. ARCULAT

E folyamatoknak a településképe, az arculat is áldozatul esett [10]. A besűrűsödés kis alapterületű épületekhez vezetett, így viszont az építménymagasságot kellett kihasználni a hasznos lakóter maximalizálásához. A többlakásos telkeken megjelentek az épületrészeket összekapcsoló pengefalak, az



9. ÁBRA: Alpesi utca. Kisváros? [9]



10. ÁBRA: Külterületi beépítések [9]



11. ÁBRA: A külterület is szépen beépül...

építménymagasság számítás módja miatt a földszintes, lapos tetős nyaktagok. A növekvő anyag és munkadíjak minőségi romláshoz vezető „takarékos” megoldásokat eredményeztek (13. kép).

2.7. KÖZLEKEDÉS

A közlekedés azonban nem csak a külterületen jelent problémát. Az apró telkek, vagy többszörösen nyeles telkek fajlagosan nagy forgalomterhelést jelentenek a közúthálózatra. Különösen igaz ez itt, a nyugati határvidéken, ahol az osztrák munkavállalás miatt az országos átlagnál jóval magasabb az 1000 főre jutó személygépkocsi száma. A 2 személygépjármű / család már szinte átlagos, de nem ritka a 3 gépjármű sem családonként. Egy-egy nyeles telekről így akár 6-8 gépjármű is rácsatlakozhat a közútra. És akkor a gépjárművek telken belüli elhelyezésének igényéről (sőt, inkább: követelményéről, hiszen 300 m² körüli telkekről beszélünk) még nem is szóltunk (14. kép). Különösen aggasztó a parkolás és személygépjármű-elhelyezés képe az alpesi lakópark sportpálya mellett található, zsákutcaszerűen kialakított részén [11].

A közlekedési felületek anyaghasználatát nem túl változatos: a szilárd burkolat többnyire aszfalt, ritkább esetben beton. Néhány utcában nincs szilárd burkolat, itt földút vagy makadámút található, járda nélkül [12]. Az utak minősége



12. ÁBRA: ... és lassan ez lesz mindenfelé?

átlagos, megfelelő. Járdák nincsenek mindenhol, gyakori a vegyes (autós, gyalogos, kerékpáros) közlekedés az utakon. Szintén jellemző a nem összefüggő vonalvezetésű járda: sokan magánertőből építettek járdát a kerítésük elé, árok nincs. A kocsibejárók kialakítása egyedi: előfordul aszfalt, beton, műkő, díszkő, gypesített, kavicsos, földes stb.

Az élénk domborzat és az országos átlagnál jóval több csapadék miatt is fontos szerepet kapnak az út menti vízelvezető árkok. Funkciójuk ellátásán túl meghatározó szerepet kapnak az utcaképben, gyakran az utca mindkét oldalát szegélyezve. A gyakran mély és széles árkok tagolttá teszik az utcaképet, melyet az árkok mentén megjelenő növénytelepítések tovább színesítenek.

2.8. INFRASTRUKTÚRA

A sűrű beépítés kedvező hálózati arányt eredményez, vagyis a kiépítés fajlagos költségei alacsonyabbak a községi átlagnál (de magasabbak a városinál). Azonban a közlekedéshez hasonló problémát generál, a fajlagosan nagy terheléssel. Az agglomerációban, ráadásul Harkán a legmagasabb az egy lakásban élők száma (3,24 fő/lakás, az agglomeráció átlaga 2,47 fő/lakás) [13]. A sűrű beépítés a fogyasztási igény fokozását eredményezi, mellyel az infrastruktúrafejlesztés nem tud lépést tartani [14] [15].



13. ÁBRA: Nyeles telek



14. ÁBRA: És a gépjárművek hova állnak?

2.9. ZÖLDFELÜLETEK

A legszembetűnőbb jelenség az új lakóterületeken az utcafásítás, a zöldfelületek hiánya. Kialakulatlan utcakép jellemzi az új lakóterületeket, sokszor járda, szilárd burkolat nélkül, de leginkább a fák, bokrok cserjék hiányoznak **[15.kép]**. Itt nem csak a közterületen észlelhető hiány, de a lakótelkeken is: a telken belül kötelezően elhelyezendő – sokszor 2-3 darab – személygépkocsi tárolása a miniparcellákon szinte megoldhatatlan feladat, vagy csak kompromisszumok nélkül megoldható: a zöldfelület rovására. Még marad egy minimális zöld a gyerekek számára, de ez valószínűleg nem éri el az előírt 50%-os zöldfelületi arányt [16].

3. | KONKLÚZIÓ: AZ ÚJ RENDEZÉSI TERV

Kivonat Harka új rendezési tervéhez és helyi építési szabályzatához készített tervdokumentációból [17] [18]:

Felismerve a folyamat társadalmi-gazdasági és műszaki szempontból sem fenntartható jellegét, az Önkormányzat új településrendezési terv készítését határozta el, egyúttal arculati előírások felülvizsgálata mellett is állást foglalt.

A fejlesztési tervben megfogalmazott fő alapelvek:

- Jelentős népességnövekedésből eredő lakóterületi növekedés ment végbe az utóbbi 15 évben, az infrastruktúra fejlesztés követő jellegű volt, vagy elmaradt. Az infrastrukturális fejlesztés (út, közmű, szolgáltatás, települést ellátó intézménybővítés, zöldterületi fejlesztések) utol kell érje a népességnövekedést.
- A történelmi településrészben a lakásszám korlátozása, a besűrűsödés megakadályozása, a népességnövekedés megállítása, a belterület növekedésének mérséklése kívánatos.
- A megnövekedett igények kielégítéséhez szükséges fejlesztések megvalósítását jelentős bevételnövekményből lehet csak finanszírozni.
- A meglévő gazdasági területek mellett újak ütemezett kijelölésével megfelelő minőségű gazdasági környezet hozható létre az iparadó bevételek növelése érdekében.

- Az üdülőterületek, idegenforgalmi területek kijelölésének átgondolása, racionalizált fejlesztése és ehhez kapcsolódóan a kiszolgáló létesítmények (pl. kerékpárút) fejlesztése szükséges.
- A külterületen megjelenő idegen (kizárólagos lakó funkció) beépítések és funkciók visszaszorítása, a hagyományos területhasználat és övezetnek megfelelő hasznosítás támogatása, ösztönzése a feladat.
- A természet- és tájvédelem és azok értékeinek megőrzése, a biológiai aktív felületek megőrzése kiemelkedően fontos.
- A település környezetében lévő közúti fejlesztések révén a település magja várhatóan tehermentesül majd a forgalomtól, a települést északról elkerülő országos mellékútnak köszönhetően.
- Biztosítandó a fenntarthatóság, különös tekintettel a közlekedésre, a hálózati infrastruktúrákra és a szemétszállításra, a gazdasági lehetőségekhez mért településnövekedés.
- Kívánatos volna a telekméretek racionalizálása, a telekszerkezet arányosabbá tétele, az arculati elemek területi differenciálása (pl. lapostető csak bizonyos utcákban), az egységes utcakép megtartása a történelmi és az átalakuló településrészen, és „védett” utcák létrehozása az új lakóterületeken is.

A demográfiai növekedés számos terhet, problémát rak a községre, melyekre a település környezettudatos fenntartható tervet fogalmazott meg az alábbiak szerint:

- A lakosság szám hirtelen növekedéséből származó beépítési igények és a meglévő területek besűrűsödése, a kialakuló telekstruktúra / beépítés kedvezőtlen településszerkezetet és településképet eredményez; így a folyamat térnyerésének megállítása, fő stratégiai cél.
- A településmag besűrűsödése, a közösségi funkciók megjelenése egy település életében természetes folyamat, mely megfelelő övezeti kialakítással szabályozottan mehet végbe úgy, hogy a település védendő értékeit szem előtt tartja. A településmagi sűrűsödés megkívánja a megfelelő szolgáltatások biztosítását.
- A növekvő lakosságszám ellátásához szükséges az infrastruktúra (pl. közmű, út, szolgáltatás) kiépítése és biztosí-



15. ÁBRA: A zöldfelületek teljes hiánya ...egy községben

- tása, mely a természet és környezet megóvása szempontjából is kiemelten fontos.
- A külterületi ingatlanokon művelési ág és övezettől idegen funkciók jelentek meg, tájidegen beépítéssel és nem megfelelő infrastruktúra ellátással, mely további környezeti terhet jelent, így fő stratégiai cél az eredeti funkció térnyerésének biztosítása.
 - Harka települések közötti szerepének megszilárdítása, a térségi együttműködés erősítése, a határmentiségéből, valamint vonzó természeti és épített környezetéből adódó lehetőségek kiaknázása, a megfelelő gazdasági környezet és az ehhez szükséges infrastruktúra biztosítása által a település idegenforgalma is élénkebbé válhat, mely potenciális kitörési pont lehet (pl. aktív-, kerékpáros- és szakrális turizmus).
 - A településkarakter egyediségének megőrzése és fejlesztése érdekében fontos, hogy az új fejlesztések révén Harkán vonzó környezet alakuljon ki az épített örökség értékeinek megtartása mellett. Mindezek mellett biztosítani kell új építészeti elképzelések és alkotások megvalósulásának a lehetőségét, hogy ezáltal új értékek szülessenek.
- Harka új településrendezési tervének célja, hogy a település fejlődése mellett a tervezett fejlesztésekkel a meglévő jó környezeti állapotot megtartsa, az új lakóterületeken javítsa. E cél elérését a közlekedési és infrastrukturális hálózat, valamint a zöldfelületi rendszer fejlesztése, a lakóterületek beépítési intenzitásának csökkentése, külterületeken az eredeti funkciók helyreállítása segítheti elő.

FORRÁSOK

- [1] Harka népessége. Online adatbázis, <http://nepesseg.com/gyor-moson-sopron/harka>
- [2] Valósággal felrobbant a lakosságszám ezeken a településeken. Online cikk, Portfolio.hu, 2022.02.20., <https://www.portfolio.hu/ingatlan/20220220/valosaggal-felrobbant-a-lakossagszam-ezeken-a-telepuleseken-526891>
- [3] Statisztika állandó bejelentett lakosok: Harka lakossága. Online adatbázis, <https://stat.dbhir.com/telepules/Harka>
- [4] **Osztvald Ferenc Nándor:** Új lakóterületek Sopronban. Magyar Építőipar 53. [2003] 209-214.
- [5] **Arcanum térképek:** <https://maps.arcanum.com/hu/map/firstsurvey-hungary/?bbox=1839282.4194566095%2C6043483.129605936%2C1853795.9002022576%2C6048461.091073008&map-list=1&layers=147>
- [6] **Arcanum térképek:** <https://maps.arcanum.com/hu/map/secondsurvey-hungary/?bbox=1839282.4194566095%2C6043483.129605936%2C1853795.9002022576%2C6048461.091073008&map-list=1&layers=5>
- [7] **Arcanum térképek:** <https://maps.arcanum.com/hu/map/thirdsurvey25000/?bbox=1839282.4194566095%2C6043483.129605936%2C1853795.9002022576%2C6048461.091073008&map-list=1&layers=129>
- [8] **Arcanum térképek:** <https://maps.arcanum.com/hu/map/hungary1941/?bbox=1839282.4194566095%2C6043483.129605936%2C1853795.9002022576%2C6048461.091073008&map-list=1&layers=29>
- [9] **E-közmű térkép.** Ortofoto 2022. <https://ekoizmu.e-epites.hu/>
- [10] Harka településképi arculati kézikönyve. Harka Önkormányzata, 2017. október, <https://www.harka.hu/wp-content/uploads/2020/05/telepulesarculati-kezikonyv-2017-10.pdf>
- [11] **Nagy Márta:** Demonstráltak a házaikért Harkán. Kisalföld, 2019.04.05. <https://www.kisalfold.hu/sopron-es-kornyeke/2019/04/demonstraltak-a-hazaikert-harkan>
- [12] **Gosztonyi Miklós:** Sár, sötétség és csúszás Harkán, a Naphegy utcában. Kisalföld, 2019.02.26. <https://www.kisalfold.hu/sopron-es-kornyeke/sar-sotetseg-es-csuzsas-harkan-a-naphegyutcaban-6205299/>
- [13] **Hidas Zsuzsanna (szerk.):** Magyarország településhálózata 1. Agglomerációk, településegységek. KSH, 2014, https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/mo_telepuleshalozata/agglomeracio.pdf
- [14] Harka nőtt, a vízhálózat nem. Online cikk, Enyugat.hu, 2020.06.24., https://www.enyugat.hu/cikk/2724_harka_nott_a_vizhalozat_nem
- [15] **Bódvai Ildikó:** Új polgármester nagy tervekkel Harkán. Kisalföld, 2019.11.12. <https://www.kisalfold.hu/helyi-kozelet/2019/11/uj-polgarmester-nagy-tervekkel-harkan>
- [16] **Horváth Máté:** Nyugat-magyarországi falukép az agglomeráció fog-
ságában. Online cikk, Építészfórum, 2020.05.31., <https://epiteszforum.hu/nyugat-magyarorszag-falukep-az-agglomeracio-fogsagaban>
- [17] Harka rendezési terve. Harka Önkormányzata, 2024. június, <https://www.harka.hu/dbk/aktualis-rendezesi-terv-2024-06-tol/>
- [18] Harka Község Önkormányzata Képviselő-testületének 9/2024. (V. 22.) önkormányzati rendelete Harka Község Helyi Építési Szabályzatáról. <https://or.njt.hu/eli/728120/r/2024/9>

Kóczán Zsófia¹, Pásztory Zoltán²

PAPÍR ALAPÚ TERMÉKEK AZ ÉPÍTŐIPARBAN

PAPER-BASED PRODUCTS IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

KIVONAT / HUN

A papír alapú termékek az ipar számos területén megjelennek, így jelen cikk a papíripari termékek építőiparban való alkalmazhatóságát kívánja bemutatni. Mivel az építőipari szektor nagy energia- és erőforrásigényű, így elengedhetetlen, hogy ezen a területen is előtérbe kerüljenek a természetes alapú, fenntartható forrásból származó anyagok. A papír, valamint a karton használata az építőiparban nagy múltra tekint vissza, különösképpen a távol-keleti kultúrában. Shigeru Ban munkásságának köszönhetően a 20. század végén vált népszerűvé a papírcsövek alkalmazása, hiszen szerkezeti elemekként alkalmazva ideiglenes építményeket készített. Napjainkban a cellulóz alapú termékek szigetelőanyagként való felhasználása válik egyre elterjedtebbé. A folyamatos kutatások és fejlesztések elősegítik, hogy a papír alapú termékek hosszútávú és fenntartható megoldásokat jelentsenek az építőiparban.

Kulcsszavak: papír az építészetben, fenntartható építőipar, méhsejt szerkezet, papírcső, cellulóz alapú szigetelés

ABSTRACT / ENG

Paper-based products appear in many areas of industry, so the aim of this article is to present the applicability of paper products in the construction industry. Since the construction sector requires a lot of energy and resources, it is essential that natural-based, sustainable materials come to the fore in this area as well. The use of paper and cardboard in the construction industry has a long history, especially in Far Eastern culture. Thanks to the work of Shigeru Ban, the use of paper tubes became popular at the end of the 20th century, as he used them as structural elements to create temporary structures. Nowadays, the use of cellulose-based products as insulating materials is becoming more and more widespread. Continuous research and development help paper-based products to be long-term and sustainable solutions in the construction industry.

Keywords: paper in the construction sector, sustainable construction, honeycomb structure, papertube, cellulose-based insulation

¹ könnyűipari mérnök, MSc, PhD hallgató, Soproni Egyetem, e-mail: koczan.zsofia@uni-sopron.hu

² faipari mérnök, PhD, egyetemi tanár, Soproni Egyetem, e-mail: pasztory.zoltan@uni-sopron.hu

1. | BEVEZETÉS

A fenntarthatóság az élet minden területén kiemelkedő figyelmet és jelentőséget kap. Mivel az építőipar jelentős erőforrásokat és energiákat használ az építőanyagok előállítása, az építkezések, valamint felújítások során, így a fenntarthatósági törekvések ezen az ipari területen elengedhetetlenek [1]. Ennek a szempontnak eleget tenni leginkább a fenntartható anyagok használatával lehet. A papír, valamint a karton mint alapanyag az ipar számos területén megjelenik, hiszen alapanyaga a cellulóz, amely a legnagyobb mértékben előforduló természetes polimer a bolygón. A kimeríthetetlennek tűnő alapanyagból készült termékeknek számos kedvező tulajdonsága van, amely miatt népszerű anyagnak tekinthető. Megújuló alapanyaga révén környezetbarát termék, a körforgásos gazdaság modelljébe is beilleszthető, hiszen újrahasznosítható, az életút végén pedig biológiailag lebomlik [2] [3] [4]. A papír és a karton az építészet területén olyan alternatív alapanyagok, amelyek hozzájárulnak és elősegítik a fenntarthatóságot, hiszen az építőiparban jelentkező hulladék mennyisége nagyon jelentős. A papír alapú termékek olcsó és környezetbarát megoldást kínálnak.

2. | PAPÍRIPARI TERMÉKEK AZ ÉPÍTŐIPARBAN

Az építőiparban felhasználható papírtermékeknek bizonyos kritériumoknak meg kell felelnie, ahhoz, hogy lehessen azokat alkalmazni. Így például megfelelő nyomó-, húzó- vagy hajlítószilárdsággal kell rendelkezniük ahhoz, hogy elviseljék a szerkezeti terhelést, ezzel pedig nem megújítható és nagy beépülő energia igényű termékek válhatnak ki, mint például a műanyagok, a beton vagy akár a fémek. A kartontermékek építőipari felhasználása korlátozott, így ideiglenes szerkezetekhez, vagy alacsonyabb költségű, rövidebb élettartamú pavilonok, óvóhelyek kialakításához alkalmazhatók. Ezt leginkább az anyag tartóssága és biológiai sebezhetősége indokolja [5] [6]. Hiszen a papírt alacsony mechanikai szilárdságú és gyenge sérülésállóságú anyagnak tekintik. Vizes környezetben a szilárdsága nagymértékű gyengülést mutat, az anyag nedvességtartalmának minden 1%-os növekedése hozzávetőleg 10%-os mechanikai szilárdságcsökkenést eredményez [7].

A karton számos olyan kedvező tulajdonsággal rendelkezik, amely alkalmassá teszi építőipari alapanyagként. Ezen tulajdonságok között sorolható, hogy könnyű, olcsó, több alkalommal is újrahasznosítható, valamint hang- és hőszigetelő tulajdonságai megfelelőek [7] [8] [9]. További előnyös környezeti hatása a papír és karton termékeknek azontúl, hogy újrahasznosítható, az, hogy már elsőre is készülhet újrahasznosított anyagokból. Ezen fajta felhasználása a papírnak nemcsak a fenntartható papíripart segíti elő, de a fenntartható építészetet is [10].

A papíriparban gyártott termékek közül számos olyan terméket lehet felsorolni, amely alkalmazható szerkezeti vagy egyéb kiegészítő elemként az építőiparban. Diarte és Shaffer [6] az 1940 és 2019 között épült karton épületeket vizsgálta, és arra a következtetésre jutottak, hogy a leggyakrabban elő-

1. TÁBLÁZAT: Az építőiparban leggyakrabban alkalmazott papírtermékek

papírtermék	építőipari felhasználás	forrás
papírcső	betonoszlop, földem zsaluzata: sonotube, sonovid; szerkezeti teherhordó elem, falpanel	[11] [12]
hullámpapírlemez	falpanel	[13]
méhsejt panel	szerkezeti gerenda, falpanel, homlokzati elem	[9] [14]

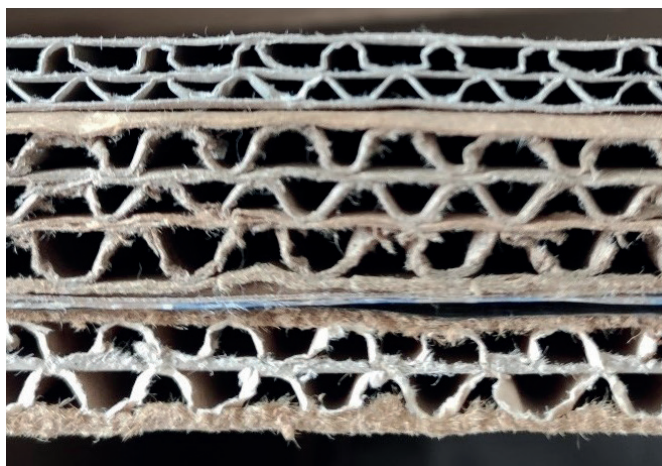
forduló papírtermékek az épületfelmérés során a hullámpapírlemezek, a méhsejt panelek és a papírcsövek voltak. Az 1. táblázat ezen leggyakrabban alkalmazott termékeket, valamint a felhasználás módját mutatja be.

A papírcső (1. ábra) az a papíripari termék, amelyet a leggyakrabban alkalmaznak az építőiparban, például a nagyobb papírcsöveket betonoszlopok eldobható zsaluzataként használják fel, a kisebbeket vasbeton födémek könnyítését szolgáló térkitöltő anyagként, de tartószerkezeti elemként is gyakran alkalmazzák. Azonban utóbbi esetben a papírcsöveken, mint elsődleges szerkezeti elemeken túl az illesztésekhez, valamint a szerkezeti csatlakozásokhoz már hagyományosabb szerkezeti anyagokat (fém, fa, beton, szövetek) alkalmaznak. A papírcsöveket leggyakrabban axiális nyomóterhelésnek kitett oszlopként használják [11] [12]. A papírcsövek gyakorlati alkalmazására számos példa van, melyet a következő fejezetben mutatunk be részletesen.

A hullámpapírlemezek nem csak a csomagolóipar legnépszerűbb anyagai, hanem az építőiparban való alkalmazásuk is előfordul, amely annak köszönhető, hogy nagyon változatos szilárdsági értékeket mutathatnak, az alkotó rétegek számától, valamint a hullámosítás típusától függően (2. ábra) [14] [15]. Ezen kívül a szilárdságot jelentősen befolyásolhatja az alkalmazott ragasztó típusa is. Extra szilárdságot adna a szerkezetnek, ha a vízbázisú ragasztók helyett melamingyantát alkalmaznának. Azonban ez lehetetlenné tenné ezen anyagok újrahasznosíthatóságát [6]. További kedvező tulajdonság, hogy a hullámpapírlemezek rétegzésével jelentős hangszigetelés is elérhető [16].



1. ÁBRA: A Soproni Egyetem papírcsövekből készült kiállítói standja



2. ÁBRA: Különböző típusú hullámpapírlemezek

A hullámpapírlemezek gyakorlati alkalmazására már 1972-ben volt példa, amikor a 3H Design cég a müncheni olimpia alkalmából megalkotta a Pappedern kiszolgáló épületet. Ennek megépítéséhez 30 mm vastag, üvegszállal bevont hullámpapírlemezt alkalmaztak, amelyeket előregyártva szállítottak a helyszínre [13].

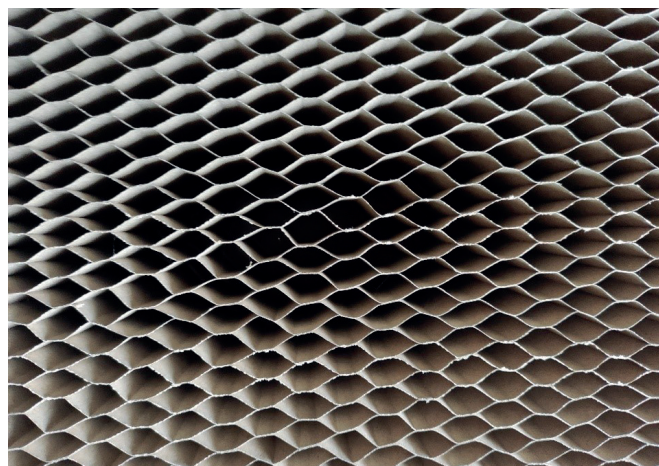
A méhsejt panel (3. ábra) három rétegből álló szendvics-szerkezet, két burkolat között helyezkedik el a méhsejtszerű szerkezet. Amellett, hogy könnyű anyag, nagy szilárdsággal rendelkezik. A bútorokban, asztallapokban, polcokban és ajtóknál lemezek közötti támasz anyagként is megjelenhet [12]. Azonban építőipari felhasználására is láthatunk példát, hiszen Paul Rohlfs holland építész 1970-1980 között számos papírház prototípust épített, amelyekből az egyik típus méhsejt panelekből állt, amelyet párazáró réteggel is elláttak, így ez több hónapig lakható volt [13].

3. | ALKALMAZÁSI PÉLDÁK

A papír az építészetben már az i.sz. 8. században megjelent. Kínában, Koreában gyártott, hajtogatott panelek formájában. Másik alkalmazása a papírnak a Japánban fejlesztett és alkalmazott térelválasztók és tolófalak voltak. Ezek a hagyományos japán építészet elemeit jelentették, melynek két fő típusa volt, az átlátszatlan vagy gyakran festményekkel borított Fushima panelek, és a fényt átengedő Shoji panelek [17].

A papír távol-keleti alkalmazásain túl a 19. században megjelentek a kartonlemezek felhasználásával készített légüreggel kialakított panelek, amelyeket nyaralókhoz, kórházakhoz és trópusi lakóépületekhez is felhasználtak [18].

A második világháború miatt fellépő lakáshiány az építőiparban a papírtermékek nagymértékű felhasználását indította meg. Ekkor az egyetemek és magáncégek is végeztek kísérleteket, amelyben a papír alapú termékeket kombinálták egyéb anyagokkal, így létrehozva kompozit paneleket. 1944-ben kifejlesztettek egy kísérleti menedékházat, amelynek fő alkotói a kénnel átitatott és tűzálló anyaggal bevont hullámkartonlemezek voltak. Ennek a szerkezetnek az élettartamát 1 évre becsülték, azonban volt köztük olyan ház is, amelyet 25



3. ÁBRA: Méhsejt szerkezet, a szendvicsszerkezet középső rétege

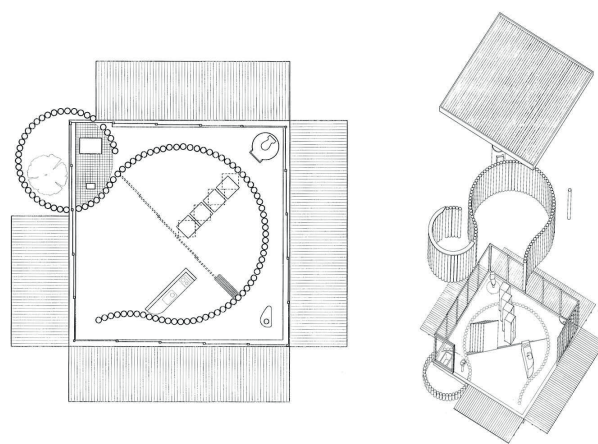
évig használtak. A 20. század közepén poliuretán habbal töltött és kívülről polietilén fóliával vízszigetelt kartonlapokból készítettek paneleket, amelyekből idénymunkásoknak építettek menedékházakat [5].

Shigeru Ban japán építész érte el azt, hogy a papír bejegyzett építőanyag legyen, amikor papírcsöveket alkalmazott az épületek szerkezetének megalkotásához. Ezzel az ötletével az egész világ számára bemutatta a karton építőipari felhasználhatóságát, valamint cáfolta a papír szilárdságáról és tartóságáról szóló negatív elképzeléseket [8]. Munkássága során a papírt csövek, méhsejt panelek és membránok formájában is alkalmazta építményeiben. Ezek a szerkezetek ideiglenes pavilonok, kiállítótermek, menedékházak voltak [12]. A papírcsövek alkalmazását számos gyakorlati példán bemutatták már. Shigeru Ban 1995-ben megtervezett munkája, a Paper House (4. ábra) az első, olyan állandó engedélyt kapott, és teljesen működő ház, amelyben a fő szerkezeti elemek papír alapú termékek voltak [10].

Az Architects' Voluntary Network nevű civil szervezetet Shigeru Ban alapította meg egy 1995-ös nagy földrengés után, amely a Japánban található Kobe városában történt. A civil szervezet építészettel foglalkozik, így nevükhöz kapcsolódik a menedékhelyként szolgáló Papír rönkház. Ez az építmény jó példája annak, hogy sürgősségi esetekben megfelelő megoldást jelent egy papír alapú ideiglenes szerkezet [5] [13].

Shigeru Ban japán építész munkái közé tartozik a Japán Pavilon (5. ábra), amely a legnagyobb építmény, ahol papírtermékeket használtak szerkezeti elemként. A pavilont a 2000-es hannoveri világkiállításra építették fel, és hét hónapig állt a helyén. Ez egy rugalmas rácsos szerkezet volt, amelyben a rácshéj szerkezetét 120 mm átmérőjű és 22 mm vastag papírcsövek alkották. A szerkezet összeállításához merev szegélyelemeket, műanyag hevedereket, merevítő faíveket, illetve acél elemeket is használtak. A csarnok alapterülete 2500 m² volt [20].

Shigeru Ban következő jelentős munkája, amelyben papírcsöveket alkalmazott, a MoMA Arch, amely egy 90 napig álló ideiglenes építmény volt. Az építményt a 20. századi művészet és építészet retrospektívájának részeként emelték a New York-i Modern Művészeti Múzeumban. Shigeru Ban tervei között található egy időszakos kiállító terem, amely egy uta-



4. ÁBRA: Shigeru Ban 1995-ben tervezett papírháza, melyben a papírcsöveket tartószerkezeti elemként használta [19]

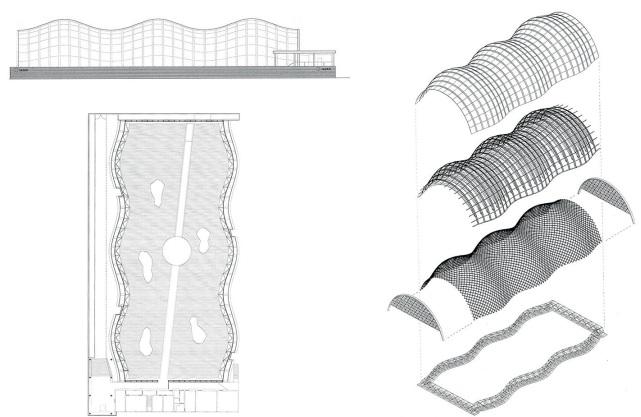
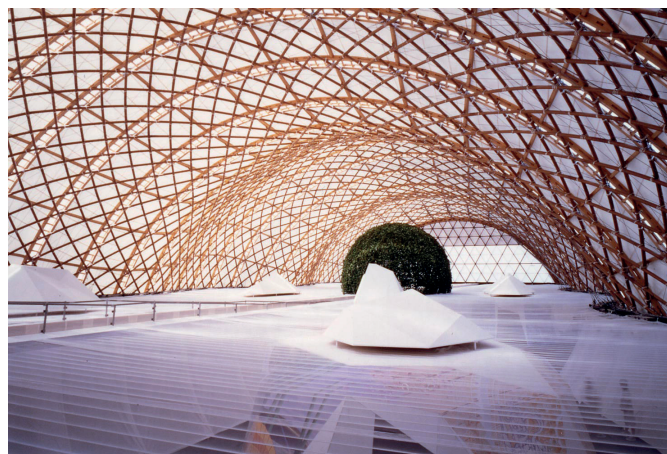
zó helyszíneknek készült, és ugyancsak papírcsövek voltak a fő építőelemek, ahogyan a korábbi munkáinál is. Ennek a projektnek a különlegessége az volt a korábbi terveihez képest, hogy ez egy olyan ideiglenes szerkezetnek készült, amelyet különböző helyszínekre szállítva újra össze- és szétszereltek, ezért a csatlakozási pontokat acéllemezekkel erősítették, hogy jobban ellenálljon a kopásnak [21].

Európában is található olyan épület, amelyben alkalmaztak papír alapú építőelemeket. A Westborough Általános Iskola 2001-ben kapott építési engedélyt, az Egyesült Királyságban, Westcliff-on-Sea kerületben. A projekt célja az volt, hogy az épület legalább 20 évig legyen használható szociális térként a gyerekek számára. A fal- és tetőpanelek szendvicspanelekből készültek, melynek alkotói a kartonpapír, valamint a favázba épített méhsejt panelek voltak. A cél egy 90%-ban újrahasznosítható anyagokból létrehozható épület lett volna, amely a törvényi korlátozások és kutatási eredmények miatt módosításra kényszerült, így végül 29%-át alkották papír alapú elemek [5] [7] [15]. A papírcsövek kültérben történő használatát Bahrami és Jafari [10] vizsgálták. Tervük az Ayatollah Saeedi Iskola (Irán, Teherán, 2018) újjáélesztése volt, mindamellett, hogy szem előtt tartják a természeti értékek és elemek megővését. Így a kitűzött cél az iskola udvarának megszínesítése volt papír hengerek által, melyek szolgálhatnak ülőhelyként, vagy akár árnyékolási célú funkciókat is betölthetnek.

4. | A PAPIRTERMÉKEK HASZNÁLATÁNAK NEHÉZSÉGEI

A papír alapú termékek építészetben való felhasználhatóságának egyik legnagyobb nehézsége, hogy az építési szabályozás számos országban nem teszi lehetővé a papír mint építőanyag használatát. A papír egy olyan alapanyag, amely eltérő tulajdonságokat mutat, attól függően, hogy milyen nyersanyagból készült, milyen cellulóz feltárási módszert alkalmaztak a nyersanyag előállításához, valamint, hogy milyen egyéb műveletet végeztek a terméken, például milyen bevonatokat kapott az anyag. Tehát a papír nem nevezhető egységes tulajdonságokkal rendelkező alapanyag, még abban az esetben sem, ha ugyanabból a gyárból származik, így nehéz szabványos értékeket meghatározni erre a termékre. Ez pedig azt eredményezi, hogy egy papírszerkezet felállítása előtt minden esetben anyagvizsgálatokat kell elvégezni, amely során meg kell bizonyosodni annak építőanyagként való felhasználhatóságáról [5] [21].

A papír alaptulajdonságai közé tartozik, hogy éghető, valamint, hogy érzékeny a nedvességre, mivel hidrofíli tulajdonságú. Ezen hátrányos jellemzők enyhítésére van lehetőség, a papír felületére felvitt, különböző tűzgátló és impregnáló bevonatokkal (bórsav, bórsav, poliuretán, polimer bevonat), amelyek szinte elengedhetetlenek ahhoz, hogy a papír, mint



5. ÁBRA: A 2000-es hannoveri világhíallítás japán pavilonjának szerkezetét papírcsövekből kialakított térrács adja, Shigeru Ban terve alapján [20]

alapanyag megfelelően elő legyen készítve a különböző felhasználási feltételeknek megfelelően [5] [17] [21] [22]. A különböző bevonatok és impregnáló anyagok azonban a papír újrahasznosítását nehezítik [23] [24].

5. | PAPÍR A SZERKEZETI ELEMENEN TÚL

Az építésben a szerkezeti elemeken túl is lehet alkalmazni a papír alapú termékeket, azonban a különböző felhasználásokhoz fontos ismerni a papír tulajdonságait.

Egyre népszerűbbé válnak a cellulózszálas szigetelések (6. ábra), amelyek újrahasznosított papírszalagból készülnek, így környezetbarát megoldást jelentenek, továbbá kedvező hő- és akusztikai tulajdonságokkal is rendelkeznek. Az anyag egyre növekvő népszerűségének köszönhetően az építőiparban az építkezés és felújítás következtében megjelenő negatív környezeti hatások csökkenthetők. A hagyományos szigetelőanyagokhoz képest vannak hátrányos tulajdonságai a cellulóz alapú szigetelőanyagnak. Ezen tulajdonságok csökkentésére szervesen anyagokkal kezelik a cellulózt, amelyek leginkább tűzgátlóként és penészesedés-gátlóként hatnak. Az iparban már több cég cellulóz alapú szigetelőanyaga is megtalálható, amelyek teljesen ártalmatlanok a környezet-

re, és újrahasznosított újságpapírból készül. Panelban gyártott kivitelben, valamint ömlesztve, befújható szigetelésként alkalmazva is megtalálhatók [26] [27]. A cellulóz szigetelés képes felvenni a versenyt a piacon jelenlévő népszerű termékekkel, hiszen az anyag tulajdonságai közel megegyeznek az ásványgyapot vagy a műanyag hab szigetelő anyag paramétereivel (2. táblázat).

A gyakorlati felhasználáson túl számos kutatás keretén belül vizsgálták a különböző papír, valamint papír kompozit anyagokat, és azok építőipari felhasználhatóságát. A tudományos publikációk leginkább az anyagok hőszigetelő képességét vizsgálják, amelyek között található parafa, újrahasznosított karton és gipsz kompozit, valamint papírhulladék és mészkompozit, papírhulladék és textilszál kompozit, valamint újrahasznosított karton, mészkompozit, agyag és különböző biológiailag lebomló anyagok (pl. kukoricakeményítő) kompozitjai [30] [31] [32] [33]. Ricciardi és munkatársai [29] eredményeiből kiderül, hogy a fejlesztett hőszigetelő panelek hővezető képessége hasonló a kőzetgyapotéhoz, azonban sűrűsége jóval nagyobb annál. Továbbá az életciklus elemzés eredményeiből megállapították, hogy az új panel magas globális felmelegedési potenciált okoz, illetve nagy energiafogyasztást igényel az előállítása. Ez a példa megfelelően mutatja azt, hogy ha egy termék újrahasznosított anyagból készül, még nem feltétlenül lehet kedvezőbb környezeti hatások mellett előállítani,



6. ÁBRA: Cellulóz hőszigetelés alkalmazása padlásfödemen [25]

mint a fosszilis-alapú hasonló felhasználási célú terméket. Azonban a kutatási eredmények azt mutatják, hogy további fejlesztésekkel megfelelő alternatív alapanyagot képviselhetnek a papír alapú termékek [34].

A papír alapú termékek akusztikai, hangszigetelő tulajdonságait is vizsgálták. Asdrubali és munkatársai [35] a csomagolóiparban alkalmazott hullámkartonokból készített panelek hő- és akusztikai tulajdonságainak elemzésével foglalkoztak. Az eredmények azt mutatták, hogy a panelek hang- és hőszigetelő tulajdonságai, valamint mechanikai tulajdonságai megfelelnek ahhoz, hogy könnyű szigetelési megoldásként alkalmazzák őket az építőipar területén, leginkább belső válaszfalakban.

6. | ÖSSZEFOGLALÁS

Számos kutatást találhatunk, amely az építőipar fenntarthatóságával foglalkozik, és ezekben rendszeresen megjelennek a papír alapú termékek. A papír alapú termékeknek több, kedvező környezeti hatása van, azonban emellett megjelennek azon negatív tulajdonságai (vízfelvétel, éghetőség) is, amelyeket javítani kell annak érdekében, hogy alkalmassá váljon az építőipari felhasználásra.

Az eddig megvalósult papír szerkezetek leggyakrabban ideiglenes megoldásként épültek, több hét, vagy akár több év élettartammal. Ennek legfőbb oka, hogy a papírra rövid élettartamú alapanyagként tekintenek, továbbá, mivel nem tekinthető standard építőanyagnak, és nincsenek rá szabályozások, az építőipari engedélyeket sem adják meg hosszú távra a papír alapú szerkezetek esetében. De éppen emiatt vásárok, kiállítások vagy különféle sportesemények, rövidebb távú rendezvények alkalmával kiváló alternatívát jelentenek, hiszen így elkerülhetőek az építés / bontás során keletkező hulladékok, amelyek negatív hatással vannak a környezetünkre.

A papír leggyakrabban papírcsövek formájában jelenik meg az építőipar területén, ekkor akár szerkezeti elemekként is alkalmazzák, így alkalmas a jóval energiaigényesebb acél vagy

2. TÁBLÁZAT: A cellulóz hőszigetelés tulajdonságai összehasonlítva más elterjedten alkalmazott hőszigetelő anyagok tulajdonságaival

hőszigetelő anyag	sűrűség (kg/m³)	nyomószilárdság (kPa)	hővezetési tényező (W/mK)	forrás
cellulóz szigetelés	30-80	150	0,037-0,055	[15] [18]
extrudált polisztirolhab (XPS)	20-80	150-700	0,025-0,035	[28] [29]
expandált polisztirolhab (EPS)	10-50	60-260	0,029-0,041	[22] [28] [30]
kőzetgyapot (MW)	13-240	15-80	0,033-0,046	[22] [28] [30]
üveggyapot (GW)	8-150	15-80	0,030-0,050	[22] [28] [30]

beton elemek kiváltására. Ezen felül pedig különböző szerkezeti funkciójú elemként, egyéb térkitöltő, akár szigetelő (hő, hang) anyagként való alkalmasságát is vizsgálták már. A papír alapú termékek építőiparban való terjeszkedését jól mutatja, hogy napjainkban egyre népszerűbb megoldássá válik a papírhulladék felhasználásából előállított cellulóz anyagú hőszigetelés.

A gyakorlati példák alapján elmondható, hogy a papír alapú termékek a papír alaptulajdonságai miatt ideiglenes szerkezetként, vagy bizonyos kezeléseket után hőszigetelő anyagként kiválóan alkalmazhatók. Továbbá kutatások eredményeit alapul véve megállapítható, hogy a papír alapú termékek további térnyerése várható az építőiparban.

FORRÁSOK

[1] Viola Hospodarova, Nadezda Stevulova, Jaroslav Briancin, Katarina Kostelanska: Investigation of waste paper cellulosic fibers utilization into cement based building materials. Buildings 8(3), 43 [2018], <https://doi.org/10.3390/buildings8030043>

[2] Tshwafo Elias Motaung: Recent applications and innovations of cellulose based materials: a critical review. Cellulose Chemistry and Technology 55(1-2) 1-12, [2021], <http://dx.doi.org/10.35812/CelluloseChemTechnol.2021.55.01>

[3] N. M. Nurazzi, M. R. M. Asyraf, S. Fatimah Athiyah és munkatársai: A review on mechanical performance of hybrid natural fiber polymer composites for structural applications. Polymers 13(13), 2170 [2021], <https://doi.org/10.3390/polym13132170>

[4] Latifah Jasmani, Z.M.A. Ainun, Sharmiza Adnan, Rushdan Ibrahim, S.M. Sapuan, R.A. Ilyas: Sustainable paper-based packaging. In: S.M. Sapuan, R.A. Ilyas (eds.): Bio-based Packaging: Material, Environmental and Economic Aspects. John Wiley & Sons, 2021. 225-244., <https://doi.org/10.1002/9781119381228.ch13>

[5] Mirian Sayuri Vaccari, Paola Sassi: Environmental assessment of cardboard as a building material. In: Andreas Falk, Petr Vegh, John Chilton (eds.): Proceedings of the IASS Working Groups 12+18 International Colloquium 2015 „Bio-based and Bio-inspired Environmentally Compatible Structures”, Tokió, 2015.04.10-13., <https://www.researchgate.net/publication/332119762>

[6] Julio Diarte, Marcus Shaffer: Cardboard architecture: Eight decades of exploration in academic research and professional practice 1940-2019. Enquiry The ARCC Journal for Architectural Research 18(1) [2021], <https://doi.org/10.17831/enqarcc.v18i1.1103>

[7] Eekhout Mick, Verheijen Fons, Visser Ronald (eds): Cardboard in Architecture. Research in architectural engineering series. Delft University Press, 2008, <https://www.iospress.com/catalog/books/cardboard-in-architecture>

[8] Srikanth Venkatesan, Mahzabin Afroz, Satheeskumar Navaratnam, Rebecca Gravina: Circular-economy-based approach to utilizing cardboard

in sustainable building construction. *Buildings* 13(1), 181 (2023), <https://doi.org/10.3390/buildings13010181>

[9] **Andrew Cripps**: Cardboard as a construction material: a case study. *Building Research & Information* 32(3) 207–219, (2004), <https://doi.org/10.1080/09613210410001686273>

[10] **B. Bahrami, P. Jafari**: Paper recycling, directions to sustainable landscape. *International Journal of Environmental Science and Technology* 17, 371–382 (2020), <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02354-y>

[11] **L. C. Bank, T. D. Gerhardt**: Paperboard tubes in structural and construction engineering. In: K. A. Harries, B. Sharma (eds.): *Nonconventional and Vernacular Construction Materials: Characterisation, Properties and Applications*. Woodhead Publishing, 2016, 453–480, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100038-0.00016-0>

[12] **Jerzy F. Latka**: Paper in architecture: Research by design, engineering and prototyping. *Architecture and the Built Environment* 7(19), (2017), <https://doi.org/10.7480/abe.2017.19.1875>

[13] **Julija Naskova**: Shigeru Ban's Japanese traditions inspired humanitarian architecture: And its sustainable practices. *Asian Design Engineering Workshop*, Hong Kong, 2015, <https://www.researchgate.net/publication/284030197>

[14] **Julia Lübke, Marius Wettlaufer, Nihat Kiziltoprak, Michael Drass, Jens Schneider, Ulrich Knaack**: Honeycomb-paperboard glass composite beams. *Ce/papers* 2, 57–69 (2018), <https://doi.org/10.1002/cepa.910>

[15] **Agata Jasiolek, Jerzy Latka, Marcin Brzezicki**: Comparative analysis of paper-based building envelopes for semi-permanent architecture. Original proposals and suggestions for designers. *Journal of Facade Design and Engineering* 9(2), 47–72 (2021), <https://doi.org/10.7480/jfde.2021.2.5510>

[16] **Özlem Ayan**: Cardboard in architectural technology and structural engineering: A conceptual approach to cardboard buildings in architecture. *Doktori értekezés*, ETH Zürich, 2009, <https://doi.org/10.3929/ethz-a-006080626>

[17] **Dianne van der Reyden**: Technology and treatment of a folding screen: Comparison of oriental and western techniques. In: H. Mabuchi, Perry Smith (eds.): *Conservation of Far Eastern Art*, Abstracts of the Contributions tot he Kyoto Congress 19–23 September 1988, 64–68. <https://repository.si.edu/handle/10088/11187>

[18] **Jerzy F. Latka, Agata Jasiolek, Anna Karolak, Pawel Niewiadomski és munkatársai**: Properties of paper-based products as a building material in architecture – An interdisciplinary review. *Journal of Building Engineering* 50, 104135, <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104135>

[19] **Shigeru Ban Architects**: Paper House, <https://shigerubanarchitects.com/works/paper-tubes/paper-house/>

[20] **Shigeru Ban Architects**: Japan Pavilion Expo 2000, <https://shigerubanarchitects.com/works/exhibitions/japan-pavilion-expo-2000/>

[21] **Cristobal Correa**: Designing with paper tubes. *Structural Engineering International* 14 (2004) 277–281, <https://doi.org/10.2749/101686604777963496>

[22] **Basim Abu-Jdayil, Abdel-Hamid Mourad, Waseem Hittini, Muzamil Hassan, Suhaib Hameedi**: Traditional, state-of-the-art and renewable thermal building insulation materials: An overview. *Construction and Building Materials* 214, 709–735 (2019), <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.04.102>

[23] **Andreas M. Faul**: Quality requirements in graphic paper recycling. *Cellulose Chemistry and Technology* 44(10), 451–460 (2010), [https://www.cellulosechemtechnol.ro/pdf/CCT10\(2010\)/p.451-460.pdf](https://www.cellulosechemtechnol.ro/pdf/CCT10(2010)/p.451-460.pdf)

[24] **Marina Vukoje, Mirela Rožić**: Various valorisation routes of paper intended for recycling – A review. *Cellulose Chemistry and Technology* 52(7–8), 515–541 (2018),

[https://www.cellulosechemtechnol.ro/pdf/CCT7-8\(2018\)/p.515-541.pdf](https://www.cellulosechemtechnol.ro/pdf/CCT7-8(2018)/p.515-541.pdf)

[25] **Kép forrása**: https://www.thermoflockereskedes.hu/sites/default/files/thermofloc_szigeteles_1600x1600.jpg

[26] **Pablo Lopez Hurtado, Antoine Rouilly, Virginie Vandenbossche, Christine Raynaud**: A review on the properties of cellulose fibre insulation. *Building and Environment* 96, 170–177 (2016), <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.09.031>

[27] **Bozsaky Dávid**: Természetes hőszigetelő anyagok.

Magyar Építőipar 67. évf. [2017], 3–4. szám, 89–99. o., <https://www.researchgate.net/publication/322599871>

[28] **Willy Villasmil, Ludger J. Fischer, Jörg Worlitschek**: A review and evaluation of thermal insulation materials and methods for thermal energy storage systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 103, 71–84 (2019), <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.12.040>

[29] **Dileep Kumar, Morshed Alam, Patrick X. W. Zou, Jay G. Sanjayan, Rizwan Ahmed Memon**: Comparative analysis of building insulation material properties and performance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 131, 110038 (2020), <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110038>

[30] **S. Sair, B. Mandili, M. Taqi, A. El Bouari**: Development of a new eco-friendly composite material based on gypsum reinforced with a mixture of cork fibre and cardboard waste for building thermal insulation. *Composites Communications* 16 (2019) 20–24, <https://doi.org/10.1016/j.coco.2019.08.010>

[31] **B. Mandili, M. Taqi, A. El Bouari, M. Errouaiti**: Experimental study of a new ecological building material for a thermal insulation based on waste paper and lime. *Construction and Building Materials* 228 (2019), 117097, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117097>

[32] **Jemi Merrin Mathews, B. Vivek, Meghana Charde**: Thermal insulation panels for buildings using recycled cardboard: Experimental characterization and optimum selection. *Energy and Buildings* 281 (2023), 112747, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112747>

[33] **P. Ricciardi, E. Belloni, F. Cotana**: Innovative panels with recycled materials: Thermal and acoustic performance and Life Cycle Assessment. *Applied Energy* 134 (2014) 150–162, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.07.112>

[34] **Ansarullah, Ramli Rahim, Asniawaty Kusno, Baharuddin, Nurul Jamala**: Utilization of waste of chicken feathers and waste of cardboard as the material of acoustic panel maker. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 126, Friendly City 4 'From Research to Implementation For Better Sustainability' 11–12 October 2017, Medan, Indonesia, ID: 012036, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/126/1/012036>

[35] **F. Asdrubali, A. L. Pisello, F. D'Alessandro, F. Bianchi, M. Cornicchia, C. Fabiani**: Innovative cardboard based panels with recycled materials from the packaging industry: Thermal and acoustic performance analysis. *Energy Procedia* 78 (2015), 321–326, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.652>

A HÁZ

SAJÁT-LAKÁS ÉPÍTÉS KÉRDÉSEI



ROVATVEZETŐK

BOGDÁN GYÖRGY-POSGAY CSABA

A faházprogram és a lakásépítés

Dr. WINKLER OSZKÁR

Az Erdészeti és Faipari Egyetemen 5. éve folyik „A fa korszerű alkalmazása lakóházak és hétvégi házak építésében” című középtávú (5 évre terjedő) kutatás. A lakóházakkal foglalkozó fejezet feladata, hogy annak keretében a hagyományos építőanyagok helyett, főleg fából és faalapanyagú termékek-ből olyan lakóépületeket, s azokhoz alkalmas szerkezeteket tervezzenek, ill. szerkesszenek, amelyek a hagyományos építőipar további megterhelése nélkül tegyék lehetővé az évi lakástermelés fokozását, korszerű, minden igényt kielégítő, de a luxus-megoldásokat mellőző lakóépületekkel.

A kutatás során már alkalmas megoldások jöttek létre, amelyek használhatóságát vizsgálatokkal is ellenőrizni lehetett. Az eredmények felhasználásával ugyanis sikerült néhány kísérleti lakóházat felépíteni, amelyek hazai földön is bizonyítják a fából készülő lakóházak alkalmazhatóságát.

Itt most nem a fent említett kutatás eredményeiről lesz szó; a tervezett megoldásokat, a javasolt szerkezeteket más helyen részletesen közöljük, ill. közöljük. A kutatást egyébként is egy minden részletre kiterjedő jelentés zárja majd le.

Itt csupán arra a kérdésre, ill. kérdéskomplexumra igyekeznünk választ adni, amely ezzel kapcsolatban lépten-nyomon felmerül, mégpedig arra, vajon van-e Magyarországon lehetőség, módja, várható eredménye az ún. faházprogram megvalósításának a lakásépítésben. Megvannak-e Magyarországon a faházprogram végrehajtásának reális feltételei, azaz van-e hozzá elegendő építőanyag, kivitelezői kapacitás, megvan-e a nagyüzemi gyártás lehetősége és van-e igény a fából készülő lakóépületek iránt. Ezekre a kérdésekre jelen pillanatban sem határozott igennel, sem pedig nemmel válaszolni nem lehet. A válasz némi megfontolást igényel, amelynek eredménye alapján — ha nem is telje-

sen egyértelműen — állást lehet foglalni a szóban forgó kérdésben.

A faházépítés jelentősége számos külföldi országban, pl. a skandináv államokban, az Északamerikai Egyesült Államokban, Kanadában és több más országban megvan, ahol a lakások mintegy 80%-a épül az említett anyagok felhasználásával; hogy azonban nemcsak a fában gazdag országokban érdemes lakásokat fából építeni, arra Anglia mutat példát, ahol évente több mint 20 000 lakást létesítenek fából, ill. faalapanyagú termékekből, holott az ország faszükségletének mintegy 95%-át importból szerzi be. — Nagy előnye a faházépítésnek a gyorsabb építési idő, hiszen az üzemben előregyártott fal, földem, tető, esetleg térelemekből a lakóház készreszerelése mindössze néhány napot vesz igénybe. Már a külföldi példákból is következtethetünk arra, hogy a fa-lakóházépítés szorgalmazása hazánkban sem lehet érdektelen.

Vizsgálataink során arra az eredményre jutotunk, hogy egy 70—80 m² alapterületű lakás átlagos faszükséglete — a falpanelek váza, a földemek pallói és a tetőszerkezetek rácsostartói — takarékos anyagfelhasználás mellett nem több, mint 4,0—4,5 m³ fenyő fűrészáru, ami tehát évi 1000 lakás esetében is mindössze 4000—4500 m³ anyagot jelent. Még évi több ezer lakás megépítése esetén sem akkora ez a mennyiség — Magyarország jelenlegi faellátottságát figyelembe véve — hogy fenyőfűrészáru gazdálkodásunk egyensúlyát veszélyeztetné. (A kutatás egyébként kiterjed annak a megvizsgálására is, vajon hogyan lehetne a fenyőfűrészárut — legalábbis részben — nyárral vagy akáccal helyettesíteni.) A szerkezetek felépítéséhez szükséges egyéb anyagok, mint forgácslap, farostlemez, rétegelt lemez, továbbá a kapcsolószerkezetek fém és műanyagjai, a hőszigeteléshez felhasznált as-

ványi gyapot, stb. legnagyobbbrészt a hazai termelésükből megfelelő mennyiségben rendelkezésre állnak. Legfeljebb a gipszkartonlemez itthoni előállításáról kellene gondoskodni, mivel ezt a javasolt fal és fűdém szerkezeteknél ugyancsak számításba vettük és jelenleg csak impotrból szerezhető be. — Ezenkívül iparunk rövidesen gyártani fog cementkötésű, tehát tűzbiztos forgácslapokat, amik ugyancsak növelik a fenti célra felhasználható anyagok sorát. — Faházak külső burkolataként — a külföldi gyakorlattal ellentétben — nem fenyődeszkát javasolunk alkalmazni, hanem pl. azbeszt-cementlapokat vagy időállóságot és bizonyos fokú tűzállóságot nyújtó anyagokkal kezelt forgácslapokat, esetleg cementkötésű forgácslapot. (Ezzel a burkolattal a házak elvesztik ugyan a megszokott fa-jelleget, amit boronafalas vagy deszka-burkolatú faházaknál megszoktunk, de ez egészen természetes, hiszen az új szerkezetek összetételükben is eltérnek a hagyományos faszerkezetektől és így formájukat is ennek megfelelően kell kialakítani.) Természetesen az alapozás, a nedvesség elleni szigetelés, a tetőhéjazás, a bádogos szerkezetek stb. anyagaira faházaknál éppen úgy szükség van, mint a hagyományos módon készülő épületeknél. — Mindebből kitűnik, hogy a *faszerkezetek felépítéséhez szükséges anyagbázis hazánkban is biztosítottnak tekinthető.*

Az épületgépészet vezetékei, berendezési tárgyai természetesen itt is szükségesek, hiszen a korszerű lakóháznak ezek is elengedhetetlen tartozékai. Ezen a téren mindössze a fűtés tekintetében merülnek fel esetleg megvitatandó, de mindenképpen megoldandó kérdések. Tűzbiztonság tekintetében a központi fűtés valamelyik változata a legjobb megoldás, bár ha lakásonként tervezzük, eléggé drága, annál is inkább, mivel a kazánteret a faépületen belül tűzálló anyagokkal — téglafalazattal, vasbetonfűdémme — elhatárolva kívülről megközelíthetően, tűzálló ajtóval kell kialakítani, lehetőleg az épülettől független, szabadonálló kéménnyel. Egy-egy lakótelep fűtését esetleg önálló, központi kazánházzal is meg lehetne oldani, ahonnan a telep összes lakóháza távfűtéssel lennének ellátva. Ez a megoldás persze csak akkor lenne gazdaságos, ha a telep legalább 60–80 lakásból állna és a beépítés elérné a hektáronkénti 150–200 fős laksűrűséget.

Egy másik fontos kérdés, biztosítható-e a faházépítéshez szükséges gyártókapacitás. A faházgyártás az építőipart csak kisebb mértékben érinti, mivel a *szerkezeti elemek elkészítése túlnyomó részben faipari tevékenység.* Erre faipari üzemek vertikumaiban megvan a lehetőség, bár a nagyüzemi gyártás csak nagyobb kapacitású, kimondottan lakóházépítésre berendezett üzemekben valósítható meg. A szerkezeti elemek előállításán kívül az épületgépészettel kapcsolatos munkákat is az üzemben kell elvégezni, a vezetékeknek az elemekbe való beépítésével, a berendezési tárgyak felszerelésével. *A faházprogram megvalósításának alapvető feltétele egy-két ilyen üzem létrehozása, meghatározott évi kapacitással, aminek a lakástermelés igényeihez kell igazodnia.*

A szóban forgó üzemek gyártási technológiájának

megszerkesztése ugyancsak a kutatási feladat részét képezi. — A mintegy 1000 lakás évi termelésű üzemek technológiai tervének elkészítése mindenek előtt megkívánja, hogy valamelyik szerkezeti rendszer, pl. a kispaneles vagy nagypaneles, esetleg a térelemes rendszer mellett döntsünk, hogy a gépek kiválasztását, sorrendjét a gyártáshoz szabhassuk. Ennek során arra kell törekedni, hogy minél kevesebb legyen a kézi munka és a félkész elemek mozgatása minél nagyobb mértékben gépesítve menjen végbe.

Ami a *szerkezeti rendszer* illeti, többféle falpanelt, mennyezetpanelt, ill. tetőszerkezetet szerkesztettünk, mégpedig kispaneles megoldásban. Ezek a szerkezetek szilárdsági, valamint hőtechnikai tulajdonságok szempontjából megfelelnek, amit nemcsak laboratóriumi vizsgálatokkal igazoltunk — és ebbe az Építőipari Minőségellenőrző Intézetet (ÉMI)-t is bevontuk — hanem megépített kísérleti objektumokon is megállapíthattunk. Az elemek megfelelő kapcsolataira is terveztünk alkalmas megoldásokat; az ERDÉRT által nemrégiben megvásárolt „Gang-Nail” prés gép jelentékeny mértékben növeli a tetőszerkezetek előállításának fokozását. A továbbiak során a tervezést, szerkesztést, ill. kutatást ki kell terjeszteni a nagypaneles, esetleg a térelemes rendszerre is. A háromdimenziós épületelemek előnye többek között az, hogy néhány fajta térelem egymás mellé helyezésének különböző variálásával sokféle fajta alaprajzi elrendezés tervezhető. Ezzel kikerülhető a lakótelepek uniformizálódása, ami esztétikai szempontból is előnyös.

A faépítkezésekkel kapcsolatos előírások az Országos Építügyi Szabályzatban (OÉSZ—1974), a Magyar Szabványok (MSZ) építmények tűzállóságára vonatkozó részeiben, továbbá az Építési és Városfejlesztési Minisztérium által kiadott Műszaki Előírásokban (ME 108—74) találhatók. Az ME 108—74 6.11. pontja szerint „lakóépület céljára I.—IV. tűzállósági fokozatú épületeket lehet létesíteni”. Az ME 108—74. a létesítményeket A, B, C, D, E tűzveszélyességi osztályokba sorolja a bennük folyó, rendeltetésüknek megfelelő tevékenység szerint és ennek alapján állapítja meg az engedélyezhető épületek tűzállósági fokozatát. Az egyetemen folyó kutatás során tervezett kispaneles lakóépület alkotórészei, a fal és fűdémpanelek fenyő váza és forgácslap, ill. gipszkartonlemez burkolata, valamint a fedélszerkezet pallói az előírt égéskésleltető szerrel kezelve, a nehezen éghető anyagok kategóriájába tartoznak és így velük a IV. tűzállósági fokozatba sorolt épületeket, ill. építményeket lehet létesíteni. Az OÉSZ 1. sz. melléklete szerint a IV. és V. tűzállósági fokozatú épületek között — egy szintnél — 5 m homlokzati hossz esetén 9,5—10 m esetén 12, míg 10—15 m esetén 15 m távolságot kell betartani az épületek között. Kétszintes épület esetén 5 m homlokzathosszig ez az épület-távolság 12, 5—10 m-ig 16, 10—15 m-ig 20 m-re módosul. (Háromszintes lakóépület fából nálunk eleve nem épülhet. Megjegyezzük, hogy a coloradói egyetem oktatói nemrégén küldtek számunkra néhány fényképfelvételt, amelyek négyzetes, többalakú lakóházakat ábrázolnak fából, külső deszkaburko-

lattal. Néhány évvel ezelőtt a BMTOP munkatársával látogattunk meg London közelében egy négyszintes faépületet, amelyben 2 lakássor épült egymás fölött, 2—2 szinttel. Közölték velünk, hogy ezeket a lakásokat ott éppen olyan feltételek mellett biztosítják, mint a hagyományos anyagokból épülteket).

Az említett előírásokat figyelembe véve az OÉSZ egyszintes és kétszintes lakóépületek létesítését teszi lehetővé fából, viszonylag nagy épülettávolságok mellett. *Az előírások betartása ezek szerint laza beépítést eredményez*, aminek az a következménye, hogy a telekkel és a lakóterület feltárásával (utak, közművek) kapcsolatos költségek aránytalanul megdrágítják a lakóházak építését fából. Az ME 108—74 előírja továbbá, hogy a IV. tűzállósági fokozatú épületeket egy tűzszakaszként legfeljebb 150 m² alapterülettel, legfeljebb kétszintesre szabad építeni, ami *nem teszi lehetővé sorházak beépítés tervezését*. Pedig kétségtelen, hogy a magas telekárak és feltárási költségek szempontjából ez a leggazdaságosabb, annál is inkább, mert ilyen beépítés mellett — vizsgálataink szerint — közel 200 fő/ha laksűrűséget lehet elérni. *Sorházak beépítésnél az egyes lakásszekciók tűzbiztos elhatárolásának megvan a lehetősége*; Finnországban, Norvégiában, Németországban stb. ilyen esetben tűzfalként féltégla, esetleg egy téglavastag falat alkalmaznak, de Angliában — kísérletek eredményeképpen — nem építenek tűzfalat, csupán ahhoz ragaszkodnak, hogy minden lakásszekció önálló, a szomszéd-tól független határfalat kapjon, a kettő között légzéssel, az érintkező éghető anyagok egymástól tűzgátló anyaggal — pl. azbeszttel — való megvédésével. Mi 25 cm vastag, tömör téglafalat javasolunk építeni a sorház egyes lakásszekciói közé; tudomásunk szerint az ÉMI vizsgálati eredményei ezt a megoldást elfogadhatónak minősítik.

Az említett előírások alapján a Belügyminisztérium Tűzrendészeti Országos Parancsnoksága (BMTOP) eléggé mereven foglal állást a fából készülő lakóépületek, ill. lakótelepek és a lakóház-jellegű épületek építésével szemben. Azokat az épületeket, amelyek engedélye nélkül vagy valamilyen helyi tűzvédelmi szerv engedélye alapján mégis megvalósultak, csupán kísérleti épületeknek hajlandó elismerni. Többek között *a rendelkezések enyhítése és a tűzvédelmi hatóságok merev álláspontjának megváltoztatása feltétlenül szükséges ahhoz, hogy a faházprogram megvalósuljon*.

A faházban létesülő lakások ma még nem népszerűek Magyarországon. Hogy is lennének azok, hiszen alig épült Magyarországon fából néhány, téli-nyári tartózkodásra alkalmas lakóház (Budapestben, Sopronban és Mezőtúron) és ezek távolról

sem voltak minden tekintetben kifogástalanok. Nyilvánvaló, hogy az építtetőknak bármely norvég, svéd vagy finn lakóház megnyerné a tetszését és azokba habozás nélkül hajlandók lennének beköltözni. Sajnos, a megvalósított *egy-két kísérleti lakóház* — bármennyire alkalmas legyen is — *még nem elegendő ahhoz, hogy a fa lakóházakat népszerűsítse*. Talán egy-egy ipari kiállításon volna lehetőség arra, hogy a nagyobb érdeklődő tömegeknek bemutassa a fából épült lakóház egy-két jó példáját. — A legmeggyőzőbb nyilván egy kész lakótelep épületeinek bemutatása lehetne, ahol a lakók közvetlenül tájékoztathatnák az érdeklődőket a lakások használhatósága felől. Ezért nagyon fontos lenne — egyelőre kísérletképpen — egy fából, ill. faalapanyagú termékekből tervezett lakótelep felépítése. Egyébként mind a szállítás, mind pedig a szerelés, tehát a gazdaságos építés szempontjából lakótelepek megvalósítása lesz célravezető. Javasoljuk, hogy a városok, községek területén jelöljék ki azokat a telektömböket, amelyeken arányos telekárak és feltárási költségek mellett a fa lakóépületek, ill. lakótelepek megvalósíthatók.

A népszerűségnek fontos tényezője a költségkérdés is. A faépületeknek a hagyományos lakóépületeknél olcsóbbaknak kell lenniük, hogy azokkal szemben ilyen szempontból is versenyképesek legyenek. Nyilvánvaló, hogy egy kísérleti lakóház költségei nem mutatják a nagyüzemi gyártásból származó termelés reális költségeit. A kísérleti lakóházak építéséhez szükséges szakipari munkák jó részét, gépészeti berendezéseit a helyszínen végezték el; az ezzel kapcsolatban felmerült költségek nyilván jelentősen csökkennek, ha ez a nagyüzemi gyártás során ugyancsak az üzemben történik. A kísérleti lakóházakat ilyen kedvezőtlen körülmények között is elő lehet állítani m²-enként 6000—6500 Ft-ból, ami pedig nagyjából azonos a hagyományos építkezések költségeivel. Kétségtelen, hogy a nagyüzemi gyártás révén a hagyományos anyagú és szerkezetű épületekkel szemben megtakarítás érhető el.

A fentiekből kitűnik, hogy *a faházprogram megvalósítása a lakóépületek vonatkozásában Magyarországon is lehetséges*. Egyrészt az akadályok kellő megértéssel, a merev állásfoglalás megváltoztatásával leküzdhetők, másrészt az említett feltételek teljesítése sem jelent megoldhatatlan feladatokat. *A faházgyárak létesítésével elérhető, hogy néhány üzemben évente összesen 2500—3000 lakás elemei készüljenek fából és faalapanyagú termékekből; ez a mennyiség már számottevő lehet az ország lakástermelésében, ami pedig népgazdaságunknak még hosszú ideig elsőrendű feladata marad*. — Ezen kívül a lakóházjellegű épületek fából való megvalósításával is könnyíteni lehet az építőipar terhein.

Szabó Péter*

KOMMENTÁR WINKLER OSZKÁR „A FAHÁZPROGRAM ÉS A LAKÁSÉPÍTÉS” CÍMŰ 50 ÉVE MEGJELENT CIKKÉHEZ

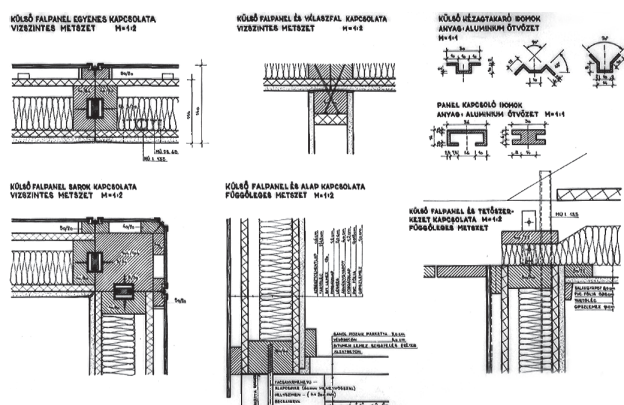
COMMENTARY ON THE 50 YEARS AGO PUBLISHED ARTICLE OF
WINKLER OSZKÁR “THE WOODEN HOUSE PROGRAM AND HOUSING CONSTRUCTION”

Winkler Oszkár az Erdészeti és Faipari Egyetemen (Soproni Egyetem) 1948-1975 között vezette az Építéstani Tanszéket. Ebben az időszakban több államilag finanszírozott átfogó kutatási terv indult az építőipar “terheinek könnyítésére”. Az Építéstani Tanszék kutatásokat végzett összetett keresztmetszetű, valamint LVL fatartók tervezésében és fejlesztésében. Több tanszék végzett forgácslapok előállításával kapcsolatos kísérleteket, és dolgozott ki gyártási módszereket. A Tanszék több lécrácshely szerkezetű kupolát állított fel és tesztelt, azok statikai viselkedését vizsgálva. Az egyik legjelentősebb kutatását azonban 1970 és 1975 között végezte faszervezetű lakóházak témakörében. Ebben a vizsgálatban kis és nagypaneles faház-szerkezetek részleteit dolgozták ki, megrajzoltak minden részletet és kiviteli csomópontot (1. ábra). Mivel nem volt előzménye ennek a típusú könnyűszerkezetes építésnek, ezért minden szerkezeten elvégezték az akkori előírásoknak megfelelő ÉMI vizsgálatokat is.

A kutatáshoz kapcsolódóan több kísérleti “lakóház” épült, igaz általában irodai használatra. A “faház ipar”

megteremtését az állami nagyvállalatoktól várták, ezért partnerként vonták be a Fertődi Építőipari Szövetkezetet, a Tanulmányi Erdőgazdaságot és az ERDÉRT-et. Ebben az időszakban készült el az első emeletes, kispaneles lakóház (iroda) (2. ábra). Több mintaház tervdokumentáció készült, és az ezek alapján épült épületekkel szinte mindenhol találkozhattunk az országban. Az ERDÉRT típus faházaiból épültek az úttörőtáborok Zánkán és Csillebércen, üdülők és kiskerti házak képében is ezek a szerkezetek köszöntek vissza. Irodák és kis üzlethelyiségek készültek nagy számban könnyűszerkezetes épületként. Azonban lakóházak gyakorlatilag nem készültek ebből a szerkezetből.

Aki gyerekként vagy nyaraló felnőttként eltöltött egy-egy hetet egy ilyen könnyűszerkezetes nyaralóban az nem valószínű, hogy beleszeretett ebbe az építési rendszerbe. A mintatervek nem voltak vonzóak és a kivitelezés minősége sem volt jónak nevezhető. Égetően hiányzott a piacról a jó minőségű, olcsó faház. Bebizonyosodott, hogy ezt az igényt a nagyvállalatok nem tudták kielégíteni. A rendszerváltás után a piacon kaptak szerepet a megje-

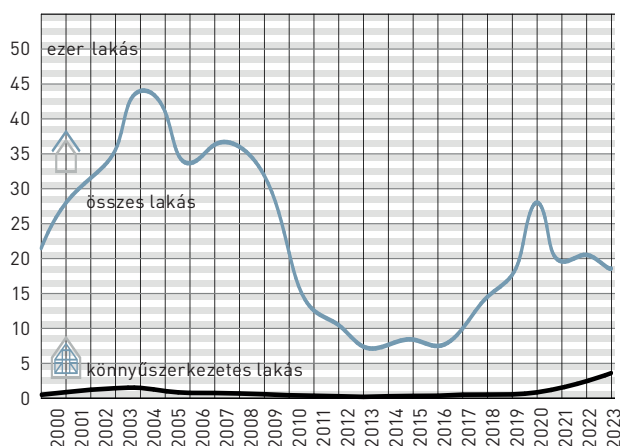


1. ÁBRA: A kidolgozott kispaneles építés egy tervlapja (1973)



2. ÁBRA: Az első hazai emeletes, kispaneles faház

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



3. ÁBRA: A hazai lakóházépítés, teljes és könnyűszerkezetes bontásában

lenő vállalkozások. Hatalmas igény volt az olcsó lakásra. Ellepték az országot a kétes minőségű külföldi faanyagok és az "erdélyi ácsok". Erre az időszakra sem úgy tekintünk vissza mint a jó minőségű, könnyűszerkezetes lakásépítés korszakára. Napjainkra a piac letisztult, és ha nehezen is de elfogadják az építeni vágyók, hogy a jó minőségű faház nem az alacsony áraival akar hódítani. Egyfajta szakmai garanciát jelent, ha a vállalkozó tagja MAKÉSZ szövetségnek. Nagyon nehezen indult be a könnyűszerkezetes lakásépítés Magyarországon (3. ábra), de talán mostanra megtalálta a helyét a piacon.

50 évvel ezelőtt a faházak elterjedésének az egyik akadálya volt, hogy nem állt rendelkezésre hazai, jó minőségű fenyő alapanyag. Az erdőterületeink 10-12%-a fenyő, ugyanennyi a nyár és a cser, míg az erdők negyedét akác alkotja, de jelentős a tölgyfa (21%) állomány is. A korai kutatások is külön fejezetet szenteltek a nyár és akác hasznosítás lehetőségére. Mára addig jutottunk, hogy ennek a két faanyagnak a vizsgálata kiegészült a cserfával. Születtek eredmények, de az építőipar számára még mindig olcsóbb a külföldi fenyő megvásárlása, mint a hagyománnyal nem rendelkező, nyár vagy akác használata. A hazai faanyagok elterjedését egy támogató rendszer kidolgozása mozdíthatná ki a holtpontonról.

A korai tűzvédelmi szabályozások nem tették lehetővé társasházak, két szintnél magasabb épületek, sorházak építését faszervezetből. Az épületek közötti tűztávolságot is olyan nagyra határozták meg, hogy a gazdaságos sűrű beépítést nem lehetett megoldani. Akkoriban megoldásként a tűzálló cementkötésű faforgácslap használata tűnt jó lehetőségnek. A CK lap a nagyon kedvezőtlen beépítése miatt azonban mostanra teljesen kiszorult a faházpiacról. A tűzvédelmi szabályozás napjainkra szinte teljesen átalakult. Lehet egyedi paramétereket figyelembe venni, de gyakorlatilag három emeletnél magasabb fa tartószerkezetű épületet nem lehet építeni. Homlokzatburkolatkén több szintes épületen a fát csak korlátozottan lehet használni. A körülöttünk lévő országokban sorra épülnek a faszervezetű magasházak. Németországban fából épületet 18 méter magasságig, Ausztriában 22 méterig lehet építeni. Az Egyesült Királyságban, Norvégiában vagy Új-Zélandon pedig nincsen a magasságra vonatkozó korlátozás.



4. ÁBRA: Az Ubrankovics Kft. mintaháza Ágfalván (tervező: Szabó Péter)

Ahhoz, hogy Magyarországon faszervezetes magasházak vagy irodaházak épülhessenek a tűzvédelmi előírásoknak jelentősen meg kell változniuk.

A jó minőségű faházak építését egyre több szerkezet és anyag segíti. A kereszt laminált fatáblák (CLT: Cross-Laminated Timber) univerzálisan használhatók fal, földem és tetőszerkezetként is. Ezek azok az elemek, ahol hazai gyártás esetén szerepet kaphatnának belső rétegekben a nyár vagy akác faanyagok is. Egyre divatosabbak a farost szigetelések, de már találkozhatunk fahabokkal is. A faanyagok telítésével, modifikálásával ellenálló faanyagokat tudunk készíteni. A két irányba hajlított, ragasztott fatartók használatával a tervezők az építészeti élvonalába számító épületeket hoznak létre. A mérnöki kapcsoló elemek és a számítógépes modellezés pedig méretezhetővé tette a faanyagok használatát.

Az 50 éve megkezdett faházprogram, jónéhány kanyar és buktató után talán eljutott arra a szintre, hogy már ne legyen szükség "program"-ra. Egyre több épület épül fából bár még nagyon messze vagyunk attól, hogy a skandináv országok 70-80%-os faház arányát elérjük. Nem az az elsődleges cél, hogy kirívó fa épületek készüljenek, hanem az, hogy élhető, jó minőségű (4. ábra) lakásból legyen egyre több. A fa az egyetlen megújuló építőanyag, jelentős szerepet játszik a szén-dioxid megkötésben, és az embernek is természetes közeget biztosít.

Azonban az építőiparnak szüksége van képzett, a fához és a faszervezetekhez értő szakemberekre. A fél évszázada összegyűlt tapasztalatokat és a legmodernebb kutatási eredményeket is bele kell építeni a jövő mérnökeinek a képzésébe. A mesterséges intelligencia és a klímaváltozás alapvetően új kihívások elé állítja a teljes építőipart. A felmelegedés következményeként néhány évtized múlva a fenyőállomány teljesen eltűnhet hazánkban. Az építőiparban használható faanyagokat át kell gondolni és új kötőelemeket, ragasztókat és szerkezeteket kell megkonstruálni. Winkler Oszkár a hazai faházipar beindításának lehetőségéről írt. Most ez a faházipar egy kényszerű átalakulással kell, hogy szembenézzen. A záró gondolatait talán így módosítanám: "A fentiekből kitűnik, hogy a faházprogram" megújítása "a lakóépületek vonatkozásában Magyarországon is lehetséges".