

**Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság**  
**Hungarian Technical Sciences Society of Transilvania**



**ÉPKO 2003**

**NEMZETKÖZI ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI  
KONFERENCIA**

**INTERNATIONAL CONFERENCE  
OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE**

**Csíkсомlyó, 2003. május 29. – június 1.**

**Şumuleu Ciuc, 29 May – 1 June 2003**

---

**Kiadó**

Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság

**Edited by**

Hungarian Technical Sciences Society of Transilvania

**Szerkesztő / Editor**

Dr. Köllő Gábor

**Felelős kiadó**

Égly János

**Nyomdai előkészítés**

Prokop Zoltán

**Nyomtatás**

Incitato nyomda – Kolozsvár

Felelős vezető: Biró Á. Attila

**A kiadvány megjelenését támogatta**

Illyés Közalapítvány – Budapest

Oktatási és Kutatási Minisztérium (MEC) – Bukarest

ASA Építőipari Kft. – Budapest

ÉMI-TÜV Bayern Kft. – Budapest

MÁV Rt. – Budapest

PLAN 31 RO Kft. – Kolozsvár

TRAZMAR Rt. – Csíkszereda

**Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a Românei**

**NEMZETKÖZI ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KONFERENCIA –**

**ÉPKO 2003 (2003; Șumuleu-Ciuc)**

**Nemzetközi Építéstudományi Konferencia – ÉPKO 2003:**

**Csíkсомlyó, 2003. május 29. – június 1. – International Conference**

**of Civil Engineering and Architecture : Șumuleu-Ciuc,**

**29 May – 1 June 2003 – Cluj-Napoca : Erdélyi Magyar**

**Műszaki Tudományos Társaság, 2003**

ISBN 973-86097-3-9

624(063)

---

## Építéstudományi Konferencia Csíksomlyón

Hetedik alkalommal kerül megrendezésre az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT) Építéstudományi Szakosztályának Nemzetközi Konferenciája, az ÉPKO 2003.

A helyszín ugyanaz, mint az előbbi három alkalommal volt – Csíksomlyó, Jakab Antal Tanulmányi Ház.

A VI-ik Építéstudományi Konferencián elhatároztuk, hogy az ÉPKO-ra véglegesítjük ezt a helyszínt és időpontot és minden év májusának végén vagy június első hétvégéjén találkozunk Erdélyben, a Székelyföldön, Csíksomlyón.

Azért választottuk ezt a helyszínt, mert itt kultúrált körülmények között nagyon kellemes természeti környezetben tudunk találkozni, mert Csíksomlyóról a Székelyföld bármely része egy egynapos kirándulással könnyen elérhető.

Az eddig megrendezésre kerülő Építéstudományi Konferenciák mindenikének a Székelyföld (Szováta, Székelyudvarhely(2), Csíksomlyó(3)) adott otthont, ami nem volt véletlen. Szeretnénk vendégeinkkel, a Kárpát-medencéből és a nagyvilág minden országából ezt a természeti adottságokkal és emberi erővel megáldott régiót megismertetni és megszerettetni.

Nem akarjuk titkolni gondjainkat, melyekből jó sok jutott a székelységnek és amelyek megoldásában mi építők és építészek sokat segédkezünk.

Már maga a tény, hogy ennyien érdeklődnek az ugyanitt megrendezésre kerülő tudományos konferencia és maga a régió iránt, megelégedéssel és büszkeséggel kell eltöltsen az itt élők lelkét és erkölcsi támogatásként kellene a tudatunkba ágyazni.

Az EMT által rendezett tudományos konferenciák meghirdetett célja a szakmában dolgozók egymás kölcsönös informálása, az elvégzett tudományos kutatások eredményeinek a bemutatása, szakmai újdonságok, új technológiák és építőanyagok bemutatása és nem utolsósorban szakmai és baráti kapcsolatok kialakulásának elősegítése. Elég egy pillantást vetni a jelenlevők névsorára és mindenkinek nyilvánvaló lesz, hogy egy szakmai és tudományos szempontból igényes rendezvény résztvevője.

Nagyon fontosnak tartom a baráti (és szakmai) kapcsolatok kialakulását és itt úgy érzem sokat tettünk. Nagyon sok kedves kollégánk van, aki minden, vagy majdnem minden rendezvényen jelen volt. Sokat közülük már EMT tagnak tekintünk. Ennek a rendezvénynek a bensőséges, már mondhatni családi hangulata is hozzájárul ahhoz, hogy megelégedéssel tekintsünk vissza a már elmúlt konferenciákra és őszinte remény tölt el, hogy az idei találkozó is hasonló lesz.

A pénteki régió-bemutató kirándulás részben egy kevésbé ismert, de csodálatos vidékre kalauzol majd bennünket, az Ojtoz és a Gyimesek völgyébe és egy kis vargabetűvel kikanyarodunk Moldvába is.

A Bolyai év elcsituló moráját még észelve egy Babits Mihály idézettel zárnám a bevezetőt, amit a Konferencia mottójának is választottunk.:

*„Új törvényekkel, túl a szűk egen, új végtelent nyitottam én eszemnek;...”*

(Babits Mihály, Bolyai).

Nagyon szeretnénk (mi szervezők), hogy mindenki jól érezze magát, és már most elhatározza, hogy jövőre itt újra találkozunk.

**Dr. Köllő Gábor**

EMT tudományos elnökhelyettes,  
az Építéstudományi Szakosztály elnöke

---

## Tartalomjegyzék – Content

Geoműanyagok geotechnikai alkalmazásának alapjai

FUNDAMENTALS OF THE GEOTECHNICAL USE OF GEOSYNTHETICS

*Albert Pál*

Kötőanyag nélküli útalapok tulajdonságainak vizsgálati módszerei

MEASUREMENT METHODS OF UNBOUND GRANULAR ROAD BASES

*Almássy Kornél*

Tapadás betonban

BOND IN CONCRETE

*Dr. Balázs L. György*

Az építészet változása és ezek hatása a design-ra és a szakmagyakorlásra

CHANGES IN ARCHITECTURE AND ITS REFLECTIONS AT DESIGN AND PROFESSION

*Habil. Balogh Balázs DLA*

Robbanás elleni épület tervezés

DRAWING GENERATION

*Dr. Baltay Miklós*

A magyar közúti tervezés szabályzat vonalvezetésre vonatkozó elemeinek vizsgálata

ANALYSIS OF SAME ELEMENTS CONTAINED

BY NORMS CONCERNING THE ROADS DESIGN

*Barna Zsolt*

Dinamikus flottamenedzsment

DYNAMIC FLEET MANAGEMENT

*Bocz Péter, Dr. Kisgyörgy Lajos*

IMS utófesztített vasbeton födémek erőtanai modellezése

STRUCTURAL MODELLING OF IMS PRESTRESSED REINFORCED CONCRETE SLABS

*Dr. Farkas György, Dr. Bódi István, Dr. Lovas Antal*

Látszóbeton felületek kialakítása napjainkban

REALISING UNTREATED CONCRETE SURFACES NOWADAYS

*Farsang Attila*

Vízzáró betonok épületszerkezeti megoldásai

STRUCTURAL SOLUTIONS FOR WATERPROOF CONCRETES

*Farsang Attila*

Az ISEKI vákuumos szennyvízgyűjtő rendszer

ISEKI VACUUM SEWERAGE SYSTEM

*Dr. Fábry György*

A magyarországi és az Európai Unió környezetvédelmi helyzet ismertetése

THE PRESENTATION OF THE ENVIRONMENTAL SITUATION

IN HUNGARY AND THE EUROPEAN UNION

*Fenyő Dóra*

A fa, mint modern építőanyag faszerkezetes csarnokok és tervezési elveik

TIMBER AS A MODERN BUILDING MATERIAL – TIMBER STRUCTURES

AND THEIR CONSTRUCTIONAL GUIDELINES

*Friedman Noémi*

Nemzetközi hálózatok

INTERNATIONAL NETS

*Dr. Gobesz F. Zsongor*

Fahidak szerkezeti fejlődésének áttekintése

SUMMARY CONSTRUCTION DEVELOPMENT OF WOODEN BRIDGES

*Guzmics János*

A hézagnélküli vágányok stabilitásvizsgálata egyszerűsített módszerrel

SIMPLY DESIGN METHOD OF WELDED RAIL STABILITY

*Herman Sándor*



---

A Nyugat-Dunántúli Régió és a vasútfejlesztések lehetőségei  
POSSIBILITIES OF RAILWAY NETWORK DEVELOPMENT IN REGION WEST-TRANSDANUBIA  
*Dr. Horvát Ferenc*

Szerkezeti CAD-CAM rendszerek új területeken  
NEW FIELDS FOR THE CAD-CAM CONSTRUCTIONAL SYSTEMS  
*Horváth László*

A szél dinamikus hatásainak vizsgálata sztochasztikus eszközökkel  
ANALYSING WIND DYNAMIC EFFECTS ON STRUCTURES USING STOCHASTIC TOOLS  
*Hunyadi Mátyás*

A nagyváradi vár – rövid történelmi ismertető  
FORTRESS ORADEA A BRIEF HISTORY  
*Jakabffy László*

A Bega-csatorna és a magyarszentmártoni csegező mű  
SHORT HISTORY OF THE BEGA-CANAL  
AND THE HYDROTECHNIC SYSTEM OF MAGYARSZENTMÁRTON  
*Jancsó Árpád, Dr. Prelushek Ervin*

Pórusos építőanyagok permeabilitása  
PERMEABILITY OF POROUS BUILDING MATERIALS  
*Dr. Józsa Zsuzsanna, Csányi Erika, Simon Tamás*

A műgyanta kötőanyagú BODAN útátjáró burkolóelemek hazai alkalmassági vizsgálata  
HOMOLOGATION REPORT ABOUT THE POLYMER-BOUND-CONCRETE RAILWAY LEVEL  
CROSSING PAVING ELEMENTS IN HUNGARY  
*Dr. Kazinczy László*

A gyorsforgalmi úthálózat fejlesztésének gazdaságélénkítő hatása – tanulmány  
ECONOMY INTENSIFYING EFFECT OF THE EXTENSION OF SPEED ROAD SYSTEMS.  
*Kálnoki Kis Sándor*

Közlekedés okozta rezgések hatása az épületekre – Értékelés  
EFFECTS ON THE BUILDING PRODUCED BY THE TRAFFIC-CAUSED VIBRATION – VALUATION.  
*Dr. Kegyes Csaba*

Feltöltő hegesztés alkalmazása a pályafenntartási munkákban  
BUILD UP WELDING IN THE TRACK MAINTENANCE  
*Dr. Kiss Csaba*

A vasúti tengelyterhelés emelésének feltételei  
CONDITIONS OF AXLE LOAD INCREASE ON RAILWAY TRACKS  
*Dr. Kiss Ferenc*

Nagynyílású feszített vasbeton tartók viselkedése próbaterhelésre  
GREAT-SIZED SPAN PRESTRESSED REINFORCED CONCRETE BEAMS BEARING TEST  
*Dr. Kiss Zoltán, Péntek Árpád, Bálint Károly*

Hulladékhő hasznosítás geotermális energiából  
UTILISATION OF WASTE HEAT FROM GEOTHERMAL ENERGY  
*Kontra Jenő*

Kloridok a vasbetonban  
CHLORIDES IN REINFORCED CONCRETE  
*Kopecskó Katalin, Dr. Balázs György*

Ragasztott vasbeton–acél öszvérszerkezetek  
GLUED STEEL-CONCRETE COMPOSITE STRUCTURE  
*Prof. Kopenetz Lajos, Prof. Köllő Gábor*

Fenntartható közlekedésfejlesztés a Fertő-Hanság térségben  
SUSTAINABLE TRANSPORT PROJECTS IN THE FERTŐ-HANSÁG REGION  
*Dr. Koren Csaba*

A vasúti pályák környezeti minősítési rendszere  
ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEM OF RAILWAY LINES  
*Dr. Koren Edit*

---

Az iker-síndilatációs szerkezet beépítési kérdései  
QUESTIONS ABOUT THE CONSTRUCTION  
OF THE DOUBLE-RAIL-DILATATION STRUCTURE

*Dr. Kormos Gyula*

A közlekedésügy helyzete a magyar kormányokban 1848-2002  
THE SITUATION OF THE TRANSPORT  
IN THE GOVERNMENTS OF HUNGARY 1848 – 2002

*Kovács Jenő*

Vasúti öszvérlemez-hídszerkezetek számítógépes tervezése  
COMPUTER AIDED DESIGN OF  
THE RAILWAY COMPOSITE STEEL-CONCRETE SLAB BRIDGES

*Köllő Gábor, Orbán Zsolt, Godja Teodor, Mureşan Olimpiu*

Vasúti kocsik vázszerkezetének a felhasználhatósága kisebb nyílások áthidalására helyi érdekű közúti utakon  
ROAD BRIDGE SUPERSTRUCTURES USING RAILWAY WAGON PLATFORMS.

*G. Köllő, P. Moga, György Béla, Şt. I. Guşiu, C. Moga*

Környezettudatos építészet  
SUSTAINABLE ARCHITECTURE

*Dr. Lányi Erzsébet*

Intelligens telematikai megoldások a magyar autópályákon  
INTELLIGENT TELEMATIC SOLUTIONS ON THE HUNGARIAN MOTORWAYS/

*Leinemann Tamás*

CPT használata a cölöptervezésben  
USE OF CPT IN PILE DESIGN

*Mahler András*

Kerékpárutak és -sávok csomóponti átvezetésének biztonsági vizsgálata  
BICYCLE SAFETY ANALYSES AT INTERSECTIONS

*Makó Emese*

Az osztott biztonsági tényezős méretezési képlet továbbfejlesztési javaslata  
PROPOSAL FOR IMPROVEMENT OF DESIGN FORMULA  
OF PARTIAL SAFETY FACTOR DESIGN METHOD

*Dr. Medved Gábor*

A torrensek és a vasúti pálya biztonsága  
THE TORRENTS AND THE RAILWAY LINE SAFETY

*Dr. Mihalik András, Csek Károly, Suba István*

A szerkezet, mint esztétikai eleme az építészetnek  
STRUCTURE AS THE AESTHETIC ELEMENT OF ARCHITECTURE

*Dr. Molnár Jenő*

Nyolcszintes vasbetonvázaz épület szerkezeti károsodása  
és az elkészült statikai szakvélemény helyreállítási – megerősítési javaslatai  
REINFORCED CONCRETE STRUCTURE'S DEGRADATIONS  
AND DESCRIBE OF CONSOLIDATION SOLUTION

*Nagy Béla*

Tégla falak nyírási megerősítése kompozitokkal  
SHEAR STRENGTHENING OF MASONRY WALLS WITH COMPOSITES

*Nagy-György Tamás, Dr. Gergely János, Dr. Dan Daniel*

Új irányok az acélszerkezetek számítógéppel segített tervezésében:  
erőtani tervezés az európai szabványrendszer szerint

DEVELOPMENT IN CAD OF STEEL STRUCTURES: DESIGN BY EUROPEAN STANDARDS

*Dr. Papp Ferenc*

Útkeresés a virtuális világba – Internet bázisú projektmanagement  
SERCHING THE WAY TO THE VIRTUAL WORLD, PROJECT-MANAGEMENT BASED ON INTERNET

*Polgár László*

Önfúró csavarok nyírási teherbírása  
SHEAR CAPACITY OF LAP JOINTS WITH SELF-DRILLING SCREWS

*Ruff Ágnes, Nagy Zsolt, Fülöp Ludovic*

---

Különleges műszaki igények – különleges műszaki megoldások, azaz levegőben lebegő orosz iskola  
SPECIAL TECHNICAL NEEDS – SPECIAL TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL ANSWERS;  
SOVIET SCHOOL IN THE AIR

*Sata Loránd*

A közúti forgalmi körülmények javítása videokamerás forgalomfigyelő rendszer segítségével  
IMPROVING THE LEVEL OF SERVICE  
BY USING VIDEO-BASED TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM

*Schuchmann Gábor*

A betonfelület durvaságának hatása a beton-beton együttműködésére  
EFFECT OF SURFACE ROUGHNESS ON CONCRETE CONCRETE BOND

*Simon K. Tamás*

Izoterm légfüggöny számítógépes szimulációja  
CFD MODELING OF AN ISOTHERM AIR CURTAIN

*Szikra Csaba*

A hidak és a környezetvédelem  
THE BRIDGES AND THE ENVIRONMENTAL PROTECTION

*Dr. Tassi Géza, D. Sc.*

A könnyű ejtősúlyos teherbírásmérés magyarországi tapasztalatai és jelenlegi kutatási területei  
HUNGARIAN EXPERIENCES IN THE USE OF THE LIGHT DROP-WEIGHT TESTER  
AND CURRENT RESEARCH AREAS

*Tompai Zoltán*

A szolgáltatási szint meghatározása az előzési igény és lehetőség alapján  
DEFINITION OF THE LEVEL OF SERVICE BASED  
ON THE DEMAND FOR AND THE OPPORTUNITY OF OVERTAKING

*Tóth Zsuzsanna*

Magyarország árvízvédelmi rendszere  
FLOOD MANAGEMENT OF HUNGARY

*Varga Gabriella*

Üvegtetők energetikai és hőérzeti fejlesztése „harmadik” réteggel  
ENERGETIC AND HEATCOMFORT DEVELOPMENT  
OF GLASS-ROOFINGS BY "THIRD" LAYER

*Dr. Várfalvi János, Várfalvi János*

---

# Geoműanyagok geotechnikai alkalmazásának alapjai

## FUNDAMENTALS OF THE GEOTECHNICAL USE OF GEOSYNTHETICS

Albert Pál

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,  
Geotechnikai Tanszék

### 1. Bevezetés

A geoműanyagok széleskörű elterjedése gyakorlatilag negyed évszázada kezdődött meg. A geotextíliák sokféle földszerkezetben egyidejűleg sokféle funkcióval, a geomembránok elsősorban hulladéklerakók szigetelési rendszereiben fordulnak elő. A geohálók, a georácsok, a geokompozitok és az itt fel nem sorolt egyéb geoműanyagok ipari léptékű felhasználása az 1980-as évek közepén indult meg. Napjainkra a georácsos talajerősítés meghatározóvá vált.

### 2. Az elterjedés okai, az alkalmazás előnyei

Az elterjedés okai, az alkalmazás előnyei így foglalhatóak össze:

- jól ellenőrzött körülmények között, üzemen gyártják őket, ami a mélyépítésben megszokott-nál homogénebb anyagminőséget, ezzel biztonságosabb felhasználást eredményez;
- beépítésük gyors, egyszerű, nem igényel speciális szakértelmet;
- természetes nyersanyagot váltanak ki, ezzel kímélik a természetet;
- hatásukat a földszerkezetek állékonyasága szempontjából legkritikusabb időszakban, építés közben már kifejtik;
- megfelelnek a szigorú környezetvédelmi előírásoknak;
- általában költségtakarékos, a hagyományos szerkezeteknél olcsóbb megoldásokat jelentenek;
- kínálatuk rendkívül széles;
- az alkalmazás rendkívül széles körű lett, konvencionális szerkezetek serege jelzi, hogy a geoműanyagok a hétköznapi geotechnikai megoldások magától értetődő részeivé váltak;
- a használat jellege és gyakorisága nem köthető a gazdasági fejlettség vagy technológiai igényesség valamely szintjéhez;
- az alkalmazási lehetőségek ötlettára folyamatosan bővül, a többfunkciós termékek szélesedő kínálata újabb megoldások kieszelését ösztönzi;
- a hosszú időtávon tapasztalható viselkedés (kúszás, öregedés, stb.) tisztázására kellő figyelem irányul, a feltárások és kísérletek tapasztalata pedig kedvező;
- a tervezési elvek és módszerek mindinkább egységesednek, a várható mechanikai viselkedést mind pontosabban követik számításokkal;
- jelentős erőfeszítések történnek a geoműanyagok minősítésére alkalmas elvek és kísérleti módszerek fejlesztése érdekében;
- nagy figyelmet fordítanak a szerkezetek esztétikai megjelenésére és környezetbarát kialakítására, mert éppen ez az egyik fő előnyük a hagyományos szerkezetekkel szemben;

A geoműanyagok használata általános mérnöki tájékozottságot és sajátos szakismeretet is követel, oktatásukra gondot kell fordítani, mert a körületek nélküli és felkészületlen alkalmazás műszaki kockázatokkal és gazdasági veszteségekkel járhat.

### 3. Fogalmak, definíciók

Ma sokszor okoz félreértést, hogy a külföldi szakkifejezéseknek nincsen elfogadott magyar megfelelője, illetve különböző termékek definíciója bizonytalan. Egy teljes körű fogalomrendszer megadása meghaladná a dolgozat kereteit, de néhány fontosabbat érdemes megadni angol és német megnevezésükkel együtt:

- *geoműanyag*: gyűjtőnév, többnyire szintetikus előállított, polimer anyag (polipropilén, polietilén, poliészter, továbbá polivinil-klorid, polisztién és poliamid), melyet a talaj/közet és/vagy más geotechnikai anyagokhoz kapcsolva használnak mérnöki talajszerkezetekben (geosynthetic, Geokunststoff);
- *geotextília*: polimer anyagú, áteresztő, többnyire nemszőtt, de bizonyos célokra szőtt, esetleg hurkolt textília, melyet sokféle (elválasztási, szűrési, drénezési, erősítési, védelmi) céllal használnak (geotextile, Geotextile);
- *geomembrán*: vízzáró, polimer anyagú, folytonos, zárt síklemez, melyet elsődlegesen szigetelési célra használnak (geomembrane, Geomembran);
- *georács*: extrudálással, kötással vagy szövással összekapcsolt, húzóerő felvételére képes, polimer anyagú elemek szabályos nyitott hálószerű, egy vagy két irányban terhelhető (uni- vagy biaxiális) szerkezete, melynek nyílásai nagyobbak, mint az alkotói, s amelyet elsősorban erősítésre használnak (geogrid, Geogitter);
- *geoháló*: extrudálással vagy csomózással összekapcsolt polimer anyagú alkotóelemekből gyártott, szabályos, tömör hálószerű szerkezet, melynek nyílásai kissé nagyobbak az alkotóinál, s amelyet elsősorban geokompozitokban és talaj- vagy sziklafelületek védelmére alkalmaznak (geonet; Geonetz);
- *geocella*: áteresztő anyagú, georács vagy –membrán sávokból váltakozó rögzítéssel készített háromdimenziós méhsejt- vagy hálószerkezet, melyet erősítés céljából használnak (geocell, Geozelle);
- *geokompozit*: gyártott vagy szerelt, legalább egy geoműanyagot tartalmazó összetett szerkezet (geocomposite, Geokomposit), ide tartoznak a következők:
  - *geopokróc*;
  - *geopaplan*;
  - *geomatrac*;
  - *geoszintetikus-agyag szigetelő*;
  - *geodrén*;
  - *erősítő geokompozit*;
  - *geoszalag*;
  - *georúd*;
  - *geohab*;

#### 4. A geoműanyagok tulajdonságai, vizsgálata

A geoműanyagok alkalmazás szempontjából fontos tulajdonságait hat csoportba sorolva a következőkben lehet kiemelni:

- *azonosítási jellemzők*: terméknév, alap-, kiegészítő és burkolóanyagok típusa, készítési (elemkapcsolási) mód, szín, elemméretek, nyílásméretek;
- *fizikai jellemzők*: fajlagos tömeg (területi sűrűség), vastagság nyomás alatt, tekercselési méretség, lágyulás;
- *mechanikai tulajdonságok*: síkra merőleges összenyomhatóság, húzó- és szakítószilárdság szabad és gátolt (leterhelt) állapotban, szakadási nyúlás, alakváltozási modulus, toldási szilárdság, fáradási szilárdság, statikus és dinamikus átszakítási (átütési) szilárdság, repesztési szilárdság, súrlódási viselkedés, kihúzási (horgonyzási) ellenállás, kapcsolati szilárdság;
- *hidraulikus tulajdonságok*: porozitás, nyitott felületi arány, jellemző szűrőnyílás, permittivitás (síkra merőleges vízáteresztő képesség), transzmisszivitás (síkbeli vízáteresztő képesség), szemcseviszattartás (szűrés), vízbehatalással szembeni ellenállás;
- *tartóssági jellemzők*: beépítési ellenállás, kúszás, relaxáció, kopás (dörzsölési ellenállás), tartós vízvezetés (eltömődés), gradiensarány, hidraulikus konduktivitási arány;
- *degradációs tulajdonságok*: hőmérsékleti, mikrobiológiai, kémiai, radioaktív degradáció, oxidációval, hidrolízissel és időjárással (UV-sugárral) szembeni ellenállás, öregedés.

E tulajdonságok nagyobb részének vizsgálatára már elfogadott eszközök és eljárások vannak, melyeket ISO-, illetve EN-szabványok rögzítenek. A geoműanyagok tulajdonságai változékonyság, ezért a nagyobb projektek esetében feltétlenül szükséges a legfontosabb jellemzők szűrőpróbaszerű ellenőrzé-

se. A sokféle tulajdonságot minden esetben természetesen nem szükséges mérni, sőt megadni sem. A tulajdonságok nem is függetlenek egymástól, például az anyagfajtából, a fajlagos felületből és a húzószilárdságból már lehet következtetni a további mechanikai jellemzőkre. A legújabb vizsgálatok azonban rámutattak arra, hogy egyes tulajdonságoknak bizonyos alkalmazások szempontjából nagyobb jelentősége van, mint ahogy azt eddig feltételezték, így például a georácsok kapcsolati szilárdsága (rácsmerevsége) meghatározó az erősítés szempontjából. Kiemelendő, hogy a kísérletileg meghatározott anyagjellemzőket a méretezésben gyakorlatilag mindenütt 2-4-szeres biztonsággal csökkentve veszik számításba.

## 5. Funkcionális tervezés

A geoműanyagok tervezésének fontos lépése az igények, a geoműanyagtól elvárt funkciók megállapítása, illetve a funkció teljesítéséhez szükséges paraméterek megállapítása. Ez leegyszerűsíti a tervezést. A geoműanyagok funkciói és azok tartalma:

- *elválasztás*: különböző típusú talajrétegek keveredésének megakadályozása kedvező tulajdonságaik megóvása végett;
- *felületvédelem*: rézsűk, szerkezetek és geoműanyagok felületének megóvása különböző mechanikai és hidraulikai hatásokkal szemben;
- *szűrés*: a szivárgó víz által mozgatott szemcsék felfogása a belső erózió és a védett közeg eltömődésének megakadályozása végett;
- *drénezés*: vízelvezetés, földszerkezetek víztelenítése;
- *szigetelés*: talajbeli vízmozgások megakadályozása, illetve nagymértékű korlátozása;
- *erősítés*: a földszerkezetek mechanikai viselkedésének javítása a húzóerők felvételével.

Egy-egy feladat esetében a geoműanyag egy vagy több funkciót is elláthat. A tervező feladata a funkció vagy fő funkció megállapítása, s ennek alapján kell kiválasztani a megfelelő terméket. A tervezési metodikák egy része tapasztalaton, illetve kísérleteken alapul. Ennek ellenére gyakori még, hogy valamely feladatra ugyan betervezik a geoműanyagot, de a termék fajtáját, jellemzőit már csak az ár határozza meg.

Elválasztásra geotextíliát vagy olyan geokompozitot alkalmaznak, melyben ezt a szerepet egy geotextília réteg tölti be. Az elválasztás hasznossága belátható, de számszerűen nehezen igazolható. Az elválasztási célra tervezett geotextíliát tapasztalati-kísérleti alapon kell kiválasztani, mert az ilyen funkció esetén keletkező igénybevételek nem modellezhetők.

Védelmi célból ideiglenesen vagy tartósan alkalmaznak geotextíliát, geopokrócot, geopaplant vagy geomatracot. Gyakori, hogy az új rézsút óvják így az erózióval szemben, vagy gátakat a hullámozás, illetve az élővíz felé szivárgó vizek ellen. Ismert alkalmazási terület a földdel érintkező falak, illetve a geomembránok geotextíliás védelme főleg az építés közbeni hatásoktól. Az időjárás-állóság követelménye mindig magas, s általában nem elég a minimális szűrési követelmények teljesítése, hanem arra külön méretezni kell, még ha az elsődleges cél a védelem is.

A szűrési funkció elsősorban a szivárgók esetében meghatározó. A tartós szűréshez a geotextíliának

- úgy kell visszatartania a víztelenítendő talaj szemcséit, hogy annak váza stabil maradjon;
- a síkjára merőlegesen a víztelenítendő talajénál kellő biztonsággal nagyobb áteresztőképességgel kell rendelkeznie;
- tartósan teljesítenie kell ezt a vízelvezető képességet, nem tömődhet el (nem kolmatálódhat), amihez a legfinomabb szemcséket át kell engednie, ezért jellemző nyílásmérete nem lehet kisebb a szükséges mérték 20 %-ánál.

Drénezési, vízelvezési funkciót elsősorban a földműveket víztelenítő szivárgókban, konszolidációgyorsító függőleges dréneknél, földgátakban az agyagmag határán, geomembránhoz kapcsolódva és töltések alatt lát el a geotextília és/vagy a geoháló – sokszor geokompozitba szerelve. A méretezésük arra irányul, hogy képesek legyenek a hidraulikai számításokból kiadódó vízhozam elvezetésére, amihez megfelelő síkbeli áteresztőképességgel és vastagsággal kell rendelkezniük. Ezek szorzatának, a transzmisszivitásnak kell tartósan elégségesnek lennie, melynek vizsgálatakor figyelemmel kell lenni a terhelés okozta összenyomódásra is.

Szigetelésre geomembránt, geoszintetikus-agyag szigetelőt alkalmaznak folyadéktároló medencék és –szállító csatornák alján és/vagy lefedésükre, hulladéklerakók fenekén és takarására, föld

---

alatti szerkezetek (tárolók, alagutak, stb.) falszerkezetében, gátakban, résfalakban. A funkció teljesítésének legfontosabb követelményét általában nem kell külön vizsgálni, mert az alkalmazható szigetelőrétegek áteresztőképessége eleve megfelel. A tervezés legfontosabb része – a teljes létesítmény helyének, kialakításának megtervezése után, illetve azon belül – a szigetelt folyadéknak ellenálló anyag kiválasztása a tervezett élettartamot és az anyag degradációs tulajdonságait is mérlegelve. A mechanikai méretezésnél a szigetelőréteg átszakítási szilárdsága, húzószilárdsága és nyúlása, valamint a sűrűlási jellemzői lényegesek. A szigetelőréteg vastagságát tapasztalatokra, kísérletekre, esetleg egyszerű számítási modellekre támaszkodva úgy választják meg, hogy az építés közben várható hatásokat, valamint a talajmozgások miatt bekövetkező deformációkat az anyag elviselje. Ha rézsús felületek vannak, akkor a nyírási ellenállás és a lehorgonyzás vizsgálata jelent még méretezési feladatot, amit az erősítési funkció tervezési eljárásait követve lehet megoldani.

Az erősítő funkció többféle módon, többféle földstatikai feladat megoldására jöhet szóba, és georácsokkal vagy szőtt geotextiliákkal valósítható meg. A fő lehetőségek és tervezési elvek a következők:

- földutak, gyenge teherbírású földművön épült burkolatok esetében az erősítőréteg megakadályozza, hogy a járművek kereke alatt plasztikus zónák alakuljanak ki;
- töltésrézsűk állékonysága javítható, illetve meredekebb rézsű építhető, ha több sorban erősítőréteget építünk be, mivel az erősítőrétegek a lecsúszni akaró földtömeget hátrahorgonyozzák, s ennek megfelelően horgonyelemként kell méretezni őket;
- erősített talajtámfalakban a több rétegben beépített erősítőrétegek egyrészről a hosszuknak megfelelő talajtömböt együttdolgoztatva lényegében egy súlytámfalat hoznak létre, aminek megfelelőségét (a külső stabilitást) a szokásos módon kell vizsgálni, másrészről a homlokfelülethez kapcsolódva biztosítják annak állékonyságát (a belső stabilitást) is;
- töltések alapozásakor a gyenge altalaj felszínére georácsokat vagy szőtt geotextiliát fektetnek, esetleg 1,0-1,5 m magas, kővel kitöltött geocellákat építenek, amelyek a lehorgonyzási mechanizmussal megakadályozhatják az alaptörést, a szétcusúszást, illetve a membránhatással csökkenthetik a deformációkat, ami a geoműanyagok nyúlásának figyelembevételével számítható;
- rézsűfelületek lecsúszás elleni biztonsága javítható a felszín alá közvetlenül beépített és a rézsű tetején rögzített erősítőréteggel, ami különösen a geomembránok takarórétegénél lehet szükséges, s a lehorgonyzás elve alapján méretezhető.

A több feladatban is megjelenő lehorgonyzás akkor megfelelő, ha az elmozdulni akaró földtömegek egyensúlyát biztosító lehorgonyzóerők felvételéhez

- az erősítő rétegek számát, illetve távolságát úgy választjuk meg, hogy az egyes rétegek tartósan képesek legyenek a bennük fellépő erőt szakadás nélkül és csak megengedhető mértékű nyúlással elviselni;
- az erősítőrétegeket olyan hosszban kell a lehetséges csúszólapok mögé fektetni, hogy az így kialakuló lehorgonyzási szakaszokon az erősítő rétegek sűrűlódás révén át tudják hárítani a mozdulatlan talajzónára a bennük működő erőt.

Az erősítőrétegeket ezeken túl úgy kell elhelyezni, hogy a köztük haladó csúszólapokon, illetve általánosságban semmilyen elképzelhető csúszólapon se mozdulhasson el az erősített talajtömeg. Nagyon fontos továbbá az olyan részletek megtervezése is, mint például az erősítőrétegek és a homlokfelület kapcsolata.

Említendő, hogy a tapasztalat szerint a talajerősítést ilyen módszerekkel tervezve túlzottan biztonságos szerkezetek jönnek létre. Ugyanakkor tudni kell, hogy a geoműanyagok inkább a teherbírási határállapot elkerülését segítik, a deformációkat kevésbé csökkentik, ami esetleg az erősített földszerkezetekkel kapcsolatba kerülő merevebb szerkezetek (burkolatok, közművezetékek, homlokfalak) károsodását okozhatja. A tervezéskor ügyelni kell arra is, hogy a geoműanyag sem old meg mindent, mint azt néha gondolják vagy sugallják, a szokásos tönkremeneteli mechanizmusokat ezek alkalmazásakor is vizsgálni kell, sőt a geoműanyagok előidézhetnek új veszélyeket is.

---

## 6. Beépítési hibák, tanulságok

A geoműanyagok beépítése valójában viszonylag egyszerű feladat, amit az előnyei között említettünk is. Ugyanakkor e munka nagy figyelmet és fegyelmet kíván, mert aprónak tetsző gondatlanságok is súlyos károkhoz vezethetnek. Kritikus részletek lehetnek a következők:

- a szállítás, átvétel, raktározás;
- a fektetési felület előkészítése;
- a feszültség- és hullámmentes fektetés, gondos toldás és rögzítés;
- a geoműanyagra kerülő földanyag megválasztása, a durva anyagok elkerülése;
- a geoműanyagon való közlekedés, a beépítés okozta sérülések;
- a geoműanyagok felszínének kialakítása, védelme;
- az esetleges hibákat időben feltáró minőség-ellenőrzés.

Ezek részletezése talán felesleges, tanulságosabb talán, ha a már bekövetkezett károsodások tapasztalatait tekintjük át:

- a geotextília iránti túlzott bizalom és a velük kapcsolatos ismerethiány miatt gyakran elmarad a kivitelezés szakszerű irányítása;
- a felületes termékátvétel miatt lokálisan néha alkalmatlan geoműanyag kerül a földszerkezetbe, számos hibát okozva;
- az építés közbeni szakszerű ellenőrzés hiánya nem fedi fel, hogy a geoműanyag nem a várt környezetbe kerül, illetve beépítés közben megsérül;
- UV-sugárzás miatt degradálódnak, ha hibás munkaszervezés miatt hosszabban, takarás nélkül napsütésnek vannak kitéve;
- a geoműanyagok építés közben a hőmérséklet hatására túlzott alakváltozást, hullámosodást szenvedhetnek, ami akadályozhatja a tervezett szerkezet kialakítását;
- óvintézkedések híján a geoműanyagokat építés közben a szél, esetleg a víz felemelheti;
- a geomembránok sérülése kb. 25 %-ban fektetéskor, 70 %-ban rátöltéskor, 5 %-ban működés közben következik be;
- a geomembránok leggyakrabban a hőmérsékleti hatásokra, a toldásoknál, a rézsűszéleken, a túlzottan sarkos hajlításnál és a mintavételnél, valamint meszes talaj kioldódása, vízvezeték törése és agyagok zsugorodása miatt előálló aláüregelődés miatt szakadnak el;
- meredek rézsűfelületeken a geomembránok, illetve az azokra rátöltött földanyagok gyakran lecsúszhatnak, aminek veszélyét a vibrációs tömörítés még növelheti;
- a geomembrán alá legtöbbször a hibásan kialakított lehorgonyzó ároknál jut a víz úgy, hogy az alatta levő geotextília ott vesz fel vizet, s vezeti azt le;
- a geomembránokat tökéletesen illeszteni kell az agyagfelületekre, mert a köztük esetleg kialakuló kisebb üregek nagymértékben megnövelik az ozmotikus átszivárgást;
- a geohálókat építés közben meg kell óvni az elszennyeződéstől, mert az csökkenti vízvezető képességüket;
- a geotextíliákban többnyire fektetés közbeni sérülés, csatlakoztatási hiba, utólagos deformáció miatt keletkezhet folytonossági hiány, s ez megakadályozhatja szűrési funkciójának teljesítését, a védendő zóna így eltömődhet;
- erősített földszerkezet tönkremehet egyes rétegek túlterhelése vagy a rétegek közötti csúszás miatt, ha az erősítések távolsága kivitelezési pontatlanság miatt túl nagy lesz;
- a georácsok esetében feltétlenül ellenőrizendő a beépítés okozta sérülés mértéke, mert a kedvezőbb viselkedés miatt ezekre gyakran éles szemű kőanyagot építenek be, és azt erőteljesen tömörítik;
- a georácsos támfalak esetében a georács és a homlokfal kapcsolata a tipikus meghibásodási hely.



---

## Összefoglalás

A dolgozat a geoműanyagok alkalmazásának alapjait ismerteti.

- vázolja a geoműanyagok előnyeit, a fejlődési trendeket;
- javaslatot ad a terminológiára és a definíciókra;
- összegzi a geoműanyagok legfontosabb tulajdonságait;
- áttekinti a geoműanyagok funkcióit és az egyes funkciókra való tervezés elveit, módszereit;
- bemutatja a beépítés kritikus részleteit.

A dolgozat abban a reményben íródott, hogy elősegíti a geoműanyagok hazai alkalmazásának bővülését, s az eddig sajnós elkövetett hibák elkerülését.

## Irodalomjegyzék

- [1] Dr. Szepesházy Róbert, "Műanyagok a talajban", Mélyépítés, 2003. február, 24-30. o.
- [2] Dr. Kovács Miklós, "A műszaki textiliák szűrési jellemzőinek vizsgálata", Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Szemle, 1982. július, 307-311. o.
- [3] Dr. Kovács Miklós, "A geotextília szűrők alkalmazásának elméleti kérdései", Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Szemle, 1995. május, 176-184. o.
- [4] Kisteleki Antal, Dr. Marczal László, "A vasalt talajtámfalak tervezési és építési tapasztalatai", Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Szemle, 1995. december, 477-485. o.
- [5] Bonaparte, R., Holtz, R. D., and Giroud, J. P., "Soil reinforcement design using geotextiles and geogrids", Geotextile testing and the design engineer, ASTM STP 952, J. E. Fluett, Jr., Ed., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1987, pp. 69-116.
- [6] Bell, J. R. and Hicks, R. G., et al., "Evaluation of test methods and use criteria for geotechnical fabrics in highway applications", Report No. FHWA/RD-80/021, Oregon State University, Corvallis, OR, 1980.
- [7] Albert Pál, "Soil reinforcement using geotextiles and geogrids", I. Ph.D. Civilexpo 2002, Budapest

---

# Kötőanyag nélküli útalapok tulajdonságainak vizsgálati módszerei

## MEASUREMENT METHODS OF UNBOUND GRANULAR ROAD BASES

Almássy Kornél

BME Út és Vasútépítési Tanszék

### 1. Bevezetés

Egy nemzetnek az egyik legfontosabb gazdasági érdeke, hogy az úthálózata megfelelő állapotban legyen. Az utak és autópályák hálózata teszi lehetővé az emberek és áruk akadálymentes áramlását szerte az országban. Az a hatalmas kiadás, melyet egy ország évente az útfenntartásra, illetve új utak építésére költ, szükségesé teszi, hogy átgondolt útpályaszerkezet tervezés és menedzsment létezzen. A gyengén tervezett útburkolat hamar tönkre megy, és új burkolatot igényel, a túltervezett pályaszerkezet, pedig indokolatlanul sok pénzt vesz el a beruházási költségekből. A kötőanyag nélküli útalapok alkalmazása jó lehetőség arra, hogy az építés általános költségeit csökkenteni lehessen. Ahhoz, hogy ezt teljesítsük nagyon pontos mérési – tervezési eljárásra van szükség.

### 2. Kötőanyag nélküli útalapok

Magyarországon és világszerte az alábbi fő anyagcsoportokat alkalmazzák kötőanyag nélküli útalapként, vagy földműként az útépítéseknel:

- Hagyományos útalap anyagok
- Újra felhasznált anyagok, vagy hulladék anyagok
- Homok
- Agyag

A hagyományos útalapokat leginkább a mérsékelt éghajlati övben használják, főként zúzott követ, olyat, mint az andezit, bazalt, vagy mészkő. A vulkánikus eredetű köveknek a legnagyobb hátránya, hogy a kövek minősége bányaként eltérő lehet. Magyarországon a bányászhatóságnak köszönhetően mészkő, bazalt és andezit is bőséggel megtalálható.

Néhány országban – mint például Hollandia – csak kis mennyiségben fordul elő hagyományos útalap anyag, ezért szinte teljes egészében más alternatíva után néztek ezek az országok. A fent említett Hollandiában az útalapok 50 %-át az Ijmuidenben található Holland Acélművek és a német Ruhr – vidék kohóból visszanyert kohó salakkő adja. A fennmaradó részt pedig, építési hulladékból, téglá és beton törmelékből nyerik ki. {7}

A kohó salakkőnek a fő alkotóelemei a  $\text{CaO}$ (28-50%),  $\text{SiO}_2$ (28-40%), és az  $\text{Al}_2\text{O}_3$ (5-20%). A kalciumoxid aránytól függően dönthetjük el az adott anyagról, hogy cement alapú, vagy pedig kötőanyag nélküli útalap anyag. {7}

A homokot, vagy homokos kavicsot földműként, vagy alapréteg részeként is alkalmazzák. Nagy-Britanniában két fajta alapréteg anyag különböztethető meg, a Type1, mely a zúzott követ, zúzott kohósalakkal és a betont tartalmazza, és a Type2, mely gyengébb minőségű és a természetes homokot jelenti.

### 3. Szabványok, előírások

Európában és Észak Amerikában a legtöbb országnak meg van a saját szabályzata és előírása a kötőanyag nélküli útalapok építésének és anyagjellemzőinek betartására. Természetesen a helyi sajátosságoknak megfelelően a bányászhatóság és minőségi tulajdonságok alapján változhatnak az előírások. Európa néhány országában például nincsen elegendő zúzott kő, ezért más megoldások után néznek, és így előtérbe kerülnek a folyami kavicsok, homok és ipari hulladék anyagok. A meglehetősen hideg telek sokkal szigorúbb előírásokat igényelnek Skandináviában és Kanadában, mint a mérsékelt övi éghajlattal rendelkező többi országban.

Szintén eltérés lehet az alkalmazott vizsgálati műszerekben is, így például a szemeloszlás meghatározásához más és más szitafajtákat alkalmaznak Magyarországon, Nagy – Britanniában és az USA-ban {2}:

**1. Táblázat: Szemeloszlás előírások Magyarországon {2}**

Szitaátmérő (mm)	Átesett mennyiség (%)	Átesett mennyiség (%)
	M50	M20
0,0 – 0,02	0 – 8	7 – 17 (12)
0,125	2 – 11	11 – 26
0,5	6 – 21	21 – 40
2,0	15 – 35	35 – 60
8	33 – 60	60 – 90
16	45 – 77	77 – 100
32	63 – 100	100
48	75 – 100	
63	100	

**2. Táblázat: Szemeloszlás előírások az Egyesült Királyságban {5}**

Szitaátmérő (mm)	Átesett mennyiség (%)	Átesett mennyiség (%)	Átesett mennyiség (%)
	Anyag	Anyag	Anyag
	Wet – mix Macadam	Útalap 1. Típus	Útalap 2. Típus
0,075	0 – 8	0 – 10	0 – 10
0,600	8 – 22	8 – 22	8 – 45
2,36	15 – 30		
5	25 – 40	25 – 45	25 – 85
10	40 – 60	40 – 70	45 – 100
20	60 – 80		
37,5	95 – 100	85 – 100	85 – 100
50	100		
75		100	100

**3. Táblázat: Szemeloszlás előírások az USA-ban {6}**

Szitaátmérő (mm)	Átesett mennyiség (%)	Átesett mennyiség (%)	Átesett mennyiség (%)	Átesett mennyiség (%)	Átesett mennyiség (%)	Átesett mennyiség (%)
	Talaj, útalap	Talaj, útalap	Talaj, útalap	Talaj, útalap	Talaj, útalap	Talaj, útalap
	A	B	C	D	E	F
0,075	2 – 8	5 – 20	5 – 15	5 – 20	6 – 20	8 – 25
0,425	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45	20 – 50	30 – 70
2,00	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70	40 – 100	55 – 100
4,75	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85	50 – 100	70 – 100
9,5	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100		
25,0		75 – 95	100	100	100	100
50	100	100				

A három országban alkalmazott különböző szita átmérőkből, és osztályozási elvekből jól látszik, hogy a szemeloszlási tekintetben csak közelítő összehasonlítást kaphatunk, ha a fent említett országok útalapjait akarjuk vizsgálni.

#### 4. Helyszíni vizsgálati módok

Négy fajta mérési eljárást alkalmaznak a kötőanyag nélküli pályaszerkezetek teherbírásának a mérésére:

- Statikus Tárcsás Teherbírásmérés
- Dinamikus Tárcsás Teherbírásmérés

- Dinamikus Ejtősúlyos Teherbírásmérés
- Könnyű Ejtősúlyos Teherbírásmérés

#### 4.1 Statikus és Dinamikus Tárcsás Teherbírásmérés

A tárcsás teherbírásmérés előzményei az 1920-as évekhez vezethetők vissza. Westergaard ekkor vezette be az alaprég merevségi modulusának a fogalmát. Mára, napjainkra a Statikus és Dinamikus Tárcsás Teherbírásmérésnek meg vannak minden országban a sajátos mérési eljárásai, szabványai, de az alap koncepciója nagy részben hasonló és egyszerű.

A hidraulikus mérőberendezés egy tehergépjárműre van rászelve, ez biztosítja a méréshez szükséges reakció erőt. A terhelési tárcsa 300 mm átmérőjű. A mérés kezdetekor  $0,02 \text{ N/mm}^2$  előterhelést alkalmazunk a felületi egyenlőtlenségek kikerülésére. Az előterhelés után  $0,05 \text{ N/mm}^2$ -es lépcsőzetes terhelést végzünk a legnagyobb terhelésig, majd ekkor tehermentesítjük és megvárjuk a konszolidációt, és újra elkezdjük a terhelést  $0,01 \text{ N/mm}^2$ -es lépcsőkben egészen addig, amíg el nem érjük első terhelésnél mért értéket. A kötőanyag nélküli útalapoknál a legnagyobb terhelés  $0,3 \text{ N/mm}^2$ .

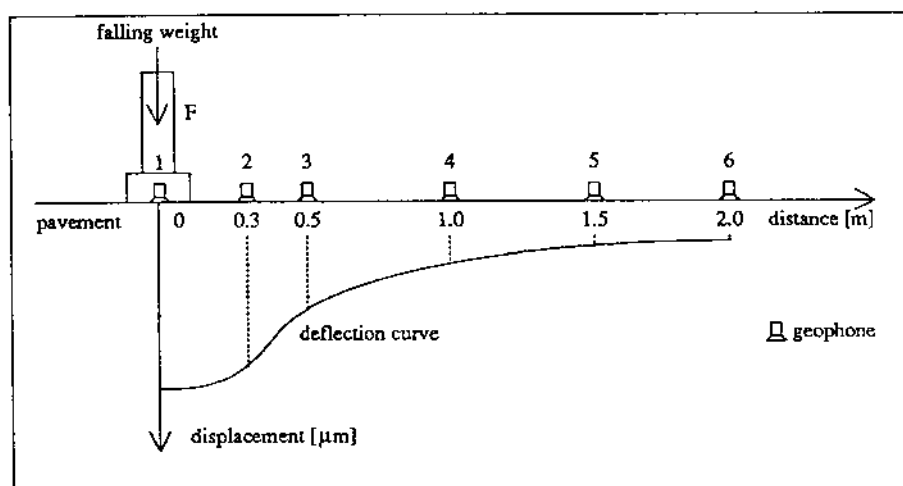
A dinamikus tárcsás teherbírás gyakorlatilag a statikus mérés mása, csak dinamikus terheléssel, rövidebb ideig. A tárcsás teherbírásmérés, időigényes, komplikált és drága eljárás.

#### 4.2 Dinamikus Ejtősúlyos Teherbírásmérés

A Dinamikus Ejtősúlyos Teherbírásmérés gyakorlatilag minden fajta útpályaszerkezeten használható eljárás, legyen szó aszfaltról, betonról, vagy útalapról.

A mérés alapkonceptiója az, hogy próbáljuk meg a mozgógépjármű viselkedését, terhelését szimulálni, és ez által megfelelő képet kapni, a kopórétegben, útalapban és földműben végbemenő alak és feszültség változási folyamatokról. {1},

A Dinamikus Ejtősúlyos Teherbírásmérő készülék, egy utánfutó formájában van a gépjármű után szerelve. A berendezést azért hívjuk ejtősúlyosnak, mert egy meghatározott magasságból meghatározott súlyt ejtünk a vizsgált ponton elhelyezkedő tárcsára. A terhelés alatt és tőle lét méteres távolságig 6 érzékelő geophone helyezkedik el, mely méri a függőleges elmozdulást a felületen, és ebből az adatsorból felrajzolható az úgynevezett „behajlási teknő” és következtethetünk a többi rétegben lezajló folyamatokra. {3}



1. ábra

A behajlási teknő és a dinamikus ejtősúlyos berendezés sematikus ábrája {8}

A magasság és az ejtősúly nagyságának a változtatásával a terhelés változtatható, és általában a forgalmi helyzet miatt ez 10 és 140 kN között szokott változni, de volt már példa 300 kN-os terhelő erőre is.

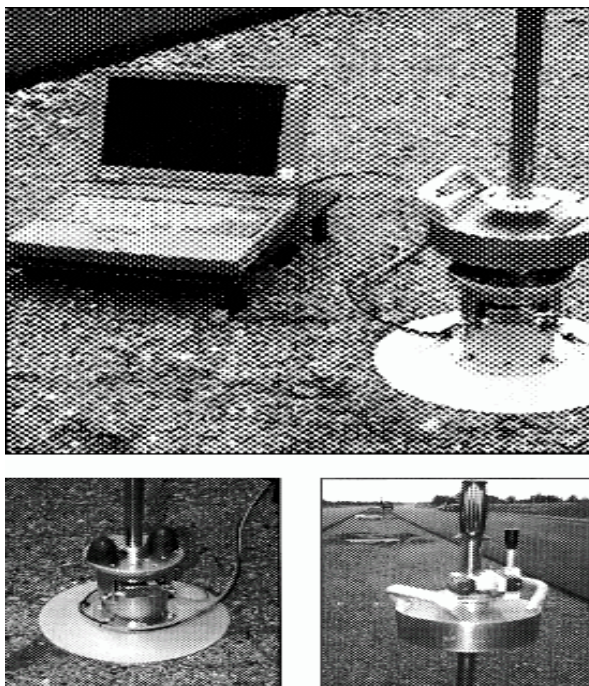
#### 4.3 Könnyűejtő Súlyos Teherbírásmérés

A könnyűejtősúlyos teherbírás mérést az érvényben lévő ÚT 2-2.119 ÚME (6) szabályozza. A mérés lényege, hogy 300mm átmérőjű tárcsára 10kg tömeget ejtünk és mérjük a tárcsa süllyedési amplitúdóját. Ebből, a Boussinesq-féle összefüggéssel a teherbírást jellemző  $E_{vd}$  dinamikus modulus nagysága meghatározható a Poisson-tényező ismeretében. A méréseket ott tudjuk alkalmazni, ahova gépjárművel nem tudnánk beállni, illetve az egyszerűsége miatt, könnyen és gyorsan lehet kontroll eredményekhez jutni általa. {4}

A gyors kontroll teherbírás-mérésekre és a gyártásközi minőségellenőrzésekre a hordozható, **dinamikus, könnyű-ejtősúlyos berendezések** alkalmazása ezért egyre inkább terjed. Eddig ezek átszámíthatóságát kontroll  $E_2$  statikus teherbírás méréssel oldották meg. A mérési módszert jelenleg az ÚT 2-2.119 ÚME szabályozza, de sem a határértékekre, sem az átszámításra iránymutatást nem ad. Hiányossága ennek a dinamikus módszernek, hogy a méréseknél a tárcsa alatt ébredő dinamikus terhelés nagysága csak 0,09 MPa, mely lényegesen kisebb, mint a statikus teherbírás mérésnél alkalmazott 0,3 MPa (illetve pályaszerkezeti rétegeknél 0,5 Mpa) terhelés. A mérési eredmények számításánál hiba, hogy ez a mérés a  $m$  poisson-tényezőt rögzített értékűnek (0,4-nek) feltételezi, ellentétben a statikus  $E_2$  méréssel, ahol megkülönböztetjük a szemcsés anyagoktól ( $m=0,3$ ) a kötött altalajt ( $m=0,5$ ). A számításban választott különböző merev-hajlékony tárcsa modell és terhelési szint miatt a statikus és az eddigi ejtősúlyos teherbírási eredmények összehasonlíthatóságát eleve meg kell kérdőjelezzük. Hatásmélysége a kis terhelés miatt igen alacsony, ezért használhatóságát (pláne átszámíthatóságát) többen vitatják. {9} {10}

Egy új magyar fejlesztésnek köszönhetően a fent említett problémák megoldása már látszik. A módosított könnyűejtő súlyos berendezés választ ad az előbbi problémákra.

A tárcsaátmérő csökkentésével növelhetővé vált a terhelés nagysága anélkül, hogy az ejtési magasságot, vagy a súly nagyságát növelni kellett volna. A szoftverfejlesztésnek megfelelően, pedig változtathatóvá vált a Poisson's tényező. A műszer fejlesztése még folyik, és az elfogadhatóságának érdekében a BME Út és Vasútépítési Tanszék együttműködési megállapodást kötött a fejlesztővel (Mixcontrol Kft.).



2. ábra

A könnyűejtő súlyos berendezés {1} {9}

---

## 5. Összefoglalás

- A magyar, amerikai és brit szemeloszlási előírások vizsgálata során megállapítható, hogy a különbségek miatt nehézkesen lehet egységes anyagjellemzést megadni.
- A könnyűejtő súlyos berendezés – de elképzelhető, hogy a dinamikus ejtősúlyos berendezés – eredményeit közvetlenül is lehet használni, hisz az átszámítási módok megbízhatósága minimum kérdéses.
- A kézi vagy könnyűejtő súlyos készülék használata az egyszerűsége és alacsony ára miatt előtérbe kell, hogy kerüljön. A dinamikus eljárásoknak ki kell szorítania a drágább és komplikáltabb statikus eljárást.
- A dinamikus és statikus eljárások átszámítási eljárásnak cáfolása végett összehasonlító mérésekre van szükség. Különböző útalap és fölműfajtákon kell meghatározott számú mérést végrehajtani a tömörség és a víztartalom együttes vizsgálatával. A kapott adatbázis alapjául szolgálna egy új mérési szabvány előállításának.

## 6. Irodalomjegyzék

- [1] Fekete Ágnes: Ejtősúlyos Behajlásmérés, TDK munka, 1998, Budapest
- [2] Kötőanyag nélküli útalapok tervezési előírása, Tervezési Előírás, MSZ-07-3703-1991, Budapest
- [3] Teherbírásmérés Útpályaszerkezeteknél. Tárcsás Teherbírásmérés. MSZ 2509/3-1989, Budapest
- [4] Könnyűejtő súlyos Teherbírásmérés, Mérési Előírás, Út 2-2.119, Budapest
- [5] Specifications for highway work. Part 1 – 7. HMSO, London, 1986
- [6] Standard specifications for transportation materials and methods for sampling and testing. Part 1. Specifications. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D. C. 1978
- [7] Govert T.H. Sweere: Unbound Granular Bases for Roads, Delft, 1990
- [8] Almássy Kornél and Van Gurp, C.A.P.M.: Prediction of Resistance to Permanent Deformation of Granular Road Bases by Deflection Testing, Apeldoorn, 1999
- [9] Subert István: New Developed Devices for Measuring Compaction - rate and Bearing Capacity in Hungary, Geotechnika2002, Ráckeve, 2002
- [10] Új Fejlesztésű Kézi Tömörség és Teherbírásmérő Készülék, 2001, Közlekedési és Mélyépítés Tudományi Szemle, Budapest

---

# Tapadás betonban

## BOND IN CONCRETE

Dr. Balázs L. György

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

### Summary

*Bond between concrete and reinforcement has principal significance on structural behaviour of reinforced concrete independently on the type of the reinforcement or prestressing. Research on bond started more than hundred years ago, however, it is still of high interest owing to the new types of reinforcements and concretes.*

### Összefoglalás

*Vasbetonszerkezetek acélbetéteinek tapadása meghatározó jelentőségű a szerkezeti elemek teherbírása és használhatósága szempontjából. A tapadással kapcsolatos kutatások már több, mint egy évszázada elkezdődtek, de még napjainkban is az érdeklődés középpontjában állnak az új típusú betétek és betonok miatt.*

### 1. Bevezetés

A beton és a betonacél tapadása (más szóval együttműködése) már több mint száz éve foglalkoztatja a kutatókat.

Mörsch 1908-ban megjelent „Der Eisenbetonbau - seine Theorie und Anwendung” (Stuttgart, Verlag von Konrad Wittwer) című tankönyvében már kísérleti eredmények alapján tesz különbséget a sima és az akkori bordás (pl. Tachereisen) betonacélok tapadó szilárdsága között, valamint bemutatja a betonacél kihúzódnásával, ill. a betonfedés felhasadásával járó tönkremeneteli módokat. Utóbbi esetén fölhívja a figyelmet a keresztirányú vasalás jelentőségére.

Abrams 1913-ban készült „Tests of bond between concrete and steel” (University of Illinois, Bull No 71) című kutatási jelentésében már használja a relatív elmozdulás (slip) fogalmát. Kísérleti eredményeken alapulva bemutatja, hogy sima betonacél kapcsolati feszültség-relatív elmozdulás ábrája közel konstans, míg bordás betonacélé kezdetben fokozatosan növekvő.

A kutatási terület fontosságára utal, hogy a publikációk jelentős része napjainkban is ezzel a témakörrel foglalkozik. Az ACI (Amerikai Betonintézet) és a *fib* (Nemzetközi Betonszövetség), ill. elődje a CEB (Euro-Nemzetközi Betonbizottság) évtizedek óta tart fenn folyamatosan működő munkabizottságokat a betonacél tapadásával kapcsolatos kérdéskörök tisztázására (ACI Com 408 „Bond and Development of Reinforcement”, *fib* TG 4.5 „Bond Models”). A tapadás jelentőségét napjainkban fokozza az új típusú betonok és betonacélok megjelenése.

Az Euro-Nemzetközi Betonbizottság kezdeményezésére tízévenként nemzetközi szimpózium kerül megrendezésre „Bond in Concrete” azaz „Tapadás betonban” címmel:

1982	Paisley (Skócia)
1992	Riga (Lettország)
2002	Budapest.

A 2002. évi Szimpóziumot a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen rendezték. A Szimpózium fő szervezője a *fib* Magyar Tagozata volt. A Szimpózium megszervezésének gondolatát támogatta az Amerikai Betonintézet (ACI) és a Japán Betonintézet (JCI) is. A Szimpózium és a témakör iránti érdeklődést mutatja, hogy a résztvevők négy kontinens, 29 országból érkeztek. A

---

Szimpozium angol nyelvű Kiadványa tartalmazza az elhangzott 94 előadás anyagát (Balázs, Bartos, Cairns, Borosnyói, 2002).

A 2002. évi Szimpózium lehetőséget biztosított az összes tapadással kapcsolatos témakör áttekintésére.

1. Az adalékanyag és a cementkő közötti tapadás.
  2. A tapadás hatása a törési mechanizmusra (húzott beton merevítő hatása, repedezettségi állapot).
  3. Kísérleti szempontok (mérési mód, kapcsolati feszültség, relatív elmozdulás, ....).
  4. Tapadás szokványos beton és betonacél (ill. feszítőacél) között.
  5. Tapadás szokványos beton és új fajta betétek között (szálak, szálerősítésű polimerek, ...).
  6. Tapadás új típusú betonokban (öntömörödő, nagy szilárdságú, szálerősítésű, ....).
  7. A tapadás leromlása (korrózió, alkáli hatás, tartós teher, sokszor ismétlődő teher, ....).
  8. Tapadás javított vagy megerősített felületen.
  9. Lehorgonyzási hossz, átfedékes toldási hossz, erőátadódási hossz.
  10. A tapadás modellezése (fizikai, kémia, analitika, FEM, törésmechanikai, ....).
  11. A tapadás figyelembe vétele a szabványokban.
- Fentiek közül itt csupán néhány témára tudunk röviden.

## 2. Az elmúlt évtized kutatásai

Vasbeton szerkezetek viselkedése szempontjából az egyik legfontosabb tényező az együttdolgozás (tapadás) a beton és a betétek között, függetlenül attól, hogy acélbetéteket vagy nem acél anyagú betéteket alkalmazunk, ill. hogy feszített vagy nem feszített a szerkezet (Balázs, 1991). Együttdolgozás jelenléte (vagy speciális lehorgonyzó elemek) nélkül a két anyag nem lenne képes együttes teherviselésre.

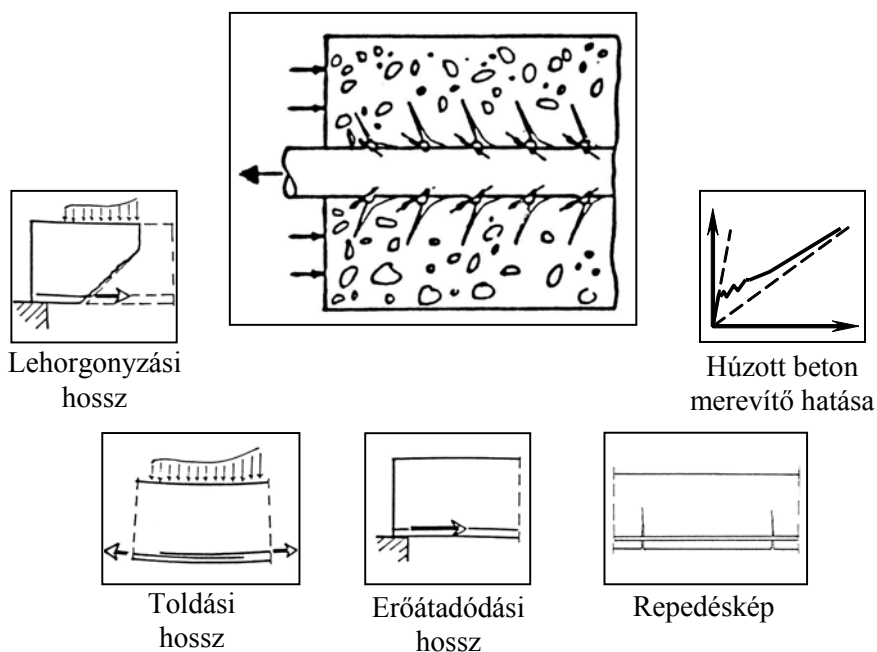
Az együttdolgozási mechanizmus valamint az együttdolgozás mértéke alapvetően befolyásolja a szerkezet hajlítási, nyírási és csavarási *teherbírását* valamint viselkedését *használhatósági határállapotban* (Bartos, 1982; CEB, 1992; *fib*, 2000; Balázs *et al.*, 2002). A használhatósági határállapot egyes jelenségei, mint pl. a szerkezet repedezettségi állapota és a húzott betétek merevítő hatása (tension stiffening) közvetlenül a két anyag együttdolgozásából származtatható (Balázs, 1993). A betétek lehorgonyzási és toldási hosszai, ill. a feszítőbetétek erőátadódási hosszai szintén nem határozhatók meg az együttdolgozási mechanizmus ismerete nélkül. Az együttdolgozás minősége ezen kívül még a szerkezetek duktilitására is hatással lehet (Lees, Burgoyne, 1999). A *1. ábrán* a tapadásból származtatható legfontosabb jelenségeket foglaljuk össze.

Az elmúlt évtized kutatásai elsősorban a következő területekre koncentráltak:

- bordázat és relatív bordafelület hatása, betonacél helyzete, lehorgonyzódás, erőátadódás, repedezettség
- a tapadási ellenállás leromlása (pl. az acélbetét korróziója miatt)
- tapadás az új típusú betonokban, mint nagy szilárdságú beton vagy szálerősítésű beton
- az új típusú betétek (szálak és szálerősítésű polimerek) tapadása
- a terhelési történet (tartós teher és sokszor ismételt teher) hatása
- az acélbetét megfolyásának hatása a tapadásra
- a tapadás modellezése.



## TAPADÁS



1. ábra

*Tapadásból közvetlenül származtatható jelenségek (Balázs, 1991 alapján)*

A különböző betétek együttdolgozási tulajdonságai között jelentős különbségek lehetnek. A különbségek sok esetben visszavezethetők az eltérő felületi kialakításokra.

Vasbeton elemeknél az együttdolgozás tönkremenetele az alábbi módokon következhet be:

- a betét körül a bordák magasságában a beton hengerpalást alakban elnyíródik (*kihúzódasos tönkremenetel*),
- elégtelen betonfedés esetén a nyomási trajektóriákra merőleges repedések a felszínig terjednek, a betonfedés lereped, ami kengyelezés hiányában a szerkezet széteséséhez vezet (*felhasadásos tönkremenetel*).

Vagyis látható, hogy vasbeton elemeknél az együttdolgozás tönkremenetele minden esetben a beton szilárdságának lokális kimerülésével jár.

### 3. Várható kutatási irányok

A következő évtized fő feladatai lesznek:

- a tapadás valósághű modellezése
- a tapadás szabványok
- tűz hatásának figyelembe vétele
- a leromlási mechanizmusok fizikai és kémiai leírása
- újfajta betétek tapadási vizsgálata és
- tapadás a legújabb fajta betonokban.

Speciális esetként bemutatjuk a jelenleg is még fejlesztés alatt álló, nem acél anyagú (FRP) betéteket

Az FRP betéteket általában *pultrúziós eljárással* készítik, melynek során a párhuzamosan futó elemi szálakat gyantába ágyazzák. A művelet során létrejött, javarészt sima felületű rudak együttdolgozása azonban nem lenne megfelelő, sőt a szálak tökéletes védelme sem biztosított, ezért a méretre vágást megelőzően a betétek különféle felületkezelésben részesülnek.

A tökéletesebb együttdolgozás eléréséhez legegyszerűbb a sima felületű betéteket homokszórással ellátni, vagyis nagy szilárdságú ragasztóval finom homok, szilikát vagy alumíniumoxid szemcséket

erősíteni a felületre. A kísérletek szerint a legjobb eredmény para-polifenilénszulfid (PPS) ragasztóval érhető el, amely egy hőre lágyuló anyag (Tepfers, 1998).

Másik módja az együttdolgozás javításának felületi egyenetlenségek vagy bordák létrehozása a betétek felületén. Ezek lehetnek spirális alakban feltekercselt és préseléssel felragasztott FRP kötegek, amelyeknek menetemelkedése lehet egy, vagy két irányú, vagy speciális nagy szilárdságú kerámiából készített ismétlődő profilok, amelyek a betonacélokhöz hasonló külsőt kölcsönöznek az FRP betétnek. Az így kialakított bordák és bemetsződések jobban nekifeszülnek a környező betonnak, és az együttdolgozási mechanizmust javítják, a kapcsolati szilárdságot növelik. Az utólag elhelyezett rétegeknél mindig az a legfontosabb szempont, hogy a megfelelő erőátadódás biztosítva legyen a külső és belső rétegek között, és hogy lehetőleg ne alakuljon ki a bordák elnyíródásával vagy leszakadásával járó tönkremenetel. Homokszórással is kerülnek forgalomba bordás betétek.

További lehetőség acél feszítópásmákkal megegyező kialakítású FRP pászmák létrehozása, illetve FRP kötegekből fonott betétek előállítása.

Az acél és nem acél anyagú betétek kialakításának összehasonlítását az 1. táblázatban láthatjuk.

**1. táblázat** Acél és nem acél anyagú betétek kialakításának összehasonlítása

acél anyagú betétek	nem acél anyagú betétek
<i>nem feszített betét</i> – sima – bordás	<i>feszített és nem feszített betét</i> (homokszórással vagy anélkül) – sima ( <i>smooth</i> ) – a műgyanta felület konkáv–konvex kialakítással – pászma ( <i>strand</i> ) – fonott betét ( <i>braided</i> ) – rovátkolt felületű ( <i>indented</i> ) – mag körül spirálisan csavart szál ( <i>spirally wound</i> ) – préselt vagy ragasztott bordázatú ( <i>deformed</i> ) – spirális FRP köteggel ( <i>spiral patterned</i> ) – periodikus profillal ( <i>ribbed</i> ) – szimmetrikus bordákkal ( <i>axisymmetrical lugs</i> )
<i>háló</i>	<i>háló (mesh)</i>
<i>feszített betét</i> – sima huzal – rovátkolt huzal – pászma – bordás feszítőrúd – kábel	<i>szalag (plate)</i> <i>szövet (textile type)</i>

Az FRP betétek együttdolgozási mechanizmusa, számos tekintetben eltérhet a hagyományos acélbetétektől. Az anyagi összetevők sokféleségének lehetőségén kívül a különböző gyártási eljárások, bevonatok és felületi kialakítások az együttdolgozás megjelenését, illetve az együttdolgozás tönkremenetelét jelentősen befolyásolják.

Az együttdolgozás tönkremenetele szempontjából jelentős különbség lehet az acél, ill. a nem acél anyagú betétek között. Acél anyagú betétek esetén az együttdolgozás tönkremenetele mindig a beton tönkremenetelét jelenti a betonszilárdság lokális kimerülése miatt. Nem acél anyagú betétek esetén azonban az együttdolgozás tönkremenetele bekövetkezhet az utólagosan felvitt egyéb réteg (pl. homokszórás, bordázat, stb.) leválásával is.

A speciális felületkezelési eljárásoknak köszönhetően az FRP betétek adhéziós ellenállása általában nagyobb, mint a hagyományos acélbetéteké, és kapcsolati szilárdságuk az esetek többségében meghaladja a betonacélok kapcsolati szilárdságának 80 %-át. Az együttdolgozás tönkremenetele fizikailag hasonló módon zajlik le, és – bár nem minden FRP betétnél – a kapcsolati erők mindhárom típusa jelentkezik (adhézió, mechanikai kapcsolat, súrlódás). Azonban az együttdolgozást és a kapcsolati szilárdságot sokkal több paraméter befolyásolja, mint acélbetéteknél.

---

#### 4. Hivatkozások

- [1] Balázs, L.G., Bartos, P.J.M., Cairns, J., Borosnyói, A. (Editors) (2002), „Bond in Concrete – from research to standards”, *Proceedings*, 3rd Int. Symp. On Bond in Concrete 20-22 Nov. 2002 Budapest, 835 p.
- [2] Balázs L. G. (1991) „Erőátadás betonban”, *Kandidátusi értekezés*
- [3] Balázs, G. L. (1993) „Cracking Analysis Based on Slip and Bond Stresses”, *ACI Materials Journal*, July-August 1993, pp. 340-348.
- [4] Balázs L. G. – Borosnyói A. (2000) „Nem acél anyagú (FRP) betétek alkalmazása a hidépítésben”, *Vasbetonépítés*, II. évf. 2. szám, 2000/1, pp. 45-52.
- [5] Bartos, P. J. M. (Ed.) (1982) “Bond in Concrete”, *Proceedings*, International Symposium, Applied Science Publishers Ltd., London, 1982.
- [6] Borosnyói A., Balázs L. G. (2002), „Nem acél anyagú (FRP) betétek tapadása betonban”, *Vasbetonépítés* 2002/4, pp. 114-122.
- [7] CEB (1992) “Bond in Concrete – from research to practice”, *Proceedings*, International Symposium, Riga, Latvia, 1992.
- [8] *fib* (2000) “Bond of Reinforcement in Concrete”, *State-of-Art Report* prepared by Task Group Bond Models, August 2000.
- [9] Lees, J.M. - Burgoyne, C.J. (1999) “Experimental Study of Influence of Bond on Flexural Behaviour of Concrete Beams Pretensioned with Aramid Fiber Reinforced Plastics”, *ACI Structural Journal*, V. 96, No. 3, May-June 1999, pp. 377-385.

#### 5. Köszönetnyilvánítás

*Szerzők köszönetet mondanak az Országos Tudományos Kutatási Alapnak jelen cikk alapjául szolgáló kutatási téma támogatásáért (OTKA T 032 525).*

---

## Az építészet változása és ezek hatása a design-ra és a szakmagyakorlásra

### CHANGES IN ARCHITECTURE AND ITS REFLECTIONS AT DESIGN AND PROFESSION

Habil. Balogh Balázs DLA

Budapest University of Technics and Economics  
Deputy Dean of the Faculty of Architecture,  
Prof. Department of Design, Hungary

#### Synopsis of the speech

**Motto:** „Basic objective of architecture is to create built environment for human life and activity independent of the weather factors and conditions and to do it with all the wonderfully sophisticated tools of the architecture for everyone's pleasure”.

*Thus: it has always been dependent on the location – of its spirit (genius loci) – of the overall social opportunities of the given period, and of the preparedness and intuition of the architect. Using the latest technologies and experimenting with them.*

*The greatest change: that change of scale which took place in last century while the human nature remained unchanged.*

*With mass constructions getting widespread the buildings became less and less „detailed” and this simplification – as a process triggered off by mass production – has ended up in a less stimulating built environment.*

*The greatest challenge: In this situation – reconsidering our opportunities – to find those equivalences which could again result in a friendly, comfortable atmosphere, a built environment which is suitable for „human consumption” although built up with mass production background.*

*In its set of tools: it is determining to exactly know the wide-ranging opportunities, the industrial background, the construction materials, products and technologies.*

*Only through obtaining information effectively shall we have a chance to „survive”.*

*In today's hectic life rhythm effective one-hand collection of these information is the key of the solution.*

*What expectations have a professional, general clients?*

*How could we serve than by design and profession?*

*The speaker tries to find answers to these questions with searching for relevant and available solutions.*

#### Témavázlat

**Mottó:** „Az építészet alapvető célja, hogy az emberi lét- és tevékenységei céljára az időjárás viszonyosságaitól független művi környezetet hozzon létre, és ezt tegye a szakma csodálatosan összetett eszközeivel mindenki gyönyörűségére.”

**Ebből fakadóan:** Mindig függött a helytől – annak szellemétől (genius loci) –, az adott kor ösztársadalmi lehetőségeitől és az alkotó felkészültségétől, intuíciójától. Felhasználta a legújabb technikákat, kísérletezett is velük.

**A legnagyobb változás:** Az a léptékváltás, amely az utóbbi században lejátszódott, miközben az emberi természet változatlan maradt!

**Az építés tömegessé válásával** egyre inkább „részletmentessé” vált az épület, és ez az elsivárosodás – mint a tömegtermelés által kiváltott folyamat – ingerszegény művi környezetet eredményezett.

---

**A legnagyobb kihívás:** Ebben a helyzetben – újra gondolva lehetőségeinket – megtalálni azokat a megfeleltetéseket, amelyek ismét egy barátságos, kellemes közérzetet adó „emberi fogyasztásra” tömegméretekben is alkalmas épített környezetet eredményezhet.

**Eszköztárában:** Döntő a szerteágazó lehetőségek, az ipari háttér: az építőipari termékek és technológiák pontos ismerete.

**Csak a hatékony információszerzésen** keresztül lehet esélyünk a „túlélésre”.

**A mai felfokozott életritmusban** ezeknek az információknak, az együttes megszerzése a **megoldás kulcsa.**

Mit vár el a ma építészetétől egy szakember, mit vár el a „laikus”, hogyan biztosítható mindez a design és a szakmagyakorlás terén?

Ezekre a kérdésekre **kísérel meg a** szóhajóhető **megoldások** keresésével válaszolni jelen vitaindító.

---

## Robbanás elleni épület tervezés

### DRAWING GENERATION

Dr. Baltay Miklós

Sun Valley, California

*This paper demonstrates combination of computer aided design and automatic drawing generation.*

*The GENLIBR library has the routines required for the drawing generation.*

*The user should develop a design program and incorporate the drafting commands. This results in combination of calculation and drawing creation. The drawings are in a format that maybe inserted to the design documentation.*

#### *Example-1*

The geometry of a steel canopy structure is drawn, using the input data from the computer calculation. Since the member sizes are not shown in the drawing, only the input data for the program is used for creating the drawing.

#### *Example-2*

A multi-story steel building is designed.

Moment resisting frames are at the perimeter of the structure. The interior corners with simple connection connected to the beams. The studs are also designed in the composite slab (steel beam and concrete deck)

Design of the rigid frames for earthquake loads were removed later for safety to eliminate the possibility of access of the program by unqualified person.

Configuration of the steel structure is described by few parameters and the program will make the necessary calculations and finally produces a drawing. Plan and elevation drawings as well as drawing showing steel column schedule are created. The drawings are plotted conventionally.

The program designs the interior columns, floor girders (except in the exterior frame) joists and the composite (steel beam and concrete slab) floor with the required studs.

Four drawings are generated:

Floor plan

- Longitudinal section
- Transverse section
- Steel column schedule including the size

Similar program may be developed for drawing generation of any type of structure using this program LIBRARY.

Épületeket teljesen megvédeni robbanás ellen, főleg a robbanás közvetlen közelében, majdnem lehetetlen. Azonban megfelelő tervezéssel, mely csak 1% vagy 2%-al emeli meg az építkezési költségeket, a kár meglehetősen csökkenthető.

#### **Fejnélküli gombafedém, vasbeton lemez**

A vasbeton lemez felületes tervezése szokványos terhelésre (önsúly és hasznos teher) megszorozza a lehetséges károkat robbanás esetén.

Az időjárásnak kitett vasbeton lemeznél (tető) a megnövelt vasbetét takarása miatt, a hatásos beton vastagsága csökken.

Az amerikai vasbeton tervezési szabály rendelet (American Concrete Institute, ACI-2000) szerint a vasbeton lemez teljes vastagsága a fesztáv (L/33) függvénye. Ez nem veszi figyelembe, hogy a

---

mértékadó vasbeton lemez vastagsága jelentősen csökkent a megnövelt (1.25 inch=32 mm) beton takarás következtében.

A négyzetes alaprajzú lemeznél az egyik irányban a tervezésnél használt mértékadó vaslemez vastagság csökken, és ezt a tervezésnél figyelembe kell venni.

### **Oklahomai robbanás 1995**

USA Oklahoma államában, Oklahoma városban 1995-ben a robbanás tönkretette a Murrah épületet. Alábbiakban a robbanás okozta károkat és az ebből levonható tanulságokat szeretném ismertetni.

#### *Szerkezet leírása:*

- 9 emeletes vasbeton épület
- 2-irányú vasbeton lemez, 10.7m x 6.1m
- Vasbeton oszlop 508 mm x 914 mm, az első 2 emeleten 12.2 m távolságban.
- A külső oszlopok az alsó két emeleten törékenyek (brittle), mivel a nagyméretű hosszanti vasbetétek könnyű keresztirányú vasbetéttel párosultak.
- Vasbeton oszlopok a 3-ik szint felett, 6.1 m távolságban
- Áthidalható gerenda a 3-ik szinten, mely minden második fenti oszlopot alátámasztja.
- A vasbeton szerkezet részlet vasalását az általános tervezési irányelvek (Ordinary Moment Frame) alapján tervezték és nem a Kaliforniában használt Special Moment Resisting Frame szerint.

#### *Robbanás*

1800 kg TNT-nek megfelelő robbanóanyag feltételezhető a 8.5 m átmérőjű és 2.1 m mély bombatölcsér alapján.

A robbanás okozta túlnyomás a robbanás közvetlen közelében 70 mPa (10000 psi) és csak 63 kPa (9 psi) az épület legtávolabbi felső sarkán.

#### *Oszlopok*

A #20 oszlop hirtelen összeroskadt (brisance) a 38000 kPa (5600 psi) nyomás következtében, mivel az oszlop törékeny volt.

Az oszlop nyírás következtében ment tönkre. A hirtelen szétmorzsolódás miatt nem volt idő hogy hajlító nyomaték okozta károk felléphessenek.

A #24 oszlop 9500 kPa (1400 psi) nyomás alatt az oszlop tönkrement a magas nyíróerő következtében.

Mivel a #12 oszlop 27 m távolságra volt a robbanástól, a viszonylag alacsony 780 kPa (115 psi) nyomás következtében nem rongálódott meg.

A három oszlop az alsó szinten (G16, G20 és G24) alátámasztotta az áthidaló gerendát a 3-ik szinten. Mivel ez a 3 oszlop tönkrement, az áthidaló gerenda megrongálódott és fokozatosan összeomlott (progressive collapse) a felette levő vasbeton szerkezet.

#### *Koszorú gerendák*

Mivel a támaszpontoknál a folyamatos alsó vasalás hiányzott, a 3-ik szint feletti külső koszorú gerendák semmi hajlító nyomatékot nem tudtak felvenni amikor az alattuk levő áthidaló gerenda megrongálódott.

#### *Vasbeton lemezek*

A robbanás okozta nyomás a lemez alsó felületén nagyobb volt mint felette, mely egy összegezett felfelé irányuló nyomást eredményezett.

A 152 mm vasbeton lemez, ahol a vasbetétek alul voltak, nem tudott ellenállni az alulról irányuló nyomásnak.

---

Az 5-ik szinten 1040 kPa volt a felfelé irányuló nyomás, míg a lefelé irányuló 590 kPa volt.

#### *Kiértékelés*

A folyamatos összeomlás (progressive collapse) megnövelte a robbanás okozta károkat.

A tervezés a közönséges tervezés ( Ordinary moment resisting frame design) alapján történt.

A komoly károkat a robbanás közvetlen közelében nem lehet elkerülni, azonban elővigyázatos tervezéssel a károkat le lehet csökkenteni, a kivitelezési költségek maximális 1-2%-os megnövelésével.

A károkat főleg a magas nyíróerő okozta az oszlopokban, és nem volt idő, hogy magas hajlító nyomaték fellépjen. Nem szükséges, hogy a helyi körülményeknek megfelelő vízszintes erőket (szél, földrengés) megnöveljük.

Főleg a vasbetétek részleteire kell a figyelmet kiterjeszteni:

- az oszlopokat, (főleg az alsó két emeleten) spirális keresztirányú vasalással kell ellátni.
- a gerendák alsó vasalása folyamatos az alátámasztási pontok felett.
- az oszlop és gerenda találkozásánál levő belső részen megfelelő vasalás szükséges.
- a külső koszorú gerendákat csavarásra kell tervezni.

A 3 oszlop elvesztése és egy pár födémlemez összeomlása a közvetlen robbanás hatására kevés károsodást okozott. A nagyméretű kárt a folyamatos összeomlás (progressive collapse) okozta.

A tervezés csekély változtatása a károk 50%-át megelőzte volna.

A halálesetek és balesetek 90%-át a lehulló törmelékek okozták.

A legjobb és legolcsóbb védekezés a bombától való távolság megnövelése a közeli parkolás megtiltásával. Pl. a #20 oszlop 5 m-re volt a robbanástól, és teljesen tönkrement. Míg a #12 oszlop 27 m-re semmittevő kárt szenvedett.



---

# A magyar közúti tervezés szabályzat vonalvezetésre vonatkozó elemeinek vizsgálata

ANALYSIS OF SAME ELEMENTS CONTAINED  
BY NORMS CONCERNING THE ROADS DESIGN

Barna Zsolt

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Út és Vasútépítési Tanszék

## 1. Előzmények

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Út és Vasútépítési Tanszéke 2002 folyamán megbízást kapott, hogy a 2001-ben elfogadott új, ÚT 2-1.201 jelű Közutak tervezése című út-  
ügyi Műszaki Előírás fontosabb paramétereit és megállapításait kontrollálja. Az alábbiakban be kívánom mutatni az említett megbízás alapján végzett kutatásaink –elsősorban vonalvezetéssel összefüggő – eredményeit.

## 2. A vizsgálat

### 2.1. A vizsgálat módja

Első lépésben összegyűjtöttük több nemzeti szabvány – a vizsgálat tárgyát érintő – előírásait, majd ezeket összevetettük a magyar előírásokkal. Az ÚT 2-1.201 előírás azon paramétereit esetében, ahol nagyobb eltéréseket találtunk, további vizsgálatokat folytattunk. Az egyik kiemelt figyelmet érdemlő terület az előrelátás, azaz a megállási és előzési látótávolságokra vonatkozó határértékek voltak. Ezeket egyrészt korábbi mérési eredményeink alapján vizsgáltuk, másrészt az előrelátás problematikáját különböző szituációkban számítógépes modellezéssel is vizsgáltuk. Egy másik terület, ahol részletesebb számításokat végeztünk, a csúcsóraforgalmak meghatározásának kérdése, amely alapvetően befolyásolja a tervezendő utakon biztosítandó kapacitás nagyságát, illetve az utakon biztosítható szolgáltatási szint meghatározását.

Végül a vizsgálataink eredményei alapján javaslatokat, illetve kérdéseket fogalmaztunk meg az említett Közutak tervezése című útügyi Műszaki Előírással kapcsolatban.

### 2.2. A Magyar tervezési szabályzat összevetése más nemzeti szabványokkal

#### A tervezési sebesség(ek)

Külterületi közutak tervezése során az egyik legmeghatározóbb alapadat a kijelölt tervezési sebesség. A nemzeti szabványok összehasonlítása során a tervezési sebesség(ek) értelmezésében jelentős eltéréseket tapasztaltunk.

A magyar gyakorlatban a kijelölt tervezési sebesség alapján határozzuk meg a tervezett út minimális, illetve maximális paramétereit. De ez nem mindenhol van így, a német előírások egy  $V_E$  tervezési sebességet, illetve egy  $V_{85}$  sebességértéket definiálnak. A  $V_{85}$  értéke a helyszínrajzi tervezés ellenőrzésére és a biztonság szempontjából releváns elemek menetdinamikai méretezésre szolgál. Értéke azt a sebességet jelöli, amelyet nedves pályán a személygépkocsi-vezetők 85 % nem lép át. A szabvány ezzel a sebességértékkel próbálja leírni a közlekedők valós viselkedését.

A svájci szabvány is kétféle sebességértéket alkalmaz a tervezés során. A  $V_A$  kiépítési sebesség az a legkisebb sebesség, amelynek megfelelően egy adott út teljes hosszának vonalvezetését meg kell tervezni. Ez az érték a tervezési elemek szélső értékeinek, mint a minimális körívsugár, a maximális emelkedő, a minimális látótávolság, valamint a mintakeresztzelvény szükséges geometriájának meghatározására szolgál – tehát gyakorlatilag a magyar tervezési sebesség szerepét tölti be. De a svájci szabványban definiál egy másik sebességtípust is (ott ennek az elnevezés tervezési sebesség). Ez az a legnagyobb sebesség, amellyel

az útvonal egy-egy szakaszán/elemén elegendő biztonsággal lehet közlekedni. Az út egyes elemeinek paraméterei alapján meghatározható ez a hozzájuk tartozó sebesség-érték, amely a szükséges látótávolság, a minimális függőleges lekerekítősugar, valamint a keresztesés meghatározására szolgál.

E módszerek legfontosabb tanulsága, hogy figyelembe veszi, hogy nem mindenhol a választott tervezési sebesség függvényében előírt paraméterekkel épülnek az út egyes elemei, hanem azoknál kedvezőbbekkel is. Ilyen esetekben biztonságosan lehet nagyobb sebességgel közlekedni, amelyet a közlekedők jelentős része meg is tesz, ezért a forgalom biztonságát jelentősen befolyásoló elemek kialakítását ezen sebesség alapján kell meghatározni.

#### *A tervezési paraméterek*

A Közutak Tervezése Műszaki Előírás fontosabb, a forgalombiztonság szempontjából pedig meghatározó jelentőségű paramétereire vonatkozó előírásokat összevetettük – az 1. ábrán is látható módon – az osztrák, a francia, a német a svájci és az amerikai megfelelőivel. Összefoglalóan megállapítható, hogy a hazai értékek általában egybeesnek a fenti országok megfelelő átlagértékeivel.

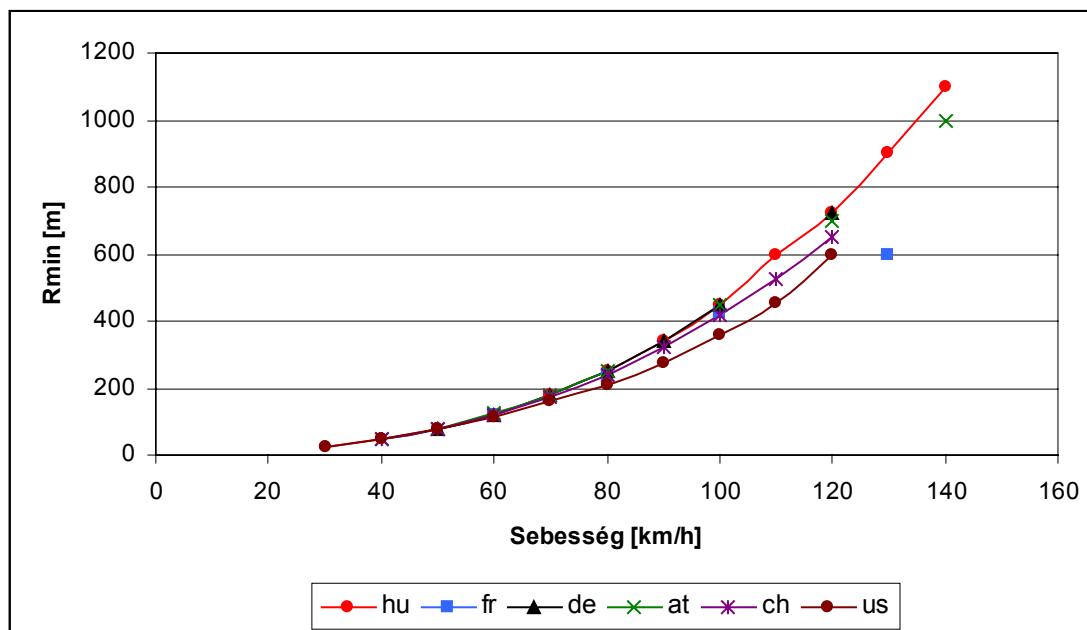
A minimális körívsugarak, a túlemlés-kifuttatások, a megállási látótávolságok és a homorú lekerekítések minimális sugarának előírásainál a magyar és az említett külföldi értékek gyakorlatilag megegyeznek. A minimális domború lekerekítési értékek Magyarországon a legkisebbek, a maximális hosszúságok pedig nálunk a legkevésbé meredek. A kevésbé fontos minimális átmenetiív-hosszak magyar értékei a svájciakkal mutatják a legnagyobb egyezést, a német értékek ezeknél jóval kisebbek.

Terjedelmi korlátok miatt az alábbiakban csak két paraméter összehasonlításának eredményeit mutatom be. Az 1. táblázatban és az 1. ábrán látható a nemzeti szabványokban előírt legkisebb megengedett körívsugarak – a fent említett különböző típusú – tervezési sebességek függvényében. A legkisebb megengedett körívsugarra vonatkozó előírások jól mutatják, ami a legtöbb tervezési paraméterre is jellemző, hogy a vizsgált szabványok közel megegyező paramétereket adnak meg.

**1. táblázat:** A legkisebb megengedett körívsugarak értékei

	hu	fr	de	at	ch	us
$V$			$V_e$	$V_E$	$V_A$	
30	25					25
40	45			45	45	45
50	80		80	80	75	75
60	120	120	120	125	120	115
70	180		180	180	175	160
80	250	240	250	250	240	210
90	340		340		320	275
100	450	425	450	450	420	360
110	600				525	455
120	720		720	700	650	595
130	900	600				
140	1100			1000		

fr a 60, 80, 100 km/h sebességhez tartozó értékek autóutakra, a 130 km/h-hoz tartozó érték autópályára vonatkozik



1. ábra

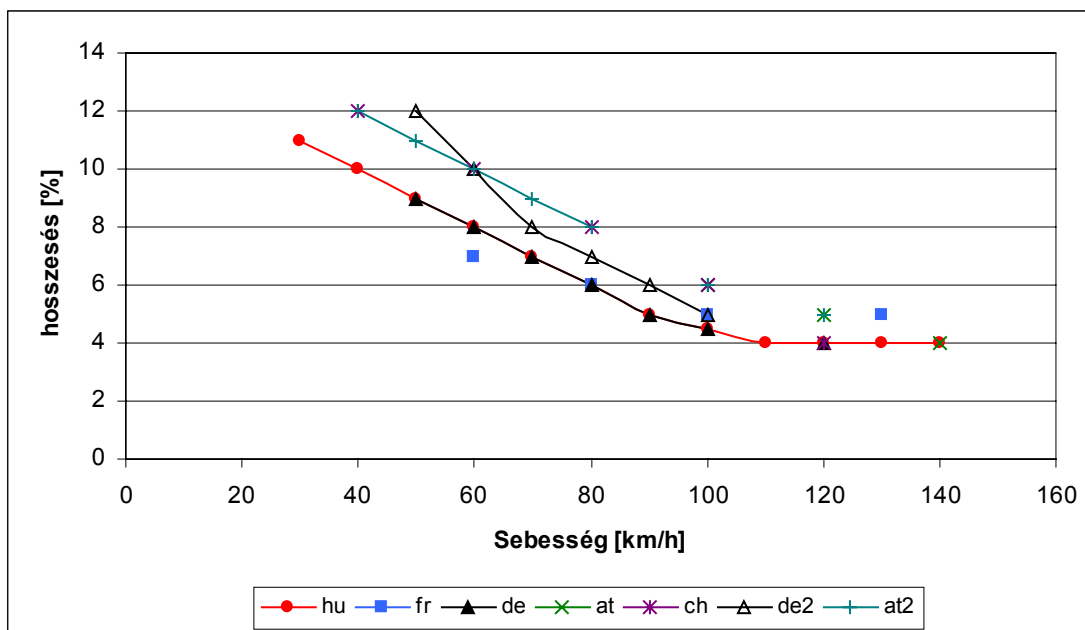
*A legkisebb megengedett körívsugarak értékeinek összehasonlítása*

A másik, bemutatásra kiválasztott tervezési paraméter a megengedett legnagyobb hosszesés. Ennek értéke Magyarországon a legalacsonyabb – ez dombos vidékeken költségesebbé teheti az utak kiépítését. Ugyanekkora értékeket definiál a német szabvány is, de csak az A kategóriájú, azaz beépített területen kívüli utak esetében, amelyek első sorban összekötő funkciót töltenek be.

2. táblázat: A megengedett legnagyobb hosszesések

$V$	hu	fr	de		at	ch
			$V_e$	$V_e$		
			A kategória	B kategória		
30	11					
40	10				12	12
50	9		9	12	11	
60	8	7	8	10	10	10
70	7		7	8	9	
80	6	6	6	7	8	8
90	5		5	6		
100	4,5	5	4,5	5	6	6
110	4					
120	4		4		5	4
130	4	5				
140	4					

at az osztrák szabvány elválasztott és nem elválasztott pályák esetére különböző értékeket definiál, az itt feltüntetett értékek alkalmazása esetén az útszakasz teljesítőképességének vizsgálatára van szükség



2. ábra  
A megengedett legnagyobb hosszúságok összehasonlítása

### 2.3. A megállási és az előzési látótávolságok vizsgálata

#### Megállási látótávolság

A látótávolságok ellenőrzésére méréseket végeztünk egy volt katonai repülőtér egy aszfaltburkolatú útján. Többszöri fékútmerések átlagaiból  $t_r = 2$  s reakcióidő feltételezésével számítottuk a szükséges látótávolságot:

$$L_m = v * t_r + s_f.$$

A mérésen alapuló számítással nyert, valamint a szabványban szereplő megállási látótávolság értékeinek összehasonlítása a 3. táblázatban látható.

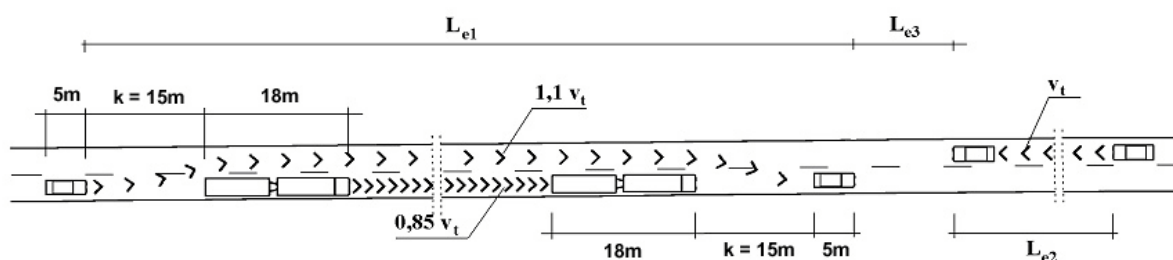
**3. táblázat:** A megállási látótávolság mérésen alapuló és szabványban szereplő értékeinek összehasonlítására

$V$	$L_{m,mért}$	$L_{m,szabvány}$ (magyar szabványban adott érték)	$L_{m,szabvány}$ (pontos számított érték)
30	25,4	25	22,9
40	36,4	35	34,0
60	68,2	65	64,3
80	106,4	110	108,6
100	157,6	170	171,4
120	211,4	260	255,5
130	241,8	320	305,1

A táblázatban feltüntetett értékek alapján megállapítható, hogy a vonatkozó előírás a nagyobb sebességek esetén jobban eltér a biztonság irányába. Megfontolandó, hogy a Műszaki Előírás értékeit a 60 km/h alatti sebességtartományban 5 méterrel megnöveljük.

### Előzési látótávolság

Az előzési látótávolság vizsgálatához egy – ugyanazon a reptéren – korábban elvégzett vizsgálatunk eredményeit használtuk fel. A mérések során az előzési látótávolságot a 3. ábra szerint modelleztük.



3. ábra

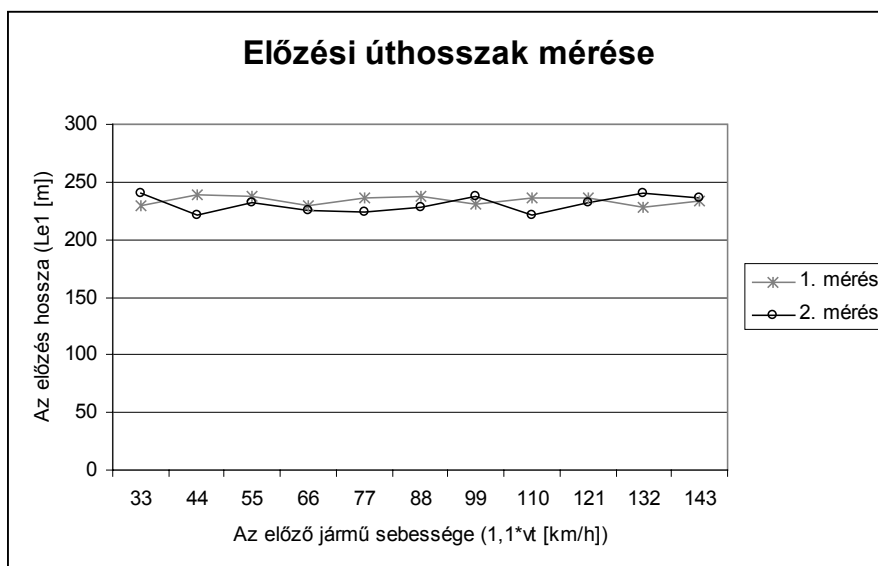
Az előzési látótávolság értelmezése

A mérés nedves, vízszintes aszfaltburkolaton történt elektronikusan kontrollált sebességekkel. Minden sebességnél két mérést végeztünk, amelyek eredményei szerint az előzés végrehajtásához a sebességtől függetlenül mindig közel azonos úthossz szükséges (4. táblázat  $L_{e1}$  értékek, és a 4. ábra).

4. táblázat: Az előzési út mérési eredményei vízszintes úton

$v_t$ [km/h]	$1,1 \times v_t$ [km/h]	1. mérés		2. mérés		$L_e$ [m] (modell szerint)	$L_e$ [m] (szabvány)
		$L_{e1}$ [m]	$t_e$ [s]	$L_{e1}$ [m]	$t_e$ [s]		
30	33	229,78	25,07	240,00	26,18	470	300
40	44	238,34	19,50	221,62	18,13	480	330
50	55	237,85	15,57	232,23	15,20	495	360
60	66	229,12	12,50	225,45	12,30	510	400
70	77	235,83	11,03	223,66	10,35	530	440
80	88	237,39	9,71	228,69	9,36	555	500
90	99	231,05	8,40	238,17	8,66	585	560
100	110	236,53	7,74	221,06	7,23	615	640
110	121	235,80	7,02	231,51	6,89		700
120	132	228,65	6,24	239,80	6,54	705	800
130	143	233,56	5,88	235,73	5,93		-

( $v_t$  – tervezési sebesség,  $1,1 \times v_t$  – előző jármű sebessége,  $L_{e1}$  – az előzés végrehajtásához szükséges úthossz,  $t_e$  – az előzés ideje,  $L_e$  – előzési látótávolság)



4. ábra  
Az előzési út mérési eredményeinek grafikus ábrázolása

#### 2.4. Az előrelátás problematikája ívekben

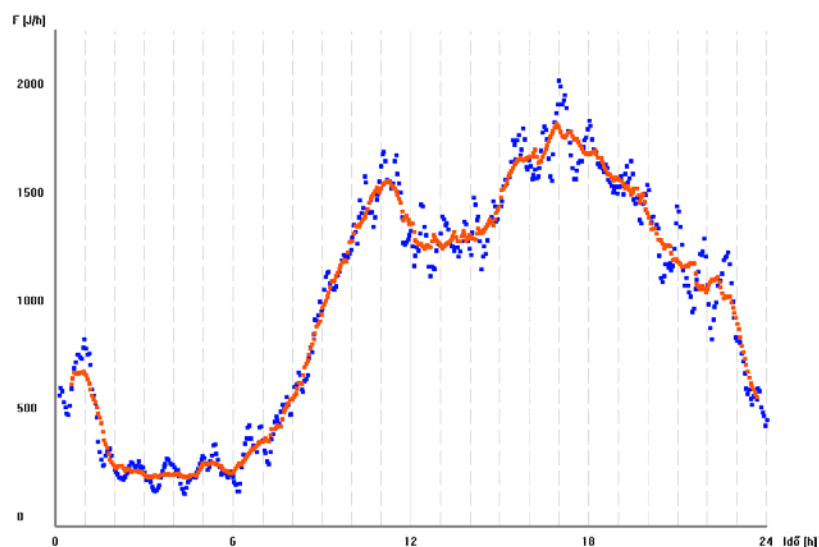
A vizsgálat során különböző szituációkban (vízszintes és függőleges ívek, ezek kombinációi, stb.) vizsgáltuk az előrelátást, illetve az ívekben a látómezőt akadályozó tárgyak helyzetét. De ezt a részt nem ismertetem, egyrészt terjedelmi korlátok miatt, másrészt mert ez alapján nem kellett a vonatkozó előírással kapcsolatban semminemű észrevételt tennünk.

#### 2.5. A csúcsóraforgalom meghatározásának problematikája

A vizsgált szabványok, előírások körében a csúcsóraforgalom – amely a tervezés során a biztosítandó kapacitás meghatározásának alapja – mérésére két definíciót találhatunk. Egyik esetben a csúcsóraforgalom az 50 órás tartóságú legforgalmasabb 60 perces időszak forgalmát jelenti – ezt az eljárást alkalmazzuk Magyarországon. A másik – például az Egyesült Államokban alkalmazott – módszer, hogy egy nap legnagyobb forgalmú 15 percében mérhető forgalom négyszeresét veszik csúcsóraforgalomnak.

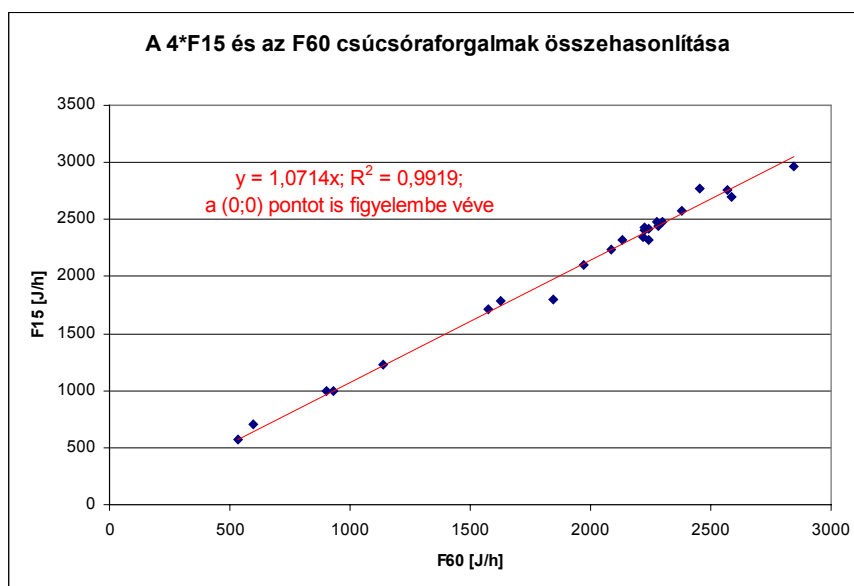
Megvizsgáltuk a rendelkezésünkre álló mikroszkopikus forgalmi adatok alapján, hogy milyen összefüggést lehet megállapítani e két módszer szerint számolt csúcsóraforgalom értékei között. Egy saját fejlesztésű szoftver segítségével készítettünk diagramokat, ezek egyike az 5. ábrán látható. A diagramokon feltüntettük a nap minden egyes percéhez tartozó óraforgalmak értékeit, azaz a 60 perces csúcsóraforgalom esetén az adott időpont előtti és utáni 30 percen elhaladt járművek számát ábrázoltuk, a 15 perces csúcsóraforgalom esetén pedig a 7,5 percek járműszámainak négyszeresét.

A diagramok segítségével megállapítható a 60 perces ( $F_{60}$ ), illetve a 15 perces forgalmakból számított ( $F_{15}$ ) csúcsóraforgalmak nagysága, amely a két különböző módszer közötti különbséget mutatja. Az  $F_{15}$  és  $F_{60}$  értékeket ábrázolva egy nagyon jól korreláló egyenest illeszthetünk a kapott pontokra (6. ábra). Tehát a HCM értékek ennek alapján átszámítva használhatók mint mértékadó forgalomnagyságok a folyópályák méretezésére.



5. ábra

*Egy 2x1 sávos autót út egyik irányának 15 perces (kék) és 60 perces (piros) forgalmai*



6. ábra

*A 15 perces, illetve 60 perces forgalmak alapján meghatározott csúcsóraforgalmak közötti összefüggés*

### 3. A vizsgálat eredményei, javaslatok

Az alábbiakban a vizsgálatunk végén összegyűjtött javaslatok legfontosabbjait foglalom össze.

Tervezési sebesség

A tervezési sebesség értékeinek egyes fontos esetekben (K.III. B,C; K.IV. A; K.V. A; K.VI. A kategóriáknál) a megengedett sebesség nagyságával azonos, vagy kissé alacsonyabb mértékű választá-

sa balesetveszélyes, és ezért esetleg megfontolandó az autópályákhoz hasonlóan (K.I. A) a 100 km/h és a 90 km/h érték megadása a 90 km/h és a 80 km/h érték helyett. Ennek indoka az, hogy a  $V_{85}$  sebesség Magyarországon is legalább 10 km/h-val magasabb, mint a megengedett sebesség, ezért nagyobb forgalmú útjaink paramétereit ennek figyelembe vételével indokolt kiépíteni. Ha ezt nem tesszük, akkor a megengedett sebességnél kisebb paraméterekre tervezett útszakaszokat ki kell táblázni, a megfelelő sebességválasztás miatt.

Helyszínrajzi elemek

*Körívek*

A körívek kombinációja esetén indokolt lenne az egymás után közvetlenül alkalmazható körívek sugarának nagyságára vonatkozó korlátozásokat az előírásban rögzíteni. (pl.:  $\frac{R_1}{R_2} \leq \frac{1}{2}$  azonos és ellenkező irányú körívek esetén is.)

*Egyenesek*

Indokolt lenne rögzíteni az alkalmazható egyenesek maximális, és az azonos irányú körívek közötti minimális hosszúságát. Javaslatunkat a 5. táblázatban tüntettük fel.

**5. táblázat:** Javaslat az egyenes szakaszok maximális hosszára ( $E_{\max}$ ) és azonos irányú körívek közötti legrövidebb egyenesek hosszára ( $E_{\min}$ )

$V_{\max}$	60	70	80	90	100	120
$E_{\max}$	1200	1400	1600	1800	2000	2400
$E_{\min}$	360	420	480	540	600	720

A hossz-szelvény tervezési elemei: hosszesés

Gazdaságossági szempontból kívánatos lenne a legnagyobb megengedett hosszesés értékét bizonyos útkategóriáknál (K.III. B,C; K.IV.; K.V.; K.VI.) megemelni a 6. táblázatban javasolt mértékben.

**6. táblázat:** A megengedett maximális hosszesés javasolt értékei főutak esetén

$V_t$ [km/h]	$e_{\max}$ [%]
50	12
60	10
70	8
80	7
90	6
100	5
120	-

Szükséges lenne a hossz-szelvény minimális esése értékének a komplex módon történő megadására a túlemelés-átmenetek környezetében, a vízelvezetés biztonságos és maradéktalan megvalósítása érdekében.

Javasolt megoldás: 0,7 %-os minimális hosszesés a túlemelés-átmenet 0 %-os hosszesésű szakaszán, az  $e_{\min} - \Delta e_r \geq 0,2\%$  feltétel mellett.

*Látótávolságok*



---

A megállási látótávolságokkal kapcsolatos vizsgálatok eredményei alapján indokolt az értékek felülvizsgálata, majd módosítása. Ennek megvalósítása maga után vonja a függőleges lekerekítések minimális értékeinek változtatását is.

Az előzési látótávolságok előírásban közölt értékei felülvizsgálatának eredményei ha elfogadásra kerülnek, ez maga után vonja a függőleges domború lekerekítésének az előzési látótávolság biztosításához szükséges értékeinek változását is.

#### *A forgalom kérdései*

A forgalommal kapcsolatban a legfontosabb megállapítás, hogy az európai tervezési gyakorlat is fokozatosan átveszi az amerikai HCM-ben bevezetett szolgáltatási szinteknek ('A'..'F') az alkalmazását. Indokolt ezért a hazai forgalmi méretezési rendszerünket nekünk is erre építeni, és ezt az ott alkalmazott és folyamatosan fejlesztett eljárást itthon is egyre jobban és szélesebb körben alkalmazni. Mint fentebb olvasható a HCM módszere szerint meghatározott csúcsóraforgalom (a legforgalmasabb 15 perc forgalmának négyszerese), közel 10%-kal nagyobb alapján a legforgalmasabb 60 perc forgalmánál.

Eszerint a HCM kapacitás-határértékeinél – ha ez a hipotézis további alapos és minden részletre kiterjedő ellenőrző vizsgálattal igazolást nyer – a jelenleginél nagyobb forgalomnagyságoknál határozhatók meg a hazai kapacitás-határértékek.

Ami azonban ennél jóval fontosabb, hogy megfelelő vizsgálatok és elemzés után kialakítható az az összevetési arány, amellyel a HCM 2000 és további fejlesztései a magyar gyakorlathoz igazítható.

---

# Dinamikus flottamenedzsment

## DYNAMIC FLEET MANAGEMENT

Bocz Péter, Dr. Kisgyörgy Lajos

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,  
Út és Vasútépítési Tanszék

### 1. Bevezetés

Európában a közúti forgalom nagyarányú növekedése miatt egyre gyakoribbá válnak a forgalmi torlódások, és egyre gyakrabban következnek be balesetek. Ennek hatására a közúti közlekedés biztonsága és megbízhatósága csökken, az eljutási idő növekszik és kiszámíthatatlan lesz. A fent említett problémák mind-mind a közúti közlekedés hatékonyságának csökkenéséhez, költségeinek növekedéséhez vezetnek.

Egy közúti fuvarozó vállalat tehergépjárművekből álló flottája számára e hátrányok hatványozottan jelentkeznek, hiszen megbízóik igénylik a gyors, pontos szolgáltatást.

A hátrányok kiküszöbölésére – az informatika és a távközlés gyors ütemű fejlődését kihasználva – kidolgozható egy flottairányítási rendszer, melynek célja a hatékonyság növelése. A rendszer a flotta tagjai számára bizonyos aktuális – a változó körülmények alapján összeállított – információkat közvetít. Az információk egyik típusa a dinamikus útvonal-ajánlás, vagyis a rendszer képes az aktuális – folyamatosan változó – forgalmi, időjárási, stb. adatok alapján kidolgozni a flotta tagjai számára megfelelő útvonalat, és ezt megfelelő időben közölni a flotta tagjaival. Az adatok típusa kétféle:

- a statikus adatok (úthálózat, távolságok, terepviszonyok, stb.) előre tárolásra kerülnek a rendszer felépítése során, és nem, vagy csak ritkán változnak;
- a dinamikus adatok (forgalmi körülmények, időjárás, balesetek, stb.), melyek folyamatos változását az Európa-szerte egyre elterjedtebb és folyamatosan fejlődő forgalomszabályozó és információs rendszerek révén szerezhetjük be.

Az adatok alapján ajánlásra kerülő legkisebb költségű (legrövidebb, leggyorsabb, stb.) út dinamikus meghatározása és a flotta egyes járműveivel való folyamatos – vagy változások esetén való – közlése nagymértékben hozzájárul a flotta hatékonyságának növeléséhez, mind eljutási idő, mind a járművek kihasználtsága szempontjából.

### 2. Európai forgalomszabályozó és információs rendszerek

Európa területén számos forgalomszabályozó és információs rendszer működik, fejlesztésük folyamatos. Céljukat és eszközeiket tekintve hasonlóak, különbséget csak a nagyságrendben tapasztalhatunk. A legtöbb rendszer helyi vagy regionális szinten működik, ám néhány egész országokra is kiterjedhet. A távlati fejlesztési tervekben szerepel a helyi és regionális rendszerek egymással való összekapcsolása, hogy minél nagyobb, egységes – és ezzel sokkal hatékonyabb – rendszer jöjjön létre.

A forgalomszabályozó és információs rendszerek működtetésének főbb céljai általában:

- a forgalmi torlódások kialakulásának elkerülése;
- a már kialakult torlódások környezetében a forgalom lefolyásának elősegítése;
- a káros környezeti hatások mérséklése (minimalizálása);
- a közlekedők biztonságának javítása;
- a balesetveszély és a baleseti kockázat csökkentése;
- a közlekedési költségek minimalizálása.

A célok prioritási sorrendje a helyi viszonyoktól függően változhat, de elmondható, hogy az egyes rendszerek legfőbb céljai a forgalmi zavarok, torlódások kialakulásának elkerülése, a már létrejött torlódások mielőbbi feloszlása és a forgalombiztonság növelése.

---

Az európai helyi és regionális rendszerek elvi felépítésüket és működésüket tekintve jelentősen nem különböznek egymástól.

- Az adatgyűjtés minden esetben hurokdetektorokkal és kamerákkal történik.
- Az adatfeldolgozásban különbség, hogy a helyi rendszerek esetén az összes adat (esetleg előfeldolgozva) egyetlen központba jut, míg nagyobb, regionális rendszerek tulajdonképpen helyi rendszerek egy csoportjának foghatók fel: több azonos rangú (helyi igényeket kiszolgáló) alközpontot néhány „főközpont” kapcsol össze, koordinálja működésüket, és szolgálja ki a nagyobb távolságra közlekedők igényeit.
- Az információ visszajuttatása a felhasználókhoz közel minden esetben kollektív információközlő berendezéseken (változtatható jelzésképű táblákon, rádióadásban) történik.

A rendszerek működésük során nagy mennyiségű, általában forgalmi, időjárási és egyéb adatokat dolgoznak fel. A helyi sajátosságoktól függ, hogy a rendszer milyen típusú adatot, adatokat gyűjt. A forgalmi adatok kivételével – ezt minden rendszer mindig saját maga gyűjti – az adatok beszerezhetők más, már meglévő rendszerből is (pl. időjárási adatok).

Az adatokhoz való hozzáférést tekintve két fő koncepciót különböztethetünk meg:

- állami és/vagy önkormányzati finanszírozású rendszerek, melyek adatai – lévén az adófizetők pénzéből épült rendszerről van szó – nem kereskedelmi (pl. kutatási, oktatási) célból ingyenesen hozzáférhetők (pl. Németország);
- magántőkéből finanszírozott (főleg koncessziós autópályákon működő) rendszerek, ezek jellemzői, hogy az üzemeltetők az üzleti titkok megtartása érdekében általában elzárkóznak a forgalmi adatok akármilyen formában való kiszolgáltatásától (pl. Franciaország).

### **3. Szabványosított üzenettípus, a DatexNet**

A forgalmi információs rendszerek egymással való adatkommunikációjának megvalósításához szükséges egy olyan szabványosított adatsere-formátum, amelynek segítségével a teljesen különböző felépítésű, de azonos célú rendszerek kommunikálni tudnak egymással. Így a rendszereknek elég ismerni a szabványosított formátumot az összes többi rendszerrel való adatszeréhez.

Ezt, a közlekedési/forgalmi információkkal kapcsolatos formátum kidolgozását a DATEX vállalta magára, mely az utazással, forgalommal, a helydefiníciókkal és útvonalajánlásokkal kapcsolatos üzeneteknek ad szabványosított formát. A DatexNet üzenetformátuma az EDIFACT (az EDIFACT az elektronikus adatsere ENSZ által 1987-ben kidolgozott világszabványa) formátum alapjain nyugszik.

A DatexNet segítségével van mód arra is, hogy az egyes forgalomszabályozó és információs rendszerekkel a dinamikus flottamenedzsment rendszere is kapcsolatot tartson és információkat kaphasson.

A DatexNet formátuma tulajdonképpen egy útszakaszra, vagy egy, az úthálózaton található pontra ad – az „üzenetszótárban” előre meghatározott és kódolt üzenetek formájában – forgalmi, időjárási és baleseti információkat, azok kezdetének és – ha ismert – végének várható időpontját. Az információk kiegészülhetnek numerikus értékekkel is.

### **4. A dinamikus flottamenedzsment rendszerének felépítése**

A felépítendő rendszer célja a flotta egyes tagjai számára:

- megfelelő útvonal ajánlása a kezdő és a célpont között;
- a forgalmi körülmények változása – torlódás, baleset, kedvezőtlen időjárás – esetén információ közlése, kerülő útvonal ajánlása;
- ezzel a flotta tagjai számára az utazási idő (és költség) minimalizálása.

Az adatgyűjtés a rendszer számára kétféle adatforrásból történhet:

- külső forgalmi vagy egyén információs rendszerektől rendszerekből (pl. forgalomnagyság, időjárási körülmények)
- a flotta egyes tagjaitól (pl. utazási idő egy-egy útszakaszon).

Az adatforrásokból beérkezett jelentések információtartalma a következő lehet:

- aktuális utazási idő adatok a hálózati élekre,
- aktuális forgalomnagyság-adatok a hálózati élekre,
- aktuális sebességadatok a hálózati élekre,

- előre ismert útlezárások helye és időtartama,
- rendkívüli körülmények.

Az adatfeldolgozás megfelelően felépített adatbázis alapján történhet. A rendszerben a figyelembe veendő közlekedési hálózatot irányított gráf reprezentálja, a csúcsok jelentik a csomópontokat, az élek a csomópontok közötti útszakaszokat. A gráf adatainak tárolására 3 fő adattáblát használ:

- az első adattáblában a gráf csúcspontjainak adatai;
- a második adattáblában a gráf élei, és az élekhez rendelt statikus (nem változó) adatok;
- a harmadik adattáblában az egyes élekhez rendelt dinamikusan változó adatok jelennek meg.

Az élekhez tárolt statikus adatok, melyek az útszakaszok tulajdonságait írják le:

- él hossza (km),
- az útszakaszon megengedett sebesség (km/h),
- útállapot kódja,
- ívesség (%),
- összes emelkedő magassága (m),
- összes emelkedő hossza (m),
- összes lejtő magassága (m),
- összes lejtő hossza (m).

Az első két adattábla értékeit a rendszer nem módosítja, ellentétben a harmadik adattáblával, amely a fent említett adatforrások alapján változik. Itt az egyes adatfeljegyzésekben (rekordokban) nem csak az él azonosítóját kell eltárolni, hanem azt is, hogy az adatok melyik időpontban érvényesek. A rendszer az adatokat a hónap, a hét napja, illetve a napon belüli órák szerint ( $12 \cdot 7 \cdot 24 = 2016$ ) diszkrét 1 órás intervallumokat képezve tárolja el. A dinamikus adatok a következők:

- utazási idő várható értéke (perc),
- utazási idő szórása (perc),
- mérések száma (db),
- utazási idő előrejelzése (perc),
- előrejelzés érvényességének vége (perc). (0 - nincs előrejelzés),
- forgalmi körülmények (0: normál, 1: rendkívüli körülmények, pl.: erős torlódás, erős havazás, stb., 2: útlezárás),
- szorzótényező – az utazási idő rendkívüli körülmények esetén várható megnövekedésének aránya,
- rendkívüli körülmények közötti mérések száma.

Az adatbázisban található statikus adatok és beérkező információk szerint folyamatosan módosított adatok alapján a rendszer tehát képes következtetni a megfelelő útszakaszon, adott időpontban az utazási idő várható értékére és szórására. A rendszer képes előre jelzett utazási időt is kezelni, ha ilyen adat érkezik. Az előrejelzés időtartama azonban csak rövid, legfeljebb 30 perc lehet, hiszen a konkrét előrejelzéseknél sokkal pontosabbak a több mérésből származó várható utazási idő adatok.

Az információknak a felhasználókhoz való visszajuttatása individuális (egyéni) módon történik, a flotta tagjai számára elindulásukkor, illetve az útvonalukon történt változások megtörténteikor rövid szöveges üzenetben (SMS) jutnak el a megfelelő információk.

## 5. A közlekedés költségének számítása és hatásainak figyelembevétele

Az útvonalajánláshoz az útvonalak állapota mellett tudnunk kell az adott útszakaszon közlekedő járművek összes költségét. A költségek az alábbiakból állnak össze:

- Az időköltséget az adatbázisban tárolt várható utazási idő és a járműhöz tartozó időköltség-tétel szorzatából kapjuk. Az egyes felhasználók, illetve szállítási feladatok esetében az időköltség-tételek eltérők lehetnek, ezért ezeket az értékeket a felhasználók adhatják meg.
- Az üzemköltségeket a Németországban kidolgozott és előírásban (RAS-W 1986) megjelenített számítási eljárás alapján számolt specifikus üzemanyag-felhasználás, az aktuális üzemanyagárak és az útszakasz hossza alapján számíthatjuk.

- A közlekedő saját költségeihez tartozik még az egyes utak, alagutak illetve hidak díjai, amelyeket az adatbázisban minden útszakaszhoz külön tárolunk.

E három felsorolt költségtétel összegének figyelembevétele is befolyásolja a későbbiekben a legkedvezőbb útvonal(ak) kiválasztását.

A közlekedési költségeknél az externális hatásokat is figyelembe kell venni. Minden útszakaszhoz tartozik egy baleseti kockázatot, környezeti hatást és zajérzékenységet jelölő költségtétel is. Ezek segítségével az egyes útvonalak épített és természetes környezetre való hatását is figyelembe lehet venni.

## 6. Az útvonalajánlás

A dinamikus útvonalajánlás során az aktuális forgalomban résztvevő egyedi jármű kap tájékoztatást az úthálózat állapota alapján a végcél legkedvezőbb eléréséhez tartozó útvonalról. A rendszer a 4. pontban említettek szerint a hálózaton végzett adatfelvételek alapján értesül a különböző útszakaszok forgalmi viszonyairól és az utazást befolyásoló egyéb tényezőkről (időjárás, baleset, útlezárás, torlódások, elterelés).

Az útvonalválasztást különböző tényezők korlátozhatják, ezek a hálózat állapotát leíró olyan paraméterek, amelyek egy adott útszakaszt a dinamikus útvonalajánló rendszerből kizárnak:

- baleset, teljes útzár elrendelésével;
- építési beavatkozás teljes útzár elrendelésével;
- az útvonalajánlást igénybe vevő egyedi gépjármű közlekedésének tilalma (súly-, magasság és/vagy szélességkorlátozás következtében; szállított veszélyes anyag szállítási tilalma miatt).

Az útvonalválasztást különböző tényezők befolyásolhatják. Ezek azok a hálózat állapotát leíró paraméterek, amelyek egy adott útszakaszt a dinamikus útvonalajánló rendszerből nem zárnak ki, csak az azon történő közlekedéshez tartozó tényleges költségfüggvény az egyedi járműre vonatkozó költségeknél magasabb szinten határozandó meg, így vehetők figyelembe a társadalom (nemzetgazdaság) számára jelentkező többletköltségek (externáliák).

A dinamikus és sztochasztikus legkisebb költségű út problémáját az alábbiak szerint definiálhatjuk: keresendő a várhatóan legkisebb közlekedési költségű út egy közlekedési hálózat mentén, ahol az egyes útszakaszok utazási idői sztochasztikusak és időben változnak. A probléma numerikusan megoldhatatlan, a hagyományos „legrövidebb út” algoritmusok nem biztosítják az optimális megoldást.

Az utóbbi években az intelligens közlekedési rendszerek, fejlődése következtében a újjáéledt a legrövidebb út probléma utáni érdeklődés. Az útvonal-ajánlási rendszerek alapja az az algoritmus, ami megadja a kezdő- és a végpont közötti optimális utat. A legtöbb rendszer esetében az optimális utat a legkisebb utazási idejű útként határozzák meg. Ezt az optimális útvonalat általában Dijkstra algoritmussal számítják ki, az utazási időket determinisztikusként kezelve. A módszer hátránya, hogy nem találja meg az optimális megoldást.

Az ismertetett eljárás az utazási idők átlagértéke és szórása (mindkettő jellemzően rendelkezésre áll az intelligens rendszerekkel felszerelt közlekedési hálózatokon) – mint a napon belüli időpont függvénye – alapján becsli az útvonalakhoz tartozó paramétereket.

Az úthálózat minden útszakaszához (a gráf minden éléhez) tartozik egy általánosított költség, ami lehet utazási idő, közvetlen költség, távolság vagy ezek kombinációja. Jelen esetben az általánosított költséget az utazási idő képviseli.

Dinamikus és sztochasztikus esetben az optimális út meghatározására az alábbi eljárást alkalmazzuk:

- Dijkstra algoritmusával előállítjuk a kezdőpontból kiinduló legrövidebb utat mindegyik csomóponthoz, az élek menti költségeket dinamikusán kezelve. Jelen esetben ez azt jelenti, hogy az egyes éleknél figyelemmel vagyunk az utazási időkre, a következő élre való továbblépésnél már a jármű odaérkezésének megfelelő időintervallum utazási idejét vesszük figyelembe;
- Eppstein algoritmusával meghatározzuk a kezdőpont és a végpont között lévő  $k$  db legkisebb költségű utat (itt  $k$  értéket 3-nak választottuk). Ez a lépés azért fontos, mert az előző algoritmus csak a legrövidebb út meghatározására alkalmas. Ha figyelembe vesszük, hogy Dijkstra

---

algoritmus nem tudja az utazási időket sztochasztikusan kezelni, az általa megtalált legrövidebb út nem biztos hogy a tényleges legrövidebb út;

- A  $k$  db legkedvezőbb útvonal mentén kiszámítjuk az utazási időt dinamikus és sztochasztikus esetre vonatkozóan Fu és Rilett módszere szerint. Sztochasztikus esetben feltételezzük, hogy az egyes élek mentén az utazási idő valószínűségi változó, és az eloszlásfüggvénye függ az időtől (azaz az egyes élek utazási idejének eloszlásától és az élre való belépés időpontjától)
- Optimális útvonalnak a  $k$  db legkedvezőbb útvonal közül azt választhatjuk, amelynek összes költségei a legkedvezőbbek. A közlekedési költségek számításánál az 5. pontban részletezett módon az idő-, üzem- és saját költségeket vesszük figyelembe, melyet kiegészítenek az externális költségek is, mint a baleseti kockázat, a zajterhelést illetve a légszennyezést jelölő költségátételt.

## 7. Összefoglalás

A megfelelően és körültekintően felépített rendszer, adatstruktúra és az adatok megfelelő feldolgozása hozzájárul ahhoz, hogy a legkisebb költségű útvonalat ajánljuk a gépjárműflotta tagjainak. Az útvonal-ajánlás fontos szerepet játszik mind a kezdőpont és a célpont közötti optimális útvonal megkereséséhez, mind pedig a megváltozott forgalmi körülményekhez való folyamatos alkalmazkodáshoz is. Így biztosítható, hogy mind a flotta egyes tagjai, mind pedig a flotta tulajdonosa számára költségmegtakarítás érhető el.

# IMS utófeszített vasbeton födémek erőtani modellezése

## STRUCTURAL MODELLING OF IMS PRESTRESSED REINFORCED CONCRETE SLABS

Dr. Farkas György, Dr. Bódi István, Dr. Lovas Antal

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,  
Hidak és Szerkezetek Tanszéke

### Rövid kivonat

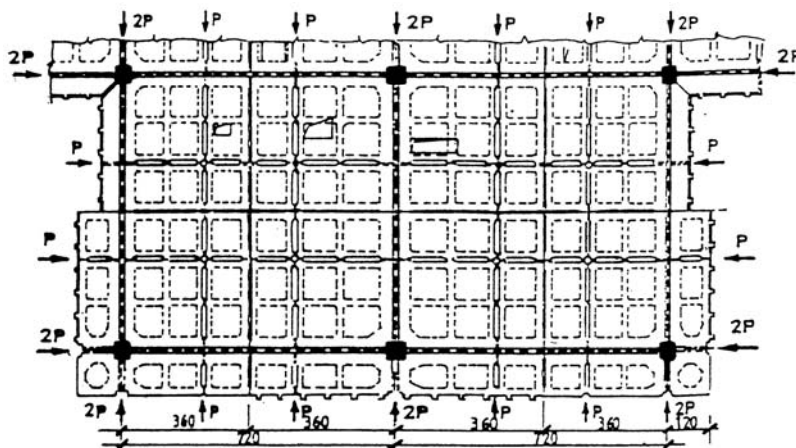
Az 1990-es évek elejétől, elsősorban az IMS rendszerű födémeknél jelentkező korróziós károsodások következtében, szükségessé váló megerősítések tervezésénél vált aktuális problémává az utófeszített vasbeton födém szerkezetek számítási modelljeinek elemzése. A károsodott födémek megerősítésénél sok esetben csúszókábeles feszítőbetétekkel kialakított hozzáadott feszítést alkalmaztak. Ebben a tanulmányban elsősorban az ezzel a módszerrel feszített födémlemezek teherbírásának számítására alkalmas modellek sajátosságaival foglalkozunk.

### 1. Bevezetés

A gyárilag zsírozott kemény polietilén csőben vezetett feszítőpázmák elterjedésével lehetőség nyílt monolit, utófeszített födémek gazdaságos előállítására. A módszert, elsősorban fejnélküli gomba-födémek építésére, széles körben alkalmazzák az utóbbi években az Egyesült Államokban, Ausztráliában és Nyugat-Európában. Magyarországon eddig csak híd és födém szerkezetek, valamint tartályok utólagos megerősítésénél, illetve új, hengeres vasbeton tartályok építésénél alkalmazták a csúszópázmás feszítést.

Több elemes IMS szerkezeti rendszerű födémeknél, ahol az előregyártott kazettás födém elemek egymás közti, és az oszlopokhoz való csatlakozását is csupán a feszítőerő biztosítja (1. ábra), a feszítőbetétek korróziója következtében szükségessé váló megerősítésnél, a korrózió következtében leépülő feszítőerő pótlására előnyösen alkalmazható a gyárilag korrózióvédett, KPE csőben vezetett feszítőpázmák.

A feszített tartók hozzáadott feszítéssel történő megerősítésénél mindig kényes probléma a megerősítéshez optimálisan szükséges feszítőerő meghatározása, figyelembe véve azt is, hogy egyrészt az erősítés időpontjában az eredeti feszítésből megmaradt feszítőerő mértéke nem ismert megfelelő pontossággal, így felmerülhet a túlfeszítés veszélye, másrészt az új, hozzáadott feszítésnek biztosítania kell a szerkezet teherbírását az eredeti feszítőerő teljes leépülése esetén is.



1. ábra

Az IMS rendszerű épületeket építő, azóta már felszámolt. Baranya megyei Állami Építőipari Vállalat (BÁÉV) területén, eredeti szerkezeteken végzett próbaterhelések eredményei azt mutatják, hogy a feszített födémek teherbírása a klasszikus modellekkel meghatározható számított értéket jóval meghaladja. Ennek valószínű oka az, hogy ezek a modellek az oszlopok összefeszítéséből származó befeszülést nem veszik figyelembe, márpedig ennek hatása, különösen a viszonylag nagy szerkezeti magassággal rendelkező bordás IMS födémeknél nagyon jelentős lehet.

Ebben a tanulmányban néhány lehetséges számítási modell alkalmazása esetén jelentkező eltérést és eredményt hasonlítjuk össze.

## 2. Lemez-tartórács modell

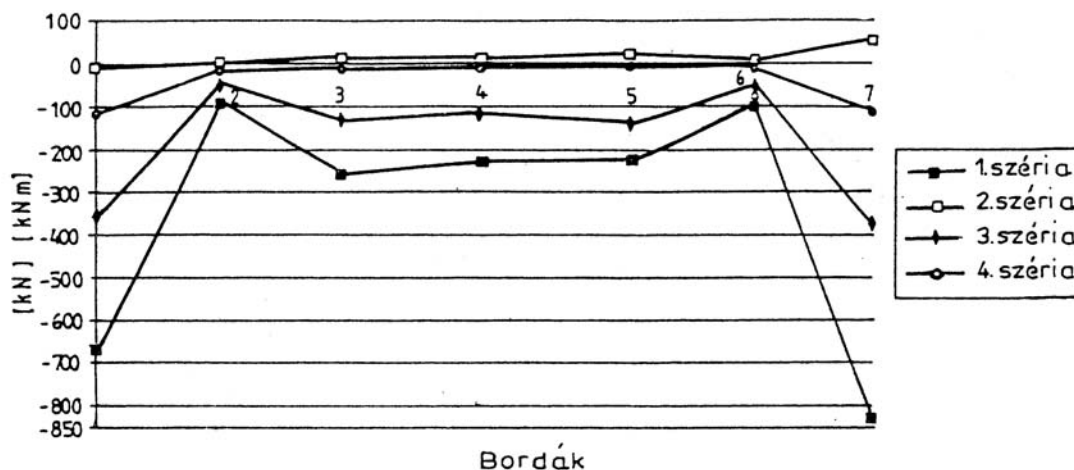
A rugalmasságtan elméletén alapuló két, vagy háromdimenziós lemez-tartórács modelleket elsősorban a födém használati határállapotokra való méretezésénél alkalmazzák. A kétdimenziós tartórács modell elsősorban a lemez síkjára merőleges terhekből származó igénybevételek meghatározására alkalmas. A feszítésből keletkező normálerőt ekkor általában a bordákban a feszítőerővel azonos intenzitású konstans nyomóerőként szokták figyelembe venni.

Térbeli tartórácsmodell alkalmazásánál az előzőeken kívül lehetőség van a födém síkjában működő hajlítónyomatékok, nyíróerők és a normálerők meghatározására is.

A- különböző modellek vizsgálata [1] alapján megállapítható, hogy a kazettás lemez-födémekben keletkező normálerő eloszlás meghatározására, valamint a lemez

középfelülete és a bordák szilárdsági tengelyei közötti külpontosság figyelembevételére a Szilárd [2] által javasolt lemez-tartórács modell alkalmazható.

A 2. ábra egy 7,2x7,2 m-es feszítávolságú kazettás lemez-födém egy belső mezőjében keletkező nyomatékok és normálerők változását mutatja az oszlopsávban a hozzáadott feszítéssel történő megerősítés után. A feszítőbetétek iránytöréséből keletkező hatásokat az iránytörési pontokban a födém síkjára merőlegesen működtetett koncentrált. erőkként vettük figyelembe. Az ábrán 1. és 2. jelű görbék a teljes, eredeti és hozzáadott feszítésből keletkező normálerőket és nyomatékokat mutatják a födém hasznos terhéből származó hatásokat figyelmen kívül hagyva. A 3. és 4. görbék az eredeti feszítés leépülése után keletkező normálerőket és hajlítónyomatékokat ábrázolják a teljes hasznos teherből származó hatások figyelembevételével.



2. ábra

Az ábra szerint a megerősítéshez szükséges feszítőerő a kritikus keresztmetszetekben keletkező mértékadó nyomatékok és a feszítésből származó normálerőhöz tartozó határnyomatékok összevetése alapján méretezhető.



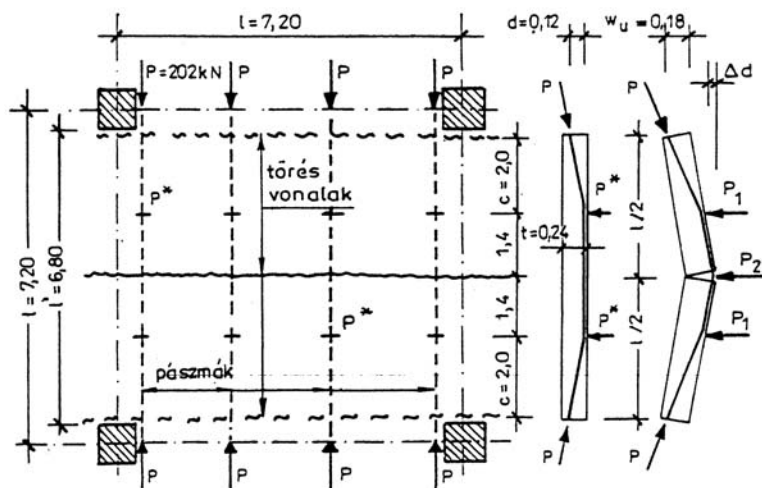
### 3. A födém teherbírásának számítása

#### 3.1. A teherbírás meghatározása törésvonal elmélettel

Egy födém megerősítéséhez szükséges minimális feszítőerő meghatározásánál alapvető szempont, hogy a szerkezet teherbírása az eredeti feszítőerő teljes leépülése után is biztosított legyen. Egy egyenletesen megoszló teherrel terhelt vasbeton lemez teherbírása meghatározásának klasszikus módja a törésvonal elmélet alkalmazása. A módszer lényege, hogy a lemez felületén felvett egyenes szakaszokból álló törésvonalak segítségével a szerkezetet mechanizmussá alakítjuk át, és meghatározzuk azt a minimális teherintenzitást amely egy ilyen mechanizmus kialakulásához szükséges. A lehetséges mechanizmusok közül azt tekintjük teherbírasi határállapotnak, melyhez a legkisebb törőteher intenzitás tartozik. Ilyen módon a törésvonal elmélettel számított teherintenzitás elméletileg fölülről közelíti a szerkezet tényleges törőterhét.

Az eljárás feszített lemezek esetén is alkalmazható azzal a feltétellel, hogy egyrészt a törésvonalak mentén figyelembe vehető határnyomatékok meghatározásánál a feszítésből származó normál-erőt is figyelembe kell venni, másrészt a feszítőbetétek irányváltoztatásából keletkező, és a födém síkjára közelítőleg merőlegesen működő iránytörési erőket a szerkezet terheinél a törési alakváltozáson végzett munkája meghatározásakor be kell számítani.

Egy pontokban megtámasztott fejnélküli gombafödém egy belső mezőjének lehetséges törési mechanizmusát mutatja be a 3. ábra.



3. ábra

Az ábrából kitűnik, hogy a feszítésből keletkező irányeltérítő erő a törési alakváltozás intenzitásától függően változó, és a

$$P_1 = \frac{P \cdot d}{c}, \text{ illetve } P_2 = 4P \frac{w_u}{l'} \quad (1)$$

összefüggésekkel jellemezhető, ahol  $P$  egy feszítőpázmában alkalmazott feszítőerő nagysága,  $c$  a feszítőbetét töréspontjának távolsága a negatív törésvonaltól számítva,  $d$  az irányeltérítés mértéke a lemez síkjára merőleges irányban, és  $l'$  a negatív törésvonalak egymástól mért távolsága.  $w_u$  a lemez maximális lehajlását jelenti törési határállapotban, melynek mértéke az európai szabályzatokban általában a feszítőtávolság negyvenedében korlátozott. Az egyenletesen megoszló teher  $q_u$  teherbírasi határértéke a külső és belső munkák egyenlővé tétele után határozható meg.

A 3. ábrán bemutatott 7,2x7,2 m támaszközü lemezmező esetén, mindkét irányban egyenletesen elosztott 4-4 db 150 mm<sup>2</sup> keresztmetszetű feszítőbetét alkalmazásával, betétenként 202 kN feszítőerő és az ábrán feltüntetett irányeltérítés feltételezésével a törésvonal elmélettel meghatározható törőteher intenzitás  $q_u$  10,3 kN/m<sup>2</sup>-re adódott mely érték 21 %-al haladja meg a födém tervezési teherintenzitá-

sát teherbírási határállapotban. A törésvonalak mentén fellépő határnyomatékok kiszámításánál a feszítőerőből származó normálerőhöz tartozó vasalatlan betonkeresztmetszet határnyomatékot vettük figyelembe.

### 3.2. A teherbírás becslése membrán modellel

1992-ben, az IMS rendszerű feszített födémeknél tapasztalható kábelkorróziós károsodások felfedezése után, a BÁÉV utódja, a pécsi Bázis Vállalat telepén próbaterheltek egy kísérleti célokra 1975-ben épített kétmezős, kételemes, 6,0x6,0 m támaszközü födémmezőt, amely az építés és a próbaterhelés között eltelt időszakban mindenféle burkolat nélkül, szabadon állt a telepen. A födémmező feszítése megfelelt az általánosan alkalmazott  $q_u=10$  kN/m<sup>2</sup> mértékadó teherintenzitásra tervezett födémeknél a klasszikus méretezési eljárásokkal adódó feszítésnek. A próbaterhelést a födémre épített kalodákba helyezett zúzottkő felhordásával végezték, miközben mérték a jellemző pontok lehajlásait.

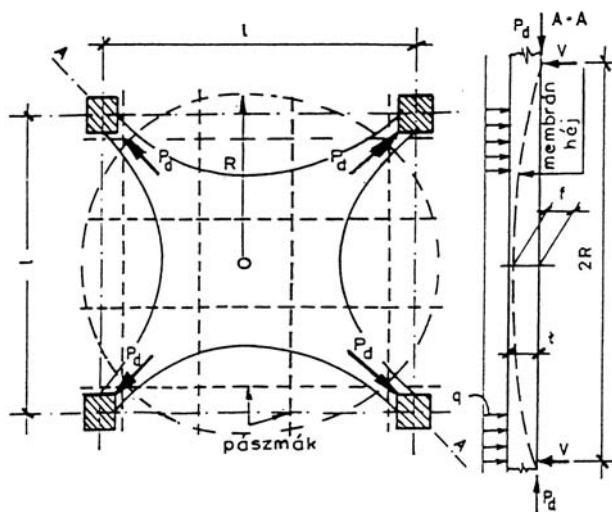
A próbaterhelést, a födém esetleges tönkremenetele esetére szükséges óvintézkedések betartásával, 35 kN/m<sup>2</sup> egyenletesen megoszló tehernek megfelelő vastagságú zúzottkőréteg felhordásáig végezték, miközben a lemezközép lehajlása, a tönkremenetelre utaló jelek jelentkezése nélkül maximum 15 mm, vagyis az alátámasztó oszlopok tengelytávolságának négyszázada volt.

A kísérlet elvégzése után a két födémmező kritikus keresztmetszeteit kibontották és azt tapasztalták, hogy a feszítőbetétek korróziója meglehetősen előrehaladott volt. Helyenként több feszítőhuzal a korrózió következtében el is szakadt. Ennek ellenére a födémmező a teherbírás kimerülésére utaló jelek nélkül jóval nagyobb terhelés viselésére volt képes mint a hagyományos számítási modellekkel meghatározható határérték. A teherbírás becslésére ezért a szerkezet tényleges viselkedését jobban közelítő modelleket célszerű alkalmazni. .

Első közelítésben egy belső födémmezőt a 4. ábra szerint egy a pereme mentén a feszítőerőből származó egyenletesen megoszló vízszintes teherrel megtámasztott forgási paraboloid membránkupolával helyettesítettük. Feltételezve, hogy a kupolára működő és alaprajzilag egyenletesen megoszlnak tekintett teher peremreakciójának vízszintes komponensét a feszítőerő egyensúlyozza., a födémre működtethető maximális  $q_u$  határteher és a födémmezőt helyettesítő membrán peremén alkalmazott  $p$  feszítőerő közötti összefüggés a

$$q_u = p \frac{4f}{R^2} \quad (2)$$

kifejezéssel adható meg, ahol  $R$  a helyettesítő membránkupola alaprajzi vetületének sugara,  $f$  pedig a kupola nyílmagassága, mely közelítőleg a lemez vastagságának 0,9-szeresével tekinthető azonosnak. Az  $R$  sugarat azzal a feltétellel célszerű meghatározni, hogy a forgási paraboloid membrán alaprajzi területe legyen azonos a vizsgált lemezmező területével.



4. ábra

A kupola peremén egyenletesnek tekintett  $p$  peremerőt a 4. ábra alapján a lemez kétirányú feszítésének a megtámasztó oszlopokra meghatározható  $P_d$  reakciójának alapján a

$$p = \frac{P_d}{R} \quad (3)$$

összefüggéssel vehetjük számításba.

A (2) összefüggés alkalmas ismert feszítőerő esetén a lemez határterhének, vagy adott egyenletesen megoszló terhelés esetén, a teherbírás biztosításához szükséges minimális feszítőerő becslésére.

Ellenőrzésképpen kiszámítottuk az előzőekben ismertetett próbaterhelt 6,0x6,0 m-es födémmező becsülhető teherbírását a membrán modell alapján. A födémekben mindkét irányban összesen 890 kN feszítőerőt alkalmaztak, ezzel az oszlopoknál fellépő reakció  $P_d=1258$  kN. Az egyenértékű kupola alaprajzának sugara  $l=3,4$  m és így a lemezmező számítható teherbírása

$$q_u = 34,6 \text{ kN/m}^2,$$

közel azonos a próbaterhelésnél felhordott maximális teherrel.

Hasonló módon meghatároztuk a 3. ábrán feltüntetett 7,2x7,2 m-es födémmező teherbírását is, amely a törésvonal elmélet alkalmazásával 10,3 kN/m<sup>2</sup>-re adódott. A membrán modell alapján számítható teherbírás ennél a lemeznél 14,7 kN/m<sup>2</sup>.

#### 4. Következtetések

Kísérletek és próbaterhelési eredmények tanúsága szerint a feszített lemezek teherbírása lényegesen meghaladhatja a klasszikus számítási modellekkel meghatározható teherbírást, még akkor is, ha elméletileg az alkalmazott módszer alapján számított teherbírás a tényleges érték felső korlátját jelenti (ld. törésvonal elmélet). Ha szükségünk van arra, hogy a szerkezet teherbírását pontosabban becsüljük új modelleket kell alkalmaznunk. Egy feszített födém megerősítésénél például nagyon fontos, hogy az erősítéshez szükséges hozzáadott feszítés ne legyen több a minimálisan szükségesnél, ellenkező esetben a többlet feszítéssel a lemezt tönkreteljesítjük, mivel az eredeti feszítésből a megerősítés időpontjában megmaradó feszítés mértékét nem ismerjük megbízhatóan:

A tanulmányban megmutattuk, hogy egy egyszerű, membrán kupola modell alkalmazásával feszített fejnélküli gombafödémek teherbírása egyszerűen becsülhető. A modell elsősorban négyzetes alaprajzi elrendezésben kiosztott megtámasztás és kétirányban egyenletes feszítés esetén alkalmazható, de továbbfejleszthető más alaprajzi kialakítások esetére is. Négyzetes alaprajzi elrendezésnél a számítási eredményeket tényleges födémeken végzett próbaterhelések eredményei is alátámasztják.

#### Hivatkozások

- [1] Farkas Gy., Lovas A. : Comparative Models of Precast Waffle Slabs due to Post- Tensioning, *Periodica Polytechnica Civil Eng.* Vol. 38, No 4. pp. 375-386, (1994)
- [2] Szilárd R. Finite Berechnungsmethoden der Strukturmechanik, *Ernst & Sohn*, Berlin. (1990)
- [3] Farkas Gy., Lovas A. : Strengthening of Existing Precast Waffle Slabs Using . Unbonded Tendons, *Proceedings of the IABSE Symposium*, San Francisco; pp. 973-978, (1995)
- [4] Farkas Gy.: Strengthening of Prestressed Floors by Additional Post Tensioning, *Symposium Papers*, FIP Symposium on Post-Tensioned Concrete Structures Vol. 1: pp. 454-463. London, (1996)
- [5] Bódi I.: Strengthening of prestressing concrete waffle slab-columns systems damaged by corrosion. *Proceedings of F.I.P. '92 Symposium*, Budapest Vol. 1., pp. 439-442. (1992)
- [6] Bódi I- Tassi G.: Problems of tall buildings damaged by corrosion *Proceedings of International Conference on Tall Buildings*, Rio de Janeiro, Vol. 1. pp.709.-723. (1993)

---

## Látszóbeton felületek kialakítása napjainkban

### REALISING UNTREATED CONCRETE SURFACES NOWADAYS

Farsang Attila

BME Építészmérnöki Kar, Épületszerkezzetani Tanszék

A gondosan elkészített betonfelület, külső és belső térben egyaránt, alkalmas lehet nyers felületként való megjelenésre is. Ennek alapfeltétele, hogy az anyagösszetétel, a bedolgozás minősége megfelelő legyen, szennyeződések miatt ne váljék foltossá, ne legyen rajta karbonátosodás okozta, egyenlőtlen kivirágzás, a tervezett szín és felület megvalósuljon, síkbeli elváltozásoktól, fészkektől mentes legyen, szembetűnő repedéseket ne tartalmazzon, a felületi légpórusok mennyisége az előre meghatározott korlátérték alatt maradjon, és a szükség szerinti védőkezeléssel, illetve felületvédelemmel ellátott legyen. Napjaink építőipara a száraz, szerelt jellegű építési technológiákat részesíti előnyben, ám sok esetben nem ez adja a megfelelő megoldást: ilyenek például a formaalakítás szabadsága, a felületek változatossága, utólagos alakíthatóság igénye. Fontos megemlíteni, hogy az építési tevékenység a látszóbetonok esetében (is), nem csupán a tervezést és a kivitelezést jelenti, hanem a gondos karbantartást-üzemeltetést is (felülettisztítás, betonvédelem, betonjavítás).

A mélyépítésben (műtárgyak készítésekor: hidak, alagutak, zajvédő alak, támfalak, csatornák, útburkolatok, stb.), a magasépítésben (középületek, ipari- és mezőgazdasági épületek, lakóépületek), valamint a kert- és tájépítésben (lépcsőelemek, utcabútorok, lámpaoszlopok, járólapok, szobrok, kerti támfalak) alkalmazott betonokról beszélhetünk. A szerkezeti szerep meghatározásával további csoportosítást készíthetünk. Az öntöttfalas építés területén rengeteg különböző technológia terjedt el. A gyors és precíz építési folyamatoknak köszönhetően a felületkezelések leegyszerűsödtek, hiszen a megfelelően sima belső betonfelületek nem igényelnek utólagos vakolást, illetve egyéb „vastag” bevonatot. A betonszerkezetű falak esetén mindig megoldandó a hőszigetelés kérdése, mely készülhet szerelt jelleggel a külső homlokzati síkon, hőszigetelő rendszerű vakolattal, hőszigetelő anyagú zsaluelemként bentmaradó jelleggel, és maghőszigetelésként is. Ez utóbbinál a technológiai fejlesztések következtében ma már megoldottá vált a külső és belső betonréteg korszerű kapcsolata is az eddig használatos „betonacél-tüskés” megoldás helyett. A belső (teherhordó) és a külső köpeny összekapcsolása üvegszál-erősítésű műanyag kapcsolóelemekkel történik (pl. a Thermomass rendszer, és elemei), mely elemek hőhídmentes, stabil kapcsolatot biztosítanak a két betonréteg között, nagy hajlító szilárdsággal bírnak, valamint ellenállnak a korróziónak, és az agresszív vegyi anyagoknak.

Az építész igényelte optikai hatás, legtöbbször, a felület simaságával, esetleg osztás-rajzolatával, tehát egyszerű eszközökkel érhető el (pl. Japán, francia építészet). Sok esetben a homogenitás szépsége adja a kívánt eredményt. A zsaluzatok minőségi fejlődése gyakorlatilag az építészet bármely területén lehetővé teszi alkalmazásukat. A látszóbeton fém, fa, műanyag anyagú zsaluzat, valamint különféle héjzsaluzatok (beton, kerámia, kő) alkalmazásával is készíthető. A készítés során felület- és minta-meghatározó tényezőket kell figyelembe venni. Ilyenek a vasalat, az anyagstruktúra, a rajzolat, a zsaluleválasztók milyensége, a zsaluelemek geometriai méretei, a zsaluelemek profilozása és felülete, a felhasznált cement színe, sőt gyártási helye és ideje. Műemléki felújítások esetén sokszor csak ez a fajta felületalakítás jelenthet megoldást (Berlin, Brugge, London, Sopron belvárosának felújításai).

„Klasszikus” látszóbeton esetén a betonfelület további megmunkálás nélkül úgy marad, ahogy a zsaluzatból kikerült, ez esetben a cementszemcséből képződött cementkő-film elfedi az adalékszemcséket. Fém zsaluzatokkal nagyfokú precizitás érhető el, és teljesen sima felületet adnak. A gyalulatlan „szőrös” deszkazsaluzat erezése tetszetős lenyomatot hagy a betonfelületben. A zsaluzati deszkák elhelyezési irányának változtatásával (tervezetten vagy ötletszerűen kiosztva), különböző szélességű (homokfűvott, gyalult, gyalulatlan, mázolt) deszkák alkalmazásával az esztétikai hatás fokozható.

A sima látszóbeton felületek plasztikai élénkítése végett a zsaluzatra lehet tenni: ritkán, sűrűn vagy ritmikusan alkalmazott trapéz vagy félkör szelvényű, keskenyebb vagy szélesebb léceket, geometrikus vagy akár absztrakt rajzú, képzőművész által megkomponált, egy- vagy többretegű, kisebb vagy nagyobb mélységű plasztikát kialakító deszka-, palló-, illetve gipszrátéteket.

Műanyag lemezzel burkolt vagy fém zsaluzattal tökéletesen sima felületet lehet elérni, különféle dombornyomott betétlemezeket (pl. a Noe-zsalurendszer elemeit) használva pedig változatos plasztikájú betonfelület hozható létre.

---

A látszó felület más anyagokkal „vegyítve” is készíthető. Ilyen a *betonelemek alkalmazása más burkolatban* (pl. Staatsgalerie Stuttgart), vagy éppen a betonba helyezett más elemek megjelenése, *idegen anyagok úsztatása* a felületbe (pl. Corbusier épületei / Ronchamp:Kápolna, Marseilles:Unité d’Habitation). Ezzel elérhető a betonmezők ridegségének oldása.

Ha a klasszikusnak mondott kialakítás nem megfelelő a megmunkált felületű beton lehet a megoldás. Ekkor eltűnik a cementkő-film, és láthatóvá válnak az adalékanyag szemcséi is. A megmunkálási lehetőségek sokfélék, így igen változatosak a kialakítható betonfelületek is. *Mosott* felületalakítás esetén a még meg nem kötött felületről vízsugárral és erős gyökérkefével eltávolítják a cementszemcséket. A mosás következtében az adalékanyag szemcsék természetes gömbölyű vagy szegletes formájukban elég erőteljes felületi plasztikával jelentkeznek. Ez a technika nem annyira a monolit, hanem inkább a vízszintes helyzetben gyártott elemek felületalakítására alkalmas, és a hazai házgyárak kedvelt megoldása volt sokáig. *Homokfűvásos* megoldás esetén a pneumatikus úton a felületre lövellt homok a cementszemcséket lekoptatja. A homokfűvásos eljárás a mosott betonhoz hasonló, de kevésbé plasztikus, mert inkább egysíkú lesz a betonfelület, mivel a homok magukat az adalékanyag szemcséket és a cementkővet is egyenletesen koptatja. *Csiszolt és karcolt* felület létrehozásakor a betont csiszológéppel kell megmunkálni, ami fénylő felületet eredményez. Készítése a kő-, ill. műköipar technológiája szerint történik. *Látszóadalékos* felületképzésnél a még meg nem kötött felületbe nagy nyomáson adalékot préselnek be. Ez a technika is inkább a vízszintes helyzetben gyártott betonfelületek készítésére alkalmas. *Hasított* betonfelület készítésekor a lapokat előregyártott tömbökből többtömbös présekkel hasítják. Jó minőségű préselt betonnal elérhető, hogy hasításkor az adalékanyag-szemcse törik, és nem kifordul a kötőanyag ágyazatból, ezáltal szép, kristályos csillogású, élénk színű felület nyerhető. *Fűrészelt* betonfelületnél az előre elkészített betontömbökből tetszőleges méretű, vágott felületű elem nyerhető. A nyersbeton kézi vagy gépi kőfaragó szerszámokkal való *kőszerű* megmunkálására a beton teljes megszilárdulása után kerülhet sor. Érdekes hatású finom, közepes és durva textúra érhető el: hegyes vésővel, szemcsésző kalapáccsal, bordázással, rovátkolással. *Természetes kövek illúzióját* adják a nyomott betontechnológiával készített díszburkolatok. A technológia sikeresen ötvözi a beton előnyös mechanikai tulajdonságait a természetes kövek szépségével (nyomott beton, stencilbeton, antikolt felület). A beton jól ismert szürke *színének változtatása* a betonba keverve (anyagában színezett beton), a beton külső kérgének színezésével, kétrétegű betonozással, és a betonfelületre felhordva (utólagos színezés) lehetséges.

Az előregyártás területén is rengeteg lehetőség kínálkozik. A tetszőleges mintázattal, struktúrával készített kéregelemeket (üzemben vagy a helyszínen előregyártva) falak, támfalak felületeként alkalmazhatják. A látszó szerkezeti elemek esztétikussá tehetők, bevonhatók az épület homlokzatalakításába (nagyobb tervezői szabadság).

A betontervezésben újabb és újabb anyagok, technológiák jelennek meg. A sok problémát megoldó láthatatlan, lélegző felületkezelések nemcsak az újonnan készítendő szerkezeteinket védik a különféle károsító hatásoktól, hanem a már meglévőket is kezelhetjük velük. A tetszőleges színezéssel, tetszőleges struktúrát adó bevonattal ellátott felületek újabb lehetőséget adnak az építészeknek a külső és belső homlokzattervezésben.

A látszóbeton hibák kijavítására, a felületek frissítésére, másrészt az agresszív légköri hatások elleni védelem céljára ma már nagyon sokféle *felületvédő- és betonfelújító anyag* áll rendelkezésre (Mapei, Deitermann, Sika, Concretin, Schomburg, Servind termékek). Egyéb igények is kielégíthetők efféle kezelőanyagokkal: az impregnálás, a zuzmólerakodás-, graffiti-, és egyéb hatások elleni védelem. Lehetnek vékony és vastag, valamint látszó és nem látszó (áttetsző) felületkezelések. A betonhoz adandó, vagy felületére kerülő anyagok megvizsgálása rendkívül fontos feladat (rontja-e a beton valamely tulajdonságát, matt vagy fényes felületet ad-e, tapad-e a felületre, nem változtatja-e meg a felület textúráját, lélegző marad-e a szerkezet).

Adottak azok a technikai lehetőségek és az a tudás, melyeket felhasználva az új formákkal, felületképzési eljárásokkal a látszóbetont újra egy közkedvelt, megbízható építési formává változtathatják. A látszóbeton, mint építészeti elem anyagszerű, őszinte. Megjelenésében, kialakítási módjában, színezésében széles választék áll rendelkezésre és a döntés egyrészt a tervező építészeti felfogásától és ízlésétől, másrészt az építési körülmények mérlegelésétől függ. Napjainkban sajnos a kivitelezők nagy része „túl nehéz feladatot” lát a minőségi betonfelületek készítésben, a tervezők pedig sok esetben ezért nem is merik „felvállalni”. A nyugat-európai példákkal ellentétben, Magyarországon csupán egy kisebb kivitelezői kör vállalkozik rendszeresen helyszíni nyersbeton felület elkészítésére (előregyártott formáját azonban rendszeresen készítik). A minőségi munka való „rákényszerítés” azonban elvezethet ahhoz az ideális állapothoz, hogy a helyszínen és üzemben készülő szerkezetek, felületek (az odafigyelést, a hosszas előkészítést, és a nagy élőmunkát igénylő munkafolyamatok ellenére is) elkészíthetők lesznek a terveknek megfelelően.

---

## Vízzáró betonok épületszerkezeti megoldásai

### STRUCTURAL SOLUTIONS FOR WATERPROOF CONCRETES

Farsang Attila

BME Építészmérnöki Kar, Épületszerkezettani Tanszék

Vízzáró betonszerkezetekkel készülő épületek egyre gyakrabban kerülnek ki a hazai tervezők és kivitelezők kezei közül. Sok esetben azonban nem a kívánt eredmény születik. A beépített építőanyagok és a belső terek rendszeresen nedvesednek, vízbetörések, jelentős szerkezeti károk keletkeznek.

A munkában résztvevők (tervezők, kivitelezők) ezen technológiát rendszeresen, mint „olcsósítási” megoldást alkalmazzák, ami óriási félreértés. Egy helyesen, az előírásoknak megfelelően kialakított vízzáró betonszerkezet, az összes kiegészítő elemével együtt (az anyagárat és a munkadíjat tekintve) nem kerül kevesebbe, mint a hagyományos megoldás (lemezes szigeteléssel védett fal- és padló szerkezet). Előnye elsősorban a munkavégzés gyorsaságában rejlik (amennyiben valaki ezt rutinszerűen, de emellett rendkívüli odafigyeléssel képes kivitelezni). A vízzáró betonoknál alkalmazott kevés számú építőanyaggal viszonylag kevés hibalehetőség jár együtt, ami összességében a munka meggyorsítását és jó minőségét eredményezheti. A felelőtlen munkavégzés, és a hagyományos betonozási munkával való összekeverése miatt (tervezői és kivitelezői részről egyaránt) rengeteg hiba keletkezik (tehát éppen az említett előnyét veszítjük el).

#### A tárgyalt szerkezetek épületen belüli elhelyezkedése

Az épületen belül vízzáró betont a talajnedvesség, talajvíznyomás, és rétegvíz elleni terhelésnek kitett szerkezetek védelmére alkalmazhatunk, így elsősorban talajban lévő szerkezetként jelennek meg. Ezek lehetnek függőleges (falak), ferde (lépcsők) és vízszintes (alaplemezek) szerkezetek egyaránt.

A vízzáró betonokat az épületek alapozásaként vagy annak kapcsolódó szerkezeteiként készítik, így hibájuk akár az épület teljes károsodását is okozhatja. Ezért a nagy odafigyeléssel kell a feladat megfelelő, felelősségteljes elvégzéséhez fogni.

Jelen munka megkísérli bemutatni az így készülő épületrészek helyes kialakítását elősegítő főbb tervezési elveket és konkrét épületszerkezeti megoldásokat. Nem foglalkozik azonban olyan egyéb fontos tényezőkkel, mint például a betontechnológia. Fontos azonban megemlíteni, hogy a vízzáró képesség nagymértékben függ a bedolgozási munka minőségétől (zsaluba juttatás, tömörítés), a betonba tett adalékszerek mennyiségi-minőségi paramétereitől, az utókezelés módjától (és annak idejétől), és nem utolsósorban a betonkeverék v/c tényezőjétől.

#### Jellegetes tervezési, kivitelezési, használati hibák

(amit a szakvéleményekben olvasni lehet)

A vízzáró beton készítése alapvetően korszerű technológia, ennél fogva napjaink legújabb építőanyagait, a beépítéshez szükséges segédeszközöket, valamint a legfrissebb betontechnológiai ismereteket kell alkalmazni. Ez felkészült tervezőket, és nem utolsósorban hozzáértő kivitelezői gárdát követel meg az építés teljes folyamatában.

Rengeteg hiba a probléma leegyszerűsítésében gyökerezik, mert sok tervező úgy véli, elég feltüntetni a tervdokumentáció lapjain, hogy „vízzáró beton”. Ezáltal sem a pinceszinteket határoló falak, sem az alaplemezek, sem az egyéb szerkezetek részletképzései nem kerülnek megoldásra (nem készülnek rajzok, a vonatkozó adatok nem kerülnek bele a műszaki leírásba, a költségvetésbe). Kapcsolódó probléma, hogy a kivitelező sem „hiányolja” ezen terveket. A hibák tehát elsősorban a megtervezetlenség, azon túl pedig a kellő betontechnológiai és szerkezeti ismeretek hiánya miatt következnek be.

Elmondható, hogy a tervkészítés során, a kapcsolódó részlettervek száma nem kevesebb, mint amit egy hagyományos technológiával épített szerkezetről (az épület bonyolultságának függvényében legalább 30-40 részletterv és a kapcsolódó általános tervek szükségesek).

A megfelelő eredmény eléréséhez megoldásra vár a falak és alaplemezek találkozása, a liftaknák és egyéb sülyesztékek, aknák kialakítása, a gépészeti csőáttörések falakon-, a vízelvezetések (víznyelők, folyókák) alaplemezen való átvezetésének részletképzései, a munkahézag- és dilatációképzések, a rámpák és lépcsők kialakítási módja, a falak és födémek kapcsolatai.

A nem vízzáróvá tett vízszintes és függőleges munkahézagok, csőáttörések esetén jelentős vízbetörések tapasztalhatók (talajvíznyomás, rétegvíz esetén). A nem azonos vízzáró képességű betonrészek, betonozási ütemek (eltérő betonminőség) szintén a nedvesség belső térben történő megjelenéséhez vezethetnek. Az elvékonyodó vízzáró szerkezetek (pl. az alaplemez vastagsági csökkenése a beépített gépészeti csövek és a folyókák alatt) a szerkezete nedvességgel szembeni ellenállását rontja.

Nem elegendő azonban csak az alulról és kívülről jövő nedvesség, illetve károsítók ellen védeni a vízzáró beton szerkezeteket. Amint ugyanis egyéb (belülről jövő) tényezők gyengítik a szerkezetet, annak külső hatásokkal szembeni ellenállása (jelen esetben vízzáró képessége) is jelentősen lecsökken. Itt kell megemlíteni a betonvédelem rendszeres elmaradását is, melynek következtében víz, olaj, sók, savak (gázok és nedvesség együtt) kerülnek a betonba, rontva annak szilárdságát, vegyi ellenállását, csökkentve lúgosságát, növelve korrózióját.

A hibák bekövetkezésének egy sajátos oka, amikor a felelőtlen használói magatartás miatt következnek be károsodások. Ezen esetekben a tulajdonosok / üzemeltetők nem tartják be az épületre vonatkozó „használati utasításokat” (sok esetben azért, mert nincs is tudomásuk róla), nem a rendeltetésnek megfelelően használják azt. Ilyen esetek elsősorban funkcióváltások következtében (pl. új tulajdonos érkezik új elképzelésekkel) vagy az épületbe vetett túlzottan nagy „bizalom” esetén történnek. A megváltozott funkció új, és fokozottabb terheléseknek teszi ki a szerkezeteket (belülről), valamint nem számol a szerkezeteket érő „új” hatásokkal (más szárazsági követelmények, ezáltal más szigetelési-, gépészeti- és egyéb igény). Ennek eredményeképpen a szerkezetek tönkremennek, a használat lehetetlenné (netán egészségkárosítóvá, balesetveszélyessé) válik.

### **Alapelvek, meghatározások és a szerkezetekre vonatkozó követelmények**

Jelentős félreértéseket okoz a vízzáróság fogalma körüli zavar. Ennek megértéséhez tisztáznunk kell a belső térre vonatkozó szárazsági követelményeket. A teljes szárazság az állandó emberi tartózkodás alkalmas- (lakás, iroda, kórház, iskola), nedvességre érzékeny technológiákkal működő-, vagy ilyen anyagok tárolására szolgáló (papír, élelmiszer, vegyi anyagok, mikroelektronika) tereknél szükséges. Az úgynevezett „porszárazság” követelménynél a védett terekben a viszonylagos légnedvesség felső értéke a meghatározó.

A viszonylagos szárazság esetén a szerkezeten valamennyi nedvesség áthatolhat, azonban ez a belső tér rendeltetészerű használatához szükséges légállapot jellemzőket és az egészséges környezetet, valamint az épületszerkezetek állagát károsan nem befolyásolhatja.

Az alábbi meghatározások az Épületszigetelők, Tetőfedők és Bádigosok Magyarországi Szövetsége (ÉMSZ) által kiadott „Talajnedvesség és talajvíz elleni szigetelések tervezési és kivitelezési irányelvei” című kiadványban foglaltak szerint történt.

A különböző vízzáróságú betonok jele és követelményértékei (az MSZ 4719 szerint minősítve, az MSZ 4715-3 szerint vizsgálva) alább olvashatók:

Léteznek a vz2, vz4, vz6, vz8 fokozatok, ahol a számérték az a bar-ban kifejezett víznyomás, amelynél az adott fokozatú beton a víznyomást nem engedi át. Ezen belül gyengén vízzáró (vz2), mérsékeltén vízzáró (vz4), vízzáró (vz6), és különlegesen vízzáró (vz8) betonokról beszélhetünk.

A vízzáró (vas)beton szerkezet az, amelynek 1 m<sup>2</sup> felületén, 1 nap alatt (24 óra), legfeljebb 0,2 liter nedvesség szívárog keresztül (jut a belső térbe). Jól szellőző helyiségben (vagy szabad térben) ez a vízmennyiség el is tud párologni, így a felületen nedvesség nem észlelhető.

Az építés során a „vz” kategóriák közti döntések már közepes méretű épületnél is milliós tételeket jelentenek, így ennek helyes kiválasztása (emiatt is) komoly előkészítő munkát igényel.

Bizonyos esetekben, például nagy belső páratelhelésű tereknél, akkor is célszerű magasabb vízzárósági fokozatot készíteni, ha a belső oldalon külön páravédelmi bevonat is készül (a betonacélok korróziójának csökkentése érdekében).

A pincszinteken általában parkoló-terekkel találkozhatunk, ahol külön igény hiányában, a viszonylagos szárazság is elegendő lehet. Azonban ezen terekhez olyan járulékos helyiségek is kapcsó-

---

lódhatnak, melyeknek porszárazsági igénye van. Ilyenek lehetnek a lépcsőházak, az elektromos kapcsolóhelyiségek, trafók, és azon raktárhelyiségek, melyekben nedvességre érzékeny anyagokat tárolnak. Porszárazság (teljes szárazság) esetén még kis mennyiségű nedvesség sem kerülhet a belső terekbe, így mindig vízhatlan szigetelésre van szükség. A vízzáró betonszerkezet tehát valamely más szigetelési móddal kiegészítendő, kombinálandó, illetve önmagában nem alkalmazható.

Amennyiben az épület élete során funkcióváltás történik a vízzáró betonnal védett szakaszokon, akkor ez további szigetelési intézkedéseket vonhat maga után, és szaktervező bevonása javasolt.

A tervezés során tisztában kell lennünk a talajmechanikai szakvélemény alapján meghatározott a mértékadó talajvízszint helyével (a maximális talajvízszint felett 50 cm-rel!), ezáltal a szerkezeteket terhelő vízoszlop magasságával, hogy meghatározhassuk, hogy a szigetelő szerkezeteknek mi ellen kell védekeznie. A talajvíz agresszivitására vonatkozó pontos adatokat, és az egyéb kapcsolódó megjegyzéseket, szintén szem előtt kell tartani.

A vízzáró beton szerkezeteket a vonatkozó statikai és a szigetelési (épületszerkezeti) terveknek megfelelően kell kialakítani.

A pinceszintek szerkezetkialakítása és nedvességvédelme vízzáró alaplemez és falszerkezet, bebetonozott műanyag munkahézag- és dilatációs szalagok, duzzadó szalagok, tömített csőáttörések, kiegészítő acéllemez szigetelések, a földemeken és a földemperemeken bebetonozott műanyag szalagok együttes alkalmazásával kerülhet megvalósításra.

### **Javasolt hagyományos és korszerű megoldások**

A bemutatásra kerülő példa egy pinceszintet tartalmazó épület, ahol garázs tér kapott helyet (rámpán keresztüli megközelítéssel). Mellette elektromos kapcsolóhelyiség, lépcsőház, raktárterek.

A nedvesség elleni védelmet a szerelőbetonra vagy egyéb tisztasági felületre készített, a konkrét víznyomás függvényében méretezett (legalább 40 cm vastag), korlátozott repedés tágasságú, meghatározott vízzárósági fokozatú (lásd fentebb), vízzáró alaplemez, valamint ugyanilyen vízzárósági fokozatú, méretezett (legalább 30 cm) vízzáró falszerkezet adja. Ezek pontos paramétereiről, vízzárási tulajdonságairól a statikai tervek nyilatkoznak. A szerelőbeton alatt tömörített, általában 15-20 cm vastag, homokos kavics réteg készül.

A garázs funkció megengedi a „viszonylagos szárazság” követelményt. Általában a pinceszint nagy részén a vízzáró alaplemez szerkezet is elégséges.

A parkoló szinten található egyéb helyiségek, lépcsőházi közlekedőterek, gépészeti terek, stb. esetén azonban porszárazsági követelmény teljesítése szükséges. A porszárazsági igény biztosítására a felületre felülről bevonatszigetelés készül (a burkolati rétegek alá vagy járható módon), ami egyben a felülről jövő terhelések ellen is védi a szerkezeteket.

A lemezalap és a falszerkezetek határán, a kivitelezhetőségből adódóan, (tervezett) munkahézag alakul ki (de kialakíthatunk a beton zsugorodása miatt is munkahézagokat). Ezen keresztül a víznyomás hatására nedvesség bejutása várható. Ennek megakadályozására a kialakult hézagba műanyag szalagot kell beépíteni, a faltest középvonalába. Ezen bordázott elem a vízút megnövelésével fejt ki hatását. A megoldást a statikus tervezők nem kedvelik, mert erőteljesen befolyásolja őket a betonacélok szabad elhelyezésében és inkább a külső oldali, felületi szalagokat ajánlják. Utóbbi azonban kevésbé hatásos védelmet nyújt, mivel a víznek könnyebb azt megkerülni, és erősen kitett a mechanikai sérülés veszélyének.

A liftakna, a gépészeti akna, és egyéb süllyesztékek fenéklemeze és a függőleges (leforduló) alaplemez szakasz határán is munkahézag alakul ki. Itt a megnövekedett víznyomás miatt a műanyag szalag mellett javasolt duzzadó szalagot, szalagokat is beépíteni. A munkahézagba helyezett szalag a szivárgó vízzel való érintkezést követően megduzzad, és az őt körülvevő betonhoz szorul, azt hosszabb útra kényszeríti, így a „kerülőútas vízgátlás” elvén védi a mögötte elhelyezkedő helyiségeket (a víz útja a megduzzadó profilt kerülgetve megnő, nyomása lecsökken).

A duzzadó szalagokat utólagosan ki is injektálhatjuk (ha olyan típust építünk be). Nincs szükség bontásra, fűrészekre, hanem a beépített csöveken keresztül tömítő anyagot juttathatunk a szerkezet belsőjébe, a munkahézag zárása céljából.

Fontos felhívni a figyelmet arra, hogy egyes esetekben előfordulhat nem tervezett (spontán) munkahézag is (időjárási viszonyok hirtelen megváltoznak, késik a beton). Javasolt a tervezőknek erre az esetre is részlettervet kidolgozni.



---

A falon átvezetett csővezetékeket, cső a csőben elv szerint (köpenycső és haszoncső), azokat talajnedvesség vagy talajvíznyomás ellen tömítve kell elkészíteni. Talajvíznyomás esetén a falközépen elhelyezett acélkarima tövébe, a külső oldalon, duzzadó profil elhelyezése szükséges.

A padló, rámpa és falszerkezetek betonját érő terhelések (CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> gázok, csapadék, UV-sugárzás, szélteher) miatt azok felületén bevonati réteget kell készíteni, amely általában színezhető, több rétegű.

Folyókákat a parkolósintre jutó (csapadékvíz és / vagy csurgalékvíz) felületen megjelenő vizek elvezetésére építünk be az aljzatbetonba (amennyiben az alaplemezbe süllyesztjük, úgy ott az alaplemez felvastagítása elengedhetetlen). Víz elvezető gépészeti csövek (Ø) az alaplemezben 0,5%-os hosszlejtéssel kerülnek elhelyezésre, a vasalathoz rögzítve. Az acélcsövek hosszoldása vízhatlan varratokkal, a PE csövek pedig vízhatlan hegesztéssel történhet. A csővezetést a vasalatok helyzetével össze kell egyeztetni, és a lemezszerkezetet a csövek alatt fel kell vastagítani (vízzáróság állandósága miatt).

A lehajtórámpa lemez és az épület alaplemezének dilatációjánál (és a rámpafal-pincefal dilatációjánál) mind az alaplemez, mind a lehajtórámpa legalább 40 cm vastag vízzáró vasbeton lemezszerkezet kell legyen. A két egység között süllyedéskülönbség várható, melynek mindenkor pontos mértékéről a statikus tervező nyilatkozik. Meg kell oldani nemcsak az épület, hanem a rámpalemez felúszás elleni védelmét is (melynél az utóbbi, a csekély súly miatt, különösen nehéz feladat). A lemezek közötti dilatációs hézag felső lezárása vízhatlanságot biztosító, mindkét lemez szélére ledűbelezett, több cm-t áthidalni tudó, acél dilatációs szerelvény kerül. Az acél dilatációs szerelvényt a falra is fel kell vezetni legalább 20 cm magasságig. A víznyomás felőli oldalon bordázott, hézagzáró, és vízút meghosszabbítást adó műanyag szalagot kell beépíteni (kb. 15-15 cm-t a szerkezetekbe fogni), amit a lemez oldalfalai és a vasbeton pincefalak közötti részbe is fel kell vezetni a terepszintig (illetve amíg a falszerkezetek elfogynak, a falak felső síkjáig). Az egységeket összenyomható hőszigetelés (ásványi szál, PE hab) választja el egymástól. Kemény műanyag habok alkalmazása a dilatációkban, minden esetben tilos.

Az épület alaplemezének szélébe ágyazott, acélperemű, horganyzott acél járóráccsal ellátott, személygépkocsival járható (D400 terhelési osztályú) folyóka is készül, melynek pereme mentén, poliuretánkitt tömítés készül.

### **A tervezés szerepe, fontossága (összefoglalás)**

Egyre több és több szakértésre, valamint ezzel kapcsolatosan felújítási munkákra kerül sor. Kiderülnek a hibák okai, előtérbe kerülnek azok okozói. Egyszer talán eljutunk oda, hogy nem lehet büntetlenül az üzemszerű használatot nehezítő, károsodott szerkezetekkel bíró épületeket létrehozni. A rosszul kialakított szerkezeteket javítani nehéz (elkészülnek a felmenő szerkezetek vagy használatba kerül), a javított szerkezet már nem egyenértékű (nem azonos várható élettartamú) egy jól elkészítettel, és növeli a fenntartási költségeket. Sajnos a sok hibát látva félő, hogy előbb-utóbb kialakul azon téves meggyőződés, miszerint a vízzáró betonok készítésével összefüggő munkafolyamatok nem végezhető el kellő sikerességgel, és azt gondolhatjuk, hogy az ilyen szerkezetek rendszerint működésképtelenek, beáznak, károsodnak. Megtörténhet az is, hogy még a legfelkészültebb kivitelező cégek sem „mernek” majd vállalkozni ezen szerkezet-típusok kivitelezésére.

---

# Az ISEKI vákuumos szennyvízgyűjtő rendszer

## ISEKI VACUUM SEWERAGE SYSTEM

Dr. Fábry György

AXIS Mérnöki és Gazdasági Tanácsadó Kft., Budapest

### Rövid rendszerleírás

#### Short description

A világ számos országában, így többek között Japánban, Angliában, Írországbban, Venezuelában, Egyesült Arab Emirátusokban, Ausztráliában, Hong Kongban, Malajziában, a Fülöp Szigeteken, és az Egyesült Államokban működik az ISEKI típusú vákuumos szennyvízelvezető rendszer.

Magyarországon 1994-ben készült el és lett üzembehelyezve az első település ISEKI vákuumos szennyvízcsatorna hálózat I. üteme Pilis nagyközségben. Azóta már negyven településen működik ISEKI hálózat, összességében több mint 1400 km hosszú csővezeték hálózattal, 50 000 feletti számú ingatlant ellátva.

#### A rendszer működési elve

A teljesen zárt, hegesztett kivitelben készülő KPE csőhálózat a vákuumgépház által előállított vákuum szívóhatása alatt áll. Az egyes szennyvízkibocsátó ingatlanok gravitációs házi csatlakozóvezetékkel vannak bekötve a gyűjtőkamrába.

A gyűjtőkamrába van beépítve az ISEKI 3,5" (DN 90 mm) vákuumszelepe, amely érzékelve az összegyűlt szennyvíz szintemelkedését, automatikusan kinyit és ekkor a kamrában normál körülmények között uralkodó 1 bar légköri nyomás nagy sebességgel a 0,3 – 0,5 bar abszolút nyomás (0,5 – 0,7 bar vákuum) alatt álló KPE gerincvezetékbe továbbítja a szennyvizet.

A gerincvezetékben a levegőbuborék-víz kétfázisú keveréket kb. 20 km/ó sebességgel továbbítja a fellépő nyomáskülönbség a vákuumgépházban lévő gyűjtőtartályba. A továbbítás "csőpostaszerűen", lényegében a pneumatikus szállításban ismert dugattyúszerű áramkép formájában valósul meg. A vákuumszelep kb. 3 – 10 mp alatt szívja ki a gyűjtőaknában lévő mintegy 40 liternyi szennyvízadagot, majd a kb. 200-300 liter mennyiségű levegőt.

#### A gyűjtőkamra kialakítása

A kamra 1,0 m átmérőjű és kb. 2 m mély, előregyártott beton elemekből készül közbenső födémmel. Az alsó részében kúposan kialakított zompba nyúlik le a vákuumszelep DN 90 KPE szívócsőve 5 cm-re a fenéktől. A szívócső excentrikus elhelyezése biztosítja a szennyvíz örvénylő keveredését a szíváskor.

A zompba csatlakoznak a gravitációs házi csatlakozóvezetékek a helyszíni adottságoktól függően a rövid és hosszú oldalról egyaránt. A kamra felső részében van az automatikus vákuumszelep 2 db oldható bilincsel csatlakoztatva. A szeleptől DN 90 KPE vezeték halad a gerincvezetékig ahol Y idommal csatlakozik a gerincvezetékhez. A kamra normál légköri nyomás alatt áll, a gravitációs csatlakozóvezetéseken lévő tisztítóaknák miatt a vákuum a lakásokig nem hatol el.

#### A hálózat kialakítása

A KPE P-6 anyagú, elektrofittinggel hegesztett, gerincvezeték hálózat ágas szerkezetű, körvezeték nem tartalmazhat. Az egyes ágvezetékek tolózárral csatlakoznak a főgyűjtőhöz.

Takarási mélység a közúti terheléstől, fagyhatártól stb. függően kb. 0,9 – 1,2 m lehet.

Lényeges eltérés van a gázvezeték hálózatok fektetési gyakorlatától abban, hogy a vákuum gerincvezetéknek hosszirányú lejtést kell adni és bizonyos távolságban a cső teljes keresztmetszeti felü-

---

letét lezáró vízgyűjtő helyeket kell kialakítani. E helyeket "lift"-nek nevezzük, mert itt 45 fokos magassági emelés van a hossz-szelvényben. (Az emelés mértéke normál körülmények között 30 cm.)

A vákuum gerincvezeték rendszer nagy előnye, hogy mind vízszintes, mind magassági vonalvezetésében szinte korlátozás nélkül kikerülhet már meglévő közműveket, vagy egyéb akadályokat anélkül, hogy annak lényegi költségkihatása lenne a vezeték további építésére. Nem szükségesek a gravitációs rendszereken ilyenkor építendő bukóaknak. Ugyanúgy nincs szükség vákuum rendszerben tisztítóaknak létesítésére sem.

A rendszerben leülepedés gyakorlatilag nem fordulhat elő a nagy sebességgel áramló kétfázisú (levegő-folyadék) szennyvíz habdugó öntisztító hatása miatt.

A gerincvezeték liftek közbeiktatásával a fizika korlátain belül "hegymenetben" is haladhat ha a terepviszonyok ezt szükségessé teszik. A szokásos gerincvezeték átmérők D 110 – 200 mm közöttiek.

Az Iseki rendszer nagy előnye az, hogy sík terepen akár három kilométert is meghaladó ághosszakat is lehet méretezni, s ily módon a községek jelentős részét egy gépházal ki lehet szolgálni.

### **A vákuumgépház**

A vákuumgépház szennyvíz átemelő funkciója megegyezik a síkvidéki területeken szokásos szennyvíz átemelőkével.

A hálózatról beszívott szennyvíz egy epoxi gyantával bevont acél vákuumtartályba kerül. A tartály felső légtéréhez csatlakozik a vákuumszivattyú, amelyet nyomásérzékelő kapcsol be, ha a vákuum szükséges mértéke nem elegendő. A tartály alsó csomkjára van csatlakoztatva a kitápláló szennyvízszivattyú, amely a tisztítótelepre vagy más befogadóba továbbítja a szennyvizet. A szivattyút szintkapcsolók vezérlik.

A vákuumgépház automatikus üzemű, hasonlóan a hidrofór gépházakhoz. A hálózati hibák illetőleg üzemzavarok jelentős részét a vezérlőegység PLC-jébe programozott "újraindítási filozófia" automatikusan megoldja. A rendszer működését a folyamatosan regisztrált vákuum diagram segítségével nyomon lehet követni, és bármikor ki lehet értékelni.

A gépház alapterületi mérete 40 – 60 m<sup>2</sup>; készülhet terepszint alatti, feletti, vagy osztott kivitelben. A hálózat és a gépház is építési ütemek szerint fejleszthető a kapacitás igényeknek megfelelően.

A vákuumgépházhoz kétoldali független elektromos betáplálás, esetleg tartalék diesel áramfejlesztő tervezhető. Rövid ideig tartó áramkimaradás esetén a hálózat megfelelő pufferkapacitással rendelkezik. Tizenkét óránál hosszabb ideig tartó kimaradás esetén vagy aggregátoros üzemmódot kell biztosítani, vagy pedig üzemkorlátozást kell bevezetni.

A vákuumos rendszer alkalmazása elsősorban ott jelent előnyt, ahol a sík terepviszonyok következtében a gravitációs csatorna szükséges lejtése miatt 3 – 6 m mély, esetleg talajvíz alatti vonalvezetés és átemelők építése és rendkívül költséges üzemeltetése már nem gazdaságos. A rendszer ott is jól illeszthető a meglévő gravitációs csatornához, ahol egy új telekosztás, vagy domborzati viszonyok, mélyfekvésű telkek miatt a gravitációs rákötés már nem lehetséges.

### **A rendszer előnyei a gravitációs csatornázással szemben**

- Környezetvédelmi szempontból hosszútávon "garantált" vízzáró megoldás. (A hegesztett KPE hálózat az ex- és infiltrációt kiküszöböli.)
- Általában kedvező a beruházási költség a keskenyebb és kisebb mélységű vezetéképítés és csőátmérők miatt. Az építés gyakorlatilag nem igényel költséges dúcolatokat és munkaárok víztelenítést.
- A hálózat nyomvonalvezetése rugalmasan, általában a zöldsáv igénybevételével tervezhető, így többnyire elkerülhető a költséges aszfaltburkolat- bontás és helyreállítás.
- Az építkezés, a minimálisra szorított földmunka miatt rendkívül gyorsan, gyakorlatilag a helyi forgalom és a település életének zavarása nélkül hajtható végre.
- Kedvező az üzemeltetési költség, különösen, ha figyelembe vesszük a kis lejtésű gravitációs csatornák rendszeres mosatási és rágcslálómentesítési költségeit, a kiküszöbölt ex- és infiltrációt, valamint a tokos kötésű gravitációs hálózaton idővel jelentkező javítási költségeket is.
- A rendszerre nem lehet illegálisan sem csapadékvizet, sem szennyvizet rávezetni.

- 
- A tisztítótelepre a szennyvíz gyorsan, kedvezően elődarabolt és előoxidált állapotban érkezik be, növelve ezáltal a tisztítás hatékonyságát.

A jobb minőségű KPE csővel a vízszintes és magassági akadályok problémamentesen kikerülhetők. A cső rugalmas tulajdonsága, alakváltozási készsége folytán kevésbé sérülékeny, talajmozgásoknak jobban ellenáll.

A magasabb kivitelezési színvonalat jelentő KPE technológia a minőség biztosítási rendszer követelményeit képes kielégíteni.

*Az Iseki vákuumszelep rendkívül megbízható működésű. Független laboratóriumban, korrozív közegben végzett szelepjáratási tesztek során több mint 250 000 nyitási ciklus végrehajthatóságát mutatták ki.*

*A szelep négy kontinensen történő sikeres alkalmazása szelep megbízhatóságát, a szélsőséges időjárási és szennyvíz viszonyok közötti jó működést támasztja alá.*

*A fentieknek megfelelően az Iseki a vákuumszelepre 5 év teljeskörű garanciát nyújt.*

### **Az Iseki vákuumtechnika alkalmazási lehetősége**

Az Iseki vákuumos szennyvízelvezető rendszer szabadalmi, know-how-ja és Alkalmazási Engedélye az Iseki Ltd. tulajdonát képezi. Magyarországon a rendszer kizárólagos képviselőjét az AXIS Mérnöki és Gazdasági Tanácsadó Kft. látja el.

Az Iseki vákuumos szennyvízelvezetést, mint egységes rendszert a Vituki minősítette és a Közlekedési, Hírközlési és Vízügyi Minisztérium engedélyezte majd a 6 éves tapasztalatok alapján az OVF az alkalmazási engedély érvényességét időbeli korlátozás nélkül meghosszabbította..

Az Iseki rendszer egyedülálló hidraulikus méretezési know-how-ja, – amely lehetővé teszi a nagy hatósugarú és nagyszámú fogyasztót tartalmazó hálózatépítést – a cég húsz éves folyamatos fejlesztésének eredményei és a megvalósult létesítmények többéves üzemeltetése által visszaigazolt méretnövelési tapasztalata alapján alakult ki. Az Iseki rendszert az Alkalmazási Engedély alapján csak az Iseki cég irányításával lehet tervezni, a rendszert csak az Iseki által jóváhagyott tervek alapján lehet megépíteni. Az Iseki rendszer építése és működtetése csak saját rendszerelemekkel (Iseki vákuumszelep, vákuumgépház, monitoring rendszer) valósítható meg.

Az első magyarországi Iseki rendszerek létesítése közben kialakult együttműködés során a hazai kivitelezők törekedtek az Iseki nemzetközi építési "házzabványait" a hazai építési szokásokkal "harmonizálni". Azt a tapasztalatot szűrhetjük le, hogy műszaki, gazdasági és jogi értelemben egyaránt fontos (és kifizetődő), hogy a mű az Iseki előírásait betartva kerüljön kivitelezésre.

A korrekt módon épített, behangolt és üzemeltetett létesítmény a Megrendelő teljes megelégedését volt képes kivívni, hiszen rövid idő alatt, kis "felfordulással", jelentős költségmegtakarítással egy korszerű, jól működő, rugalmas és környezetbarát hálózat birtokába jutott.

---

## A magyarországi és az Európai Unió környezetvédelmi helyzet ismertetése

### THE PRESENTATION OF THE ENVIRONMENTAL SITUATION IN HUNGARY AND THE EUROPEAN UNION

Fenyő Dóra

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Út és Vasútépítési Tanszék

*Összefoglaló:* A cikk az Útügyi Világszövetség (PIARC) által készített felmérés eredményeit ismerteti. Az összefoglaló jellegű cikk felhívja a figyelmet az esetleges elmaradásokra, segítségül szolgálhat a környezetvédelem területén elmaradottabb országok számára. Számos fontos kérdést vet fel, amely az emberi jólét, a társadalmi érdek, a komfortérzet kérdéseit elemzi. A cikk lényegében hat fő témakörrel foglalkozik, amelyek szervesen befolyásolják egy modern társadalom minden tagjának életét, úgymint az egészség, a szennyezések, a biodiverzitás, a tájkép, a járműszabályozás és a kevésbé szennyező járművek kérdése.

*Kulcsszavak:* fenntartható fejlődés, környezeti ártalmak

#### Bevezetés

Az Útügyi Világszövetség-, amelynek Magyarország is a tagja- felmérést készített a tagországok körében a környezeti ártalmakat tekintve. A felmérés célja egy általános helyzetértékelés elkészítése volt, a fenntartható fejlődés területén elért eredmények feltérképezése, valamint rámutatni az esetleges hiányosságokra és megkönnyíteni az utat a felzárkózáshoz a környezetvédelem területén elmaradottabb országok számára.

Az Európai Unió országaiban a mobilitás mára már szinte alapkövetelménnyé vált. Hosszú éveken át az útépítő mérnök feladata a nyomvonal megtervezésével, kivitelezésével és fenntartásával véget ért. Mára a helyzet már teljes mértékben megváltozott, hiszen a mérnök feladati közé tartozik már a gazdasági költség hatékonyság számítás -ami közgazdasági feladat-, valamint szem előtt kell tartania ökológiai szempontokat is. Tehát sokkal szélesebb látókörre és új tudásanyagra van szükség, mint pár évtizeddel ezelőtt. Ma már olyan mérnöki létesítmény tervezése és kivitelezése a cél, amely gazdaságos és a lehető legkisebb mértékben károsítja a környezetet, vagyis amelyik kielégíti a fenntartható fejlődés követelményeit.

#### A fenntartható fejlődés

A fenntartható fejlődés alapötlete az elmúlt évtizedben született meg. A kérdéskör nem régiben továbbszűkül és kidolgozták a környezetileg fenntartható közlekedés elveit is. A fenntartható fejlődés kérdése napjainkra már elsődleges szemponttá vált, hiszen a környezetünk megőrzésének kérdése nélkül ma már nem lehet semmiféle műszaki elgondolásba belekezdeni.

Európában a személyszállítás több mint kétharmada közúton történt, amely már önmagában is aggasztó méretű. A mobilitás növekedésével ez az arány csak növekedni fog. A fenntartható fejlődés elve tehát hatékony megoldást kíván nyújtani a közlekedés okoztat környezeti károk helyreállítása végett, ha továbbra is élvezni kívánjuk a közlekedésből származó előnyöket és lehetőségeket, valamint ha utódainknak olyan Földet akarunk örökségül hagyni, amelyet mi kaptunk az őseinktől. Talán közhelynek tűnnek ezek a szavak, de ha a fejlődés töretlenül folytatódik tovább, akkor sokkal szennyezettebb világot hagyunk hátra magunk mögött, mint amelyet mi kaptunk.

---

## A környezeti hatásokra vonatkozó megfigyelések

A felmérés elkészítése minden ország számára tanulságos volt, hiszen így minden tagország napra kész információkkal rendelkezhet a szakterületet érintően és tájékozódhat a fejlettebb országok már elért sikereiről vagy próbálkozásairól.

A felmérés hat fő témakörre összpontosított, úgymint az egészség, a szennyezések, a biodiverzitás, a tájkép, a járműszabályozás és a kevésbé szennyező járművek.

A közúti közlekedés számos környezeti ártalom első számú forrása. A felmérés kimutatta, hogy minden ország egyet ért abban, hogy a különböző légszennyező anyagok, a zajhatás, a vízszennyezés, az útfenntartási munkálatokból származó vegyi anyagok mind károsítják ez emberi egészséget és csökkentik a mindennapi élet komfortérzetét. A tartós zajhatás ideglenes vagy maradandó halláskárokat okozhat, amely befolyásolja a mindennapi tevékenységet, továbbá zavart okozhat a beszédértésben, alvászavart, stresszt, fáradtságot, levertséget, munka teljesítmény csökkenést eredményezhet, amelyeknek mindnek komoly anyagi vonzata van. Továbbá nem szabad megfeledkezni a szmog és a pollenek okozta egészségkárosító hatásról sem. Sajnos ezek a károsító hatások Magyarországon sem ismeretlenek. Spanyolországban olyan monitoring rendszer működik, amely lehetővé teszi az esetleges forgalmi beavatkozásokat, és az aktuális mérési eredményeket a sajtó közzé teszi. Számos ország állított fel monitoring rendszert a hatások mérésére, sajnálatos módon azonban nincsen egységes európai monitoring rendszer, amely régiókban, tájegységekben gondolkodna és nem pedig országokban. Továbbá nincsen olyan ország, amelyben legalább három egészségre káros komponenst figyelnének állandó jelleggel. A legtöbb országban rendszeres jelleggel általában zaj- és légszennyezés mérés történik.

Az egészség károsító hatások mellett fontos szerepet kap a biodiverzitás kérdése is, hiszen az út, mint vonalas létesítmény elválasztó hatást jelent a növény és az állatvilág számára. Az elszigetelődés, az élőhelyek átalakulása, azok elvesztése, az állatpusztulások, az élőhelyek elszennyeződése komoly gondokat jelent. Itt természetesen nemcsak havária jelenségekre kell gondolni, mint a nemrégiben történt tiszai vízszennyezésre, hanem állandó jellegű szennyezésekre, amelyek talán sokkal súlyosabb mértékűek, mint az egyszeri jelenségek. Sajnos az ilyen fajta károsítások sokszor visszafordíthatatlannak ez azonban függ a károsítás mértékétől, illetve az ott élő fajok tűrőképességétől. Az állatok élőhelyének feldarabolódása ma Dánia egyik legaktuálisabb problémája, hiszen az állatfajok sok éven keresztül jól tudtak alkalmazkodni élőhelyük megváltozásához, ma viszont ugyanezeket fajokat a kipusztulás fenyegeti. Finnországban útpadka szélesítéssel próbálták otthont teremteni a madarak és rovarok számára. Számos ország állított fel monitoring rendszert az állat és növényvilág megfigyelése céljából, azonban ezek általában korlátozott számúak és csak a nagytestű állatok nyomon követésére terjed ki. Dániában és Belgiumban biológiai közúti térképet állítottak elő, amelyen a fajok élőhelyeit ábrázolták. Sajnos igen jelentős méretű az állatok elütésének száma is, ami ellen talán az egyik legközismertebb védekezési és megelőzési lehetőség a vadátjárók építése, amely hatékonysága nagyban függ az alapos és körültekintő tervezéstől. Nagyon lényeges a vadmozgások alapos feltérképezése. A vadátjárókról általánosságban elmondható, hogy a szakemberek megfigyelései szerint azok hatékonysága megfelelő, ezt a megállapítást támasztják alá a monitoring rendszer megfigyelései is. Dániában arra a eredményre jutottak, hogy sokkal fontosabb a vadátjáró megfelelő helyen történő elhelyezése, mint annak profilbeli kialakítása. Magyarországon jelentős a közúti kételtű pusztulás. A biodiverzitás kérdése leginkább a külterületeken merül fel, főleg nagyforgalmú utak környezetében. Az állat- és növényvilág degradációja mellett nagyon fontos az esztétikai oldal is, vagyis a tájkép védelme.

A már megépült vagy a jövőben megépülő út jelentős mértékben változtatja meg a táj képét. Ebbe a témakörbe tartozik a belterületi légvezetékek kérdése is, hiszen a városokban a vezetékek megtörik a város egységének képét. Habár a zajvédő falak zajcsökkentő hatását senki sem vitatja, azonban nem szabad megfeledkezni azok tájba való illeszthetőségéről sem. A felmérés érdekessége volt, hogy csupán Románia emelte ki a mikroklima megváltozásának káros hatásait, mint például egy város uralkodó szélirányának útjába valamilyen magas objektum építésének problémáját. Az út, mint vonalas létesítmény egyik legkárosabb tulajdonsága, hogy megbontja a táj egységének képét, megváltoztatja a természet évezredek óta kialakul természeti viszonyait, változásokat okozhat például a felszín alatti vízfolyásokban, a vegetációban, az ökológiai egységekben. A tájkép figyelése és a hatások megváltozásának nyomon követése összetett és bonyolult feladat, hiszen ezen hatások legtöbbje csak hosszú évek múltán alakul ki. A vonalas létesítménnyel megszabdalt tájképet megfelelő részsű

---

kialakításával, tájba illő növényzet telepítésével lehet valamilyen mértékben ellensúlyozni. Magyarországon sajnos a már meglévő utak szélesítése jelent komoly gondot, mivel így a burkolat túlságosan közel kerül az útmenti fákhoz, illetve néhol a védett fasorokhoz is.

Az országok felismerték az üvegházhatású gázok csökkentésének jelentőségét, amelyek egyik lehetséges módja az alternatív üzemanyagok használata, azonban ezen a téren komoly és jelentős eredményekről még nem beszélhetünk. Franciaország nagy hangsúlyt fektet az intelligens járművek fejlesztéseire, számos kísérletet folytatnak hangelnyelő burkolatok területén is. Magyarországon az ólommentes üzemanyag megnövekedett használatával a környezet szennyezettsége lecsökkent.

### **Következtetések**

Általánosságban elmondható tehát, hogy minden ország ugyanazokkal a természeti és környezetkárosító problémákkal küzd. Jól átgondolt közlekedéspolitikával, egységes gondolkodással sok folyamatot meg lehetne állítani, vagy a hatásait mérsékelni lehetne. Összefoglalva elmondhatjuk, hogy minden egyes országnak gondot jelent az állatfajok elvándorlása, az új ipari vagy mezőgazdasági területek hasznosítása. Végül de nem utolsósorban szeretném felhívni a figyelmet arra a tényre, hogy a környezeti károk és ártalmak tárgyalásakor nem szabad megfeledkezni arról, hogy a hatásoknak számos közvetett és közvetlen hatásai is vannak, amelyeket nem tudunk feltétlenül külön választani, illetve azok megállapítása is nehézkes. Külön nehézséget okoz, hogy a vele, illetve nélküle állapotok meghatározása szinte lehetetlen. Alapos és körültekintő munkával számos környezeti kár megelőzhető lenne.

### **Felhasznált irodalom**

- [1] PIARC munkaközi jelentés, 2002.
- [2] European Environment Agency: *Europe's Environment: The Second Assessment*, Office for Official Publications of the European Communities, 1998
- [3] European Environment Agency: *Are we Moving in the Right Direction?*
- [4] Dr.Fi István, Fenyő Dóra: Az Útügyi Világszövetség vizsgálata a fenntartható fejlődés kérdéseiről (a C14 Környezetvédelmi Bizottság munkaközi jelentése), Közlekedési és Mélyépítéstudományi Szemle, megjelenésre elfogadva, 2003
- [5] Guidelines Environmentally Sustainable Transport (EST), Futures, Strategies and Best Practices, International Conference, OECD, Vienna, Austria, 2000

---

## **A fa, mint modern építőanyag faszerkezetes csarnokok és tervezési elveik**

TIMBER AS A MODERN BUILDING MATERIAL – TIMBER STRUCTURES  
AND THEIR CONSTRUCTIONAL GUIDELINES

Friedman Noémi

Budapest

A fa, mint építőanyag már hosszú időre visszanyúlva is kitüntetett szereppel bír, évszázadok óta számos alkalmazási lehetősége ismert: a térlefedések, tető-, földem-, és különböző keretszerkezetektől kezdve, a külső és belső fal- és padlóburkolatokon keresztül a hidakig és vasúti keresztaljig, mind a családi házak építésénél, mint az ipari épületeknél.

Ma – az impozáns acél- és vasbeton szerkezetek korában – a fát, mint építőanyagot sokan korszerűtlennek tartják. Bizonyos előítéletek tapasztalhatók a faanyagok égési tulajdonságaival, gomba- és rovarkárosodásával és ebből adódóan tartósságával kapcsolatban.

Az utóbbi évtizedekben azonban a többi építőanyag mellett a faszerkezetek fejlesztése sem maradt el, ami az ősidők óta használt építőanyag kedvező ökológiai tulajdonságainak, természetközeli és esztétikus megjelenésének, hagyományokat őrző hangulatának és a belőle építhető szerkezet változatos formavilágának köszönhető.

### **A jövő szerkezeteivel szemben támasztott főbb követelmények, szempontok:**

- Egyszerű és egyértelmű erőjáték, könnyen tipizálható számítások;
- A szerkezet anyagainak előállítása és alkalmazása a kimerülő természeti erőforrásokat a lehető legkevésbé vegye igénybe;
- Gazdaságosság;
- Újrahasznosíthatóság;
- Hosszú élettartam (ez a szempont egyre csökkenő tendenciát mutat ellentétben a szerkezeti anyagok újrahasznosíthatóságával);
- Esztétika;
- Környezettel való közeli kapcsolat fenntartása és a természeti kép rongálásának minimalizálása;
- Biztonság és tűzvédelem;
- Nagy tűrőképesség és állékonyosság a szoba jöhető terhek, környezeti, vegyi és más hatásokkal szemben;
- Energiatakarékosság és a természetes kimeríthetetlen energiaforrások (napenergia, szél... stb.) maximális kihasználása;
- Modern technológia emberközeli alkalmazása;
- Hagyományok életben tartása;
- Környezetbarát anyagok és technológiák használata;
- Utólagos javítások illetve esetleges változtatások egyszerű megvalósíthatósága;

### **A fa, mint építőanyag előnyei**

- Esztétikus, szép, barátságos hangulatot sugároz;
- Az új ökológiai követelmények alapján is kedvező tulajdonságok: energiatakarékosság, környezetszennyezés minimalizálása, újrahasznosíthatóság;
- A számításokat leegyszerűsítő, általában csuklós kapcsolatok alkalmazása (ez a gazdaságos keresztmetszetek alkalmazását tekintve hátrányos is lehet);
- Jól alakítható;
- Utólag is formálható, erősíthető;
- Lineáris igénybevételek, így egyszerű számítási képletek;



- Meglehetősen jó nedvességgel szembeni ellenállás;
- Egyik legjobb szilárdság–súly arány;
- Gyorsan terhelhető.

#### A fa, mint építőanyag hátrányai

- Kicsi, ráadásul rostirányban illetve rostirányra merőlegesen lényegesen eltérő anyagszilárdság (12-30 N/mm<sup>2</sup>);
- Nagy alakváltozások az alacsony rugalmassági modulus miatt;
- Anizotrop szerkezet, mely az összetett igénybevételek számításának bizonytalanságát eredményezi;
- A nedvességváltozás hatására a fa rost-, sugár- és hűrirányban különböző mértékű zsugorodása, illetve dagadása;
- Bonyolultabb kapcsolatok nehézkes, gyakorlatilag csak acélszerkezetekkel kombinálható kialakítása;
- Gomba- és rovarkárosítások iránti fogékonyság.

#### A fa és a környezetvédelmi kérdések

##### Az üvegházhatás

Az emberi tevékenységek okozta környezetre káros hatású gázok kibocsátása az üvegházhatást felerősítik, klímánk globális felmelegedését eredményezve. A mennyiségüket illetően a legjelentősebb ilyen gáz a széndioxid.

Mivel a növények fotoszintézisük során széndioxidot kötnek meg, a faállományok kivágása növeli az üvegházhatást. Így fogalmaznak azok a nem elég terjedelmesen körültekintő környezetvédők, akik a fa, mint építőanyag használatának visszaszorításáért harcolnak.

A sarkalatos téveszmének egyik alapja, hogy ez a koncepció nem veszi figyelembe az erdőgazdálkodási törekvéseket, és ezzel a folyamat hosszú távú összefüggéseit. A fagazdálkodás alapkonceptiója, a kivágott fa és az ültetett fa mennyiségének egyensúlyban tartása. Mérlegelve, hogy a fa által fotoszintetizált oxigén mennyisége kora előrehaladtával egy idő után egyre kisebb, a fa kivágásának - az említett egyensúly fenntartása mellett – a hiedelemmel ellentétben éppen pozitív hatása van. Ha minden kivágott, már nem növekedő fa helyett egy új fát ültetnek, az elnyelt széndioxid mennyisége nő.

A hibás koncepció másik figyelmen kívül hagyott pontja a fa helyett felmerülő, más opcionális építőanyagok üvegházhatásra gyakorolt hatásának teljes életciklusra vonatkoztatott vizsgálata. Míg a faanyag öregedésével, addig más építőanyagok a gyártási folyamatok során károsítják környezetüket.

Építőanyagok gyártása során kibocsátott illetve tárolt széndioxid mennyiségek:

Építőanyagok	Kibocsátott Széndioxid (kg/t)	Kibocsátott Széndioxid (kg/m <sup>3</sup> )	Tárolt Széndioxid (kg/m <sup>3</sup> )
Fűrészelt fa	30	15	250
Acél	700	5320	0
Beton	50	120	0
Alumínium	8700	22000	0

*Forrás:* Ferguson, I., La Fontaine, B., Vinden, P., Bren, L., Hateley, R. and Hermesec, B. 1996, Forest & Wood Products Research & Development Corporation megbízásából készített 'Environmental Properties of Timber', című kutatói tanulmány

Összefoglalva a leírtakat, amíg a fák újraültetéséről gondoskodnak, faszerkezetek használata sokkal kevésbé járul hozzá az üvegházhatás erősödő hatásához, mint más a fa helyett alkalmazható építőanyagok.

### *Energiafelhasználás*

A kimerülő természeti alapanyagok fenyegetésére válaszolva egyre nagyobb prioritást kapott az energiatakarékos szerkezetek, anyagok és az ezeket előállító energiatakarékos metódusok alkalmazása.

Ezt a szempontot az Életciklus Analízis az összes elnyelt energia mennyiségének vizsgálatával méri, ami három részből áll össze:

- A nyersanyag előállításához szükséges energiamennyiség
- A szállításhoz szükséges energiamennyiség
- A szerkezet építése és fenntartása során elnyelt energiamennyiség

Az előállításához szükséges energiamennyiségeket különböző építőanyagok esetén:

Építőanyag	Fosszilis üzemanyag energia (MJ/kg)	Fosszilis üzemanyag energia (MJ/m <sup>3</sup> )
Fűrészelt fa	1,5	750
Acél	35	266000
Beton	2	4800
Alumínium	435	1100000

*Forrás:* Ferguson, I., La Fontaine, B., Vinden, P., Bren, L., Hateley, R. and Hermesec, B. 1996, Forest & Wood Products Research & Development Corporation megbízásából készített 'Environmental Properties of Timber', című kutatói tanulmány

A szállításhoz szükséges energiamennyiség a használt szállítási mód és az építőanyag gyártási helye valamint az építési hely közötti távolság függvénye.

A különböző falszerkezetű épületek építéséhez és fenntartásához szükséges energiamennyiségekről ad információt az alábbi táblázat:

Szennyezőanyag	Költség (\$/kg)	Fa falszerkezet (\$)	Acél falszerkezet (\$)
Elektromos áram		1,46	4,67
CO <sub>2</sub>	0.15	47.00	145,65
SO <sub>2</sub>	1.80	0.66	6,65
NO <sub>x</sub>	4.47	4.52	7,04
Anyagi részecskék	2.62	0.49	1,55
Szennyvíz	0.05	0.61	24,8
<b>ÖSSZESEN</b>		<b>54.74</b>	<b>190,36</b>

*Forrás:* Lawson, W.R., 1996, Fafejlesztési Szövetség (Timber Development Association - NSW) és a Erdészeti és Fatermékek Kutatói és Fejlesztési Társaság (Forest & Wood Products Research & Development Corporation) megbízásából készített 'Timber in Building Construction: Ecological Implications', című tanulmány

Ezek az értékek természetesen a más-más technológiák és anyagok alkalmazásával változnak, de mégis nyújt némi összehasonlítási alapot.

**Faszerkezetek környezetszennyezéssel kapcsolatos összefüggései:**

- Az erdő a környezet légszűrője, megköti a levegő kéndioxid és nitrogénoxid tartalmát. E folyamat fenntartását csak a folyamatos újraültetésekkel lehet biztosítani.
- Bár az építőipari faanyagok előállításakor jelentős hulladék anyag képződik, ezek hasznosítására számos lehetőség nyílik (farostlemezek, különböző kötőanyagokkal kevert forgácslemezek, tüzelőanyag... stb.)
- A különböző tartósító és kezelőanyagok (pl. kreozit, rézkróm arzének), a fa öregedése során a környezetbe kerülnek, azt szennyezve. Ennek lehetséges értékét normák szabályozzák. Az egyes kezelési módszerek jelenleg fejlesztés alatt állnak, hogy az emissziót minél kedvezőbb értékre szorítsák.
- Más építőanyagokkal összehasonlítva a környezetszennyezés szempontjai alapján a fa a betonnal, és a cementtel nagyjából egyező értékű kárt okozhat a természetre. Az acél viszonylatában viszont, az acélgyártás során kibocsátott szennyező vegyületek, és a keletkező hulladék anyag hasznosításának illetve megsemmisítésének nehézségét mérlegelve a fa kivételesen előnyös építőanyag. (4. táblázat)

*Mérnöki faszerkezetek*

A fa, mai reneszánszát a ragasztási technika kifejlesztése eredményezte. A korszerű ragasztás gyakorlatilag a farostok közti eredeti tapadást képes létrehozni, ezáltal tetszés szerinti keresztmetszetű, hosszúságú és tengelyvonalú fatartókat lehet előállítani, s ezek olyan fesztávolságokra és célokra is alkalmasak, amelyekre a klasszikus ácsszerkezetek már nem használhatók.

A rétegelt-ragasztott faszerkezetek minden más építőanyagnál kedvezőbben viselkednek bizonyos korrozív anyagokkal, gázokkal és gőzökkel szemben, tűzállóságuk sokkal jobb, mint pl. az acélé, könnyűek, esztétikusak, a helyszínen egyszerűen kapcsolhatók, szerelhetők és alakíthatók. Átgondolt tervezés mellett – a karbantartási szempontokat is mérlegelve – az acélszerkezetnél, sőt nemegyszer a monolit vasbetonnal is olcsóbbak lehetnek.

További előny a teljes tervezői szabadság mind formában, mind méretben s nem utolsósorban a könnyebb tervezés, egyszerűbb statikai számítás, s az igen gyors megépíthetőség. Ezek az előnyök mind szélesebb körben kezdenek ismertté válni, s ezzel együtt tapasztalható az RR faszerkezetek gyors fejlődése és egyre szélesebb körű hazai alkalmazása.

A vonatkozó vizsgálatok és számítások egyértelműen az RRFA szerkezetek nagy – és minél nagyobb – fesztávolságú alkalmazását mutatják gazdaságosnak.

A szerkezet előnyei a kis súly és a könnyű karbantartás a nagyfeszítvű – kb. 12 m fölötti – lefedéseknél domborodnak ki a vasbeton és acél szerkezetekkel szemben. Ennél kisebb fesztávolságnál az RRFA tartószerkezetet különleges, egyedi formálási igény esetén érdemes alkalmazni.

*A rétegelt-ragasztott fa szerkezetek felhasználásának fő területei:*

- Uszoda
- Termálfürdő
- Tornaterem, sportcsarnok
- Lovarda
- Községi épület
- Templom
- Közúti sótároló
- Műtrágyatároló
- Családi házak különleges tartószerkezete
- Felüljáró
- Híd
- Kertépítészeti elemek

- Tűz- és robbanásveszélyes ipari csarnok vagy raktár

### *Rétegelt-ragasztott faszerkezetek tervezési és méretezési irányelvei*

#### *Lamellák méretei*

A lamellák legnagyobb keresztmetszeti méretei:

Fafaj	Tartóalak	Vastagság	Szélesség
fenyő	íves	30mm	200mm
	egyenes	30mm	
		30mm<h<45mm	
kemény	íves	25mm	160mm
lombos	egyenes	30mm	
lágú	íves	25mm	180mm
lombos	egyenes	30mm	

Erősen változó klímájú környezetben – vagyis ahol a hőmérséklet és a relatív páratartalom változásának mértéke nagyobb, mint a természetes szabad környezetben – a lamella vastagsága nem lehet 20 mm-nél nagyobb.

#### *Görbítési sugár, alakzati, méreti korlátozások*

Íves tengelyű RR fatartók lamelláinak görbítési sugarának minimális értéke fenyőnél a lamella vastagság 160-szorosa, míg lombos fáknál a vastagság 200-szorosa.

Az inflexiós ponttal rendelkező alakzatok a nehézkes gyártás miatt kerülendők, hazai gyártásban két inflexiós ponttal rendelkező tartóalakot üzemi okokból egyáltalán nem gyártanak.

Ma a Magyarországon gyártható legnagyobb tartószélesség 22 cm, a maximális tartómagasság 195 cm. Leggazdaságosabbak a 14-18 cm szélességű tartók (mivel ezek a szokásos fakeresztmetszeti méretekhez igazodnak), ezen méretek alatt és felett jelentősen emelkedik az ár.

A gyártási hossz akár az 50 m-t is meghaladhatja, de 30 m felett sokasodnak a szállítási problémák.

#### *Faanyagok nedvességtartalma*

Beépítés jellege	Várható egyensúlyi nedvességtartalom [%]
Fűthető, szellőztethető épület légterében	9 ± 3
Nem fűthető fedett és zárt épület légterében	12 ± 3
Szabodon álló fedett, de nem zárt épület légterében	15 ± 3
Időjárás hatásának kitett beépítés mellett	15 ± 5

A fa a nedvességet jól bírja, azonban annak változására igen érzékeny. Ezért a gyártásnál és üzemeltetésnél törekedni kell ennek az egyensúlyi állapotnak a fenntartásához.

#### *A fatartók tűzállósága*

Bár a fa éghető anyag, bizonyos keresztmetszeti méretek felett kedvező tulajdonságai tapasztalhatók a tűzzel szemben. A tűz hatására keletkező felületi elszénesezés hőszigetelő és az oxigéntől elzáró réteggé működve csökkenti a beégési sebességet, ezáltal lassítja a teherbíró képesség csökkenését.

A ragasztott, tömör keresztmetszetű faszerkezetek tűz esetén kedvezőbben viselkednek, mint az acélszerkezetek, mert hő hatására sem szilárdságcsökkenés, sem káros mértékű alakváltozás nem keletkezik.

Méretezési adatként a faanyagok beégési sebességének értékei a következők:

- Fenyőnél: 0,8 mm / perc

- Nyárfánál: 0,9 mm / perc
- Akácnál: 0,7 mm / perc

A beégési sebesség a tűzhatás első 60 percében állandónak tekinthető.

### A fa szilárdsági tulajdonságai

A fatartók mechanikai tulajdonságait befolyásoló tényezők:

- Fafaj (sűrűsége, térfogatsúlya)
- Anatómiai főirányok
- Szerkezeti tulajdonságok (fahibák, betegségek, termőhely)
- Nedvességtartalom
- A környezet nedvességtartalma és hőmérséklete
- Az igénybevétel fajtája, iránya (a rostokkal bezárt szög) és a terhelés módja
- A terhelés időtartama

Tájékoztatóképpen a különböző fafajták szilárdsági paramétereinek EUROCODE által előírt karakterisztikus értékeit az alábbi táblázat mutatja:

Az egyes fafajták szilárdsági osztályai - a szilárdsági paraméterek karakterisztikus értékei az EUROCODE 5 szerint																
		Tülevelű- és nyárfafélék								Lombhullató fafajták						
		C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40	D30	D35	D40	D50	D60	D70
<b>Szilárdsági tulajdonságok (N/mm<sup>2</sup>)</b>																
Hajlítási szilárdság	$f_{m,k}$	14	16	18	22	24	27	30	35	40	30	35	40	50	60	70
Szállírányal párhuzamos húzószilárdság	$f_{t,0,k}$	8	10	11	13	14	16	18	21	24	18	21	24	30	35	42
Szállírányra merőleges húzószilárdság	$f_{t,90,k}$	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,7	0,9
Szállírányal párhuzamos nyomószilárdság	$f_{c,0,k}$	16	17	18	20	21	22	23	25	26	23	25	26	29	32	34
Szállírányra merőleges nyomószilárdság	$f_{c,90,k}$	4,3	4,6	4,8	5,1	5,3	5,6	5,7	6	6,3	8	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
Nyírószilárdság	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2	2,4	2,5	2,8	3	3,4	3,8	3	3,4	3,8	4,8	5,3	5
<b>Merevségi tulajdonságok (kN/mm<sup>2</sup>)</b>																
Rugalmassági modulus átlagértéke (szállírányal párhuzamos)	$E_{0,mean}$	7	8	9	10	11	12	12	13	14	10	10	11	14	17	20
Rugalmassági modulus 5%-os küszöbértéke (szállírányal párhuzamos)	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,7	7,4	8,0	8,0	8,7	9,4	8,0	8,7	9,4	11,8	14,3	16,8
Rugalmassági modulus átlagértéke (szállírányra merőleges)	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40	0,40	0,43	0,47	0,64	0,69	0,75	0,93	1,13	1,33
Nyírási modulus átlagértéke	$G_{mean}$	0,44	0,50	0,56	0,63	0,69	0,75	0,75	0,81	0,88	0,60	0,65	0,70	0,88	1,06	1,35
<b>Sűrűség [kg/m<sup>3</sup>]</b>																
Karakterisztikus sűrűség	$\rho_k$	290	310	320	340	350	370	380	400	420	530	560	590	650	700	900
Átlagos sűrűség	$\rho_{mean}$	350	370	380	410	420	450	460	480	500	640	670	700	780	840	1080

Megjegyzés: a korábbi MSZ szabványok a puhafára ~750 kg/m<sup>3</sup>, a keményfára 750-800 kg/m<sup>3</sup> és az úgynevezett mesterséges fatermékekre ~1000 kg/m<sup>3</sup> értéket adtak meg.

### Szerkezeti lehetőségek

A rétegelt-ragasztott faszerkezetek gazdaságossága a mérnöki szerkezetekben a nagyfeszítávú terek lefedésénél jelenik meg. Bár a fából kialakítható szerkezetek forma adta lehetősége határtalan, az egyszerűbb lefedési alakzatok is esztétikailag vonzó és logikus, egyszerű szerkezeteket eredményeznek. A leggyakoribb csarnokszerkezetek – feszítávótól és funkciótól függően – a kétsuklós, illetve háromsuklós gerendalefedések vagy íves tartószerkezetek. Gyakori a faíveknél a vízszintes erők felvételét biztosító vonóvasas megoldás, amely lehet látszó, illetve az alapozásba beépített szerkezeti elem is.

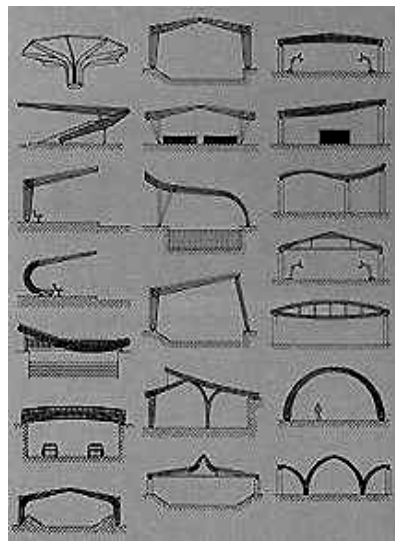
Bár a számítás egyszerűsége nem mondható el a fából készült térbeli szerkezetekről, de a számítógép adta lehetőségek már e szerkezetek elterjedését is lehetővé tették. Számos óvoda, sportcsarnok és koncertterem szerkezete bizonyítja a fahéjszerkezetek kiemelkedő esztétikai megjelenési lehetőségeit, és a vele teremthető hangulatos terek, építészeti bravúrok a fa, mint építőanyag időtállóságát sejtetik.

### *A rétegelt-ragasztott faszerkezetek költsége*

Ideális esetben (téglalap alaprajzú csarnok, íves, „nyomásvonal” alakú főtartók) a fatartók fajlagos fafelhasználása  $0,03 - 0,08 \text{ m}^3/\text{m}^2$  között alakul. Előnytelen statikai modell alkalmazásakor (egyenes tengelyű, nagy fesztávolságú kéttámaszú főtartók) ez az érték  $0,06 - 0,09 \text{ m}^3/\text{m}^2$ -ig megnő. A főtartók mellett szükséges szelemenek, szélrácsok további  $0,01 - 0,03 \text{ m}^3/\text{m}^2$  fatartót igényelnek.

A tartókat leggyakrabban jó minőségű, tömött szibériai lucfenyőből állítják össze. A deszka-, illetve pallóméretű nyersanyag előszárítva érkezik a gyártóműbe. Különleges minőségi igény esetén borovi vagy vörösfenyőt is használnak.

A legolcsóbb egyenes tengelyű, állandó keresztmetszetű rétegelt-ragasztott tartók köbméter ára  $120-150 \text{ ezer Ft/m}^3$  (+áfa). A görbületi sugár csökkenésével a tartók fajlagos ára exponenciálisan nő: 6 m-es sugárnál  $170 \text{ ezer Ft/m}^3$ , de 2 m-es görbületi sugár esetében már a  $400-500 \text{ ezer Ft/m}^3$ -t is eléri. Az árak szállítási költség nélkül, de favédelemmel együtt értendők. A tartók árát átlagosan 35-40 %-kal emelik meg a szállítás és szerelés költségei. A kötőelemek árát is beszámítva a kész csarnok fa tartószerkezetének fajlagos költsége előnyös statikai modell esetén 9-10 ezer Ft/m<sup>2</sup>. Bonyolultabb geometriájú szerkezet esetén az ár a 16-18 ezer Ft/m<sup>2</sup>-t is meghaladhatja.



### **Felhasznált Irodalom**

#### Folyóiratok és segédletek:

- Építőmester 2000/ 8. szám (Negyven méter áthidalása rétegelt-ragasztott faszerkezettel)
- Lignum Európa Kft: Rétegelt ragasztott fa tartószerkezetes referencia anyag
- Irányelvek a rétegelt ragasztott fa tartószerkezetek alkalmazására (Építésügyi Tájékoztatói Központ, Budapest, 1981)
- The Architectural Review (September, 2000)
- The Architectural Review (March, 2000)
- The Architectural Review (April, 2000)
- Új Magyar Építőművészet (2000/5 szám)
- OCTOGON (2000/4 szám)

#### Műszaki irodalmak:

- Dr. Rónai –Sómfalvi: Fa tartószerkezetek: tervezés méretezés (Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1982)
- Th. Gesteschi: Hölzerne Dachkonstruktionen Ihre Ausbildung und Berechnung (Wilhelm Ernst und Sun, Berlin, 1919)
- Rétegelt ragasztott (RR) faszerkezetek alkalmazása – ajánlások közösségi épületekhez (Összeállította a Középülettervező vállalat I. tervező irodája, Közti Rota, 1981, május)
- Erns Neufert: Építés és tervezéstan (Dialóg campus kiadó, Budapest – Pécs, 1999)
- Kincsi István: Épülettervezés V. (Tankönyvkiadó, Budapest, 1973)
- Dr Wittmann Gyula: Mérnöki faszerkezetek
- Wittmann-Szarka-Karli: Építőipari tartószerkezetek gyártása
- *Frampton Larkin: The Twentieth Century American House (Masterworks of Residential Architecture)*
- Schweizer Holzbau (5/2000)
- Schweizer Holzbau (1/2000)
- Schweizer Holzbau (4/2000)
- Engineered Wood Systems – APAEWS: GLULAM Product Guide

#### Felhasznált internet honlapok:

- <http://www.holtza.es>
- <http://www.glulam.org>
- <http://oak.arch.utas.edu.au/projects/aust.html>
- <http://www.tullyinternational.com/profile.html>
- <http://www.esmery-caron.com/halls.htm>
- <http://www.kaufmann-holz.at>
- <http://perso.wanadoo.fr/donbosco.tennis/installa/Visite/visite.htm>
- [http://www.fft.fr/fft/clubs\\_en\\_ligne.html](http://www.fft.fr/fft/clubs_en_ligne.html)
- <http://tcvb.bruche.free.fr/dosmemar/memtoutphoto4/FrameSet4.htm>
- <http://www.arplus.co.uk/archive/piano/piano.html>
- <http://www.lanic.com>
- [http://oak.arch.utas.edu.au/environment/env\\_prop/env\\_prop.html](http://oak.arch.utas.edu.au/environment/env_prop/env_prop.html)
- <http://www.expo2000.hu>
- <http://www.iez-natterer.de>

---

## Nemzetközi hálózatok

### INTERNATIONAL NETS

Dr. Gobesz F. Zsongor

Kolozsvári Műszaki Egyetem

Az eredeti szándékom szerint egy tudományos képletekben bővelkedő műszaki jellegű cikket akartam írni, a hibrid végeselemes számítások gyakorlatáról. De az utóbbi idők fejleményei eltérítettek ebbéli szándékomtól és, akarva-akaratlanul, be kellett látnom, hogy bár ez az immár hagyományosnak számító konferencia eléggé tudományos jelleggel bír, a fő célja talán mégis a tájékoztatás. Mégpedig arról, hogy mivel foglalkozunk, merre haladunk, milyen tapasztalatokat érdemes megosztanunk egymással.

Véleményem szerint az egyik legfontosabb dolog az együttműködés, ezért előre elnézést kérek, hogy a tudományosság helyett másra fektetem a hangsúlyt. Hiszen bármilyen gyönyörűen is fejlődne egy cseppkő a barlang háborítatlan sötét csendjében, szépségéről és a mészkőbe rejtett csodákról csak a barlangászok személyes élményei, kockázatvállalása és hozzáértése után oszolhat szét a titok, ami végsősoron mindnyájunk létét gazdagíthatja. S ha egy zseblámpával felszerelt gyermek örömmel dicsekedik eleinte barátainak egy pár sáros kavicsal, később, megfelelő oktatással, felszereléssel és csapatmunkával ércek és bányavirágok szakértőjévé válhat. E példázgatást arra szántam, hogy a cím talán túl általános jellegét és az emberiség egyik legtermészetesebb jellemzőjét: az összefogást és az együttműködést kihangsúlyozzam. Összefogást és együttműködést a tanulásban, kutatásban, fejlődésben, sőt még a versengésben is. S bár nem földtani kutatásokról szándéksom értekezni, mint minden építész elsősorban a környezetemet, környezetünket alakítom és kísérem figyelemmel. A szerszámkészletünk pedig nem csak a pillanatnyilag elérhető technológiáktól függ, hanem az összegyűjtött tudásunk alapján kialakult gondolkodásmódunktól, érdekeltségünkől és akaratunktól.

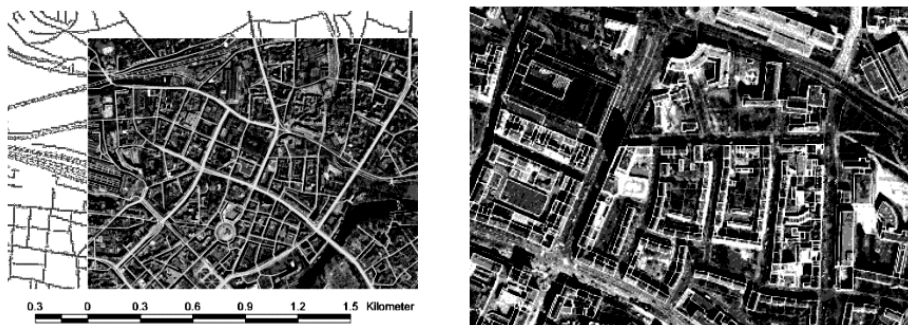
Tanügyi tevékenységem mellett természetesen kutatással is foglalkozom és foglalkoztam, ráadásul az erdélyi helyzetnek megfelelően ez utóbbi egyik leglényegesebb ágával is (akárcsak sok egyetemi kollégám): bérkiegészítésként más pénzforrások utáni kutatással. Több ismerős faggatott afelől, hogy miért nem foglalkozok „tervezéssel”. Hiszen ez a tudásomnak megfelelő bérkiegészítést biztosítana. Bár részemről elég sok, tanáremberre vonatkozó ellenérvet tudnék felsorolni az ilyen jellegű bérkiegészítés ellen, el kell ismernem, hogy nagyon sok hazai sorstársam ügyesen egészíti ki keresetét. A legtöbbjük szemszögéből a tervezés fogalma lakóházak, esetleg irodaépületek vagy csarnokok részletrajzaira, szerkezeti számítására vonatkozik. Talán furcsán is hangzik, hogy egy egyetemi káder aki számítógéppel segédelt tervezést tanít nem hasznosítja ezt a gyakorlatban. Lehet van valami abban a szólás-mondásban amely azt állítja, hogy „aki tudja az csinálja, ha nem tudja csinálni akkor tanítja, aki pedig tanítani se tudja az szervezi és irányítja”? Szakmai pályafutásom elején én is csináltam, de aztán valahogy szétfoszlott a varázsa. Eleinte a szakmai tekintély fénye halványult kissé. Egyre nehezebb volt meggyőzni a megrendelőt arról, hogy amit a tervező ki- illetve átgondolt az tudományos alapokon nyugszik és többgenerációs tapasztalatból származik, ezért helyes. Amit pedig egy olcsó „haver” kínál az nem feltétlenül minőség hanem legtöbbször (enyhén szólva) tájékoztatlanság, tapasztalatlanság. Javítani pedig többbe kerül mint helyesen építeni. Azután a pénz értéke és a kereset mértéke változott. Olyan helyzetek alakultak ki, hogy a tervező örülhetett ha munkát kapott, az érte járó fizetség pedig már csodának számított. Hogyha komoly ügyfélnek dolgozott, akkor is ideje nagyrésze azzal telt, hogy a pénze után szaladgált vagy kényszerből kunyerált. Tanárként pedig igen csak kényes helyzetbe kerülhet az aki másoknak kell „udvaroljon” kalácsért.

Így adódott, hogy 1997 elején egy barátommal tanakodva, optimistább utat keresve a mindennapos szakmai boldoguláshoz, eldöntöttük, hogy szemléletet váltunk és amennyiben erőnkől futja szemléletváltásra bírjuk a hazai kollegákat is. A hazai távközlés fejlődésével a világháló is hozzáférhetőbbé vált, építészberkekben még szinte érintetlen volt, így elsőként ezt céloztuk meg. A címet olvasva valószínűleg sokan arra gondolnak, hogy az internetről lesz szó. Bár ennek is nagyon nagy szerepe van a mondandóban, mégsem róla szeretnék szólni igazán, hanem némileg más jellegű hálózatokról: utakról, utcákról, víz- és csatornahálózatokról. Bármilyen furcsán is hangzik, ezek között is vannak információt hordozók. Mi köze egy szerkezeti statikusnak vagy építész informatikusnak ilyen hálózatokhoz? Hát... talán a pénz, aztán a kutatás gyakorlati jellege és értéke (tehát megint a pénz), a

nemzetközi tapasztalat szerzés (ami újabb szerződésekhez vezethet, ami megint csak pénzt jelenthet), és még sorolhatnám tovább. Az igazsághoz hozzátartozik, hogy a legfőbb szerepe mégsem a pénznek volt, ugyanis bizalom és barátság nélkül nem lett volna semmi.

„Valamikor régen, úgy a nyár elején”...csörgött a telefon. Egy régi jóbarátom (hajdani egyetemi társam) keresett, tudatva, hogy Kolozsváron tartózkodik. Évekkel korábban döntött úgy, hogy Németországban próbál szerencsét. Sok kalandos megpróbáltatás után révbe ért, egy mérnöki tervezőiroda társtulajdonosaként romániai fiókcéget próbált fenntartani Temesváron, s ahányszor hazalátogatott a szüleihez Kolozsvárra, összeültünk beszélgetni, sörözgetni. Ez alkalommal se volt másként. Nem emlékszem miért, talán mert szakmai és anyagi kérdésekre terelődött a szó, megemlítettem neki: a világhálón fejlesztjük az első romániai építőipari honlapot (*AIC Info* név alatt). Elismerően bólogatott hallva munkánk eredményeiről (bebútorozott irodahelyiség, saját szerver, CD nyomtatás és szórás országos szinten stb.), de ő is rámkérdezett: miért nem tervezek? Nem jönne-e több a konyhára ha a kutatást félretenném? Hiszen utóbbi találkozásainkkor még egy tervezőirodában tevékenykedtem és büszkén meséltem a „Szent Család” poliklinika meg a „Dimitrie Cantemir” egyetem tervezéséről majd kivitelezési gondjairól. Miből gondolom, hogy a honlapfejlesztés pénzt fog hozni? Hiszen még Németországban is lassan terjed, inkább csak cégek használják reklámcélból és különben is bosszantóan lassan nyílnak azok a web-oldalak. Ha már a jövőre gondolok ahelyett hogy a jelenben élnék, miért ne foglalkoznék inkább környezetbarát építészeti megoldásokkal, például természetes víztisztító berendezések honosításával? Náluk egyre nagyobb keresetük van ezeknek és valamikor a 60-as, 70-es években Romániában is folytak ilyen jellegű kutatások, a cégük (*Ingenieurbüro DSP*) pedig komoly tapasztalattal tudna támogatni. Bár válaszként elmagyaráztam neki, hogy az amit csinálok nemcsak pénzben mérendő eladható kutatás, de a doktori tézisem része is (ugyanis az említett honlap mögött egy tudásbázis rejtőzik), ugyanakkor sokkal közelebb fekszik a szakmai felkészültségemhez és érdeklődésemhez mint a víztisztítás környezetbarátsága, azért megígértem, hogy körülnézek és megpróbálom felmérni mekkora is lenne ilyesmi iránt az érdeklődés itthon. Bevallotta, hogy a temesvári fiókvállalatával bajok vannak mert az alkalmazottak nem képesek hazai szerződéseket szerezni, csak a németországi munkákat várják, ezek pedig igen kis részben fedik a cég kapacitását, a fenntartási költségeit pedig egyáltalán, ezért kérdéses a további működése. A társalgásunk egyértelműen egy eredmény felé vezetett: ha a németországi munkákhoz nem kell egy külön cég és ha a honlapunk által piackutatást tudunk végezni, miért ne próbálnánk együttműködni? A számítástechnikai tapasztalatom és régi jóbaráti viszonyunkból eredő megbízhatóságunk valószínűsége fontos előnyt jelenthet.

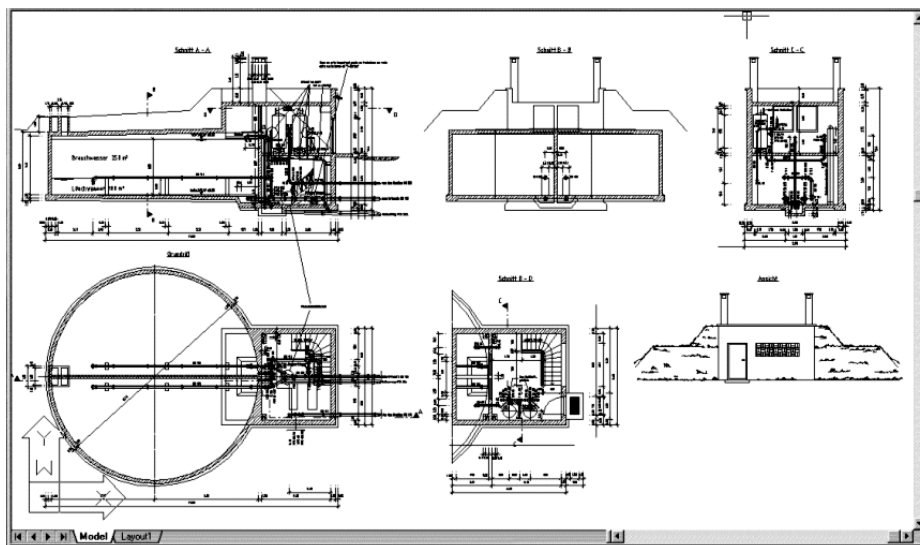
Egy immár régebbi német szövetségi törvény alapján a földre helyezett szerelvényeket, építményeket fel kell becsülni és az így feltérképezett vagyonnal megfelelően kell gazdálkodni. Ez egy külön lehetőséget kínált a helyi vállalkozásoknak mert, bár a felmérő/térképező munkára a megbízást licit alapján lehet kiérdemelni, ezek a zömében kis vállalatok ismerték a legjobban a helyi sajátosságokat. Az első próbamunka egyszerű volt, csupán figyelmet, kitartást és rajztudást követelt, ehhez a számítógép ideális eszköznek bizonyult. Bár az ázsiai (főként kínai) konkurencia eleinte kemény diónak tűnt, hiszen több cég versenyzett gyakorta kisebb árakkal ugyanazon munkákért a német piacon partnerünk mellett, pontosságunk és megbízhatóságunk sok esetben döntő tényezőnek bizonyult. Míg az első nagyobb munkáknál légifelvételek alapján kellett a katasztert igazítgatnunk, egy pár éve már egy német szövetségi hivatal gondoskodik az adatok pontosságáról (amikhez előfizetéses alapon CD-ken lehet hozzáférni, megfelelő szerződéskötés után), így ma már csak a mérések minél pontosabb beillesztése okozhat kisebb gondokat.



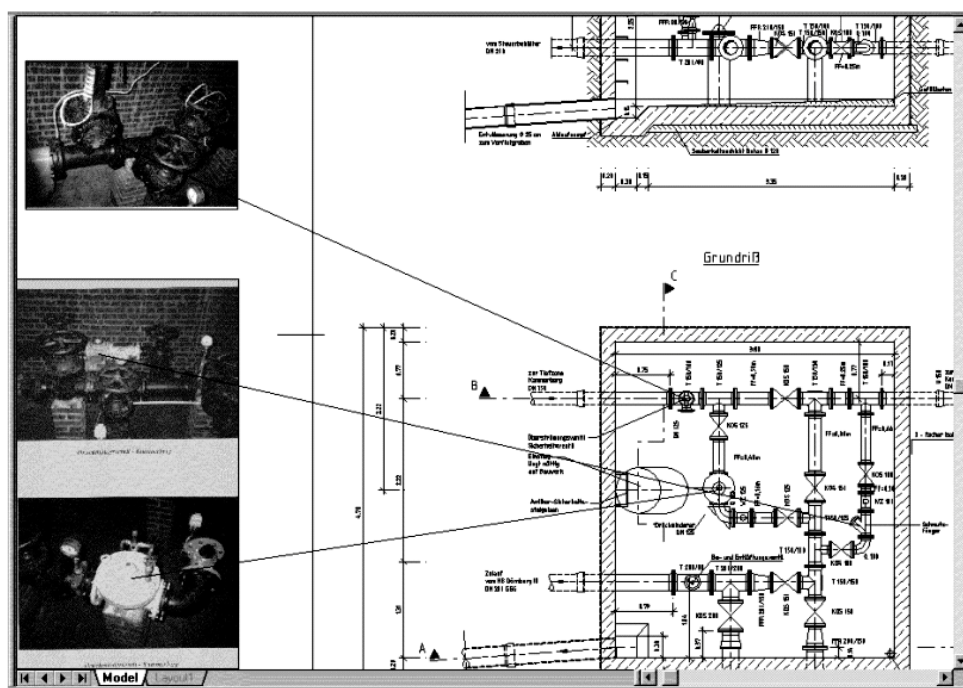
*A kataszter légifelvételekhez való igazítása (részletek a 90-es évekből).*



Idővel persze a kapcsolat kiszélesedett és bonyolódott. Az egyszerű rajzok helyett grafikus könyvtárak, szűrők majd földrajzi információs rendszerek vették át, az egyszemélyes közreműködésből komolyabb csapatmunka lett. A bevételért pedig nem kellett várni vagy könyörögni, ahogy a munka le volt adva és át volt véve, a szerződésnek megfelelően a pénz is át volt utalva. A szerződések pedig szinte meglepően követték egymást, hiszen a német partner többet tudott vállalni ilyen körülmények közt, mi pedig rugalmasabban tudtuk beosztani a tennivalókat (nem kellett szerződéskereséssel vagy fizetési gondokkal törődjünk). A munkastílus is össze lett hangolva, így ugyanolyan gépi platformokon folyt a rajzkészítés és adatfeldolgozás mint a német partner irodában. Ezek a rajzok viszont a látható jeleken és vonalakon kívül már rengeteg információt hordoztak magukban, úgy a tervezőknek mint a karbantartó, üzemeltető cégeknek, hivataloknak.



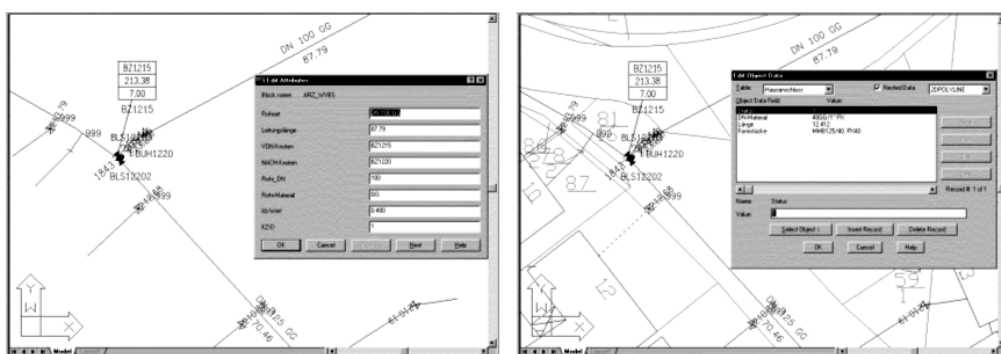
*Rajz egy Dörnberg melletti víztároló tervéből (1999).*



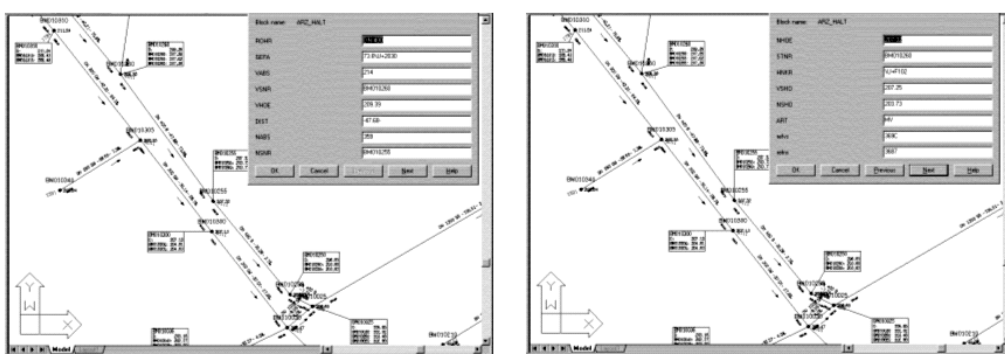
*Részlet a kammerbergi nyomásváltó kamra áttervezéséből (1999).*



*Közterület és úthálózat felmérése illetve átépítés tervezése Burguffelnben (2001).*



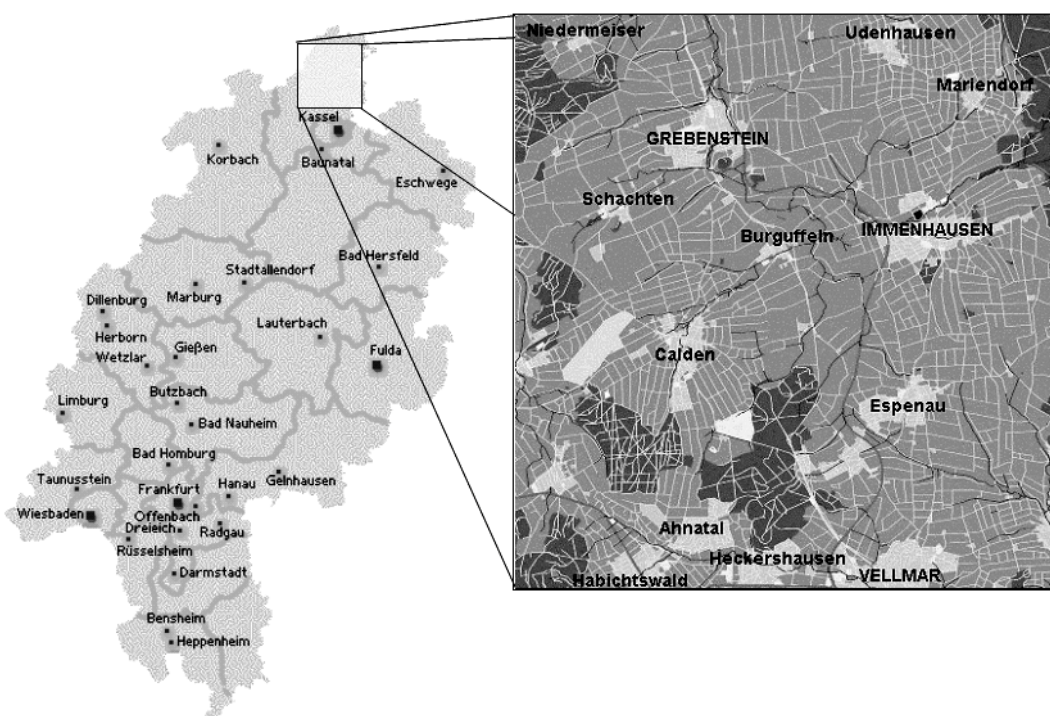
*Városi vízhálózat tervezése és a telkek csatolása Immenhausenben (1998/2002).*



*Részlet Udenhausen csatornahálózatának az áttervezéséből (2002).*

Az általunk végzett munkák igen változatosak voltak és maradtak mindmáig, fő jellemzőjük, talán szerencsénkre, a számítástechnikai tudás igénye. A szoftverkészletünk alapköve a német gyártmányú *RZI Tiefbau* programcsomag (a nürnbergi *RZI Software GmbH* fejlesztése), mellyel digitális terepmodellezéstől vasútépítésig sokmindent meg lehet oldani. Mivel egy földrajzi információs rendszer mellett számítógépes segédletet biztosít az út-, víz- és csatornahálózatok tervezéséhez is, ilymódon elég kismértékű de alapos szakismereteket követel a használata. A többi a leleményességen és tapasztalaton, na meg a munkafázisok szervezésén múlik. Nem utolsó sorban, kiváló lehetőségeket nyújt gyakorlati eszközként fiatal doktorandus kollegáim felkészüléséhez is.

Jelenleg már szinte hagyományos területi kapcsolatokkal rendelkezünk és ez az előny nemcsak a felmérő munkák megítélésében tükröződik. Kihez fordul a helyi hatóság vagy közigazgatás ha valahol át kell alakítani vagy ki kell terjeszteni egy létező hálózatot? Elsősorban ahhoz, aki a legjobban ismeri a helyi viszonyokat, s ez nem más mint az aki felmérte (feltárta) az illető hálózatot és tudatában van már a megfelelő paramétereknek.



*Hessen tartomány vázlatos térképe és a tevékenységünk által érintett terület.*

Így történhet meg, hogy egyes németországi helyiségek út-, víz- és csatornahálózatainak az adatai egy erdélyi városban kerülnek fel- és átdolgozásra, majd az itt készült adatbázisos grafikus eszköztárat használják az ottani közigazgatási testületek, cégek és hivatalok statisztikai adatokhoz, kimutatásokhoz, karbantartási és fejlesztési szakmunkákhoz. A kapcsolattartás és adatközlés pedig mi másként folya ha nem a világháló, az internet segítségével? Ezáltal bátran állíthatom, hogy bár a *Werra* és a *Fulda* egyesüléseként születő *Weser* a Grimm testvérek mesés erdői mellől, a térkép tanúsága szerint nem felénk folyik, hanem az Északi Tengerbe ömlik, és csak a jóval délebbi Duna hömpölyög Németországból a Fekete Tengerig mintegy köldökszinórként összekötve minket is az európai gazdasággal, egy kis észak-hesszeni tartomány közművesítési munkái a Kolozsváron tanító és tanuló kisemberek munkáját is tükrözi, hamisítatlan nemzetközi jelleget kölcsönözve ezáltal az említett hálózatoknak.



---

## Fahidak szerkezeti fejlődésének áttekintése

### SUMMARY CONSTRUCTION DEVELOPMENT OF WOODEN BRIDGES

Guzmics János

Széchenyi István Egyetem

A fahíd szerkezetek kialakításának és szerkezeti fejlődésének részletes ismertetése, mivel a fahidak építése elég hosszú történelmi időszakot ölel fel, elég nagy nehézségekbe ütközik. Szerepükből és anyagukból következően műemléki építmények alig maradtak fenn. A fellelhető néhány megőrzött, konzervált, újjáépített legrégebbi szerkezet csak elvétve található. Áttekintés csak írásos emlékekből, levéltári anyagokból, könyvtárak múzeumi anyagaiból, valamint e témával foglalkozó, szűkebb időszakot felölelő cikkekből készíthető. A fejlődés fő vonulata azért nyomon követhető.

A két természetes építőanyag, a kő és a fa, egészen a XVIII. század végéig, a vasból készült tartószerkezet megjelenéséig, a fő építési anyag volt. A kőből áthidalásokat csak zömmel nyomott szerkezetű ívekkel, boltozatokkal alakítottak ki. Hidak esetében folyók áthidalására a kőből építés hosszadalmas, körülményes, és a szabad nyílás méretét sem lehetett egy határon túl növelni. Már az i.e. felismerték a hídépítésben is a fa előnyeit, könnyű szerkezet, gyors építési lehetőség. Kezdetben a fahidak kialakítása a kőépítészet szerkezeti formáit utánozta.

Babilóniában, az Eufrátesz fölött már i.e. VI. században építettek fahidat, mely feltehetően Nabukodonozor uralkodása alatt épült. Felszerkezete cédrus-, ciprus- és pálmafából készült.

Az ókorba épült fahíd szerkezeteket a római birodalom területén épült hidakon keresztül ismerhetjük meg. Az ezekről fennmaradt írásos emlékeket a XVI. században Andrea Palladio dolgozta fel a „Négy könyv az Építészetről” című művében.

A római történetírás említést fahídról i. e. 600-ból tesz, mely a Tiberis felett épült, cölöpözött fa gerenda híd volt. (Pons Sublicius)

A könnyű, gyors építési lehetőség miatt a fahidak elsősorban hadihidak voltak, vagy hadi célokhoz kötődtek.

Az **1. kép** Traianus győzelmi oszlopának egy részletét mutatja, melyen kőpillérekre épített fa ívekből álló híd látható. Ennek alapján elképzelhető a rómaiak által épített nagyobb hadihidak szerkezeti kialakítása.

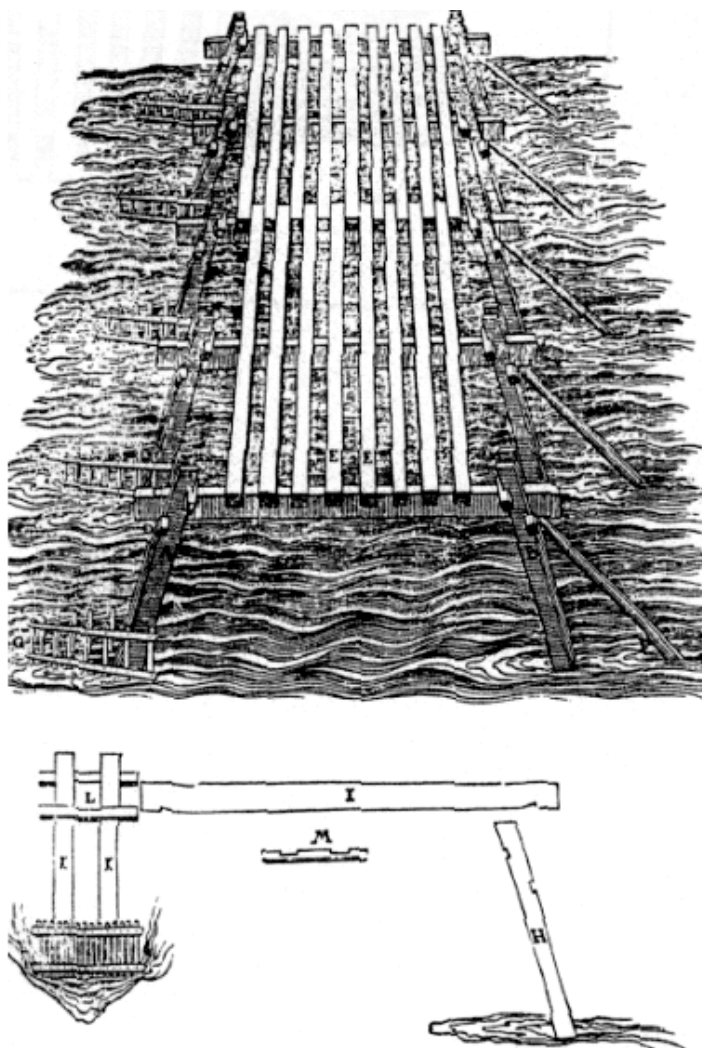


1. kép

*Traianus győzelmi oszlopának részlete*

Az első rajzban is feldolgozott római híd, Julius Caesar i.e. 55. nyarán a Rajnán épített fahídja, melyet korabeli leírások alapján rekonstruált Andrea Palladio.(2., 3. képek) Ez egy egyszerűnek tűnő gerendahíd, de alátámasztásai különlegesek, nyomatékbíró, igaz csak egyirányú nyomaték felvételére alkalmas sarokkapcsolattal kialakított keret. A kapcsolat csak fából készült.

Caesar leírásában ezt írja a kialakításról: "...annál nagyobb szilárdságot biztosított a műnek, minél inkább megterhelték a hidat, annál jobban egybefonódott és rögzítődött." A 140m hosszú 5-6 m kocsipálya-szélességű híd 10 nap alatt épült fel. A kocsipálya földből és homokos kavicsból volt és a hídon kétirányú forgalom zajlott.

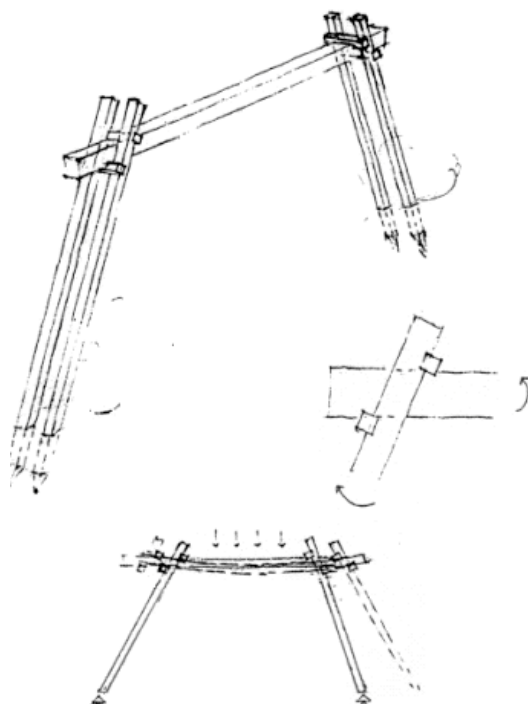


2. kép

*Julius Caesar Rajnán épített hídja, Andrea Palladio szerinti rekonstrukciós rajza*

A damaszkuszi Apollodorusznak, kora legnagyobbnak tartott mérnökének irányításával és tervei alapján a Duna aldunai szaka-szán, i. u. 103-105 között épült híd a Tiberius oszlopán látható híddal azonos kialakítású lehetett. Ennek adatai lenyűgözőek. A faragott kövekből falazott pillérek 50 m magasak és 15 m szélesek voltak egymástól kb. 57 m-re, a szabadnyílások 42 m-esek lehettek, a pillérek között elhelyezett faívek támaszköze 44 m lehetett. 20 ilyen nyílásból állt a híd.

Az ókor ezen időszakától egészen a XVI. századig, Andrea Palladio munkásságáig, úgy tűnik, mintha űr lenne e téma írásos emlékeiben.



3. kép  
*Az alátámasztó szerkezet viselkedése.*

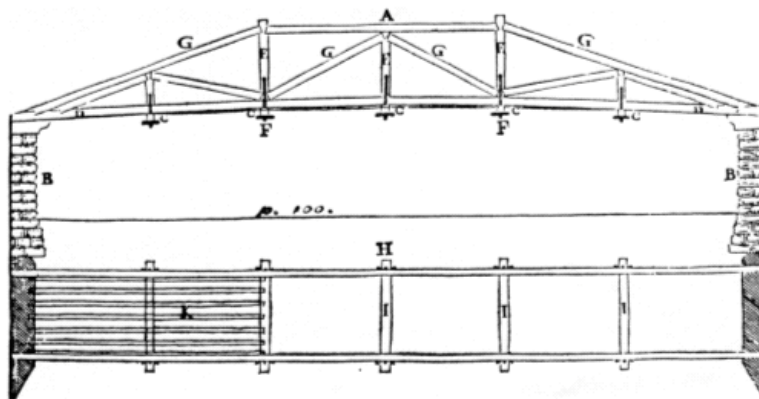
A középkorban a nyílásméret növelésére bevezették a templomok fedélszékeinél már elterjedten alkalmazott feszítő és függesztőműveket. A kapcsolatokban egyre elterjedtebben alkalmazott vas kapcsolószerkek is hozzájárultak a nyílás növeléséhez. A faszerkezetek teherbírását általában a kapcsolatok teherbírása határolja be. A vas alkalmazásával ez növelhetővé vált, másrészt a húzott kapcsolatok kialakítása is könnyebbé vált.

A függesztőmű alkalmazásának szép példája az Itáliát Germániától elválasztó Cismone folyón épült híd. (**4. kép**) A híd egy-másra támaszkodó feszítőművek sorozata. A híd nyílása száz láb. A kapcsolatokban már alkalmaztak vasat is, az oszlopokat horognak nevezett vaskapcsok kötik (függesztik) az alsó gerendákhoz.

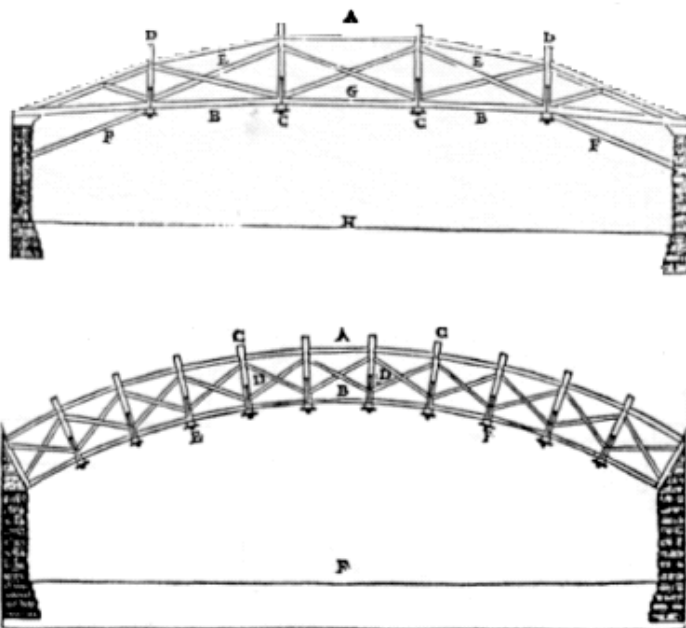
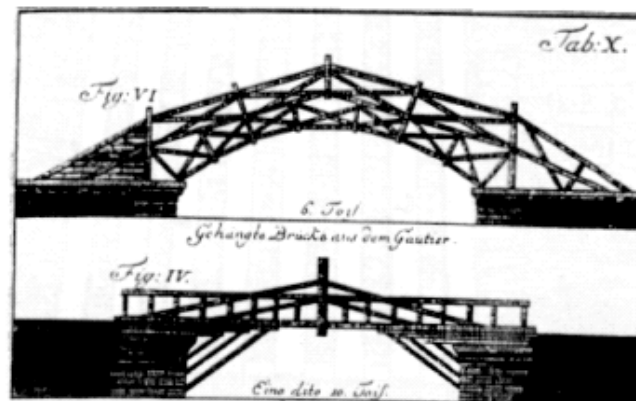
A függesztőművek és ferde kitámasztások vegyes alkalmazása jól modellezi az ívek jellegét és erőjátékát. (5. kép) Ezekben a ferde elemek jellemzően nyomottak. Faszerkezeteknél idegen a-nyag alkalmazása nélkül nyomott rudak kapcsolása az egyszerűbb.

Ezek a szerkezetek a rácsos szerkezetek előképei.

Az újkor kezdetén, nyilván a folytonosság megszakítása nélkül, középkori előzményekre támaszkodva, a feszítő- és függesztőművek alkalmazásával sikerrel építettek egyre nagyobb faszerkezetű íveket. A säkingeni Rajna híd 1658-ban, mely ma is áll, hét nyílása egyenként 32 m fesztávú. 1757-ben építette Hans Grubenmann a schaffhauseni kétnyílású Rajna hidat, nyílásbeosztása 54 + 61 m volt, a fesztáv pedig 56 + 63 m. (**6. kép**)

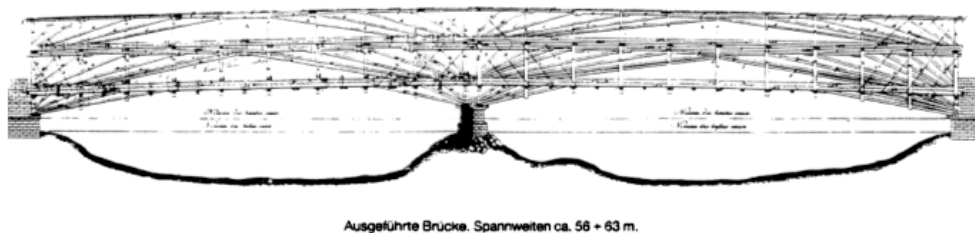


4. kép  
A Cismone folyó felett épült híd (Andrea Palladio ábrázolása)



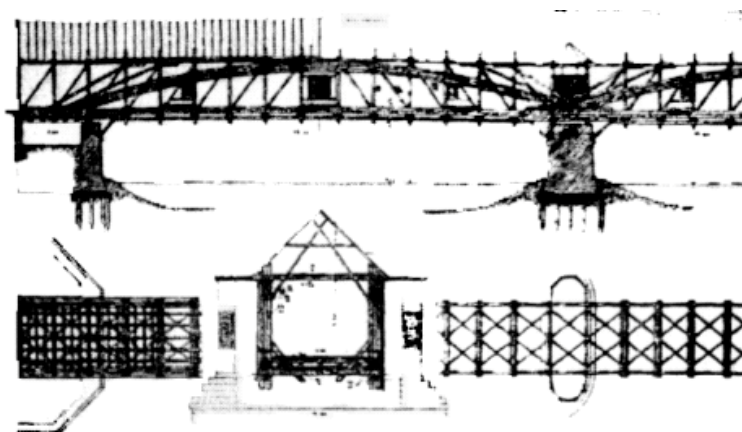
5. kép  
Néhány hídszerkezet a XVI. Századból





6. kép

*A XVIII. századból a schaffhauzeni híd a Rajnán (terv)*



7. kép

*A fenyőfalvi Olt híd (felmérési rajz)*

A XVIII. századtól Magyarország területén épült hidakról is vannak adatok. Az erdélyi folyókon épített nagynyílású fahidaknál alkalmazott új megoldásokkal világviszonylatban is elismer-ten előbbre vitte a hídépítés ügyét. Ez a megoldás a vonórudas ív. (7. kép)

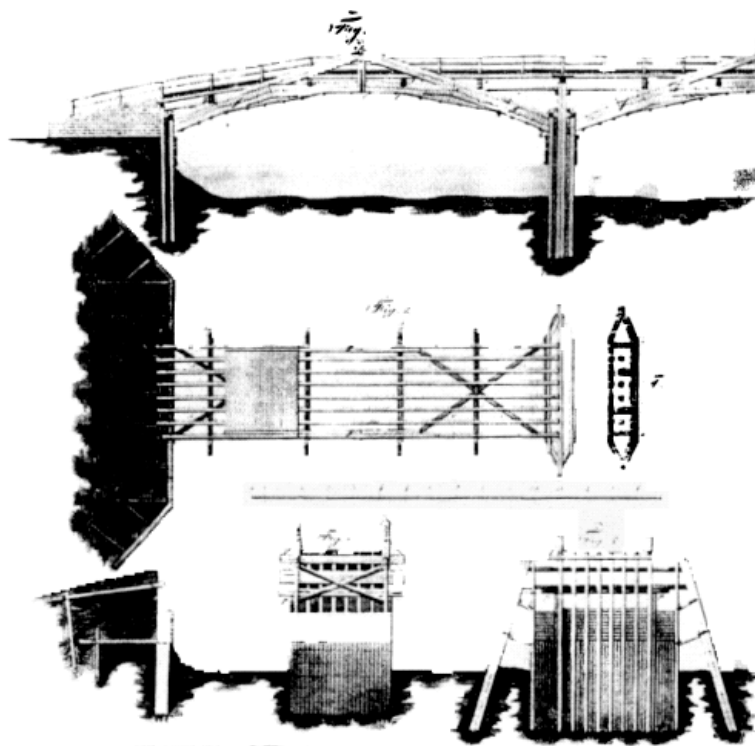
Az erdélyi fahidakról Murin István részletes leírást tett közzé a Magyar Mérnök és Építész Egylet közlönyének 1910. évi évfolyamában. Ebből tudható, hogy a fogarasi Olt hídnek, amely 1778-82 között épült a legnagyobb nyílása 49 m volt. A híd két nagy nyílásból és öt kisebb nyílásból állt, a két nagy nyílás vonórudas ív szerkezetű volt. Híres volt a Kövecsi János által épített tordai Aranyos híd 47,9 m-es nyílásával. Ez 1804-5. között épült, szintén vonórudas ív szerkezetű, de érdekessége, hogy a vonórúd nem a pilléreknél, hanem közbenső pontokon fogja össze az ívet.

A hazai fahidak legnagyobbika 1788-89-ban Titelnél épült, hatnyílású Tisza híd volt. A híd az Ingenieur Directiv-ben kiadott irányterv szerint épült 6\*30,34 m fesztávolsággal, összesen 182 m hosszú volt. Az irányterv részleteit mutatja a 8. kép.

A fatartók szerkezete fokozatosan egyszerűsödött, kialakultak a ferde rácsrudakkal összekötött vízszintes övű tartók. Kezdetben még megmaradtak a szerkezet merevítésére az ívek, a ferde kitémasztások a feszítőművek, majd fokozatosan ezek is elmaradtak.

Amerika nagyon gazdag a XIX. században épült és még ma is álló hidakban. Több mint 200 van ilyen. Az első európai előzmények alapján épült fahidak az 1742-ben angolra lefordított Andrea Palladio mű megismerése után készültek. 1764-ben Palladio rajzai nyomán építette Mister John Bliss a Leffingwelli hidat a Shetuk-ke folyó felett, Connecticutban, Norwich közelében. A híd hossza (nyílása) 41 m volt, pályája és szerkezete az előképeknek megfelelően íves kialakítású.





8. kép

*Az Ingenieur Direktiv-ben közzétett típusúterv: a titeli Tisza híd*

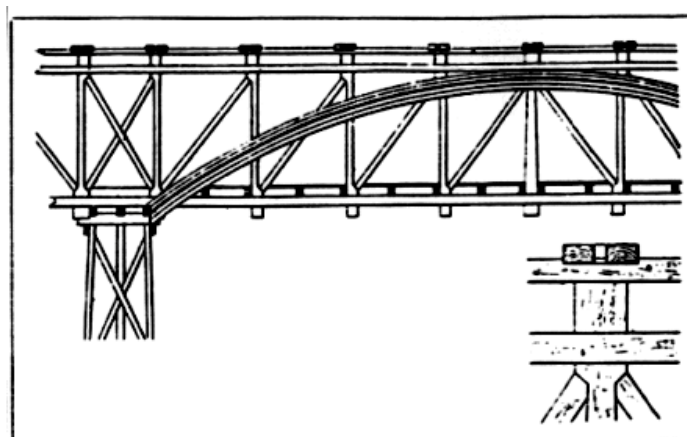
Timothy Palmer 1792. és 1797-ben épített hasonló hidakat. 1805-ben épített egy háromnyílású 186 m hosszú hidat Philadelphiában, a Delaware folyó felett, amelyet az építető később befedtetett. Ennek nagy jelentősége volt a változókéony időjárás okozta fakárosodások elleni védelemben és a fenntartás költségeinek csökkentésében.

Theodore Burr Palladio szerkezeteit továbbfejlesztve alakította ki 1804-ben szabadalmaztatott szerkezetét. A Burr-System-mel ő és mások is számos hidat építettek. ezekből ma is működik 14. **(9. kép)**

Stephen H. Long volt az első konstruktőr, aki matematikai a-lapokra helyezett számításal, és méretarányos modellel tervezte a párhuzamos övek között keresztrácsos szerkezetét. **(10. kép)**

Long megoldását fejlesztette, könnyítette tovább William Howe. A függesztő oszlopokat gömbvasból készítette, mert ezeket húzott elemként tervezte. Ilyen típusú híd 13 még ma is áll. A Howe tartó módosított változata Amerikában és Európában is egészen a XX. század elejéig megtartotta vezető szerepét a vasúti fahídepítésben. Ezek között van még ma is vasúti hídként használatban lévő. **(11. kép)**

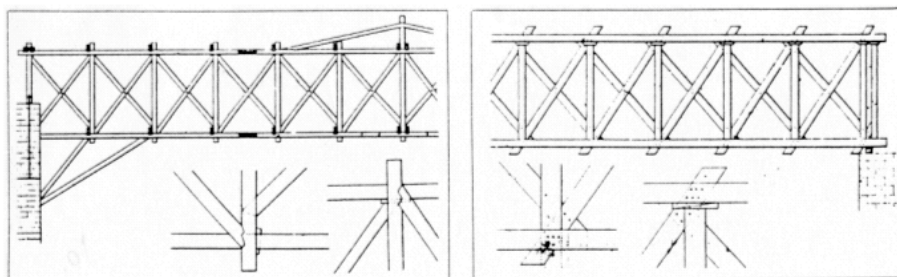
A XIX. században az egyre fejlődő vasúti közlekedést fahidak szolgálták ki. A századforduló környékén az acél és a vb. megjelenésével egyre inkább háttérbe szorult a fahídepítés, jelentőségét egyre jobban elveszti annak ellenére, hogy a fakapcsolatok kialakításában jelentős fejlődés következett be. A XX. század első kétharmadában a fát jóformán csak segédszerkezetekként alkalmazták, egy-két gyaloghíd készült. Napjainkban ugyan a fával építés reneszánszát éli, de a hídepítésben csak a gyaloghidak körében hódít. Itt is teljesen új szerkezeteket alkalmaznak. A műanyagok, ragasztók rohamos fejlődésével előtérbe kerültek olyan fatermékek, melyek ezek felhasználásával készülnek. (RR tartó) A napjainkban épülő szerkezetek erősen keverték acélszerkezettel (vonórudak, kapcsolatok, kötelek, feszítőkábelek, stb). Az új megoldások, kialakítások szerkezetükben olyanok, hogy fatermékekkel pótolnak más építőanyagokat, azok tulajdonságaihoz hasonló terméket létrehozva. Megjelenésük már nem mutatják a hagyományos értelemben vett faszervezetek jellemző tulajdonságait, a fával építés jellegzetességeit.



Eine bogenverstärkte Fachwerkbrücke über den Wateree in South-Carolina im Burr-System.

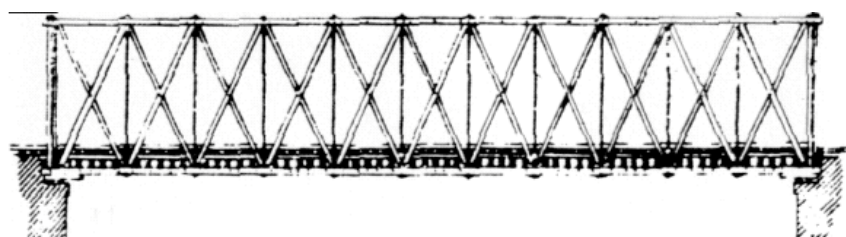
9. kép

A Burr-System szerint épített ívvel merevített rácsos szerkezet Dél-Carolinában



10 kép

Stephen H. Long hídszerkezeti rendszerének két variációja



11. kép

A Howe tartó vázlat

### Irodalomjegyzék

- [1] Andrea Palladio: Négy könyv az építészetéről (1570), Képzőművészeti Alap Kiadóvállalata, Budapest, 1982.
- [2] Dr. Gáll Imre: Régi magyar hidak, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1970.
- [3] Zsámboki Gábor: Hídépítés, Kézirat, Széchenyi István Közlekedési és Távközlési Főiskola, Győr, 1987.
- [4] Pionierleistungen des Holzbrückenbaues, Bauen mit Holz, Bruderverlag, folyóirat 1987. évf. 8. szám
- [5] Informationdienst Holz, Brücken: Planung-Konstruktion-Berechnung, Entwicklungsgemeinschaft Holzbau, utánnyomás változtatásokkal, 1995. dec.
- [6] Bauen mit Holz, Bruderverlag, folyóirat 1993. októberi száma
- [7] Träbroar, Träinformation AB, Stockholm, 1996.

# A hézagnélküli vágányok stabilitásvizsgálata egyszerűsített módszerrel

## SIMPLY DESIGN METHOD OF WELDED RAIL STABILITY

Herman Sándor

Temesvári Műegyetem, Építőmérnöki Kar

### 1. Bevezetés

A hézagnélküli vágányok állékonyságát a vágány keretmerevsége ( $I_h$ ) és az ágyazat oldalirányú ellenállása ( $q$ ) biztosítja. A sínhőmérséklet emelkedéséből eredő nyomóerőt ( $F$ ) a következő két ellenállás egyensúlyozza:

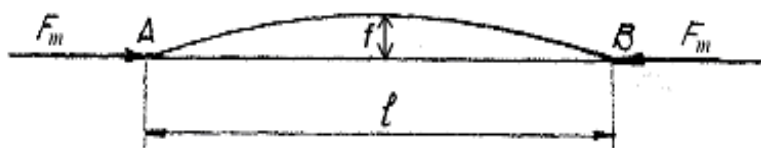
- a keretmerevségből eredő  $F_m$  erő;
- az oldalirányú ágyazati ellenállásból eredő  $F_q$  erő.

A kritikus nyomóerő:

$$F_{kr} = F_m + F_q \quad [\text{N}] \quad (1)$$

### 2. A kritikus nyomóerő számítása egyenes pálya esetén

Az  $F_m$  erő számításában a vágánymezőt rúddal helyettesítjük, amelynek tehetetlenségi nyomatéka a pálya síkjában ( $I_h$ ) egyenlő a vágánymező tehetetlenségi nyomatékával. Az „A” típusú fekvéshiba hossza  $l$ , ívmagassága  $f$ , két végpontja (A és B) mozgáspontok. Az  $F_m$  nyomóerő a rúd tengelyhosszában hat (1. ábra).

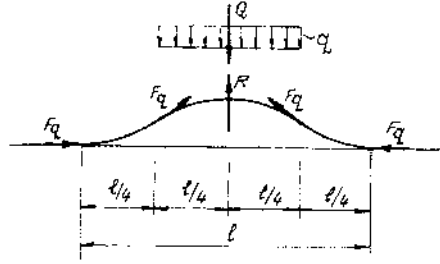


1. ábra  
A rúdterhelés

Felhasználhatjuk Euler képletét

$$F_{mkr} = \frac{\pi^2 EI_h}{l^2} \quad [\text{N}] \quad (2)$$

Az oldalirányú ágyazatellenállás a legjelentősebb stabilitásbiztosító tényező, és teljes hatása csak a fekvéshiba középső felén érvényesül (2. ábra).



2. ábra  
Az  $F_q$  erő számítása

$$R = 2F_q \sin \alpha \cong 2F_q \operatorname{tg} \alpha = Q \implies F_q = \frac{Q}{2 \operatorname{tg} \alpha}$$

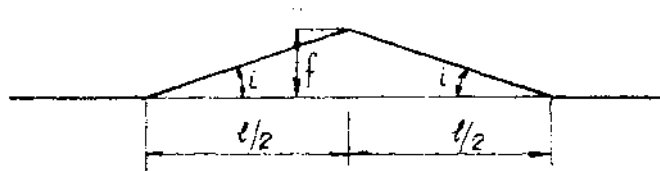
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{4f}{l} \quad ; \quad Q = \frac{ql}{2}$$

$$F_q = \frac{ql^2}{16f} \quad [\text{N}] \quad (3)$$

Következik:

$$F_{kr} = \frac{\pi^2 EI}{l^2} h + \frac{ql^2}{16f} \quad [\text{N}] \quad (4)$$

A kritikus nyomóerő minimális értékét ( $F_{kr \min}$ ) a fekvéshiba hajlásának (i) függvényeként számíthatjuk ki (3. ábra).



3. ábra  
A fekvéshiba hajlása

$$i \cong \operatorname{tg} \alpha = \frac{2f}{l}$$

$$F_{kr} = \frac{\pi^2 EI}{l^2} h + \frac{ql}{8i} \quad [\text{N}] \quad (5)$$

Adott hajlás esetén a fekvéshiba hosszának kritikus értéke ( $l_{kr}$ ) a következő:

$$\frac{dF_{kr}}{dl}=0 \implies l_{kr}=\sqrt[3]{\frac{16\pi^2 EI_h i}{q}} \quad [\text{m}] \quad (6)$$

Az ívmagasság kritikus értéke:

$$f_{kr}=\frac{l_{kr}}{2}\sqrt[3]{\frac{2\pi^2 EI_h i^4}{q}} \quad [\text{m}] \quad (7)$$

A (6) és (7) képletekkel a (4) képlet a következő képpen alakul:

$$F_{krmin}=130\sqrt[3]{\frac{I_h q^2}{i^2}} \quad [\text{N}] \quad (8)$$

Ha a fekvéshiba hajlását  $[\%]$  -ben fejezzük ki  
(  $i[\%]=1000i$  ) a következő képletet kapjuk:

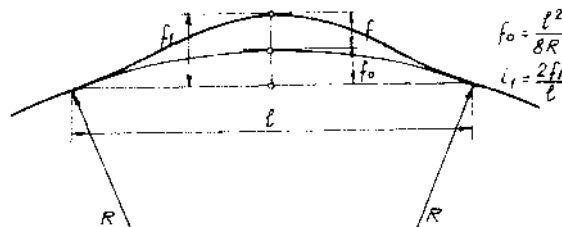
$$F_{krmin}=13000\sqrt[3]{\frac{I_h q^2}{i^2}} \quad [\text{N}] \quad (9)$$

A kritikus sínhőmérsékletemelkedés:

$$\Delta_{krmin}=\frac{F_{krmin}}{2AE\alpha} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (10)$$

A kritikus nyomóerő számítása köríves pálya esetén

Köríves pálya esetén a vágánygeometria módosítja az ívmagasság és a fekvéshiba hajlásának az értékét (4.ábra).



4. ábra  
Ívmagasság köríves pályán

$$f_1=f_0+f=\frac{l^2}{8R}+f \quad ; \quad i_1=\frac{2f_1}{l} \quad (11)$$

A (8) és (9) képletekben a hajlás  $(i)$  értéket  $i_1$ -el helyettesítjük.

### Irodalomjegyzék

- [1] NEMESDY, E. A vágányok kivetődésbiztonságának számítása . K.T.Sz. Budapest, 1951.
- [2] HERMAN, A . Calea fără joante.Teorie și aplicații. Ed. Mirton, Timișoara, 2000.

---

# **A Nyugat-Dunántúli Régió és a vasútfejlesztések lehetőségei**

## **POSSIBILITIES OF RAILWAY NETWORK DEVELOPMENT IN REGION WEST-TRANSDANUBIA**

**Dr. Horvát Ferenc**  
Széchenyi István Egyetem

### **1. Bevezetés**

Az utóbbi évtizedben nagyon jelentős eredmények születtek Európa kettéosztottságának felszámolása terén, s az integrációs folyamat alapvetően átalakította Magyarország politikai és gazdasági orientációját, kapcsolatait. Mára gyakorlatilag minden akadály elhárult az elől, hogy országunk, több szomszédjával együtt, néhány év alatt a közös európai gazdasági övezet és élettér teljes jogú része legyen. Az integráció révén az eddigi szűk horizont kitágul és ma már fejlesztési elképzeléseinket az országhatárokat átlépve, a szomszédokkal együttműködve, regionális gondolkodásban kell megfogalmaznunk és megvalósítanunk.

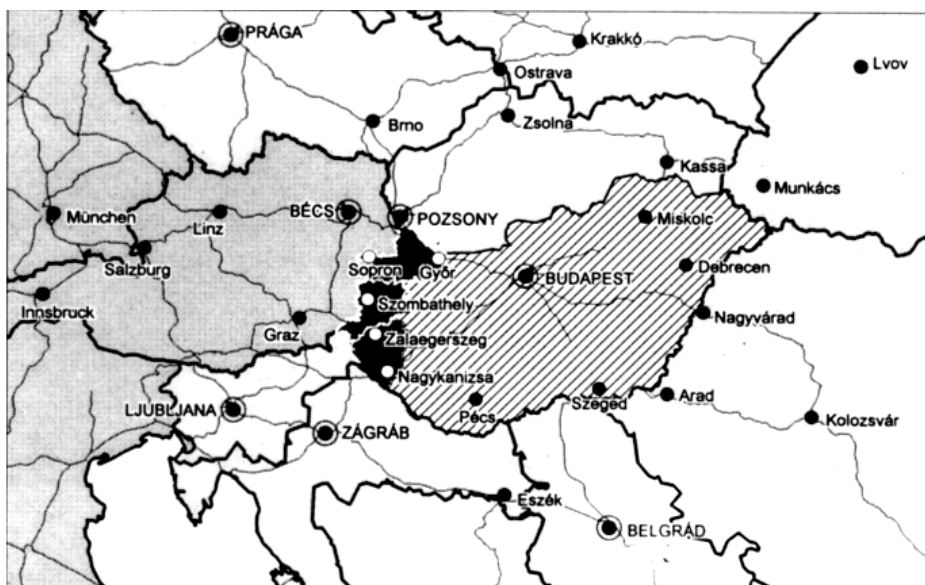
A nemzetgazdaság megfelelő hazai és nemzetközi helytállásának mindig is alapfeltétele volt a jól kiépített infrastruktúra, amelyen belül a közlekedési építmények teljesítőképessége és színvonala meghatározó jelentőséggel bírt. A közlekedési infrastruktúra szerepe a tranzit, a régiók közötti és az országon belüli áru- és személyszállításban, valamint a feladatok növekvő mennyisége és a szolgáltatási színvonallal kapcsolatos egyre igényesebb követelmények miatt felértékelődik. A versenyképesség megőrzése is megkívánja a fejlesztéseket, amelyek mértékét és színvonalát a költségvetés lehetőségei, a bevonható egyéb tőke nagysága határozza meg.

A nagyon komoly magyarországi autópályaépítési programok (ígéreték) mellett alig esik szó a vasútfejlesztési elképzelésekről. Pénz híján, szolid paraméterekkel és műszaki tartalommal valósulnak meg 2007-ig az ISPA forrásból és az EIB hitelekkel finanszírozott projektek, s ezek csak keveset tudnak változtatni a magyar vasúti infrastruktúra általános állapotán. Ugyanakkor a fejlett Európa közlekedési tapasztalatai nyomán a környezetérzékenység alapján megfogalmazott prioritások tőlünk Nyugatra a vasúti közlekedés súlyának erőteljes növelésére irányuló akaratot segítik.

A Nyugat-Dunántúli Régió kedvező földrajzi, közlekedési és gazdasági helyzete indokolja olyan – elsősorban osztrák - magyar összefogással megvalósuló – vasútfejlesztési elképzelések előrelátó kidolgozását, amelyek nemzetközi jelentőségűek és a terület fejlődésére igen előnyösen fognak hatni.

### **2. A NYUGAT-DUNÁNTÚLI RÉGIÓ**

A Nyugat-Dunántúli Régió három megyét, Győr-Moson-Sopron, Vas és Zala megyéket foglalja magában (ld. 1. ábrát), a terület lakossága kb. 1,1 millió.



1. ábra

*A Nyugat-Dunántúli Régió és nemzetközi környezete*

A régió legfőbb erősségét a kedvező földrajzi helyzet (négy országgal határos), a külföldi tőke erőteljes jelenléte, a beruházások kedvező aránya, az üzleti-szolgáltató szféra fejlődése jelenti. Átszeli az európai közlekedési folyosók (IV. és V. Páneurópai Folyosó), s szép tájban és termálvízben is igen gazdag.

Az EU-hoz való felzárkózás esélyei itt a legnagyobbak Magyarországon. A régió közvetítő szerepet tud játszani a nemzetközi műszaki infrastrukturális fejlesztésekben és a közlekedési hálózatfejlesztésekben, s aktív tagja lehet a nagyrégióknak.

A Nyugat-Dunántúli Régió területfejlesztési programja (2001) nem kevesebbet tűz ki célul, minthogy Közép-Európa egyik vezető régiójává váljék, az EU szintű regionális versenyképesség elérése által. A program stratégiai céljai között megfogalmazódik az életminőség javítása, az EU élet-színvonal közelítése, a környezetvédelem és a fenntartható fejlődés szempontjainak fokozott figyelembe vétele, a regionális identitás és kohézió erősítése.

A program megvalósításában hangsúlyosan szerepel a komplex közlekedésfejlesztés, a nemzetközi együttműködés erősítése, a közlekedés tökevonzó, gazdasági fejlődést segítő szerepe miatt. Szempont az É-D irányú kapcsolat nemzetközi és régiós igényeinek kielégítése és a belső kohézió erősítése is.

### 3. A Nyugat-Dunántúli Régió és a vasútfejlesztések

A régió vasúthálózatát jelenleg az jellemzi, hogy az ellátottsági mutatók kedvezőek, de a minőségi mutatók elmaradnak a korszerű európai vasutak szintjétől. Alacsony a kétvágányú vonalak aránya, alacsony a villamosított vonalak aránya, nagyon sok helyen van sebességkorlátozás és a vasúti építmények jelentős része felújításra szorul.

A Magyar Közlekedéspolitikát által támogatott területek közül a legtöbb a régió vasútfejlesztését nagyszerűen szolgálhatja:

- a Helsinki folyosókat összekötő - sugaras szerkezetet biztosító - hálózati elemek fejlesztése,
- a környezetkímélő, zaj- és légszennyeződést csökkentő közlekedési megoldások (vasúti- és vízi szállítás) alkalmazása,
- az intermodális közlekedési infrastruktúra fejlesztése,
- a TINA program Magyarországot érintő elemeinek korszerűsítése és az elemek bővítése,
- a logisztikai szolgáltató központok hálózatának kiépítése - Sopron, Győr, Nagykanizsa,
- a kombinált fuvarozási megoldások fejlesztése.



A közlekedéspolitikai elvekkel összhangban az alábbi vasútfejlesztési feladatok jelölhetők ki a régiót illetően:

- az V. Páneurópai Folyosó régiós szakaszainak fejlesztése,
- az É-D irányú transzkontinentális nemzetközi áramlásban való részvétel (München/Prága/Gdansk – Bécs – Zágráb/Ljubljana/Belgrád – Adriai tenger,
- a IV. és V. Páneurópai Folyosók észak – déli kapcsolatának megfelelő színvonalú megteremtése,
- a Bécs – Sopron, a Sopron – Győr, a Sopron – Szombathely és a Szombathely – Körmend (– Graz) vasútvonalak korszerűsítése,
- a belső közlekedési-szállítási feltételek és színvonaluk javítása, új elemek kiépítése, pályarehabilitációk, vonalvillamosítások,
- a Kőszeg – Oberpullendorf, Szombathely – Oberwart, Rédics – Lendva egykor létezett vasúti kapcsolatok helyreállítása.

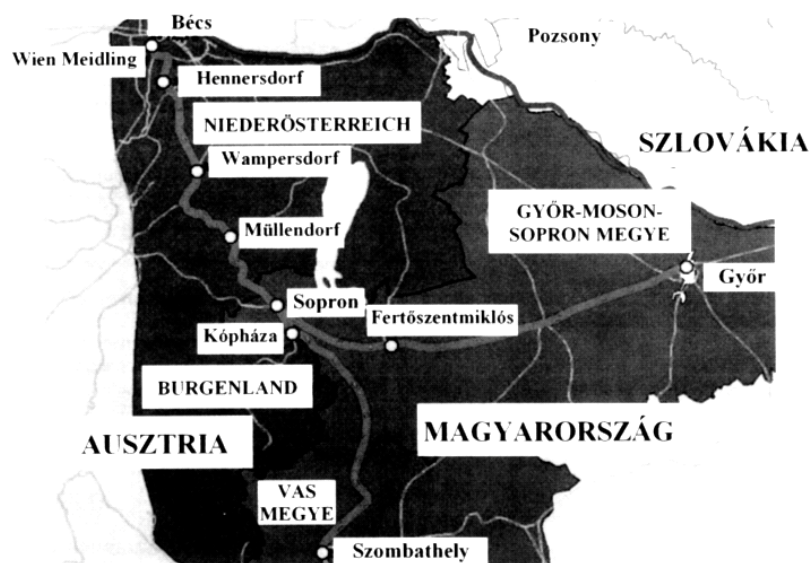
A vasútfejlesztések során környezeti prioritásokat is érvényesíteni kell, amelyek között elsősorban a környezetbarát szállítási módok (vasút, víziút) hangsúlyára, a nem kellően kihasznált lehetőségek kiaknázására (ROLA, RORO) és a nemzetközi tranzitszállításból keletkező környezeti terhelés és károk csökkentésére kell gondolni.

A vasútfejlesztések igazi motorja és legfőbb haszonélvezője a magyar – osztrák tulajdonú Győr-Sopron-Ebenfurthi Vasút (GYSEV Rt.) lehet, amelynek tulajdonában a Győr-Sopron vonal (85 km), a Fertőszentmiklós-Fertőújlak-Országhatár (-Pamhagen-Neusiedl am See) vonal (magyar területen 10 km) van és kezelője a Sopron – Szombathely vonalnak (62 km).

A Győr – Sopron vonal a IV. Páneurópai Folyosóra vezet, míg a Sopron – Szombathely vonal kulcselem lehet megfelelő korszerűsítés után a IV. és V. folyosó É-D irányú összekötésében, a magát egyre inkább európai jelentőségű csomóponttá és „fordítókoronggá” kinövő Bécs déli és délkeleti kapcsolataiban. Ugyanakkor a Szombathely – Körmend – Graz kapcsolat szisztematikus fejlesztésével megfelelő alternatívát nyújthat az ÖBB Semmering-vasútja forgalmi gondjainak csökkentéséhez is.

Ha az elképzelések határát Bécsig toljuk ki, amelyre osztrák oldalról a maximális együttműködési készség megvan, akkor egy komplex fejlesztés első ütemének gerincét az alábbi vonalak/vonalszakaszok adhatják (ld. 2. ábra):

- Wien Meidling – Hennersdorf (hossza: 9 km)
- Hennersdorf – Wampersdorf (hossza: kb. 21 km)
- Wampersdorf – Ausztria-Magyarország államhatár (hossza: kb. 30 km)
- Ausztria-Magyarország államhatár – Sopron (hossza: kb. 6 km)
- Sopron – Győr (hossza: 85 km)
- Sopron – Szombathely (hossza: 62 km).



2. ábra

*A regionális vasútfejlesztés elképzelhető gerincvonalai*



### *A jelenlegi állapot*

Az *osztrák oldalon* meglévő vasúti pálya egyvágányú, villamosított, a Hennersdorf – Wampersdorf szakaszon 100 km/h és a Wampersdorf – Államhatár szakaszon 60 km/h sebességgel történő haladást tesz lehetővé. Jelenleg a legtöbb közúti kereszteződés szintbeni kialakítású és sorompó berendezéssel biztosított. A legfontosabb személyállomások a Wien Meidling – Államhatár szakaszon Ebreichsdorf, Wampersdorf és Eisenstadt (Wulkaprodersdorfon és Müllendorfon át). A Wien Meidling – Sopron közötti menetidő jelenleg kb. 1 óra 20 perc. A legfontosabb teherpályaudvarok ezen a pályaszakaszon Inzersdorf, Müllendorf és Wulkaprodersdorf. Wien Meidling és az államhatár között a vasútvonal számos lakott területet szel át.

*Magyar területen* az egyvágányú, villamosított Ausztria-Magyarország államhatár – Sopron szakasz nagyrészt 120 km/h sebességre épült ki.

A Sopronból Győrbe, (K-i irányban) futó, egyvágányú vonal (85 km) 80-120 km/h közötti sebességű. A pályán sokhelyütt vannak szintbeni keresztezések. A vonalon 8 megállóhely, 12 állomás és 2 rendező pályaudvar (Sopron és Győr), található. A legfontosabb személyforgalmi megállók Sopron, Fertőszentmiklós, Kapuvár és Csorna. A menetidő Sopron és Győr között kb. 1 óra 05 perc. A legfontosabb teherforgalmi állomások Sopron, Petőháza, Csorna és Győr.

A Sopronból Szombathely felé (D-i irányban) futó egyvágányú vonal (62 km) 60-110 km/h sebességre épült. Ezen a vonalon számos biztosítatlan útátjáró van. A vonalon 5 állomás és 7 megálló található, köztük a legfontosabb személyforgalmi pont Harka (elágazás Deutschkreutz felé), Bük pedig a legfontosabb teherforgalmi állomás. A Sopron – Szombathely menetidő kb. 1 óra 15 perc.

### *Az elképzelt építési intézkedések*

Az elképzelések szerint *osztrák területen* a teljes Wien Meidling – Államhatár szakasz kétvágányúra épül ki, nem lesznek szintbeni keresztezések, vegyes üzemvitelre és  $v = 160 \dots 200$  km/h sebességre lesz alkalmas. E célból Wien Meidling és Wampersdorf között a jelenlegihez közeli kiépítés valósítható meg, a Wampersdorf és az államhatár között új építésű lesz a szakasz.

Ezek az intézkedések a végső kiépítésben kb. 30 perces menetidő csökkenést eredményeznek. Így Bécs Eisenstadtból 30 percen belül, Sopronból 45 percen belül elérhető lesz. A meglévő teherforgalmi csatlakozási pontok megmaradnak. Fontos teherforgalmi csatlakozási pontként az Inzersdorf terminál külön program keretében valósul meg.

A teljes vonalvezetés hosszában tervezik Park & Ride – rendszerek létrehozását. Környezetvédelmi intézkedéseként a lakóterületeken belül és környezetükben végrehajtandó átfogó zajvédelmi intézkedések szerepelnek a tervekben. Az új építésű nyomvonalnak a Lajta-menti ligetek területén a meglévő A3 autópályával párhuzamos vezetése révén a környezeti hatások minimálisra csökkenthetők. A tervezett építési intézkedések az interoperabilitás elvén alapuló építési ütemekben valósulnak meg.

A *magyar rész* az Ausztria – Magyarország államhatár – Sopron szakaszon (6 km) új, szintbeni kereszteződésektől mentes nyomvonalra kerülhet és becsatlakozhat a Wr. Neustadt – Deutschkreutz vonalba. A kiépítés az első ütemben egyvágányú, de kétvágányú alépitménnyel, 200 km/h sebességre történhet. Sopron belterületén a pályaszakasz (kb. 2,2 km) háromvágányú, külön szintű keresztezésekkel és 100 km/h sebességgel megvalósítható. A környezetvédelem érdekében a lakóterületek környezetében átfogó zaj- és rezgésvédelmi intézkedéseket kell hozni.

Sopron személypályaudvaron komoly fejlesztést jelenthet egy földalatti parkolóház létesítése, valamint a pályaudvar előterének az átépítése, a személygépkocsi- és gyalogosforgalom számára aluljáró építése.

Sopron és Kópháza között 160...200 km/h pályasebességű, új háromvágányú pálya tervezhető. Kópháza állomás után válhat szét a vonal Győr felé (kétvágányú; 3,6 km hosszú új építésű szakasz Fertőbozig és 13 km hosszú szakasz a meglévő nyomvonalon Fertőszentmiklósig) és Szombathely felé (egyvágányú).

A győri szakasz Fertőszentmiklóstól a jelenlegi nyomvonalon futhat (61 km), amelynek a kiépítése az első ütemben egyvágányú maradhat. Ennek a pályaszakasznak a második ütemben történő kétvágányúsítása után a Sopron – Győr menetidő 25 perccel rövidülne, s így Bécs Győrből Sopronon át 1 óra 20 perc alatt lenne elérhető. A meglévő teherforgalmi csatlakozási pontok megmaradnának. A környezetvédelem érdekében a lakóterületek közelében zaj- és rezgésvédelmi intézkedéseket kell hozni és megvalósítani.

---

A szombathelyi vonal (62 km) egyvágányú és szintbeni keresztezésektől mentes, 160...200 km/h sebességű lehet. Kópházától D-i irányban a pálya mintegy 29 km hosszan a meglévő nyomvonalon futhat. Büktől északra kezdődhet egy kb. 10 km hosszú új építésű szakasz, amely a jelenlegivel szemben kb. 3 km-rel rövidebb lenne és a büki termálfürdő vasúti csatlakozását tenné lehetővé. Szombathelytől É-ra torkolna vissza a meglévő nyomvonalba.

Sopron – Szombathely viszonylatban a menetidő csökkenés a kiépítés után mintegy 45 perc lenne. Ez azt jelenti, hogy Bécs Szombathelyről Sopronon keresztül 1 óra 10 perc alatt elérhető volna. A meglévő teherforgalmi kapcsolatok a magyar szakaszon változatlanul megmaradnának. Környezetvédelmi szempontból a települések közelében zaj- és rezgésvédelmi intézkedések szükségesek.

#### **4. A Nyugat-Dunántúli Régió haszna a vasútfejlesztések által**

A felvázolt vasútfejlesztések a Nyugat-Dunántúli Régióra számos tekintetben kedvező hatással lehetnek. A vasútvonal megépülése/korszerűsítése esetén a (jelenleg még) határon átnyúló kapcsolatok ugrásszerűen erősödni fognak. A közös közlekedési tengely megépítésével szorosabbá válik az együttműködés minden tevékenységi területen a ma még perifériának számító Burgenland és Nyugat-Dunántúl között, ahogyan azt az 1999. június 21-én aláírt EUREGIO West/Nyugat Pannonia együttműködés keretszerződése is célul tűzi ki. A fejlesztések szinergia hatásai a társadalmi és gazdasági kapcsolatrendszer kitágítják, s már a beruházási szakaszban a „határ menti együttműködés” „határok nélküli együttműködéssé” válik, azaz *a két régió integrálódása felgyorsul*.

Bécsnek, mint Közép-Európa nagyvárosának az elérhetősége Nyugat- és Dél-Dunántúl településeiről lényegesen javul, de javul a Nyugat-Dunántúli Régió és a vele szomszédos régiók valamennyi városának az egymás közötti elérhetősége is, mely a kooperációs kapcsolatokat gyorsítja. A tervezett vasútfejlesztések a magyar oldalról a bécsi nemzetközi repülőtér elérhetőségi idejét is jelentősen lecsökkentik, s nem csak Nyugat-Dunántúl, hanem Dél-Dunántúl területéről is keresett lesz Schwechat – ez egyben azt is jelenti, hogy a térség integrációja Európa nagy üzleti központjai felé felgyorsul.

Közép-Európa legnagyobb tava a Balaton és a Nyugat-Dunántúl gyógyfürdői (Hévíz, Zalakaros, Bük) tradicionálisan utazási célnak számítanak az osztrák, azon belül a burgenlandi és bécsi turisták számára.

A tapasztalatok szerint a nagyobbsebességű vasutakhoz kapcsolni kell a regionális, kisebb távolságok közötti közlekedési formációkat, mert a legnagyobb mértékű komplementaritás elérése növeli a hatékonyságot. Az elképzelések megvalósítása esetén a városok és valamennyi település között a multimodalitás kiépítése kívánczik, mely növeli a helyi lakosság mobilitását, az idelátogatók számára a turisztikai célpontok kedvezőbb elérhetőségét. A ráhordó járatokként különböző alternatív, környezetbarát közlekedési formák kapcsolódhatnak, melyek a fenntartható közlekedést erősítik.

A második vágányok kiépítése több mint kétszeres kapacitást eredményez és növeli a vonali közlekedési biztonságot. Az engedélyezett sebességek emelése révén csökkenhetnek az eljutási idők, jobb menetdinamikai viszonyok érhetők el, amelynek gazdasági kihatásai is jelentősek, s ezek pozitívan befolyásolják a vasút versenyképességét.

Jelentős a beruházások munkahelyteremtő/munkanélküliséget csökkentő hatása (erre a beruházási költségek kb. 3 %-a vehető figyelembe). A terület- és gazdaságfejlesztő hatás szempontjából a beruházási költség 2 %-ával számolhatunk. Mindezekhez még olyan pozitív járulékos hatások adódnak, mint a technológia korszerűsítése, a bizonyos fokú jövedelemkiegyenlítődés folyamata.

Burgenland és Nyugat-Dunántúl térszerkezete sajátos és egymásra utalt. Az I. világháború után a Trianon-i békekötés következtében a nagyobb városok (Sopron, Szombathely) a magyar oldalon maradtak, megcsonkítva vonzáskörzetüket, s ez az állapot egészen 1990-ig konzerválódott. A természetes társadalmi és gazdasági kapcsolatrendszer a rendszerváltás előtt a különböző politikai rendszerből fakadóan nem tudott helyreállni. A fejlesztések felgyorsíthatják a természetes térszerkezet és vonzáskörzetek helyreállítását, elsősorban a gazdaságot élénkítő hatásukkal.

A Nyugat-Dunántúli régió részére 2001-ben készült el a területfejlesztési program, s ennek célkitűzéseit a vasútfejlesztések erősítenék, különös tekintettel a „régioépítés” prioritására. A régió Magyarország EU-hoz való csatlakozása után, a viszonylagos fejlettsége ellenére az 1. célterülethez, azaz az elmaradott területhez tartozik majd. A hatalmas méretű beruházások olyan irányba mozdíthatják el a régiót, hogy az 1. célterületből rövid időn belül kikerül Burgenlanddal együtt.

---

A Nyugat-dunántúli Régió „leggyengébb láncszeme” az észak-dél irányú kapcsolatrendszer, a felvázolt fejlesztés megteremtheti a hiányzó tengelyt, s ezáltal mind a gazdasági, mind a társadalmi kohéziót elősegíti.

A beruházás a gazdaság élénkülésével jár, a térségen belül még nagyobb szerepet kap a tercier szektor, azon belül a közlekedés, logisztika, és a turisztika. Összességében a régióban szerkezetváltás játszódik le, a regionális gazdaság megerősödik.

A Nyugat-Dunántúli Régió természeti értékekben gazdag, melyet a Fertő-Hanság és az Őrség Nemzeti Park, a Kőszegi natúrpark, a közös szlovén-osztrák-magyar natúr park bizonyít. Ezeken a területeken a turizmus élénkülése várható. A vasútfejlesztések ezen természeti örökség helyszíneknek az elérhetőségét is növelik, ami az ökoturizmus fellendülésével járhat.

Mind az építkezés alatt, mind az üzembe helyezés után a térség jövedelemszintje nő, amely hozzájárul az osztrák és magyar régió kohéziójának növekedéséhez. A térség magasabb jövedelemtermelő képessége miatt a térségben élők életminősége emelkedik, a jobb életkörülmények nagyobb vonzóképességgel járnak, várhatóan a munkaerő áramlás pozitív lesz hosszútávon, s ez hozzájárul a megújuló versenyképességhez.

---

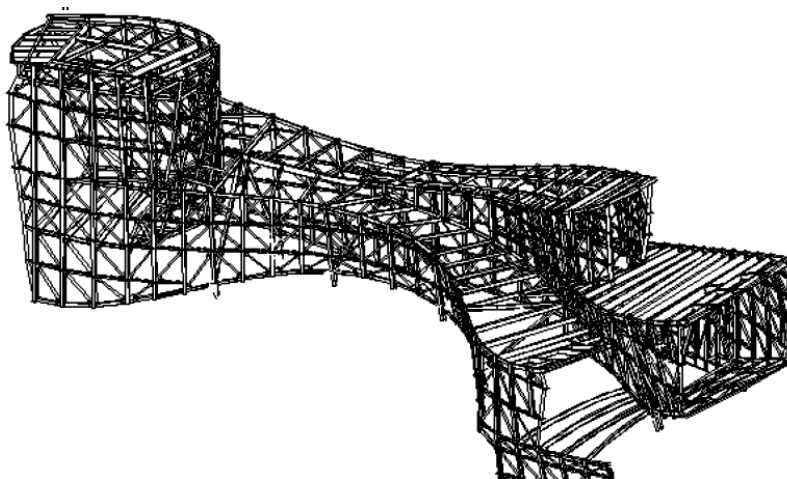
## Szerkezeti CAD-CAM rendszerek új területeken

### NEW FIELDS FOR THE CAD-CAM CONSTRUCTIONAL SYSTEMS

Horváth László

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Hidak és Szerkezetek Tanszéke

Az építési piac jelenlegi helyzetét az ár-és konkurenciaharc globálissá válása, extrém rövid megvalósítási határidők, mindamellett építészeti és szerkezeti igényes létesítmények jellemzik. (1.kép) A piac kihívásainak csak olyan cégek felelhetnek meg, amelyek tudatosan használják az informatika legújabb vívmányait, a tervezési és megvalósítási folyamat minden fázisában nagyteljesítményű, fejlett számítógépi szoftvereket alkalmaznak, és a kommunikáció-technológia eszközeit bevetve végzik munkájukat.



1. kép

*Guggenheim múzeum, Bilbao (BSI, Ocquier és Bocad GmbH)*

A szerkezetek tervezésének és konstruálásának a munkamegosztás természetes velejárója, egyrészt a szakemberek egy cégen belüli specializálódása miatt, másrészt pedig az egyes kooperáló cégek szakmai hozzáértésüknek és kapacitásuknak megfelelő munkarészeket végeznek el. A klasszikus kooperációk jellemző gondja a kommunikáció, amely egyrészt időigényes, másrészt pedig rengeteg hiba forrása. A kommunikációs problémákat csak súlyosbítják a szoros határidők, az egyes munkafázisok összecúsúzása, és a gyakori változtatások és módosítások. A napi gyakorlatból ismertek a hibás vagy hiányos adatszolgáltatásból, az egyeztetések elkéséséből vagy elmaradásából származó károk.

Az információ- és kommunikáció-technológia új eszközeinek következetes alkalmazása segítséget nyújt fenti problémák leküzdéséhez is.

#### **1. Alapelem – konstrukciós CAD-CAM rendszer a tartószerkezet-tervezésben**

A megfelelő teljesítőképességű konstrukciós CAD-CAM rendszer kulcseleme ennek a stratégiai innovációnak. A mai, legfejlettebb rendszerek folyamatosan végigviszik a teljes konstrukciós folyamatot, az acél – esetleg fa – tartószerkezet létrehozásától a burkolatok, tetőfedések elhelyezésén keresztül az üvegfalak, felülvilágítók, függönyfalak beépítéséig. A konstruktőr elsődleges feladata a szerkezet létrehozása és ellenőrzése, a számítógép átveszi a rutinmunkákat - a rajzok és darabjegyzékek, sőt a gyártógépek vezérléséhez szükséges nc-adatok is automatikusan készülnek el.

---

A tartószerkezet megtervezése során a konstruktőr a statikus adataira támaszkodva lépésről lépésre felépíti a számítógépben a szerkezet 3 dimenziós modelljét. Az oszlopokat, gerendákat a térben a legegyszerűbben és hibamentesen a méretezőprogramból átvéve helyezhetjük el. A csomóponti részletmegoldások kidolgozása során a korszerű CAD-rendszerek hatékony segítséget adnak a szerkesztőnek. A kívánt kapcsolattípus kiválasztása után a program megmutatja a tudásbázisában szereplő, jól bevált vagy éppen a cég által favorizált szerkezeti megoldásokat. Ezek közül a megfelelőnek ítéltet kiválasztva, a kapcsolat további paramétereit (csavar- és varratméretek, lemezvastagságok stb.) általában grafikus beállítóablakban közölhetjük. Az összekapcsolandó tartóknak megfelelő, acélszerkezeti helyes részletmegoldást a CAD-rendszer készíti el, pillanatok alatt elvégezve a rutinfeladatokat és betartva a szerkesztési szabályokat. Az elkészült kapcsolatot a konstruktőr megvizsgálja, elfogadhatja vagy gyorsan átalakíthatja pl. csavarok odébbmozgatásával, esetleg elvetheti és rögtön másképpen újraalkothatja.

A konstruktőr ilyen módon mentesül a rutinlépések alól, energiáit a szerkezetnek leginkább megfelelő részletmegoldások megalkotására fordíthatja, akár több megoldást is kipróbálva alakíthatja ki az optimális konstrukciót. A program gondoskodik a többiről – az elemek szakszerű leszállásától a szerkesztési szabályok és bevált konstrukciós szokások betartásáig.

Bár a CAD-rendszerek alapvetően hibamentesen dolgoznak, azért a létrehozott szerkezet folyamatos ellenőrzéséhez is sok segédeszközt biztosítanak. Az elemek ütközésének vizsgálata különösen bonyolult térbeli konstrukciók esetén elengedhetetlen. A csavarok elhelyezhetőségének és meghúzatóságának vizsgálatát már csak a kifinomultabb CAD-programok végzik el. Ugyancsak nagyon hasznos a kapcsolatok ellenőrzése, ugyanis a szerkezetben minden elemnek valamiképpen kapcsolódnia kell a többihez.

A teljes szerkezet 3d-s számítógépi modelljének felépítése és ellenőrzése után a dokumentációk elkészítése következik. Ennek során a tételszámozás rendszere, a gyártási és szerelési tervek tartalma, rajzi elrendezése és kidolgozása mind-mind a megrendelő ízlése és előírásai szerint, teljesen automatikusan mennek végbe. A gyártási tervdokumentáció elkészítése akár a dolgozók munkaidején kívül is történhet!

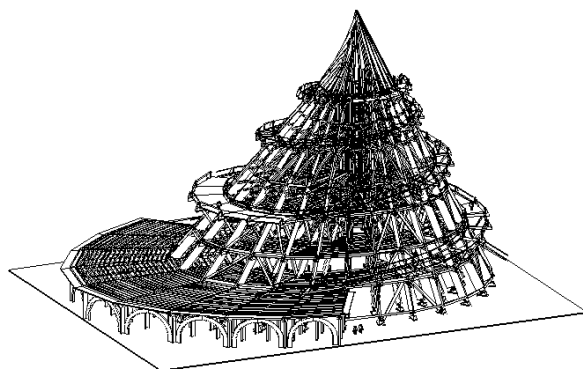
Csak a legfejlettebb CAD-rendszerek tudják megvalósítani az automatizáltságnak azt a fokát, ahol még a konstrukciós eljárások, pl. oszloptalpak, kapcsolatok, merevítések stb. is hozzáigazításra kerülnek a megrendelő igényeihez, ezek a cégspecifikus beállítások – a dokumentálással együtt - a rendszerben rögzítődnek. A CAD-rendszer elindításakor csak ki kell választani a megrendelőt, aki számára konstruálunk – és máris biztosítva van a megrendelő igényei szerinti tervezés.

## **2. Fejlett, integrált CAD-CAM rendszerek**

A hagyományos tervezési folyamatban a tartószerkezet létrehozását követi a burkolatok, tetőfedések, majd a felülvilágítók, üvegfalak stb. megkonstruálása. A legtöbb esetben ez más-más célszoftverrel történik, ami vagy az adatok ismételt bevitelét követeli meg, vagy a 3D-modell átadását speciális interfészekon keresztül. Kevés olyan CAD-rendszer van, amelynél egy rendszerrel elvégezhető a teljes konstrukciós folyamat a tartószerkezettől az üvegfalakig. Az ilyen rendszer több szinten jelent előnyt a felhasználónak:

- az adatok többszöri bevitelét és feldolgozását ill. átadását elkerülve nemcsak sok munkaidőt takarítunk meg, hanem potenciális hibaforrásokat szüntetünk meg
- nincs szükség az időigényes feladat-átadásra a konstruktőrök között
- a szerkesztők ugyanazokat a megszokott konstrukciós eszközöket használhatják a különböző szakterületeken
- a cégspecifikus beállítások a teljes tervezési folyamatra érvényesek.

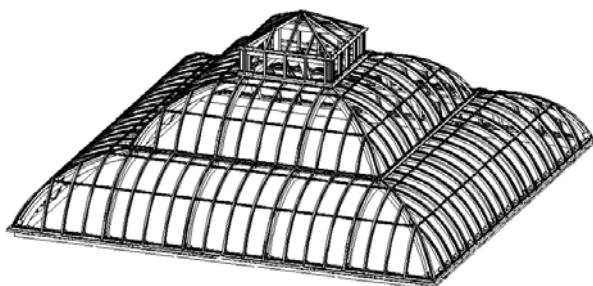
A mai építészet gyakran kombinálja az egyes szerkezettípusokat, és az acél tartószerkezet mérész üvegfalakkal, vagy éppen faszerkezetekkel egybeépítve nyeri el igazi varázsát. (2. kép) Ilyen szerkezeteknél különleges előnyt jelent, hogy rendszerváltás nélkül, egyetlen integrált CAD-programban oldhatjuk meg a teljes konstrukciós feladatot. Következésképpen elkerülhetjük ezáltal az elmentmondásokat és hibákat az acél- és üveg ill. fa szerkezeti rendszerek között.



2. kép

*Spirállépcső ferde szerkezet körül, acél-fa (Hess/Bocad Holz)*

A burkolatok illetve üvegszerkezetek tervezése számos speciális ismeretet követel meg. Ha ez nem áll rendelkezésre egy tervezőcégen belül, akkor a tervezési feladatot cégek között megosztva végezzük, és az acélszerkezetet, a burkolatokat illetve az üvegszerkezeteket specialisták tervezik. Használhatják ugyanazt a CAD-rendszert, mindegyikük a számára speciálisan összeállított moduláris felépítésben, és a 3D-s modell átadásával biztosítható a konzevens konstrukciós folyamat. Ráadásul a fejlett integrált rendszerek széles választékot kínálnak a különböző gyártók burkolati rendszereiből, lehetővé téve a leg gazdaságosabb megoldás kiválasztását. A burkolatgyártók által készített speciális tervezőrendszerek alkalmazása esetén ez a szabadság kizárt. Ugyanilyen módon az üvegszerkezetekben használható profilrendszerek szinte teljes választéka gyártófüggetlenül alkalmazható az integrált rendszerek legjobbjainál. Az építészek fantáziája ezen a téren is egyre szabadabban szárnyal, és a gyártók által ajánlott CAD-programok geometriai korlátait általában jelentősen meghaladó szerkezeteket követelnek meg (3.kép), amelyeket megint csak az integrált rendszerek tudnak megoldani.



3. kép

*Ívelt felületű üvegtető rendszerelemekből (Bocad)*

A burkolatok és üvegszerkezetek konstruálása során a CAD-rendszer nemcsak egyes elemeket helyez el, hanem ismeretei vannak a teljes rendszerekről. Ilyen módon például egy kazettás-trapézlemez homlokzatburkolatnál automatikusan beépítésre kerülnek a szükséges tömítések, hőszigetelések és szegélyprofilok. Egy homlokzati üvegfal beépítésekor nemcsak a tartóprofilok, hanem a tömítőgumik, távtartóelemek, takaró- és szorítólécek mint rendszerelemek is azonnal elhelyezésre kerülnek. Az üvegfalak csomópontjai is a rendszernek megfelelően összevágva, csatlakozóelemekkel ellátva kerülnek automatikusan és szakszerűen megkonstruálásra. A nyílások beüvegezése, az üvegek leszabása is a rendszerspecifikációk betartásával, automatikusan végeztethető el. Ilyen módon mind a burkolatoknál, mind az üvegszerkezeteknél a konstruktőrök szakismeretekkel is támogatják a CAD-rendszereket. A gyártási tervdokumentáció előállítása a tartószerkezeteknél megszokott módon, teljesen automatizálható, a területnek megfelelő szakszerűséggel kerül sorra. Speciális rajzok, például palettázási és fektetési tervek burkolatokhoz, vagy optimalizált üvegszabásrajzok teszik teljessé a dokumentációt.

---

### 3. Munkamegosztás cégen belül és cégek között

A CAD-rendszerek a cégeknél általában egymással és az üzleti, beszerzési, anyaggazdálkodási, gyártásirányítási stb. feladatokat megoldó többi géppel helyi hálózatba kötve működnek. A CAD-rendszer szintén automatikusan állítja elő a megrendelés elkészítéséhez és lebonyolításához szükséges numerikus adatokat a számjegyvezérlésű gyártógépeknek, valamint az anyagellátáshoz és szervezéshez kapcsolódó információfeldolgozásnak. Az adatok többszöri bevitelét és feldolgozását elkerülve nemcsak hibaforrásokat szüntetünk meg, hanem a gyártásirányítás és anyaggazdálkodás területeit is felgyorsítjuk és ésszerűsítjük.

A tervezési folyamat hagyományos, cégen belüli munkamegosztása az integrált konstrukciós CAD-rendszerek használata esetén is fenntartható. Más-más konstruktőr készítheti el a tartószerkezetet és a burkolatokat, szintén specialista foglalkozhat az üvegfalakkal és felülvilágítókkal. Mindegyikük látja az előtte dolgozó konstruktőr munkájának eredményét, és azt kiegészíti saját feladatának elvégzésével, közben kihasználva a program által nyújtott sokrétű szolgáltatásokat. Általában a dokumentációk elkészítésére is külön szerkesztők felügyelnek.

A legfejlettebb CAD-CAM rendszerek teljesítőképessége és automatizáltsági foka olyan színvonalat ért el, hogy egyes cégeknél a munkamegosztással ellentétes irányú folyamat indult el, a komplett konstruálás egy CAD-főkonstruktőrrel. Kisebb és közepes megrendelések esetén egyetlen konstruktőr is képes határidőre és hibamentesen elkészíteni az összes dokumentációt - természetesen a CAD-rendszer segítségével. Ez a munkamódszer különösen magas hatékonyságot eredményez. A feladatot nem kell konstruktőrrel konstruktőrré továbbadni, elhagyhatók az időigényes átadás-átvételi megbeszélések. A főkonstruktőr az általános tervektől kezdve a tartószerkezet, a burkolatok, tetőszerkezetek ill. az üvegszerkezetek létrehozásán keresztül az összes tervdokumentációt elkészíti. Tökéletes áttekintéssel rendelkezve lefolytatja a szükséges megbeszéléseket és egyeztetéseket a megrendelővel, társtervezőkkel, építésszel, és felülyeli a gyártást és kivitelezést. A feladat jelentősen meghaladja az átlagos szerkesztői munkakört, változatos, érdekes, felelősségteljes. Vonzerőt jelenthet fiatal diplomások számára is, akik az oktatásban esetleg már megismerték a CAD-rendszert.

A tervezőirodák együttműködése a mai szoros határidők és átfedő tervezési feladatok mellett a speciális ismeretek és képességek kihasználása valamint a kapacitásgondok megoldása miatt is elkerülhetetlen. Tulajdonképpen mindegy, hol is helyezkednek el földrajzilag a partnerek, az összeköttetést ISDN vagy hálózat biztosítja. A kooperáló partnerek közötti hatékony adatcsere és kommunikáció megoldása azonban létfontosságú. Hálózaton keresztül továbbított rajzok képezhetik az egyeztetések alapját, minden tárgyalófél azonos állapotot tekinthet meg a képernyőjén. A megbeszélések késedelem nélkül, sőt utazások nélkül lebonyolíthatók, időt és költséget takarítva meg ezzel. A CAD-rendszerek által könnyen és gyorsan generálható térbeli képek, árnyékolt ábrázolások megkönnyítik a szerkezet áttekintését, és megkönnyíthetik az egyeztetést.

Az együttműködés az azonos szoftvert használó CAD-irodák között a konstrukciós feladat részekre osztásával is történhet. Ekkor egyidőben, párhuzamosan végezhető konstrukciós munka ugyanazon a feladaton, és a CAD-rendszerek automatikusan gondoskodnak az adatcseréről, azaz arról, hogy mindenütt a szerkezet aktuális állapota jelenjen meg a konstruktőr előtt. A telekooperáció előnye a hibamentesség, a gyorsaság és a teljesítőképesség. Ugyanilyen módon a tervezés felügyelete, az elkészült szerkezeti részek ellenőrzése és gyártásba adásának engedélyezése is megoldható, például még oly módon is, hogy a gyártmányterveket mindenki elektronikus úton juttatja el a gyártó céghez, és csak közvetlenül ott nyomtatják papírra.

A mai, nagyon szűkös, szinte kilátástalan határidők mellett, ahol párhuzamosan halad a tervezési, konstrukciós, sőt gyártási folyamat, ahol félig kész építészeti tervek alapján már gyártmányterveket kell készíteni, ahol a változtatások követése is szinte lehetetlen, a közvetlen kommunikációs kapcsolat létfontosságú. Az elkészült tervek ellenőrzésre, egyeztetésre, jóváhagyásra a partnerekhez azonnal el kell juttatni, az esetleges változásokat haladéktalanul átvezetni. Mindez csak a kommunikációs és információs technológia legújabb eszközeinek igénybevételével lehetséges, a fejlett, integrált CAD-rendszerek következetes alkalmazásával, a konstrukciós folyamat teljeskörűvé tételével, amely az eddig csak a tartószerkezeteknél megszokott eljárások és módszerek új területeken, fa szerkezeteknél, burkolatoknál, üvegszerkezeteknél történő bevezetését jelenti.

---

# A szél dinamikus hatásainak vizsgálata sztochasztikus eszközökkel

## ANALYSING WIND DYNAMIC EFFECTS ON STRUCTURES USING STOCHASTIC TOOLS

Hunyadi Mátyás

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Hidak és Szerkezetek Tanszéke

### Abstract

*In the analysis of large structures exposed to wind we can presume that the wind is not acting with the same intensity on the whole building. And even examining one point of the structure the wind force in that point changes with time. Assuming this one can treat the wind, and thus the wind force on the structure as a stochastic process.*

*In the 60's Davenport introduced this view in [2][3]. He divided the wind speed function into two parts: a mean value and a superposed fluctuating part, which is supposed to be a stationary stochastic process. Through the structure's transfer function, which is a description function of the structure dynamic behaviour, we can determine the response of the structure. This is done in the frequency domain, with the so-called power spectral density function. From the response of the structure, which is also a stochastic process, the extreme response value can be calculated.*

*This paper describes the wind field model, the wind force function and the relation of the displacement response of a single degree of freedom (DOF) system to the wind loading. Finally the analysis of multiple DOF systems is presented.*

### Bevezetés

Napjainkban mind nagyobb és látványosabb szerkezeteket akarunk készíteni, építeni, egyre kevesebb anyagból, gondoljunk csak a nagy fesztávolságú hidakra, magas tornyokra. A nagy méretek és a kicsi önsúly óhatatlanul is előtérbe helyezi a szélteher okozta dinamikus hatások megjelenését. Hogy ezt a jelenséget minél jobban megismerhessük, a szélterő minél pontosabb és élethűbb jellemzése szükségeltetik.

A témában úttörőnek számítanak Davenport 1960-es években megjelent kutatási eredményei [2][3], melyek szerint a szélesebbeséget felosztotta két részre: egy időben állandó átlagos erejű szélesebbeségre és egy lüktető részre. Utóbbit sztochasztikus eszközökkel írta le. Ennek nyomán a szerkezet elmozdulása a szélteher hatására három komponensre bontható fel, nevezetesen az állandó szélterőből származó átlagos elmozdulásra, a lüktetésekkel az úgynevezett háttér elmozdulásra és rezonancia esetén a rezonáns részre. Ennek megfelelően a szerkezet elmozdulásai is sztochasztikus időbeli folyamatként kezelhetők.

Jelen cikk e módszert ismerteti, illetve a különböző megoldási módokat jellemzi.

Elsőként a szél sztochasztikus jellemzéséről lesz szó, aztán a legegyszerűbb szerkezet, egy egyszabadságfokú rendszer elmozdulásait ismertetjük, majd a többszabadságfokú rendszerek kezelésével foglalkozunk.

### A szél sztochasztikus jellemzése

Davenport [2][3] bevezette a szél hatására fellépő dinamikai vizsgálat frekvencia térben történő vizsgálatát. Elsőként a szél hosszirányú hatását kutatta. Feltételezése szerint, amit mérések is alátámasztottak, a tér egy pontjában a szél sebességét stacionárius sztochasztikus folyamatként lehet jellemezni, azaz felbontható egy időtől független átlagra és egy időtől függő szélleketet leíró részre

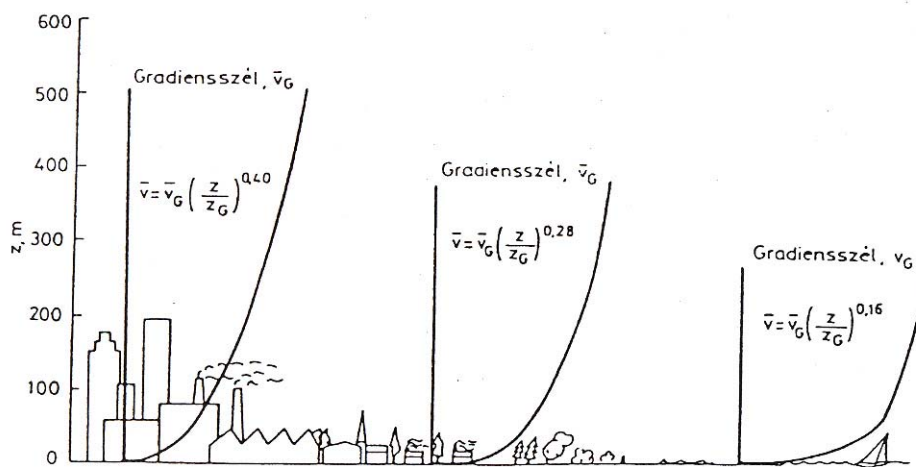


$$\bar{u}(P, t) = \bar{U}(P) + u(P, t)$$

alakban, ahol  $P$  a tér egy pontja és  $t$  az idő,  $\bar{u}(P, t)$  a szélesség függvény,  $\bar{U}(P)$  az átlag sebesség és  $u(P, t)$  az átlag körüli fluktuáció függvénye, amit zérus várható értékű Gauss folyamatnak tételezünk fel. Az  $\bar{U}(P)$  átlagot az ún. Reynolds féle átlagolással kapjuk, amely szerint

$$\bar{U}(P) = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} \bar{u}(P, t) dt,$$

ahol  $T$  rögzített vizsgálati időintervallum, általában 10 perc és 1 óra között felvett érték.



1. ábra  
Szélesség profil görbe

Az átlag szélesség függvény magasság szerinti változását a szélprofil görbe jellemzi (lásd 1. ábra). Gradiens sebességnek nevezzük azt a magasságot, ami felett a szélesség átlaga nem változik a magasság mentén. A szélprofil görbe felírható exponenciális alakban:

$$\bar{U}(z) = \bar{U}_{ref} \left( \frac{z}{z_{ref}} \right)^\alpha$$

ahol  $z$  a vizsgált pont magassága,  $z_{ref}$  a referencia magasság ahol  $\bar{U}_{ref}$  szélesség értéket mértek és  $\alpha$  egy a terep érdességétől függő állandó. Referencia magasságnak nevezzük azt a magasságot, ahol mérések alapján idősorok állnak rendelkezésünkre a szélességről.

A szélterhelés számításakor az áramlás útjába helyezett akadály vizsgálata a mérnök számára kitűzött feladat. Az áramló levegőben örvények keletkeznek abból adódóan, hogy a talaj közelében nincs légmozgás, míg magasabb régiókban pedig a magasság szerint változik a szél intenzitása. Az örvényesség aperiodikus jelenség, de felbontható periodikus örvény-komponensek összegére. Ezért, és a matematikai leírás megkönnyítése céljából térünk át a fent említett időtérbeli folyamat frekvencia-térbeli vizsgálatára, amit a Fourier transzformációval tehetünk meg. Minden periodikus örvény-komponensnek van az egész szél mozgási energiában részt vevő energiahányada, ennek leírása meg egyezik a szélességhez, mint sztochasztikus folyamathoz tartozó energia sűrűség függvényével (továbbiakban ESF). A szélesség ESF képzése az autokorrelációs függvényből

$$S_u(P, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_u(P, \tau) e^{-i\omega\tau} d\tau$$

alakban, ahol

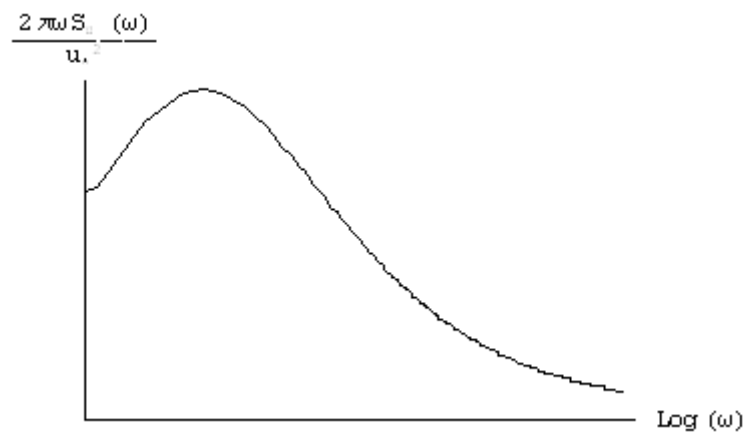
$$R_u(P, \tau) = \int_{-\infty}^{\infty} u(P, t - \tau) u(P, t) dt$$

az  $u(P, t)$  autókorrelációs függvénye.

Korábban végzett független mérések alapján felállított ESF-ek közös alakját Solari és Piccardo foglalja össze [9]-ben

$$\frac{f S_u(P, f)}{u_*^2} = \frac{A_u f^{\alpha_u}}{(1 + B_u f^{\alpha_u})^{\frac{5}{3\mu_u}}}$$

alakban, ahol  $u_* = \frac{U(10)}{2,5 \ln\left(\frac{10}{0}\right)}$  a nyírási sebesség és  $A_u$ ,  $B_u$ ,  $\alpha_u$  és  $\mu_u$  forrásonként különböző értékű tényezők. A függvény grafikonját lásd 2. ábra.



2. ábra  
Szélsebesség ESF

A szélsebesség ingadozásának szórásnégyzete

$$\sigma_u^2(P) = \int_{-\infty}^{\infty} S_u(P, \omega) d\omega$$

képlettel számítható.

### Szélsebesség – szélteher

Minden áramlásba helyezett akadályra hat az áramló közeg torlónyomásából keletkező szélteher. A szélterhet az

$$f(P, t) = \frac{1}{2} \rho C_D A \Delta u^2(P, t)$$

függvény írja le, ahol  $\rho$  a levegő sűrűsége,  $C_D$  a test alaki tényezője,  $A$  a test  $P$  térbeli pontjának szélnek kitett felülete és  $\Delta u(P, t) = \tilde{u}(P, t) - \dot{x}(P, t)$  a test és a szél relatív sebesség különbsége. Kifejtve a képletet a szélteherre kapjuk a

$$f(P, t) = \frac{1}{2} \rho C_D A (\bar{U}(P) + u(P, t) - \dot{x}(P, t))^2$$

időtérbeli függvényt. Látható, hogy a szerkezet mozgásából számított tag, az úgynevezett visszacsatolt mozgás jelen van a szélteher függvényében. Mivel az építőmérnöki szerkezetek jelentős része nagy merevséggel rendelkezik, a szerkezet mozgásából számított szélteher változás kicsi, így azt itt elhanyagoljuk. Ezáltal jutunk a szélesebbség - szélteher ESF-ek közötti kapcsolat lineáris leírására alkalmas

$$S_f(P, \omega) = \rho^2 C_D^2 A^2 \bar{U}^2(P) S_u(P, \omega)$$

képletéhez.

### Egyszabadságfokú rendszer

Egyszabadságfokú rendszernek tekintünk a tér  $P$  pontjában egy egy irányban elmozdítható pontot, aminek mozgását az alábbi differenciál egyenlet írja le

$$kx(t) + c_S \dot{x}(t) + m\ddot{x}(t) = f(t),$$

ahol  $x(t)$  a nyugalmi  $x(t)=0$  ponttól való elmozdulását írja le,  $k$  a visszatartó rugó állandó,  $c_S$  a sebességgel arányos csillapítási tényező és  $m$  a test tömege. Mivel a test a  $P$  térbeli pontban helyezkedik el, így az előzőekben levezetett egyenletekből a  $P$  paraméter elhagyható. Ha kifejtjük az erő függvényt, bevezetjük a  $c_A = \rho C_D A \bar{U}$  aerodinamikai csillapítási tényezőt és átrendezzük az egyenletet, az alábbi alakot kapjuk:

$$kx(t) + (c_S + c_A) \dot{x}(t) + m\ddot{x}(t) = \frac{1}{2} \rho C_D A \bar{U}^2 + \rho C_D A \bar{U} u(t).$$

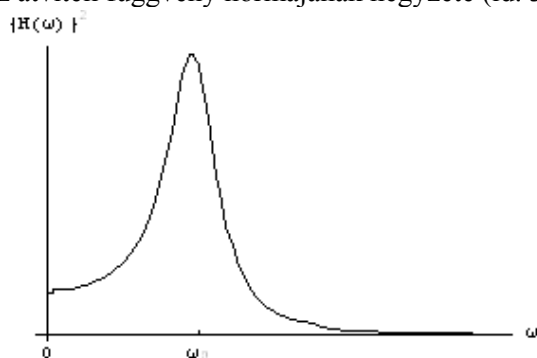
Látható, hogy a mozgás felbontható egy statikus terhelés és egy időben változó terhelés hatására bekövetkezett mozgásra, melyeket a továbbiakban rendre  $\bar{x}$  és  $x(t)$  -vel jelölünk. Mivel ezentúl csak az utóbbira helyezzük a hangsúlyt, így  $x(t)$ -vel csak a változó részt jelöljük. Bevezetve az  $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$  sajátfrekvenciát,  $c = c_S + c_A$ ,  $\zeta = \frac{c}{2\sqrt{km}}$  csillapítási paramétert amiben  $c_{krit} = 2\sqrt{km}$  a kritikus csillapítás, a mozgás egyenletből az elmozdulás ESF-je

$$S_x(\omega) = |H(\omega)|^2 S_f(\omega)$$

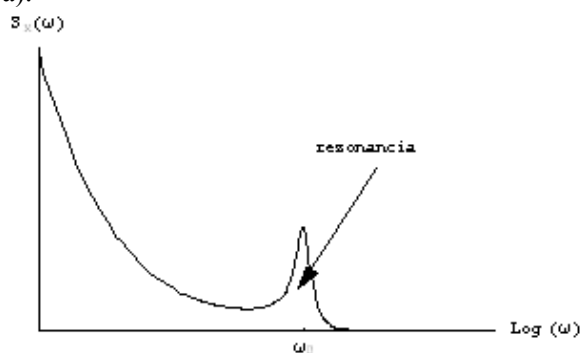
alakban írható fel, ahol

$$|H(\omega)|^2 = \frac{1}{k^2} \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2\right]^2 + \left[2\zeta \frac{\omega}{\omega_0}\right]^2}$$

az átviteli függvény normájának négyzete (ld. 3. ábra).



3. ábra  
Átviteli függvény



4. ábra  
Elmozdulás ESF

Az elmozdulás várható értéke, azaz a statikus teher hatására történő elmozdulás a

$$k\bar{X} = \frac{1}{2}\rho c A \bar{U}^2$$

egyenletből számítható, míg az elmozdulás ingadozásának szórásnégyzete

$$\sigma_x^2 = \int_{-\infty}^{\infty} S_x(\omega) d\omega.$$

Így a szerkezet elmozdulásának maximális értéke

$$x_{\max} = \bar{X} + g\sigma_x$$

alakban számítható, ahol  $g$  a csúcstényező. A csúcstényező a szerkezetre ható szélsőséges szélteher visszatérési idejétől függően 3-4 közötti értéket vesz fel.

### Többszabadságfokú rendszer

Tekintsünk egy  $n$  szabadságfokú rendszert, melynek mozgásegyenlete

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{x}}(t) + \mathbf{K}\mathbf{x}(t) = \mathbf{f}(t),$$

ahol  $\mathbf{M}$  a tömegmátrix,  $\mathbf{K}$  a merevségi mátrix,  $\mathbf{x}(t)$  a csomópontok elmozdulási vektora és  $\mathbf{f}(t)$  a csomópontokra ható széltehervektor. Az  $\mathbf{f}(t)$  vektor egy folyamat, melynek elemeit,  $f_i(t)$ -t alfolyamatnak nevezzük. A megoldásnál az egyik legnagyobb probléma a tehervektor előállítása, ugyanis a szélteher egyidőben nem azonos intenzitással hat az egész szerkezetre, figyelembe kell venni a különböző pontokban fellépő szélterhek korreláltságát. Az egyenletrendszer megoldását több módszerrel is végezhetjük, ezek közül a módálanálízis módszerével keressük a megoldást.

Legyen  $\mathbf{V}$  a rendszer sajátvektorainak mátrixa, melyek legyenek a tömegmátrixra normáltak. A módálanálízisben szokásos bázis váltással az ismeretlen elmozdulás vektort  $\mathbf{x}(t) = \mathbf{V}\mathbf{y}(t)$  alakban felírva és a mozgás egyenletet bal oldalról  $\mathbf{V}^T$ -vel beszorozva kapjuk, hogy

$$\mathbf{V}^T \mathbf{M} \mathbf{V} \ddot{\mathbf{y}}(t) + \mathbf{V}^T \mathbf{K} \mathbf{V} \mathbf{y}(t) = \mathbf{V}^T \mathbf{f}(t).$$

Mivel a sajátvektorok a tömegmátrixra normáltak, azaz  $\mathbf{V}^T \mathbf{M} \mathbf{V} = \mathbf{E}$ , kapjuk, hogy  $\mathbf{V}^T \mathbf{K} \mathbf{V} = \begin{pmatrix} \omega_{01}^2 & \dots & \omega_{0r}^2 & \dots & \omega_{0n}^2 \end{pmatrix}$ . Ezáltal a rendszer szétesik  $n$  darab egy ismeretlenes egyenletre, melyeknek  $r$ -edik tagja

$$\ddot{y}_r(t) + \omega_{0r}^2 y_r(t) = f_r(t) = \mathbf{v}_r^T \mathbf{f}(t).$$

A teher kereszt energia sűrűség mátrixa (továbbiakban KESM)

$$[\mathbf{S}_{\mathbf{f}}(\omega)]_{ij} = S_{ff}(\omega),$$

ahol  $f_i$  az  $i$ -edik pontban ható teherfüggvény és  $S_{ff}(\omega)$  a  $i$  és  $j$ -edik pontban ható szélteher kereszt energia sűrűség függvénye (KESF). Az  $f_r(t)$  függvény ESF-e ezáltal felírható

$$S_{f_r}(\omega) = \mathbf{v}_r^T \mathbf{S}_{\mathbf{f}}(\omega) \mathbf{v}_r$$

alakban. Az egy szabadságfokú rendszer megoldását alkalmazva kapjuk az elmozdulás ESF-jét,

$$S_{y_r}(\omega) = |H_r(\omega)|^2 S_{f_r}(\omega),$$

ahol  $H_r(\omega)$  az  $r$ -edik csomópontokhoz tartozó átviteli függvény.

### Kereszt energia sűrűség függvény

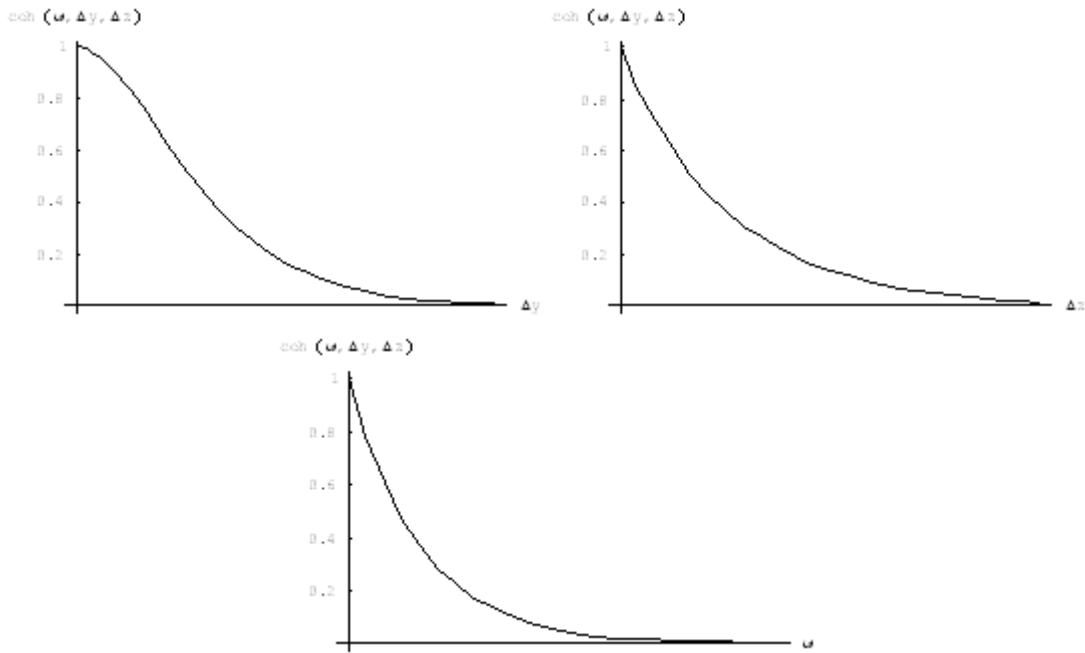
Az  $f(t)$  időfüggő folyamat KESF-je kiszámítható a következő képlettel

$$S_{ff}^2(P_i, P_j, \omega) = S_{ff}(P_i, \omega) S_{ff}(P_j, \omega) \text{coh}_{ff}^2(P_i, P_j, \omega),$$

ahol

$$\text{coh}_{ff}^2(P_i, P_j, \omega) = \frac{S_{ff}^2(P_i, P_j, \omega)}{S_{ff}(P_i, \omega) S_{ff}(P_j, \omega)}$$

a  $P_i$  és  $P_j$  térbeli pontokban elhelyezkedő  $i$  és  $j$  jelű csomópontokra ható szélteher koherencia függvénye. Az irodalom megkülönböztet egy folyamat két térbeli pontjában mért ún. térbeli koherencia függvényét és két különböző folyamat (pl. hossz- és keresztirányú szélesség) közötti azonos térbeli pontban mért ún. pontbeli koherencia függvényét. Ezek összefoglalóját és különböző kifejezéseit [9] tartalmazza. A térbeli koherencia függvény függ a két pont közötti távolságtól, viszont független a pontok abszolút elhelyezkedésétől. Koherencia függvény képei látható az 5. ábra.



5. ábra  
Koherencia frekvencia, vízszintes és függőleges távolság függvényében

Térbeli koherencia függvényre ad képletet [5]

$$\text{coh}_{ff}^2(\Delta y, \Delta z, \omega) = \exp\left(\frac{-\omega \sqrt{(C_v \Delta z)^2 + (C_h \Delta y)^2}}{2\pi \bar{U}}\right)$$

alakban, ahol  $C_v$  és  $C_h$  rendre a függőleges és a vízszintes együttthatást kifejező, empirikusan meghatározott együttthatók.

### A szerkezet elmozdulásai

A szerkezet elmozdulás vektorát felírtuk a szerkezet sajátvektorainak bázisában. A szerkezet minden pontjában az elmozdulást sztochasztikus folyamatként tudjuk értelmezni. Az elmozdulás vektor  $r$ . koordinátája

$$x_r(t) = \mathbf{v}_r \mathbf{y}(t) = \sum_{j=1}^n v_{r,j} y_j(t)$$

alakban írható fel, ezért annak ESF-je

$$S_{x_r}(z, \omega) = \sum_{j=1}^n v_{r,j}^2 S_{y_j}(\omega) + \sum_{i \neq j} v_{r,i} v_{r,j} S_{y_i y_j}(\omega),$$

ahol  $S_{y_i y_j}(\omega)$  a  $i$ . és  $j$ . csomópont kereszt energia sűrűség függvénye. Levezethető, hogy

$$S_{y_j}(\omega) = |H_{ij}(\omega)|^2 S_{ff}(\omega),$$

ahol  $|H_{ij}(\omega)|^2 = \frac{1}{(\omega^2 - \omega_i^2)(\omega_j^2 - \omega^2)}$  és  $S_{ff}(\omega)$  a két csomópontban ható teher-alfolyamatok KESF-je. Így az  $r$ -edik csomópont elmozdulásának szórásnégyzete kifejezhető az alábbi képlettel

$$\begin{aligned}\sigma_{x_r}^2(z) &= \sum_{i=1}^{\infty} v_{r,i}^2 \sigma_{y_i}^2 + \sum_{i \neq j} v_{r,i} v_{r,j} \sigma_{y_i y_j}^2, \\ \sigma_{y_i}^2 &= \int_{-\infty}^{\infty} S_{y_i}(\omega) d\omega, \\ \sigma_{y_i y_j}^2 &= \int_{-\infty}^{\infty} S_{y_i y_j}(\omega) d\omega.\end{aligned}$$

Az előzőekben ismertetett módon megkaptuk a csomópontok elmozdulásának szórásnégyzetét. Az átlagos szélteherből statikai számítással meghatározhatjuk a csomópontok elmozdulásának átlag értékét ( $\bar{x}_r$ ). E két adat ismeretében meghatározhatjuk az egyszabadságfokú rendszernél ismertetett módon minden csomópont szélsőséges elmozdulását megadott visszatérési idejű szélsőséges szélsébség mellett. Hasonló elven lehet megkapni a szerkezet tetszőleges keresztmetszetének a szélteherből számított tetszőleges igénybevételét is.

## Összefoglalás

Nagy kiterjedésű szerkezetekre ható szélteher nem hat azonos intenzitással a szerkezet egészére. Ráadásul egy adott pontban a szélsébség, és így a szélteher is változik az idő folyamán. A szélsébség és a szélteher is egy véletlentől függő sztochasztikus folyamatként kezelendő. Ennek figyelembevételével számított dinamikai vizsgálat bonyolult feladat. A probléma frekvenciatérben történő vizsgálata egy lineáris kapcsolatokon keresztüli számítási módszert ad a kezünkbe, melynek végeredményeképpen a szerkezet bármely pontjának elmozdulása és igénybevétele is a véletlentől függő folyamat, aminek a szélsőséges értéke könnyen számítható.

## Hivatkozások

- [1] Nagyméretű hűtőtornyok szélterhei. Tanszéki Kutatási Program, BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke, 2003. január.
- [2] A. G. Davenport. The spectrum of horizontal gustiness near the ground in high winds. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 87: 194–211, 1961.
- [3] A. G. Davenport. Gust loading factors. Journal of the structural division ASCE, 93: 11–34, 1967.
- [4] R. M. Gray and J. W. Goodman. Fourier Transforms, An Introduction for Engineers. Kluwer Academic Publishers, 1995.
- [5] K. Gurley and A. Kareem. Gust loading factors for tension leg platforms. Applied Ocean Research, 15: 137–154, 1993.
- [6] M. O’Flynn. Probabilities, Random Variables, and Random Processes. John Wiley Sons, Inc., 1990.
- [7] G. Solari. Equivalent wind spectrum technique. theory and applications. Journal of Structural Engineering, 114(6): 1303–1323, 1988.
- [8] G. Solari. Wind response spectrum. Journal of Engineering Mechanics, 115(9): 2057–2073, 1989.
- [9] G. Solari and G. Piccardo. Probabilistic 3-d turbulence modeling for gust buffeting of structures. Probabilistic Engineering Mechanics, 16(1): 73–86, 2001.

---

## A nagyvárad i vár

Rövid történelmi ismertető

FORTRESS ORADEA

A BRIEF HISTORY

Jakabffy László

Nagyvárad

Mintahogy az a legendákból ismeretes, a nagyvárad i várat a XI. század végén kezdték építeni. Akkor Szűz Mária tiszteletére egy erődítményszerű kolostort építettek, a Körös folyó és a Pece partak övezte szigeten. Az erődítmény fala földből készült, amelyet faoszlopokkal és szádpallózáttal erősítettek.

Szent László királyunk 1080-ban római katolikus prépostságot, majd püspökséget alapít, itt egy katedrális épül amelyet 24 pap szolgál. Ekkor alakult meg a várad i káptalanság.

Már a kezdetektől fogva a nagyvárad i vár a környékbeli települések igen fontos egyházi, politikai, kulturális, jogi, katonai központjává válik.

Az 1241-es tatárjárás idején a vár igen rossz állapotban volt, ennek köszönhetően a tatárok könnyen elfoglalják, és felégetik. Ennek a pusztításnak krónikáját Rogériusz püspök „Carmen miserabile” című verse örzi.

Az 1245-ben kötött Lyon-i egyezmény értelmében az idetelepedtek bizonyos kedvezményeket kaptak, a várban és környékén kezdetét vette egy nagyszabású újjáépítési folyamat. A nagyméretű építkezés folyik még a következő században is. Így 1342-1370 között épül fel közép-kelet európai léptékben számítva is egy nagyméretű gótikus katedrális, majd a vár déli oldalán egy impozáns püspöki palota.

A kolozsvári Márton és György testvérek 1360-1370 között a várban megalkotják a három szent király Szent István, Szent Imre, Szent László bronzszobrát. 1390-ben visszatérnek és megalkotják Szent László életnagyságú aranyozott lovasszobrát. Sajnos, a szobrokat törökök beolvasztják ágyúknak.

Az idők folyamán a várad i várat több uralkodó kedveli. Külön említésre méltó Szent László, Nagy Lajos, Luxemburgi Zsigmond, Korvin Mátyás, Szapolyai János, illetve Báthory István, Báthory Kristóf, Bethlen Gábor, I. Rákóczi György erdélyi fejedelmek, akik építették fejlesztették a várat, kialakítván itt egy második székhelyet, annak minden pompájával.

A várad i vár katedrálisában, illetve temetőjében nem kevesebb mint hét magyar király és királyné temetkezik, név szerint Szent László, II. Endre, II. István, IV. U László, Beatrix, Mária királynék, és Luxemburgi Zsigmond. Számos püspök is itt választott nyugalóhelyet, közülük megemlíjük Scolari András és Thurzó Zsigmond nevét.

1401 augusztus 25-én IX. Bonifác pápa a vár katedrálisát a velencei San Marco és az assisi Santa Maria Portiuncula templomok rangjára emelte, minek után a katolikus hívők zarándokhelyévé válhatott. Mint zarándokhely nemcsak a vár hírneve, de anyagi forrásai is jelentősen megnöttek. De nemcsak az egyszerű hívők látogatják a várat, hanem neves személyiségek, mint Vladislav Jagello lengyel király, aki Luxemburgi Zsigmond társaságában töltött itt két hetet 1412 tavaszán.

A XV. Században, amelyet a vár aranykorának is neveznek, több tudós püspök, mint Scolari András, Vitéz János, Thurzó Zsigmond, Perényi Ferenc más és egyházi méltóság tevékenysége nyomán közép-kelet Európa legjelentősebb humanista reneszánsz központjává alakul a várad i vár. Ekkor épül egy jelentős méretű könyvtár, amelyben megtalálható az akkori világ szinte összes humanista műve. Kialakul egy „Literarum asylum”, egy amolyan találkozó-beszélgető hely, számos olasz és közép-kelet európai tudós számára.

Georg Peurbach (1423 – 1461) a bécsi akadémia jeles fizikusa egy csillagvizsgálót épít itt, majd a föld északi és délkörökre való felosztásán dolgozva, Váradon vezeti át a 0. délkört. A csillagász itt számolta ki a hold és napfogyatkozások időpontjait, és alkotta meg a híres, ma is használható táblázatait a „Tabulas Varadienses”-t.

A XVI. Század elején a várban működő káptalani iskolában tanult a nagy román humanista tudós Nicolaus Olahus is.



---

A vár egyházi életben betöltött szerepében, mint a római katolikus püspökség székhelye és jelentős zarándokhely, még két igen jelentős eseményt kell megemlítenünk:

Az 1565 június 22-én a reformáció hívei kifosztják a várbeli katedrálist, szétszórják többek között Szent László király ereklyéit és csontjait, ezen tettükkel mintegy megkoronázzák a környék katolikus intézményeinek felszámolását.

1660-ban a törökök által ostromlott várban nyomják ki először a bibliát magyar nyelven, amely a „Várad biblia” néven vált híressé, s mintegy 20 példányát őrzik a világon.

Katonai szempontból érdemes megemlítenünk, hogy a várad mint püspökségi székhely, már 1427 óta saját hadsereggel rendelkezett, amely 500 lovasból és ugyanannyi gyalogosból állt. Katonáikat általában a megye déli részéből toborozták. A várad püspökök részt vettek a csatákban, vezették is a hadseregüket, akár életüket is feláldozván (1444-ben a Várnai ütközetben, illetve a mohácsi csatában 1526).

A mohácsi csata után a magyar feudális királyság megbukott. Magyarország megoszlott a török és Habsburg birodalom között. A nagyvárad vár tulajdonjoga is vita tárgya lett Habsburg Ferdinánd és Szapolyai János erdélyi fejedelem között. 1538 február 24-én a várban megkötött „várad béke” az első olyan egyezmény, amely megemlíti Erdély leválasztását az anyaországtól. A konfliktus Buda bukása (1540 augusztus), és Szapolyai János halála (1541) után újra kiéleződik. 1557 április 10-én az erdélyi fejedelemség hadserege elfoglalja a várat, és ez véget vet a vitának.

Ekkor alakul meg a Várad Kapitányság, melynek fő feladata védeni a Fejedelemség nyugati határát, és a vár birtokait, amelyeket a reformáció eredményeképpen a római katolikus püspökségtől és a káptalanságtól és egyéb intézményektől vettek át.

A nagyvárad kapitányok nemcsak helyi szinten de nemzetközi szinten is jelentős szerepet töltenek be. Többen közülük később Erdély fejedelmek lesznek, mint Báthori István aki 1575-től Lengyelország királya is, Báthori Kristóf, Bocskai István, II. Rákóczi György.

Azok a politikai változások amelyek Buda (1540 augusztus) majd Temesvár eleste (1552) és török uralom alá jutása után következnek, szükségessé teszik a várad vár korszerűsítését, megerősítését. Az erdélyi fejedelmek a kor legfelkészültebb olasz katonaépítészeit alkalmazzák. Ők valószínűsítik meg a ma is meglévő öt fülesbástya védőfalát és a vízzel feltölthető védőárkot. Az építkezés késői reneszánsz stílusban, két időszakban történik: 1569-1598 között a várfal, majd 1618-1650 között a várkastély épül fel.

A történelem folyamán a várad vár kapcsolatot tart a környező román országokkal is. Fontos eseménynek számít ilyen szempontból a - 800 lovasból és 1200 gyalogosból álló várad sereg részvétele Bocskai István vezetésével a törökök elleni hadjáratban, amikor Mihai Viteazul-t támogatta a Targoviste-i, bukaresti és Giurgiu-i csatákban. Megemlítenünk a viszont segítség is: 1598-ban Aga Lecca által vezetett 1500 lovasból álló különítmény a törökök által ostromlott várad vár védelmére sietett.

A török seregek 1474-ben, 1598-ban, 1658-ban és 1660-ban ostromolták a várad várat. Végül is egy 46 napig tartó ostrom után, amikor 850 fős védősereg szállt szembe a 45000 főt számláló török sereggel, 1660 augusztus 27-án, egy árulás folytán sikerült elfoglalniuk.

A vár kapitulál és 32 évi török uralom következik. Ez idő alatt Nagyvárad török tartomány lesz, a vár pedig a török hadsereg székhelye.

Négy éves osztrák ostrom után 1692 június 5-én Abdulatif török pasa és Donath Heissler tábornok egyezményt írnak alá, melynek értelmében a török helyőrség kapitulált és a várad vár az osztrák birodalom hatalma alá került. Ez a tény fémjelezte a kereszténység győzelmét az iszlám felett és Várad belépését a modern korba.

1692-től kezdődően a vár a Habsburg katonai rendszer része lett, különböző szerepeket töltve be a birodalom tartományainak politikai és hadi fejlődésének függvényében. Az új uralkodók továbbra is fontos szerepet tulajdonítottak a várnak. Ékes bizonyítékai ennek az 1692-1695, 1725, 1754-1755, 1775-1777 és 1783-1787 között a várban végzett javítások, módosítások, újrendezések.

Ferencz József császár 1857 május 16-án kiadott dekrétuma végleg eltörli a vár katonai jellegét, amely már stratégiai szempontból sem felel meg a kor követelményeinek. Így egészen 1918-ig mint kihasználatlan terület létezik. 1918 után a vár visszanyeri régi szerepét és újra katonai bázis lesz.

Katonai bázis marad egészen az utóbbi időkig, habár a kommunizmus hanyatlásával egyes épületeket kiadnak különböző vállalatoknak raktározás, és egyéb gazdasági tevékenység céljából, de a katonai

1991 – 92 ben Tempfli József római katolikus megyés püspök felújítja a vártemplomot amely már – már az összeomlás küszöbén állt.



---

## **A Bega-csatorna és a magyarszentmártoni csegéző mű**

### **SHORT HISTORY OF THE BEGA-CANAL AND THE HYDROTECHNIC SYSTEM OF MAGYARSZENTMÁRTON**

Jancsó Árpád, Dr. Preluscheck Ervin  
Temesvári Rádiókommunikációs Igazgatóság

A Bega-csatornával kapcsolatos budapesti levéltári kutatásainkat a Domus Hungarica Scientiarum et Artium ösztöndíjnak köszönhetően végezhattük, amiért köszönetünket fejezzük ki.

#### **A Bega**

A Bega a Pojána Ruszka hegységben ered, s kiérve a síkságra sűrűn változtatta medrét összefonódott a Szemenik hegységben eredő Temessel óriási területeket árasztva el, hatalmas mocsárvilágot alkotva, melyben elveszett, hogy aztán újból előbukkanjon, majd újból elveszen a maga által létrehozott mocsárban. A Tisza szomszédságában csak a nagy folyó alacsony vízállásakor bukkant elő ismét.

Ezt a nem nagy, de szeszélyes folyócskát zabolázta meg már a XVIII. század elejétől kezdődően a Habsburg-adminisztráció, majd a XIX. század nagy magyar vízépítő mérnökei. A Bega és Temes szabályozásának fontos mozzanata volt a két vízfolyást összekötő kastélyi Temes–Bega tápláló, valamint a kistopolyi Bega–Temes árapasztó csatorna. Ezeknek köszönhetően a Bega tehát már nem tekinthető önálló folyónak, hanem a Temessel együtt egy önálló vízrendszer. E rendszer kialakításának történetét dolgoztuk fel egy, kiadó és pénz hiányában még kiadatlan munkánkban [Jancsó–Preluscheck].

#### **A hajózó csatorna**

A Bega-szabályozás, az árvizek ellen folytatott harc a Temes–Bégavölgyi Vízszabályozó Társulat feladata volt. A hajózócsatorna kiépítése, fenntartása, üzemeltetése azonban állami feladat maradt, melyet a Temesvári Folyammérnöki Hivatal látott el. Feljegyezték, hogy 1866-ban a Bégán 186 hajó 2.128 utat tett meg. A baj azonban az volt hogy a kis vízállás miatt csak 350–450 tonna teherbírású hajók közlekedhettek, s ezek is csak Nagybecskerekig. Temesvárig csak az ezeknél is kisebb hajók tudtak rakományukkal fölúszni. A Bégán sokszor előforduló kevés vízmennyiség miatt a hajózást minden időszakban csak a folyó csatornázásával, duzzasztásokkal lehetett megoldani. A mai modern hajózó csatorna megépítését a magyar állam a XIX. század végén határozta el és valósította meg a XX. század elején. Először az Alsó-Bega csatornázási tervét készítette el 1896-ban a Temesvári magyar királyi folyammérnöki hivatal. A tervet az Országos Vízépítési Igazgatóság 1891. december 16-i értekezletének megállapodásai (mely 2,0 méter vízmélységet, 70 m zsiliphosszt, 10,0 méter hasznos zsilipszélességet írt elő) szerint dolgozták ki.

Az első, 45 km hosszú szakasz építését a Bega torkolatától Nagybecskerekig, helyesebben az Ó-Bega torkolatáig 1900. novemberében kezdék el. Pénzügyi és politikai okok miatt a munka elég vontatottan haladt, és – habár a két vízlépcső összes építményei már 1905-ben befejeződtek – csak 1907 decemberében lett teljesen kész. Itt a hajózást két duzzasztógát és két zsilip, a Bega-torkolati és az écskai biztosította.

A Bega Nagybecskerek és Temesvár közötti, mintegy 80 km hosszú szakaszának hajózhatóvá tételére az 1904. évi XIV. Tc. 5.200.000 koronát biztosított. A kotrást, valamint a négy vízlépcső csegéző műveinek alapozó-, föld-, kő- és falázómunkáit, a vízlépcsők melletti lakóházak és raktárak építését a “Gegersen G. és fiai” cég végezte. E vállalatot kilenc ajánlattevő cég közül választották az 1909 november 3-ra kitűzött versenytárgyaláson. A négy duzzasztómű és hajózózsilip vasszerkezeteit és gépi berendezéseit a magyar királyi Államvasutak Gépgyára szállította.

E szakaszon négy vízlépcsőt építettek: a klekki, az ittebei, a magyarszentmártoni és a románszentmihályi vízlépcsőket.

---

### **A magyarszentmártoni csegéző mű**

A magyarszentmártoni csegéző mű az ötödik a Bega-csatorna csegéző műveinek sorában. Napjainkban is üzemel. Tudomásunk szerint Románia egyetlen túságátja működik itt. A „csegéző mű” ma már nagyon ritkán használt fogalom. A huszadik század elején a folyó duzzasztó művének és hajózó zsilipének együttesét értették rajta. A Bega-csatorna tervezői és megvalósítói iránti tiszteletünk jeléül használjuk mi is e kifejezést.

Ennél a csegézőműnél, a klekki és ittebei vízlépcsőkhöz hasonlóan a medret a hajókamarától csak a zsilip falazata választja el.

Ennél a vízlépcsőnél a kivitelező vállalat, a „Gregersen G. és fiai” a munkálatokat 1911 szeptember 21-én kezdte meg. Még ebben az évben elkészültek az épületek és a zsilip főbetontestének földkiemelő munkái a beton alap felső szintjéig. A szádfalak leverését és a cölöpözést 1912 tavaszán kezdték el. Júniusban már a felmenő falak betonozását végezték. A előbbi vízlépcsőkhöz hasonlóan itt is téglafalazatot (kézzel vert és utánpréselt téglából) terveztek, de a munkaerő és szén ára annyira magasra szökött, hogy a téglagyárak megszüntették a vízi építkezéseknél használható jóminőségű, kézzel vert téglák gyártását. A vállalat ezért a terv módosítását kérte. A földművelődésügyi minisztérium jóváhagyta a falak egy részének betonból való építését. A betont keverőaránya 0,9 m<sup>3</sup> kavics, 0,5 m<sup>3</sup> homok és 270 kg portlandcement volt. A betont két, lokomobillal hajtott dobos keverőgéppen készítették. A látható falfelületre, ahol nem alkalmaztak kőborítást 2–3 cm vastag, a falazat betonjával egyidőben készített habarcsréteg került. Ezt az állványzat deszkáinak eltávolítása után döngölték be. A felmenőfalak többi része románcementbe rakott téglafalazat, 22,5 és 30 cm rétegmagasságú és 36 cm bekötésvastagságú kőburkolattal a látható felületeken. A kő anyaga öregszemű petroszai amfibol-andezit. E termésköveket a „Csép Sándor és Tsai.”-nak Déva melletti petroszai bányatelepéről vették. A faragott köveket több helyről szerezték be. A zsilip két középső küszöbköve a csehországi friedbergi gránitbányából származik. A többi faragott követ a „Barcza Adolf örökösei” cég dunaalmási bányája szállította. A kőakatok, kőhányások, továbbá a szárazon rakott és falazott rézsűburkolatok céljaira ifj. Luczenbacher Pál Szob melletti sághegyi bányájából fejtett, világosszürke, apró porfíros, tömött amfibol-biotit-andezit követ használtak, melyet uszályon szállítottak a beépítés helyére.

A felső zsilip falazatába helyezték el a lefektetett szélső bakokat befogadó fülkét is.

### **A duzzasztómű**

A magyarszentmártoni csegéző mű duzzasztóműve egy 21,25 méter nyílásszélességű túságat, vagy fésűsát. Ezek a gátak a legegyszerűbbek, kezelésük is könnyű és ugyanakkor a leggazdaságosabbak. Lényegük abban áll, hogy egy, a folyómederre merőlegesen épült beton alapra a folyás irányával párhuzamos bakokat állítanak fel, melyeket egymáshoz kötnek. A bakokat nagy vizek esetén lefektetik a folyó fenekére, egymásra helyezve őket. Amikor a folyó szintje annyira csökken, hogy a hajózáshoz szükséges vízszint nincs biztosítva, duzzasztásra van szükség. Ilyenkor a láncok segítségével, melyekkel a bakokat összekötötték egymásután felállítják ezeket, majd rögzítik őket. A bakok közötti nyílásokat úgynevezett tűkkel, vagy pedig rekesztőtáblákkal zárják el. A Bega esetében a nagy magasság miatt nem alkalmazhattak tűket, hisz hosszuk miatt kezelhetőségük, gyenge ellenállásuk gondot okozott volna, ezért rekesztő táblákat használtak.

A Bega-csatorna hat duzzasztóművénél alkalmazták ezt a rendszert, csak a hatodiknál, a románszentmihályinál építettek korszerűbb, Stoney-típusú gátat.

A magyarszentmártoni duzzasztó mű esetében volt szükség a legnagyobb duzzasztásra, a legnagyobb vízszintkülönbség (2,80 méter) előállítására. A vasszerkezeteket 3,80 méter vízszintkülönbségre méretezték, hogy ellenálljanak egy baleset esetén is. E duzzasztómű bakjai a legmagasabbak az összes Bégán felépített mű bakjai közül. A bakok formája és szerkezete a franciaországi suresne-i gátnál alkalmazottakhoz hasonló. A mellső oszlopoknak és velük együtt a rekesztőtáblák síkja nem merőleges, hanem 1:3,6 hajlással lefelé dől. Ez sokkal kényelmesebbé, könnyebbé teszi a rekesztőtáblák kezelését. A bakhúzó lánc állandóan a kezelőhid alatt, öntöttacél kengyeleken függ, vagy csúszik tova. Rögzítését felülről áttolt villákkal oldották meg. A bakokat 120 milliméteres hengerelt U acélból készítették a Magyar kir. Államvasutak Gépgyárában.

---

A magyarszentmártoni duzzasztóműnél 13 bakot állítottak fel, egymástól 1,52 méterre. A bakállásközők száma 14. A bakok magassága 6,46 méter. A fenéklépcső betonból épült, s egy méter mély. E méretek megválasztásával az volt a cél, hogy csak öt bak feküdjön egymáson.

A bakok felső végein egy kezelőhíd fut, melyre egy 1,20 nyomtávú sín pár került. A sínek nemcsak a forgódaru és szállítókoszlik vágányául szolgálnak, hanem egyúttal rögzítik és összekapcsolják a már felállított bakokat is. A bakok harmadik összekötését egy, a kezelőhíd vízmenti felső szélén elhelyezett vascsővel oldották meg.

A bakok emelése a két ember hajtotta 6.000 kilogrammra méretezett emelőgéppel történik. A bakok alsó rögzítésénél Európában teljesen új megoldást alkalmaztak: a nyomott csapot nem rögzítették, nem kötötték le. Így egy-egy bak bűvárok segítségével nélkül is könnyűszerrel kiemelhető. Ez azért fontos, mert mázolás céljából évenként 3–6 bakot kell kiemelni. A bakok a folyó bal partja felé forgatva fektethetők le. Ilyenkor a négy szélső bak belenyúlik a balparti falazatban kialakított fülkébe. A fülkét a fémből készült fülkezárótábla zárja.

A rekesztőtáblák vasból készültek. Szélességük 1.490 mm, magasságuk 1.360 mm. Oldalukon három-három görgő található. Minden bakállásközt négy ilyen táblával zárnak el. A negyedikre pedig egy-egy 380 milliméter magas fa tiltódeszka kerül. Kivételt képez a balparti szélső köz, melyet 13 darab sokkal keskenyebb, 418 mm magas négygörgős táblával és legfelül egy 38 cm magas tiltódeszkával zárnak el. E különleges, keskenyebb táblákra azért van szükség, mert lejtősen helyezkednek el. Ezeket kézi erővel, egy merevített keresztfával ellátott, futó-, valamint oldalgörgőkkel felszerelt rúd segítségével tolják helyükre. A többi táblát egy 1.000 kg emelőképeségű forgódaruval emelik ki, illetve helyezik be. A táblák lenyomásakor a daru láncára egy 250 kg-os nehéz keretet, kiemelésükkor pedig egy könnyű keretet akasztanak. A daru kezelésére két emberre van szükség.

### **A hajózárszilip**

A hajózárszilip szélessége 10,0 méter és 69,9 méter hosszú hajók használhatják. Ennek köszönhetően, a csegező művek megépítése után, majdnem minden, a Dunán közlekedő uszályhajó Temesvárig közlekedhetett a Begán. Ennek feltétele volt természetesen a csatorna hídjainak felemelése, hogy duzzasztás után biztosítva legyen az 5,70 méter szabad magasság. Temesvár hídjai e magasság figyelembe vételével épültek újjá [jancsó].

A zsilipkamrában és a zsilipcsatornában lerakódott iszap eltávolítása öblítéssel történik. Ezért e csegező mű hajózársilipei fenéklépcső nélkül épültek. Ez azt jelenti, hogy az alsó és a felső zsilipfők küszöbe ugyanabban a magasságban van.

A kamra töltésére a kapuszárnyak mindegyikét 0,594 m<sup>2</sup> felületű, kétnyílású tiltóval látták el, azonban töltésre és ürítésre elsősorban a kamrafalakban körülfutó csatornák szolgálnak. E csatornák mindkét oldalt a felső kapuk fölött a kapufülkékből indulnak ki és a kamra oldalfalaiban végigfutva, az alsó kapuk alatt torkoltnak ismét be. A csatornákat mindkét végükön a kapuk közelében külön aknában elhelyezett egy-egy gördülő tiltó segítségével zárják-nyitják. Az 1,006 m<sup>2</sup> keresztmetszetű csatornákból egymástól 4 méteres távolságra helyezkednek el a majdnem kör keresztmetszetű töltőnyílások. A töltőcsatorna formája félkörrel fedett négyzet.

A zsilipkapuk síklemezburkolatú átlós rendszerű támaszkodó kapuk. Keretük négyszögletes, merev. Egy szárny magassága 5,7 méter, szélessége pedig 5,5 méter. Zárt állapotban a zsilip tengelyére húzott merőlegessel 17°-os szöget zárnak be. A felső és az alsó kapuk teljesen azonosak. A kapukat rudas szerkezettel mozgatják. Kis vízszintkülönbség esetén egy ember is nyithatja. Árvíz ellen való nyitáskor négy ember szükséges a kapunyitáshoz. A művelet ilyenkor 135 másodpercet vesz igénybe. A zsilip vasszerkezeteit a Magyar kir. Államvasutak Gépgyára szállította.

Az építés összes kiviteli költsége 678.057 korona 87 fillér volt.

A kivitelező betartotta a szerződés feltételét és 1913 december elsejére befejezte az összes főbb építési munkát. A Begán az új mederbe való terelése 1914 augusztus 30-án történt. Csak kisebb mellékmunkák maradtak hátra, amelyeket teljesen 1916 október 18-án fejeztek be.

A magyarszentmártoni csegező művek terveit a "Bégahajózási magyar királyi kirendeltség" mérnökei készítették. A hivatal vezetője Maurer Gyula volt, aki beszámolójában külön kiemeli az északi harctéren hősi halált halt Karsay Eleket. A munkák építésvezetői teendőjét Halácsy Jenő királyi mérnök látta el.

---

A Bega-csatorna munkálatai felkeltették a külföld érdeklődését is. Adatokat találtunk arra vonatkozóan, hogy 1905 és 1912 között olasz, porosz, osztrák, japán, lengyel és chilei szakemberek tekintették meg a csatorna építésének munkálatait.

### **A szomorú csatorna**

A huszadik század vízépítőinek egykori büszkesége napjainkban nagyon szomorú. Az első világháború utáni békekötések szétszabdalták azt a régiót, melynek integrált közlekedési rendszerének fontos pillére kellett volna legyen. Habár nem használták ki kapacitását, a két világháború között úgyahogy üzemelt, azonban a második világhéást követő politikai viszonyok miatt a csatorna vizén mind jobban gyérültek, majd csaknem megszűntek a gabonát, építőanyagot s más árut szállító hajók. Lassan már csak egy-egy kis motoros hozta az óteleki, magyarszentmártoni, dinnyési, románszentmihályi termelőket a temesvári piacra, majd teljesen megszűnt a hajóforgalom a romániai szakaszon. A temesváriak kedvelt sétahajóját, A Rândunica-t is kivonták a forgalomból, a józsefvárosi kikötő is már a múlté. 1989 után sokat cikkeztek az újságok a csatorna rehabilitásáról, a megye politikusai is igyekeztek politikai tőkét kovácsolni kedvelt folyónk újjáélesztéséről szónokolva. Próbálják rávenni a hollandokat, németeket: hozzanak pénzt. Eddig még nem sikerült. Szép tervek, álmok. A nagy lelkesedéstől pedig azt sem veszik észre, hogy a meglévő csegező művek, e jobb sorsra érdemes műszaki emlékeink egyre romlanak a karbantartás, odafigyelés, törődés hiányában. A románszentmihályi csegező mű nem működik, rozsdá marja. A magyarszentmártoni még üzemképes. Vajon meddig? Tudtunkkal Románia egyetlen fésűs gátja található itt. A Bega rehabilitációja remélhetőleg nem fog a csegező mű lebontásával, örökre való elvesztésével járni. Valamikor élménye volt a temesváriaknak a zsilipekhez kirándulni. E szép műszaki alkotásnak talán majd újra értéke, becsülete lesz.

Jelen tanulmány szerzői ezzel az írással is igyekeznek felhívni a figyelmet, hogy próbáljuk megmenteni még menthető kincseinket. Hogy kincsek, mi tudjuk. De el is kell fogadtatnunk azokkal is, akik ezt nem tudják. S ha rájönnek arra, mit is veszítünk ha sorsukra hagyjuk, talán tesznek is valamit megmentésükért. Ha nem meggyőződésből, talán legalább politikai, vagy anyagi érdekből. S a csendes, szomorú Bega arca is talán újra fényre derül.

### **Rezümé**

Évszázadokkal ezelőtt, ahogyan kiért a síkságra, a Bega és a Temes gyakran változtatták medrüket, el-elhagyva azt, összefonódva majd szétválva, ágazva-bogazva, néha végeláthatatlan mocsárba vészve. Óriási területeket tettek megművelhetlenné.

A másfélszázados török hódoltság után, miután a Bánságot felszabadították Szavojai Eugén hadai, megkezdődött a terület rendezése, kiszáritása, felvirágoztatása. 1720-ban szétválasztották a két összefonódott folyót, majd 1727 és 1728 között megásták a Facsád–Temesvár faúszató csatornát.

1727–1732 között elkészítették a Temesvárt Pancsovával összekötő 70 kilométer hosszú hajózható csatornát, mely azonban hamar eliszaposodott. Ezért 1753 és 1755 között, az előbbitől délre, egy újabb csatornát hoztak létre, majd megépült a két folyó közötti tápláló és árapasztó csatorna.

A Bega vízszintingadozásai és a kis vízhozam azonban korlátokat szabtak a hajózásnak. Ezért a Temesvári Magyar Királyi Folyammérnöki hivatal 1900-ban elkészítette egy új, állandó hajózási vízszintet biztosító csatorna tervét. A jó hajózási feltételeket hat csegező mű megépítésével érték el. Az első világháború után a Bega Jugoszláviához és Romániához került. A romániai szakaszon két csegező mű van.

A csegező művek a kor színvonalán épültek. Közülük ma a magyarszentmártoni az egyetlen, Romániában található tűsgát.

A Bega jövőbeli rehabilitációjánál figyelembe kellene venni a csege felújítását, állagának megóvását, műszaki emlékké nyilvánítását, népszerűsítését.

---

### Források, irodalom

- [1] \*\*\* Magyar Vízügyi Levéltár; Budapest. Begahajózási kirendeltség iratai 1900–1919, Begahajózási kirendeltség tervei 1901–1919
- [2] Jancsó Árpád: A temesvári Bega-hidak krónikája; A Magyar Útügyi Társaság kiadásában; Budapest-Temesvár; 1999
- [3] Jancsó Árpád – Preluscheck Ervin: A Bega krónikája. Kézirat
- [4] Kovács-Sebestény Aladár: A Temes–Begavölgy szabályozásának terve; In: Vízügyi Közlemények, II. füzet, Budapest, 1890. (12 rajzmelléklettel külön kötetben is)
- [5] Maurer Gyula: A Béga V. csegéző műveinek vasszerkezete (15 képpel és 2 külön rajzlappal); In: Vízügyi Közlemények 1916/4. (Különlenyomatban is)
- [6] Maurer Gyula: A Bega-folyó csatornázása; 6 fényképpel; In: Vízügyi Közlemények 1911/5 pp 130–138
- [7] Maurer Gyula: Az alsó-Bega csatornázása; Különlenyomat a Vízügyi Közlemények XXIX. számából, Budapest 1911
- [8] Maurer Gyula: Az écskai csegézőművek vasszerkezetének mázolósa, 8 képpel; In: Vízügyi Közlemények 1913/1 pp 21–29
- [9] Maurer Gyula: Csegézés, csege, hajózózsilip; In: Vízügyi Közlemények 1916./6
- [10] Mokry Endre: A bánáti vizek szabályozásának történeti ismertetése; In A Magyar Mérnök- és Építész Egylet Közlönye, XIV. kötet pp 409–440; Budapest, 1880. (Különnyomatban is, Temesvár, 1881)
- [11] Preluscheck Ervin – Jancsó Árpád: Short history of a Bega–Timiş hydrotechnic system, In: Proceedings of the International Conference “Preventing and fighting hydrological disasters” 21–22 of November, Timişoara, pp 201–208
- [12] Wagner Gyula: A Béga csatornázásának újabb munkálatai, 10 képpel; In: Vízügyi Közlemények, 1913/1 pp 44–48

---

# Pórusos építőanyagok permeabilitása

## PERMEABILITY OF POROUS BUILDING MATERIALS

Dr. Józsa Zsuzsanna, Csányi Erika, Simon Tamás

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

### Summary

*During the rehabilitation or reconstruction of structures and historical buildings in uncountable cases emerges the necessity of knowing the precise properties of the used materials. The properties of the damaged or deteriorated layers near the surface are not enough known. In many cases due to the lack of the necessary knowledge a series of such intervention is made – eg. cleaning of surface or application of new surface coating – which will influence the transport phenomena taking place in the wall structures in bad directions.*

*During our research we have examined the influence of water repellents, render systems and coating layers to the permeability of porous building materials. We have tried several old and new methods out of which we consider especially important the results which were obtained by the quick, on site usable equipments from the point of future applicability.*

*We started testing the durability of the different treatments through testing the effect of cyclic and long term ageing on permeability.*

### 1. A kutatás célja

A porózus anyagok kapilláris rendszerének jelentős szerepe van mind a szilárdság, mind a tartósság szempontjából. Ezen keresztül jutnak be - előbb csak a felületi rétegekbe, később mélyebb résekbe is - a víz és a levegőszennyező anyagok; utóbbiak gáz alakban vagy vizes oldatban. Az átnedvesedés okozta kifagyás és az agresszív szennyező anyagok kártétele régóta ismert.

A védekezés egyik módja a lehető legellenállóbb anyag alkalmazása, ami rendszerint drága megoldás, esetenként nem is áll rendelkezésre ilyen. A másik legelterjedtebb módszer a felület konzerválása, védőbevonat alkalmazása.

Épületállományunk védelme érdekében sok esetben új, ismeretlen felületvédő bevonatot, hidrofóbizáló anyagot használunk. A védelem célja az, hogy a felület lélegzőképessége ne csökkenjen, ugyanakkor a bevonat jól tapadjon, időálló legyen és ne szennyeződjön. Valamennyi követelmény nem teljesülhet egyszerre, főként a felületközeli rétegek permeabilitása változik meg a felületvédelem anyagi minőségétől és az időtől (a felületet érő hatásoktól) függően.

Jelenleg is folyó OTKA (Országos Tudományos Kutatási Alap) kutatás keretében azt vizsgáljuk, hogy

- a különböző felületekre (kő, tégl, beton) felhordott vékony, ill. vastag védőbevonatok és hidrofóbizáló anyagok milyen mértékig változtatják meg az építőanyagok felületi jellemzőit (porozitás, pára- és nedvességttechnikai jellemzők, gázáteresztés, stb.)
- a már felületvédelemmel ellátott építőanyagoknak milyen a tartóssága (savas eső, légköri szennyeződés, fagyhatás, stb.)

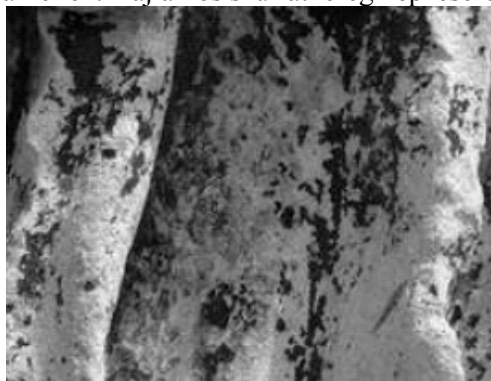
### 2. Kísérletek különféle pórusos építőanyagokkal

#### 2.1. Kővek

Hazai és külföldi műemlékek igen nagy hányadánál találjuk meg a mészkövek különféle fajtáit szerkezeti és díszítő elemként. A kiválasztási szempont sok esetben a gyakori előfordulás és a könnyű alakíthatóság volt.



A durva (puha) mészkő különösen nagy hézagterefogatú, ennél fogva időjárási hatásoknak nehezen áll ellen. Hajlamos szulfátkéreg képzésére, amely idővel elfeketedik. (1. ábra)

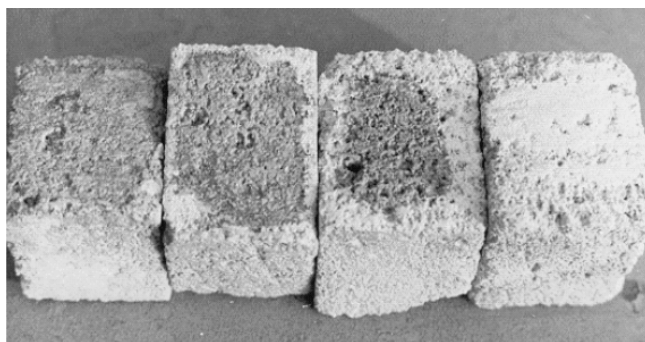


1. ábra

*Feketére színeződött szulfátkéreg a mészkő felületén*

A kőzet felszínén a pórusokat eltömő és a fekete színt okozó szennyeződések lerakódása következtében a permeabilitás csökken, és az oldott sók a felszín közvetlen közelében feldúsulnak. Kísérleteink egyik anyagául sóskúti mészkövet választottunk.

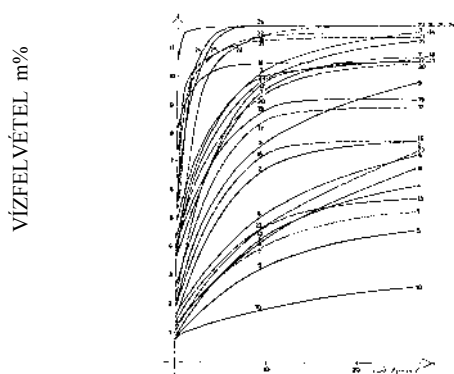
Kezelőszerként különböző gyártóktól származó oldószeres szilikongyanta, ill. sziloxán készítményeket és egy vízzel hígítható hidrofóbizáló szert használtunk fel, továbbá összehasonlításként paraffin ill. méhviasz oldószeres oldatát. Vizsgáltuk a készítmények behatolási mélységét. A 2. ábra tanúsága szerint a különböző szerek között jelentős az eltérés: 5-20 mm közötti a vízzel nem nedvesedő, világos színű rész. (A vizet a jobb láthatóság miatt indikátorral megfestettük)



2. ábra

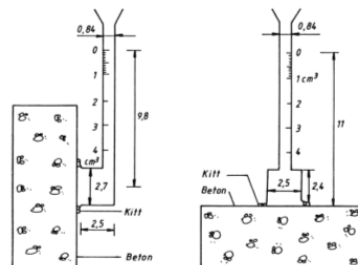
*A hidrofóbizáló szerek behatolási mélysége különböző (balról jobbra nő)*

A vízfelvételt bemerítéssel (3. ábra) és nyomás alatti vízbeszívódással, Karsten csővel (4. ábra) vizsgáltuk. Ezek a mérési eredmények szintén jelentősen eltértek a különböző kezelő anyagok esetén.



3. ábra

*A kövek vízfelvétele igen eltérő különböző a felületkezelések esetén*



4. ábra

*A felületek kapillaris porozitásának mérése Karsten-készülékkel*

## 2.2. Burkoló téglák

Épületburkoló téglák esetén gyakori jelenség az esztétikailag bántó sókivirágzás. A kivirágzást legtöbbször a falazó- illetve burkolóhabarcsból kioldódó sók, az építéskori eső (5. ábra) és a lábazatra felfröccsenő víz okozzák. Ritkábban fordul elő a téglá anyagából kioldódó só. A szigetetlen vagy rossz vízszigetelésű falak a talajból kioldódó, felszívódó só miatt károsodnak, kedvezőtlen esetben ez mállást is okoz.

Kísérleteink során a laboratóriumban elvégzett hidrofóbizáló kezelés mellett helyszíni vizsgálatokat is végeztünk a sókivirágzás eltávolítására, és a fátyolszerű elszíneződés eltüntetésével egyidejű hidrofóbizálásra különféle kezelő szerekkel. (6-8. ábra). A 7. ábrán látható, hogy nem minden hidrofóbizáló szer volt hatékony.



5. ábra

*A habarcsból kioldódó sók okozta kivirágzás (a falat frissen eső áztatta)*



6. ábra

*Sóeltávolító kezelés utáni felület*



7. ábra

*Egyes hidrofóbizáló szerek nem elég hatékonyak, a víz részben beszívódik a felület anyagába*



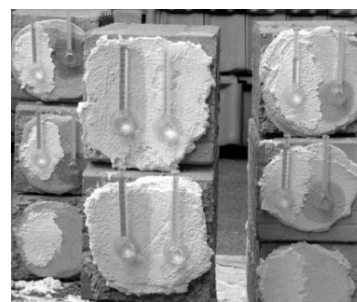
8. ábra

*A hatékony hidrofóbizáló szer megakadályozza a víz beszívódását*

## 2.3. Vakolatok

Hazánkban a legelterjedtebb homlokzat-képzés a vakolás. Igényesebb kivitelezéseknél szinte kizárólag előre kevert, száraz vakolatokat használnak.

A rendkívül sokféle funkciójú vakolat közül egy gyártótól származó, téglá felületre felhordott hagyományos cementvakolat, hőszigetelő vakolat és felújító (sólekötő) vakolat vízpermeabilitását vizsgáltuk. A hagyományos cementvakolat esetén jelentősen eltérő alapanyagú és tulajdonságú festékek (mész, szilikátfesték, akrilgyanta alapú festék) hatását is tanulmányoztuk. A permeabilitást Karsten csöves módszerrel vizsgáltuk (9. ábra).



9. ábra

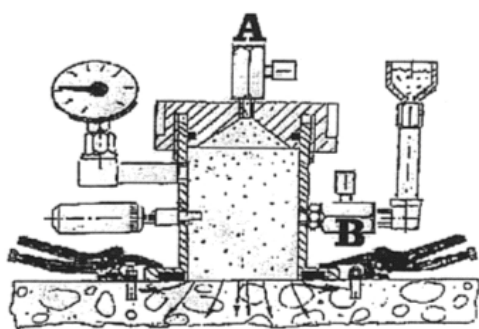
*Különböző vakolatok vizsgálata Karsten csővel*

A felületképző vakolatok vízbeszívása minden vakolatrendszer esetén jelentősen kisebb volt, mint az alapvakolatoké, a festékek közül pedig egyértelműen az akrilgyanta alapú csökkentette legjobban a vízbeszívódást.

#### 2.4. Betonok

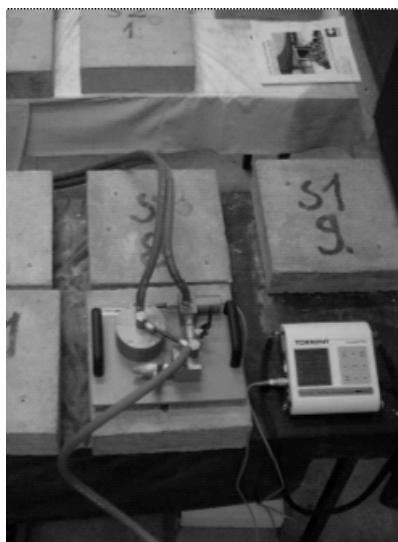
A betonok vízzáróságának szabványos módszere adott ideig ható, adott értékű víznyomás alatt bekövetkező átnedvesedés mérését írja elő. Ez a vizsgálat laboratóriumhoz kötött és hosszadalmas. A felületi porozitást a helyszínen gyorsan kell meghatározni az esetleges felületkezelés szükségességének megítéléséhez, vagy éppen az alkalmazott bevonat megfelelőségének megállapításához.

Kutatásunk során háromféle, eltérő szilárdságú betonmintán meghatároztuk a hagyományos porozitás értékét, továbbá összehasonlító vizsgálatokat végeztünk különböző elvek alapján működő, permeabilitás vizsgáló készülékekkel: Karsten csővel, GERMANN GWT típusú vízpermeabilitás vizsgáló készülékkel (10. ábra) és TORRENT vákuumos permeabilitás vizsgáló készülékkel (11. ábra) és A háromféle vizsgálati módszerrel kapott eredményeket bemutató 12. ábrán jól észlelhető a betonok számított porozitása és a mért permeabilitási jellemzők közötti összefüggés.



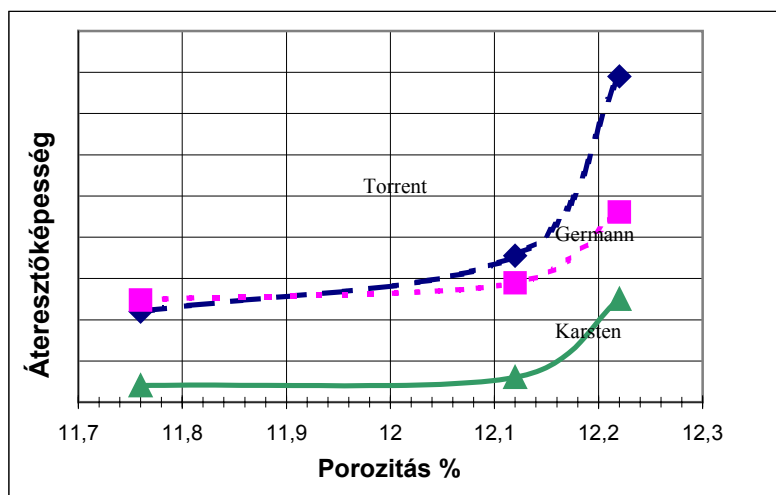
10. ábra

*Germann típusú vízáteresztő képesség vizsgáló készülék*



11. ábra

*Torrent vákuumos permeabilitás vizsgáló készülék*



12. ábra

*Különböző módszerekkel kapott permeabilitás jellemzők közötti összefüggés*

---

### 3. Összefoglalás

Az építmények, műemlékek szakszerű rekonstrukciójához vagy rehabilitációjához számtalan esetben szükség van a meglévő anyagok tulajdonságainak minél pontosabb ismeretére. A károsodott, tönkrement felületközeli rétegek tulajdonságainak változásait nem ismerjük eléggé. Sok esetben az ismeretek hiánya miatt kerül sor olyan beavatkozásra, például hibás felülettisztításra vagy új bevonati réteg alkalmazására, ami a falszerkezetben lejátszódó transzportfolyamatokat rossz irányban befolyásolja.

Kísérleti munkánk során számos régi és új víztaszító kezelő szer, vakolatrendszer és festék befolyásoló hatását vizsgáltuk porózus építőanyagok permeabilitására. Számos régi és új mérési módszert próbáltunk ki, amelyek közül különösen a gyors, helyszíni vizsgálatokra is alkalmas eszközökkel kapott eredményeket tartjuk a jövőbeni alkalmazás szempontjából fontosnak.

A továbbiakban a különböző kezelések tartósságát ciklikus és tartós öregítési vizsgálatokkal tanulmányozzuk, az áteresztőképesség időszakos mérésével.

### 4. Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak az Országos Tudományos Kutatási Alapnak kutatásaikhoz az OTKA T 034466 sz. szerződéssel nyújtott támogatásért.

### Hivatkozások

- [1] Bamforth P.B.: The relationship between permeability coefficients for concrete obtained using liquid and gas, Magazine of Concrete Research, 1987/3, No. 138 pp. 3-11
- [2] Torrent R.J.: The Gas-Permeability of High-Performance Concretes, ACI Publication, 1999. pp. 291-308
- [3] Torrent R.J.: A two-chamber vacuum cell measuring the coefficient of permeability to air of the concrete cover on site, Materials and Structures, 1992/7 Vol. 25, pp. 358-365
- [4] Varga Á.: Betonfelületek permeabilitás vizsgálata, TDK dolgozat, Tudományos Diákköri Konferencia, 2002. november
- [5] Fábíán Z.: Vakolatrendszerek áteresztő képességének összehasonlítása, BME diplomamunka, 2003. Budapest

---

# **A műgyanta kötőanyagú BODAN útátjáró burkolóelemek hazai alkalmassági vizsgálata**

HOMOLOGATION REPORT ABOUT THE POLYMER-BOUND-CONCRETE RAILWAY LEVEL  
CROSSING PAVING ELEMENTS IN HUNGARY

Dr. Kazinczy László

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,  
Út és Vasútépítési Tanszék

## **1. Bevezetés**

2002. őszén a GMUNDNER FERTIGTEILE Ges.m.b.H. & CO. KG (Ausztria) megbízta a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Út és Vasútépítési Tanszékét az általa gyártott BODAN polimer betonból készülő útátjáróelemek alkalmassági vizsgálatával. A Tanszék az elvégzendő vizsgálatok eredményeinek alapulvételével – alkalmassági bizonyítvány kiállítására is megbízást kapott.

E kutató-fejlesztő munkát a létrejött szerződés alapján a BME Út és Vasútépítési Tanszék elvégezte. A kutatási munka végrehajtásának körülményeit, az elvégzett vizsgálatok eredményeit, a kutatás végső megállapításait a Tanszék részéről az „Alkalmassági vizsgálat a Gmundner Fertigteile GmbH. által gyártott polimer kötőanyagú útátjáró-burkolóelemekről” című jelentésben foglalta össze.

## **2. A BODAN útátjáró burkolati rendszer alkalmazásának rövid története**

### *2.1. A külföldi alkalmazás története*

A BODAN útátjáró burkolati rendszert az 1960-as évek közepén Hans Ziegler nevű mérnök kezdeményezésére fejlesztették ki Svájcban. A prototípust a BODAN Gleiseindeckungs AG. gyártotta és a Bodeni tó mellett húzódó egyik vasútvonalon építették be. Az útátjáró burkolati elemei napjainkig a beépítés helyén a vasúti pályában fekszenek.

A kedvező üzemi tapasztalatok nyomán megkezdődött az elemek sorozatgyártása. Az útátjáró elemek ebben az időben acél vázkerettel ellátva, cement kötőanyagú betonnal készültek. Már az 1970-es években Ausztrián és Svájcban kívül Európa számos országában építettek be BODAN útátjáró elemeket (Dánia, Egyesült Királyság, Németország, Spanyolország). A rendszert azóta a világ legtöbb iparilag fejlett országában szabadalmaztatták. A továbbfejlesztést döntően a svájci BODAN Gleiseindeckungs AG., a Semperit AG., az osztrák Gmundner Fertigteile GmbH., és a brit Dow-Mac Concrete Ltd. (jelenlegi neve Costain Dow-Mac) végezték. A legjelentősebb szabadalom a Gmundner Fertigteile GmbH. tulajdona.

1985-től kezdődően a Gmundner Fertigteile GmbH. a BODAN útátjáró burkolati elemeket acélkeret nélkül, műgyanta kötőanyagú betonból készíti. 1999-ig a világ 18 országában alkalmazták a közúti-vasúti szintbeli keresztezésekben a BODAN útátjáró elemeket. Az idevonatkozó mennyiségi és építési adatokat az **1. táblázat** tartalmazza. A táblázat adatai szerint tehát napjainkig összesen több mint 6000 BODAN rendszerű útátjáró épült be szerte a világon.

1. táblázat:

A BODAN burkolati rendszerrel épült útátjárók száma

Ország	BODAN burkolati rendszerrel épített útátjárók száma	Első beépítés időpontja
Ausztria	> 750	1973
Németország	> 1000	
Olaszország	10	1983
Svájc	> 600	1971
Szlovénia	1	1997
Magyarország	> 3600	MÁV 1980
Japán	> 50	1989
Franciaország	tárgyalások	
Spanyolország	> 50	1978
Belgium	> 10	1985
Hollandia	új tárgyalások	
Luxemburg	új tárgyalások	
Nagy-Britannia	> 300	1971
Dánia	10	1978
Svédország	5	1984
Ausztrália	> 50	1980
USA	tárgyalások	1999
Kanada	tárgyalások	1999

## 2.2. A hazai alkalmazás története

A hagyományos vezetősínes, kőburkolatú, szintbeni keresztezésű útátjárók korszerűsítése, azok felváltása érdekében a MÁV az 1960-as évek végén, az 1970-es elején először hazai tervezésű, előregyártott, kis és nagy betonelemes útátjárókkal kísérletezett, amelyek nem váltak be.

Az útátjáró szerkezetekkel kapcsolatosan továbbra is fennálló műszaki problémák megoldása céljából az 1970-es évek végén a MÁV az osztrák Gmundner Fertigteile GmbH-től megvásárolta a BODAN típusú útátjáró burkolati rendszer gyártási, illetve alkalmazási jogát. A rendszert Magyarországon először Barcsen gyártották. E burkolóelemeket elsőként Budapesten a Ceglédi vasútvonalon Szemeretelep megálló-rakodóhely, és Vecsés állomások között az Üllői út keresztezésében, valamint Óbuda állomás végpontjánál építették be.

Az elmúlt 30 év során a BODAN útátjáró rendszer a MÁV Rt. hálózatán a legelterjedtebben alkalmazott típusná vált. A MÁV Rt. vonalhálózatán alkalmazott útátjáró szerkezetek típus szerinti megoszlását (2002. évi adatok) a **2. táblázat** tünteti fel.

2. táblázat:

A MÁV Rt. vonalhálózatán alkalmazott útátjáró szerkezetek típus szerinti megoszlását

Útátjáró típus	Mennyiség [db]	Mennyiség [%]
„BODAN”	3620	61,3
„STRAIL”	40	7,5
„EDILON”	4	0,1
Egyéb	1838	31,1
Összesen	5902	100

Az útátjáró burkolati rendszerrel kapcsolatban az utóbbi évtizedben gyártási és üzemi problémák kerültek előtérbe. Mindezek alapján ma elengedhetlenné vált a hiányosságok kiküszöbölése. Így

---

rendkívül időszerűnek tekinthető a Gmundner Fertigteile GmbH. magyarországi piacon történő jelentkezése a műgyanta kötőanyagú BODAN elemek forgalmazása céljából.

### 3. A polimer kötőanyagú útátjáró-burkolóelemek műszaki ismertetése

#### 3.1. Általános jellemzők

A polimer kötőanyagú BODAN útátjárórendszer a kiselemes útátjáró burkolati rendszerek közé tartozik. A statikailag határozott, hídelemként működő, ún. belső elemek az **1. képen** látható módon csatlakoznak a sín hevederkamrájához. Az ún. külső elemek szintén gumielemeken keresztül támaszkodnak fel egyik oldalukon a sín talpra, másik oldalukon a beton alapgerendára. Ez utóbbi kapcsolat a **2. képen** szemlélhető. Az útátjárórendszer elemei egy- és többvágányú vasúti pályákban, nyíltvonali szakaszokon, kitérő körzetekben egyaránt alkalmazhatók (**3. kép**).



1. kép

*BODAN útátjáró burkolati elemek csatlakozása a sínálhoz*



2. kép

*BODAN útátjáró burkolati elemek csatlakozása a beton alapgerendához*





3. kép  
*BODAN útátjáró burkolati rendszer kétvágányú vasúti pályában*

Az új BODAN útátjáró burkolati elemek ún. polimer betonból készülnek. A polimer kötőanyagú beton a cementkötésű betonhoz képest lényegesen nagyobb teherbírást, és jelentősen magasabb kopásellenállást nyújt az elemek számára.

A GMUNDER FERTIGTEILE Ges.m.b.H & Co. KG polimer kötőanyagú BODAN útátjáró burkolati rendszernek több alaptípusát fejlesztette ki. Az útátjárórendszer tagjai – „BODAN”, „LE BODAN”, „U-BODAN”, „Y-BODAN”, „BODAN 2”. A rendszer tagjai jól illeszkednek a vasúti felépítmények rendszeréhez (pl.: „Y-BODAN” burkolati rendszer), a vasúti közlekedés jellegéhez (pl.: „U-BODAN” burkolati rendszer), valamint az esetenként korlátozott mértékben rendelkezésre álló építési és fenntartási időkhöz (pl.: „LE BODAN” burkolati rendszer).

### *3.2. A polimer kötőanyagú beton jellemzői*

A szemcsés adalékanyagot polimer alapú kötőanyaggal kötik szilárd anyaggá. A polimer beton BODAN burkolati rendszer anyagát telítetlen poliészterből és száraz, osztályozott kvarcból és gránitból hőkötéssel állítják elő. A polimer beton mechanikai tulajdonságait a **3. táblázat** foglalja össze, összehasonlítva a cement kötőanyagú beton tulajdonságaival.

3. táblázat:

*A polimer- és a cement beton mechanikai tulajdonságai*

Mechanikai jellemző	Polimer beton	Cement beton
Nyomószilárdság [N/mm <sup>2</sup> ]	105	30 – 75
Hajlítási szilárdság [N/mm <sup>2</sup> ]	16	5 – 11
Húzó szilárdság [N/mm <sup>2</sup> ]	15	3 – 9
Hőtágulási együttható [mm/m/°C]	0,18	0,09
Kopási ellenállás [%]	0,5 – 1,0	2,0 – 5,0
Elektromos ellenállás [MΩ]	10 <sup>6</sup>	nedvesség tartalomtól függ
Vízfelvevő képesség [%]	< 0,2	> 1

A polimer betont legelterjedtebben Európában, USA-ban és Japánban alkalmazzák. Európán belül Németországban terjedt el a legnagyobb mértékben, a gyártáshoz és beépítéshez szükséges gépek többségét itt gyártják. A polimer anyagú burkoló elemek legfontosabb előnyei:



- igen jelentős szilárdság,
- kis szerkezeti vastagság,
- jó elektromos szigetelőképeség,
- tetszőleges formakialakítási lehetőség,
- minimális vízfelvétel,
- fagykár nincs,
- nagy sűrűlódási együttható az elem teljes felületén.

### *3.3. Az útátjáró burkolati rendszer tagjainak szerkezeti jellemzői*

#### *3.3.1. A „BODAN” útátjáró burkolati rendszer*

A „BODAN” útátjáró burkolati rendszer elemeinek kialakítása, geometriai és mechanikai jellemzői függetlenek a sínrendszertől, a keresztalj típusától és a sínleerősítés kialakításától. A rendszer elemei minden zúzottkőagyazatú, keresztaljas felépítményrendszerrel kialakított vasúti útátjárónál beépíthetők (**1. ábra**). A „BODAN” útátjáró burkolati rendszer szerkezeti elemei:

#### **1. Belső és külső burkolóelemek (IP, AP)**

Az „IP 1435” jelzésű belső BODAN útátjáró elem méretei:

- szélesség: 600 mm,
- hosszúság: 1445 mm (ill. a nyomtávolságnak megfelelő méretek),
- vastagság: 120 mm,

Az „AP 750” jelzésű külső BODAN útátjáró elem méretei:

- szélesség: 1200 mm,
- hosszúság: 750 mm,
- vastagság: 100/120 mm,

Az „AP 1400” jelzésű külső BODAN útátjáró elem méretei:

- szélesség: 600 mm,
- hosszúság: 1200/1470 mm (ill. a vágánytengely-távolságnak, vagy a helyi adottságoknak megfelelően),
- vastagság: 100/120 mm.

Az elemek anyaga GEFCON polimerbeton. A felső felületet nagy csúszás ellenállást biztosító, magas SRT-értékű, durva szemcsés kopóréteggel vonják be.

#### **2. Gumiprofil**

Az útátjáróelemek gumiprofilok közbeiktatásával a sántalpakra támaszkodnak fel. E gumiprofilok a BODAN belső útátjáró elem esetében két részből állnak:

- a felső profil (PIO),
- az alsó profil (PIU).

A külső elemhez készült gumiprofil egyetlen darabból áll (PA).

#### **3. Lezáró, alátámasztó talpelem (AST-H)**

Az alátámasztást egy GEFCON jelzésű alátámasztó talpelem biztosítja, amely a külső elem felső lapjának magasságáig ér. A formájának és a felhasznált anyagnak köszönhetően pontos csatlakozást tesz lehetővé az útburkolathoz, és tisztán szétválasztja a karbantartás szempontjából kedvezőtlen aszfalt burkolatot a BODAN-rendszer elemeitől.

#### **4. Alapgerenda (WUB)**

Az előregyártott alapgerenda lehetővé teszi az útátjáróelemek alapozásának elkészítését. Méretei:

- szélesség: 50 cm (ill. a helyi körülményektől függő érték)
- magasság: 30 cm
- hossz: 120 cm, 240 cm, 360 cm.

---

A gerendákat homlokfelületüket ütköztetve lehet — nedves alaprétgre — egymás után fektetni. A keresztirányú drénezés teszi lehetővé a víz kivezetését az útátjáró területéről. A helyi viszonyok függvényében helyben készített beton alaptestek alkalmazása is lehetséges, melynek méretei:

- szélesség: 27 cm,
  - magasság: 45 cm,
- anyaga Bn 20 minőségű beton.

### 3.3.2. A „LeBODAN” útátjáró burkolati rendszer

A „LeBODAN” rendszer elemei – ugyanúgy, mint a BODAN rendszer esetében – rugalmasan a sítalpakra támaszkodnak, és függetlenek a sín formájától, a keresztalj típusától és a leerősítés jellegétől. Az átjáró középső elemei a sínsálak között – a vágány tengelyében - csuklósan illeszthetők össze (**4.5. képek**). Az elemek egyrészes – a sínszelvénynek megfelelő méretű – gumiprofilokra támaszkodnak.



4. kép

*A „LE-BODAN” rendszerű burkoló elemek  
vágánytengely körüli elfordulása a beépítés során*



5. kép

*„LeBODAN” rendszerű útátjáró  
a Linz-Selzthal közti vasútvonalon Rossleiten településnél*

### 3.3.3. Az „U-BODAN” útátjáró burkolati rendszer

Az „U-BODAN” útátjáró burkolati rendszert kifejezetten a városi gyorsvasutaknál történő alkalmazáshoz fejlesztették ki (2. ábra). A vékony keresztmetszetű, könnyű elemek gyors kézi összeszerelést tesznek lehetővé. Az elemek — kis méretüknél fogva — alagutakban, a vágányok mellett is könnyen tárolhatók. A fejlesztés során — a városi gyorsvasutak eltérő felépítményrendszereit figyelembe véve — arra törekedtek, hogy a „BODAN” rendszer sok szabványos eleme felhasználható legyen.

### 3.3.4. Az „Y-BODAN” útátjáró burkolati rendszer

Az „Y-BODAN” útátjáró rendszer elemeit Y-keresztaljakkal épített vágányokhoz fejlesztették ki (3. ábra). A keresztaljak aszimmetrikus elhelyezését a rendszer szimmetrikus útátjáró elemekkel követi. A mezők kiosztása a „BODAN” rendszernek megfelelően történt, s így a BODAN gumiprofilok felhasználása is lehetővé vált.

### 3.3.5. A „BODAN 2” útátjáró burkolati rendszer

A „BODAN 2” útátjáró rendszer elemei hasonlóak a „BODAN” rendszer elemeihez. A különbség, hogy a feltámaszkodó peremeket megerősítették és mélyebbre helyezték, s az elemek súlyát csökkentették. A gumiprofilok formáját kismértékben megváltoztatták, hogy a külső és belső profilok esetében is ugyanazt a szerszámot lehessen használni. A „BODAN 2” rendszer minden szempontból megőrizte a „BODAN” rendszer előnyeit.

## 3.4. Az útátjáró burkolati rendszer fizikai jellemzői

### 3.4.1. Statikai váz

A „BODAN” elemek önhordó „lemezhidak”, amelyek a sínszál felőli oldalukon konzolok segítségével támaszkodnak a sántalpon elhelyezett gumiprofilokra. A két sínszál közötti területet az útátjáró burkoló elemek áthidalják. A sínszálak és az útburkolati csatlakozás között hasonló áthidaló elemek vannak, amelyek egyik oldalon a sántalpra, a másik oldalon pedig egy lezáró, illetve alátámasztó talpgerendára támaszkodnak.

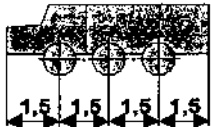
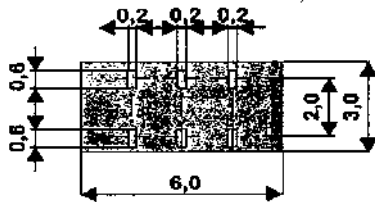
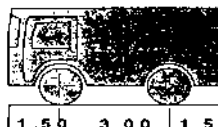
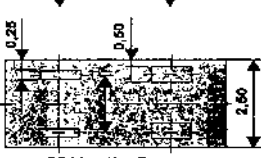

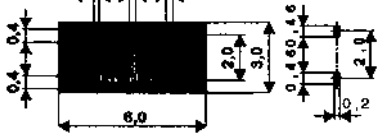


A „LeBODAN” elem egy önhordó „lemezhid”, amely a sínszál felőli oldalán tartókonzolok segítségével a sántalpon elhelyezett gumiprofilra támaszkodik. A vágánytengelyben az elemek az „íkerpárjukkal” támaszkodnak egymásra, és e másik elem a túloldali sínszálra hasonlóan gumiprofil közbeiktatásával támaszkodik. E szerkezeti megoldásnak köszönhetően szereléskor a két lemezt, mint egy ajtó szárnyait lehet felemelni, ill. helyükre behelyezni.

### 3.4.2. Terhelési osztályok

Az útátjáró burkolati elemeket 3 terhelési osztályra méretezik (4. táblázat):

- |  |       |                    |
|--|-------|--------------------|
| – Nehézgépjármű-teherre:                       | G I   | terhelési osztály, |
| – Közepes terhelést jelentő közúti forgalomra: | G II  | terhelési osztály, |
| – Kis terhelést jelentő közúti forgalomra:     | G III | terhelési osztály. |

4. táblázat:  
A BODAN útátjáró elemek teherbírási osztályai

Teherbírási osztály	Szabvány	
	DIN 1072 hídosztály (német szabvány)	ÖNORM B 4002 hídosztály (osztrák szabvány)
GI	<p>Hídosztály: SLW 60/30 Teljes tömeg: 600 kN Kerékter: 100 kN</p>   <p><math>b_1 = 60 \text{ cm}</math> <math>l = 20 \text{ cm}</math></p>	<p>Hídosztály I Teljes tömeg: 250kN Kerékter: 85 kN</p>  <p>Für alle Raddrücke 0,20</p>  <p>25 t Lastkraftwagen</p> <p><math>b_1 = 50 \text{ cm}</math> <math>l = 20 \text{ cm}</math></p>
GII	<p>Hídosztály: SLW 30/30 Teljes tömeg: 300 kN Kerékter: 50 kN, illetve egyetlen tengelynél a teljes teher: 130 kN</p>   <p><math>b_1 = 40 \text{ cm}</math> <math>l = 20 \text{ cm}</math></p> <p>Eine einzelne Achse</p> <p><math>b_1 = 46 \text{ cm}</math> <math>l = 20 \text{ cm}</math></p>	<p>Hídosztály II Teljes teher: 160 kN Kerékter: 55 kN</p>  <p>Für alle Raddrücke 0,20</p>  <p>16 t Lastkraftwagen</p> <p><math>b_1 = 35 \text{ cm}</math> <math>l = 20 \text{ cm}</math></p>
GIII	Helyettesítő megoszló teher: $p_{\min} = 5 \text{ kN/m}$	Helyettesítő megoszló teher: $p_{\min} = 5 \text{ kN/m}$

#### 3.4.3. Felületi érdesség

A burkolat felületi érdessége a hordozható, ingás SRT (skid resistance tester) műszerrel határozható meg [a műsért a brit Közlekedési és Út Kutatási Laboratórium (Transport and Road Research Laboratory — TRRL) fejlesztette ki], melynek segítségével az érdesség a jármű gumiabroncsa és a nedves útfelület között egyszerű módszerrel meghatározható. Az átjáróban minimálisan szükséges érdesség a TRRL Marshall bizottsága szerint 0,55 – 0,75 közötti érték.

Az Egyesült Királyságban a felületi érdesség minimálisan szükséges értéke

új burkolaton: 0,65,  
kopott burkolaton: 0,45,  
de bizonyos helyeken — lakott területen, ívben, lejtőben — ennél nagyobb érték biztosítására is szükség lehet. A polimer kötőanyagú BODAN elemek felületének bauxit tartalmú anyaggal való bevonásával a felület érdessége 0,7 – 0,9 értékre növelhető.

#### 3.4.4. Elektromos szigetelő képesség

A polimer anyagú elemek elektromosan nem vezetők, s ez jelentős előny az acélkeretes betonelemekkel szemben (a beton anyagú elemeket acél szögvas kerettel gyártják, amely elektromos vezető).

### 3.5. Az útátjáró rendszer elemeinek gyártása

A polimer kötőanyagú beton alapanyaga telítetlen poliészter származék, kvarc és gránit keverékének hő hatására történő kötéséből jön létre. A zsaluzatba jutott habarcsanyag 30 perc elteltével már részlegesen szilárd. A szilárdulás folyamatát hőfejlődés kíséri (ez a polimer beton ún. gélpontja). A kiöntés után másfél órával a beton elegendően szilárd, az elemek a gyártóüzem területén zsaluzat nélkül mozgathatók. A nappali műszakban gyártott elemeket éjszaka szobahőmérsékleten kell tárolni, s azok másnap a tároló helyre szállíthatók.

A polimer beton adalékanyagát négy silóba osztályozzák, a szemcseméret maximum 6 mm, minimum 75 mikron. A habarcskeverőgépbe először a legkisebb szemcseméretű adalékot öntik. A poliészter-műgyanta kötőanyag tömege 10 %-a a legkisebb szemcseméretű adalék anyagnak. A keverő berendezésben összekeverik a finom adalékanyagot és a kötőanyagot, majd ezután injektálják a katalizátort, ami a műgyanta kötőanyag tömegének 1 %-a. A nagyobb szemcseméretű adalékanyagokat utána folyamatosan keverik be.

A polimer beton habarcsanyag elkészítését követően a betonelemek gyártása a következő munkafázisokból áll:

1. A betonelemek zsaluzatának előkészítése;
2. A betonelemek vasalatának elhelyezése a zsaluzatba;
3. A polimerbeton habarcsanyag beöntése és elterítése a zsaluzatban (**6. kép**);
4. Érdesítő zúzalékanyag szórása a betonelemek járófelületére;
5. A zsaluzat lebontása a betonelemekről;
6. A betonelemek kiemelése a zsaluzatból (**7. kép**);
7. A betonelemek kiszállítása és raktározása a kültéri tárolóhelyen (**8. kép**).



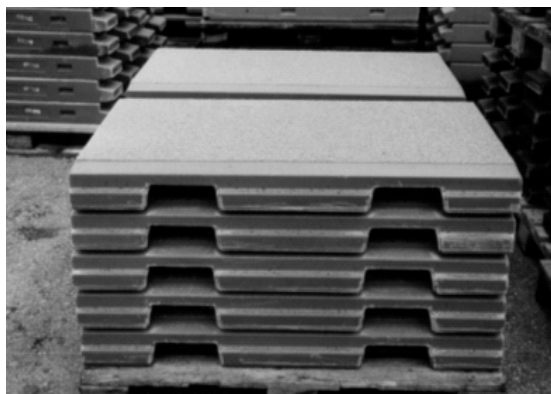
6. kép

*A polimerbeton habarcsanyag beöntése a zsaluzatba*



7. kép

*A betonelemek kiemelése a zsaluzatból*



8. kép

*A betonelemek raktározása kültéri tároló helyen*

#### **4. A BODAN útátjáró rendszer hazai alkalmazási bizonyítványa**

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Út és Vasútépítési Tanszéke saját vizsgálatának eredményei, külföldi vizsgálatok rendelkezésre álló dokumentumai, német és osztrák alkalmassági bizonyítványok, valamint a beépítésre vonatkozó külföldi referenciák alapján a GMUNDNER FERTIGTEILE GES.M.B.H. & CO KG által gyártott polimer betonból készült BODAN útátjáró burkolati rendszert a hazai alkalmazás szempontjából megfelelőnek minősítette.

Az útátjáró rendszer a Tanszék részéről kiállított Műszaki Alkalmassági Bizonyítványban felsorolt műszaki paraméterek és használati követelmények, továbbá az összeszerelésre vonatkozó technológiai előírások betartása mellett, a vonatkozó és érvényben lévő, a magyarországi közforgalmú vasutakra vonatkozó tervezési irányelvek figyelembevételével, a nagyvasúti- és a városi vasúti pályaépítés és -fenntartás minden követelményének megfelel.

A polimer betonból készített BODAN útátjáró burkolati rendszer elemei a MÁV Rt., a GYSEV Rt., a BKV Rt., valamint a vidéki városok közlekedési vállalatai vasúti vágányszakaszaiba beépíthetők és ott üzemeltethetők.

#### **Irodalom**

- [1] „Alkalmassági vizsgálat a Gmundner Fertigteile GmbH. által gyártott polimer kötőanyagú útátjáró-burkolóelemekről”, 2002, BME Út és Vasútépítési Tanszék;
- [2] „Műszaki Alkalmassági Bizonyítvány a GMUNDNER FERTIGTEILE GES.M.B.H. & CO. KG által gyártott, polimer betonból készült BODAN útátjáró burkolati rendszer elemeiről”, 2002, BME Út és Vasútépítési Tanszék.

---

# A gyorsforgalmi úthálózat fejlesztésének gazdaságélénkítő hatása

Tanulmány

## ECONOMY INTENSIFYING EFFECT OF THE EXTENSION OF SPEED ROAD SYSTEMS

Kálnoki Kis Sándor

Kálnoki Műszaki és Gazdasági Tanácsadó Kft.

One condition to obtain EU subsidies and preferential loans is the verification of the efficiency of the project concerned. In the course of developing speed-roads in countries applying for EU membership the efficiency of the constructed new roads appears only partially at the „road” directly (like operation cost, time saving safety etc.) A multiple advantage might occur through the economic development of the region concerned as rising budgetary incomes (e.g.: taxes). The presentation shows that the economy intensifying effect of the construction of speed roads might be calculated without artificially prepared indices merely by the temporal changes the plain elementary economic data present in the statistical collections relating to the regions concerned (NATIII)

### A gyorsforgalmi úthálózat fejlesztésének gazdaságélénkítő hatása

Az EU támogatások és kedvezményes hitelek megszerzésének egyik feltétele a benyújtott projekt hatékonyságának bizonyítás. Az Európai Unióhoz csatlakozó és csatlakozni szándékozó országok gyorsforgalmi úthálózatának fejlesztése során a megépülő új út hatékonysága csak részben jelentkezik az „úton” közvetlenül (üzemköltség, időmegtakarítás, közlekedésbiztonság stb.). Ennek többszöröse az érintett térség gazdasági növekedéséből fakadó nemzetgazdasági (adóbevételben közvetlen költségvetési) előny.

Az előadás azt mutatja be, hogy a gyorsforgalmi út megépítésének gazdaságélénkítő hatása - művi mutatóképzés nélkül - lemérhető az érintett kistérségek (NAT III) a statisztikai gyűjtésben szereplő közérthető elemi gazdasági adatainak időbeli változásából.

### 1. Bevezetés – hipotézis

A magyar gyorsforgalmi úthálózat fejlesztésének kulcskérdése a szükséges források megteremtése. Ennek során meghatározó az európai forrásokhoz való hozzájutás lehetősége. Az európai források megszerzésének ugyanakkor meghatározó feltétele, hogy **az EU által elfogadott módszerrel legyen bizonyítható projektjeink hatékonysága.**

Szembe kell nézni azzal a ténnyel, hogy fejlesztésre váró magyar gyorsforgalmi úthálózatnak csupán néhány eleme – az M0, az M6 Budapest és Ercsi között, esetleg Dunaújvárosig – felel meg az EU által megkívánt hatékonysági feltételeknek. Ilyen típusú beruházásaink általában **megelőlegező, terület- és gazdaságfejlesztést indukáló** szereppel jönnek számításba még az EU korridorok esetében is.

A fejlett európai országokban egy új gyorsforgalmi út rendszerint már meglévő igény kielégítésére épül, megjelenése tehát nem eredményez a területen alapvetően új gazdasági szerkezetet. Ezért természetes elvárás, hogy hatékonysága magán az úton legyen előzetesen bizonyítható és utólag mérhető, az üzemköltség-, időköltség-, baleseti költségmegtakarítás közvetlen formájában.

Jelen tanulmány **kiinduló gondolata** az a közhelynek számító tény, hogy Európa elmaradottabb, a csatlakozásra váró országaiban a gyorsforgalmi út – elsősorban az autópálya – megjelenése közvetlenül **dinamizálja az érintett térségek gazdasági és társadalmi viszonyait, és ennek eredménye nemzetgazdasági szinten többszöröse az úton közvetlenül mérhető megtakarításnak.** Tovább fokozza ezt a hatást, hogy az útépités révén létrejövő közlekedési kapcsolatok alapvető szerepet játszanak az országon belül kialakult **jelentős területi különbségek** (kelet – nyugat, észak – dél) ki-

---

**egyenlítésében.** Leegyszerűsítve, az „elérhetőség” meghatározó a működő tőke befektetési kritériumai között. Térségünkben ma ezt a hatást ténylegesen is és jelképesen is az autópálya testesíti meg.

A gazdaságélénkítő hatás mérésére különböző - elsősorban a GDP növekedéssel összefüggő – mutatószámok és azok prognózisán alapuló módszertan alkalmazását javasolják a kutatók. Ennek nehézsége, hogy a GDP elemzése kizárólag makrogazdasági szemléletben történik. Már a megyei értékek sem közvetlen statisztikai adatokra, hanem országos adatok lebontására épülnek. Az úthálózat területi hatása viszont igényli a legalább kistérségi (lásd statisztikai kistérségek) elemzést. Ezért a konkrét érintett térségekre kiható gazdasági hatás nem, vagy csak igen sok vitára okot adó módon számszerűsíthető.

Jelen tanulmány az elmúlt tíz év adatolt tényeit elemezve azt bizonyítja, hogy

- az idősorosan rendelkezésre álló elemi statisztikai mutatók változása és az autópályák időbeli megjelenése között szignifikáns összefüggés mutatható ki;
- az összefüggés elemi úton számszerűsíthető.

A vizsgálat következő lépése a számszerűsített összefüggések értelmezése közgazdasági módszerekkel annak bizonyítására, hogy a gazdasági hatás valóban többszöröse az úton közvetlenül mérhető hatásnak. Célunk ennek eredményeire alapozva **a gazdaságfejlesztő hatás modellezésére egy olyan eljárás kidolgozása, ami beépíthető a készülő komplex költség-haszon vizsgálati módszertanba.** Az eredményes alkalmazás érdekében kezdeményezni kell ennek a megközelítési módnak az elfogadtatását a brüsszeli apparátussal.

## 2. A feladat leírása

A tanulmány az M3 és az M5 autópályák 2001-ig átadott szakaszait és az általuk érintett kistérségek statisztikai adatainak utolsó tíz évben történt változását vizsgálta. Arra keresett választ, hogy az adott területen **kimutathatók-e szignifikáns változások egy-egy új autópálya-szakasz forgalomba helyezését követően.** Amennyiben ilyen változás több érintett térségben is kimutatható és a változások jellege is hasonló, valószínűsíthető az **ok-okozati összefüggés.** Ezen túl az is feltételezhető, hogy már az építésre vonatkozó döntés, illetve az építés tényleges megkezdése is kedvezően hat a befektetések megkezdésére.

A vizsgálat céljára az érintett kistérségek kiválasztása a következő csoportosításban történt:

- „közvetlenül érintett kistérségek”, amelyeknek területét az autópálya metszi;
- „közvetetten érintett kistérségek”, amelyeknek területe az autópálya 20 perces megközelítésén belül van;
- „összehasonlításhoz szolgáló kistérségek”, amelyeknek földrajzi, gazdasági adottságai a közvetlenül érintett kistérségekhez hasonlóak, de az autópályák vonzáskörzetén kívül esnek.

A vizsgálat azokra a statisztikai adatsorokra terjed ki, melyek az 1991. – 2001. közötti tízéves időtartamra újabb feldolgozás nélkül rendelkezésre álltak. A későbbiek során a feldolgozás kiterjeszthető további adatokra is.

## 3. A változások összevont elemzése.

Az vizsgálatok eredményeit tartalmazó 1. és 2. táblázat bizonyítja, hogy a gazdaság dinamikáját jól jellemző mutatók, a nyereségadó, az exportárbevétel, illetve a munkanélküliségi mutatók 10 éves alakulása elsősorban **a közvetlenül érintett kistérségekben, de a közvetett érintettségű térségekben is mindkét autópálya esetén szignifikáns mértékben kedvezőbb, mint az összehasonlításhoz szolgáló kistérségek** hasonló adatai. A személyi jövedelemadó mutatója az előzőeknél alacsonyabb szinten, de szintén pozitív eltérést mutat. Az M3 esetében a gazdasági vállalkozások száma is kedvezően változott. A mutatóknak a két autópálya térségében tapasztalható eltérő alakulása a településstruktúrának, a munkaerő jellemzőinek és egyéb tényezőknek további elemzését igényli.



	Közvetlen növ %	Közvetett növ %	Összeas. növ %	A közvetlen növ %-a az összehason %-ában #	A közvetett növ. %-a az összehason %-ában ##
Személyi jövedelemadó	569,5	504,2	440,6	129,3	114,4
Nyereségadó	1235,5	607,7	540,8	228,5	112,4
Exportárbevétel	1893,5	3144,4	675,7	280,2	465,4
Regisztrált munkanélküliek száma	41,5	35,3	55,9	74,2	63,1
180 napon túli regisztrált munkanélk. száma	15,2	9,8	23	66,1	42,6
>50 főnél többet fogl. gazd. vállalkozás	268,3	222,3	219,1	122,5	101,5
>300 főnél többet fogl. gazd. vállalkozás	149	165,3	123,4	120,7	134,0

	Közvetlen növ %	Közvetett növ %	Összeas. növ %	A közvetlen növ %-a az összehason %-ában #	A közvetett növ. %-a az összehason %-ában ##
Személyi jövedelemadó	471,3	495,3	446,9	105,5	110,8
Nyereségadó	1134,9	649,3	552,1	205,6	117,6
Exportárbevétel	1727,1	2137,7	784,1	220,3	272,6
Regisztrált munkanélküliek száma	35,1	41,4	41,8	84,0	99,0
180 napon túli regisztrált munkanélk. száma	10,5	14,9	13,2	79,5	112,9
>50 főnél többet fogl. gazd. vállalkozás	232,8	193,6	208,2	111,8	93,0
>300 főnél többet fogl. gazd. vállalkozás	100,6	108,5	100,8	99,8	107,6

Közvetlen = a közvetlenül érintett kistérségek átlaga

Közvetett = a közvetetten érintett kistérségek átlaga

Összeas. = az összehasonlításul szolgáló kistérségek átlaga

# = A közvetlenül érintett kistérségek növekedése az összehasonlításul szolgáló kistérségek növekedésének %-ában

## = A közvetetten érintett kistérségek növekedése az összehasonlításul szolgáló kistérségek növekedésének %-ában

#### 4. A vizsgálatok összefoglaló értékelése

A bemutatott egyszerűsített elemzés kellő bizonyítékot szolgáltat arra, hogy az autópálya kétségtelen gazdaságélénkítő hatása a tényleges gazdasági és társadalmi folyamatok statisztikai adatai alapján számszerűen is vizsgálható és tényszerűen jellemezhető. Reálisnak tűnik a feltevés, miszerint megfelelő közgazdasági értékeléssel ennek közvetlen közösségi, költségvetési hozama is számítható. További kutatási feladat olyan számítási modell kidolgozása, amely az eddig is alkalmazott költség-haszonelemzéseket számszerűen meghatározott externális hozamokkal egészíti ki. Ezáltal bizonyíthatóvá válik az elmaradott térségek irányában építendő gyorsforgalmi utak hatékonysága és elérhetőbbé válik az európai támogatások, illetve kedvező feltételű hitelek igénybevétele.

#### 5. Javaslatok

- Az elemzés folytatása, a pozitív hatások közgazdasági értelmezése.
- Az adatbázis lehetséges kiegészítése a külföldi tőke jelenlétére vonatkozó adatokkal, valamint a GDP kistérségi lebontásával.
- A közgazdasági prognóziskészítés módszerének kidolgozása.
- A módszer beépítése az utakra vonatkozó költség-haszon vizsgálatokba.
- A módszer nemzetközi – EU – elfogadtatása.

---

# Közlekedés okozta rezgések hatása az épületekre

Értékelés

## EFFECTS ON THE BUILDING PRODUCED BY THE TRAFFIC-CAUSED VIBRATION VALUATION.

Dr. Kegyes Csaba

Széchenyi István Egyetem, Győr

### Bevezetés

Nem olyan régen, a közlekedés okozta rezgéseket, veszélytelennek értékelték. Az elmúlt időszakban történt változások odavezettek, hogy a dinamikus igénybevételeket vizsgálják, figyelembe veszik a kifáradás jelenségét is. A közlekedés okozta rezgések, nem tartoznak ugyan a rendkívüli környezeti események közé, de dinamikus hatásuk számottevő. A közlekedés okozta rezgések terjedése a talajban, a rugalmas hullámok terjedése elve szerint történik.

A közlekedés okozta hullámok az épített környezetünkben, mintegy „állandó háttérzajként” léteznek, a vizsgált épület közelében elhaladó járművek sebessége és tömege „helyi” csúcsokat hoznak létre a válaszspektrumban. A kvázi állandó és magas frekvenciájú rezgések tönkreteszik az épület kapcsolatait. A téglafalak repedeznek, lehull a vakolat, idővel törések és veszélyes alakváltozások jelentkeznek. A rezgések veszélyessége függ a közlekedő tömegtől és sebességtől, a talaj rétegződésétől és minőségétől, az alapozási rendszertől és a szerkezet merevségétől.

A kutatás több irányban folyik: egyfelől igyekeznek minél jobban megismerni a felszíni közlekedés gerjesztő hatását, másfelől feltárni a rétegek rezgést átvadó tulajdonságait, ugyanakkor keresik az épület és a környezet kapcsolatának rezgést csillapító jellemzőinek pontos megismerését.

### Előzmények

A közlekedés (közúti forgalom, városi forgalom, vasúti vagy kötött pályás városi) támaszrezgések formájában gerjesztik az épületeket. Különösen a belvárosi keskeny utcák melletti épületeket éri ez a hatás, melyet az épületre szerelt gyorsulásérzékelők jól kimutatnak.

Az 1966-ban a Győr Révfalu katolikus templomnál végzett méréseket [1] [2], 1999-ben megismételtük [5], [6] immár lényegesen nagyobb számú pontban helyeztünk el az elmozdulás-, sebesség- és gyorsulásérzékelőt, mellyel a méréseket végeztük. Ez lehetővé tette az épület egészének dinamikus alakváltozásának mérés alapú felszerkesztését is.

Az eredmények biztató alakulása, a mérések és következtetések bemutatása San Franciscóban [4] és Mazaraban [6] erősítették meg abban, hogy jó irányban haladunk. Az utóbbi időben történt közlekedés okozta rezgések (mérése, feldolgozása és értékelése) a kezdeti kutatási eredményeket ki szélesítették (Mezőörs, Nagyrév, Környe, Győr Kálóczy tér).

A közlekedő eszközök a talaj felső felén mozgásukkal hullámokat gerjesztenek, ezek a talajban rugalmas hullámok formájában terjednek, a rétegeken visszaverődnek, megtörnek és a felszínen terjedő direkt hullámokkal egymásra tevődnek, majd az épület alapjait gerjesztik. A terjedési sebesség a réteget jellemző alakváltozási és nyírási modulustól, a rétegződéstől függ.

A gerjesztést okozó dinamikus erőt meghatározza a mozgó test tömege, maximális és minimális értékének aránya pedig a gépjármű sebességétől-, a dinamikus tényező pedig a gépjármű felfüggesztésétől függ.

Ha egy épület válaszspektrumainak sűrűségét vizsgáljuk a sajátrezgés zónájában található csúcsok mintegy igazolják a közlekedés gerjesztő hatását, s az épület azokra a frekvenciákra érzékeny melyek a sajátrezgésnek felelnek meg. A károsodás halmozódás miatt időbeni eltolódásokat mutat ki.

### A támaszrezgésről

Az épületek vagy azok részei nem közvetlenül a gerjesztő erő - esetünkben a közlekedés - által jönnek rezgésbe, hanem megtámasztásuk - alapozásuk - rezgést közvetítő hatására. A rugalmasan megtámasztott test támasza függőleges vagy vízszintes irányban mozog. A testre ható rugóerő egyenesen arányos a rugó hosszváltozásával, a csillapító erő a mozgás sebességével egyenes arányban áll.

$$s = s_0 \cdot \sin \omega t \quad m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = ks + c\dot{s}$$

$$x = s_0 \cdot \sqrt{\frac{k^2 + (c\omega)^2}{(k - m\omega^2)^2 + (c\omega)^2}} \cdot \sin \left( \omega t - \arctg \frac{m\omega^2}{k \left[ 1 - \left( \frac{\omega}{\omega_0} \right)^2 \right] + (c\omega)^2} \right)$$

A test a gerjesztő mozgásnak megfelelő körfrekvenciával harmonikus rezgőmozgást végez a támaszrezgéshez viszonyított  $\Phi$  fázisszöggel.

$$\Phi = \arctg \frac{m\omega^2}{k \left[ 1 - \left( \frac{\omega}{\omega_0} \right)^2 \right] + (c\omega)^2}$$

A mozgásátadási tényező:

$$D = \frac{A_0}{s_0} = \frac{\sqrt{1 + (2\xi\omega / \omega_0)^2}}{\sqrt{\left[ 1 - \left( \omega / \omega_0 \right)^2 \right]^2 + (2\xi\omega / \omega_0)^2}} = \frac{\sqrt{k^2 + (c\omega)^2}}{\sqrt{(k - m\omega^2)^2 + c\omega^2}} \quad \xi = \frac{c}{2m\omega_0}$$

Ha  $S$  az alap felülete  $v_0$  az alap alatti réteg Poisson féle együtthatója, meghatározható a  $k_z$  rugó-állandó

$$k_z = C_z \cdot S \quad C_z = \chi_z \cdot \frac{E_0}{1 - v_0^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{S}} \quad \chi_z \text{ az alaptest alakjától függő tényező}$$

Az alapértékből számított feszültségre rátevődik a dinamikus hatás, okozta feszültségváltozásból meghatározható dinamikus feszültség többlet. A szerkezet és az ismétlődési szám ismeretében ez a határ-feszültség töredéke lehet. Ellenkező esetben elkezdődik a szerkezet „adaptációja” repedések képződnek.

### A hullámok terjedéséről

Egy pontban működő  $P$  gerjesztő erő hatására alakváltozások jönnek létre a talajban, ezek hosszanti ( $P$ ), haránt ( $S$ ) hullámok formájában terjednek, a talaj felszínén alakul ki a Rayleigh ( $R$ ) és a Love ( $L$ ) féle hullám. A talaj rétegeiben a terjedési sebességet meghatározza a rugalmassági modulus, a nyírási modulus, a Poisson féle tényező. A rugalmassági modulus helyett a talajmechanikában az alakváltozási modulus használják.

$$G^+ = \frac{1}{2 \cdot (1 + \mu)} \cdot E^+ \quad E^+ = \text{dinamikus rugalmassági modulus; } \rho = \gamma / g$$

$$V_P = \sqrt{\frac{E^+}{\rho}}; \quad V_S = \sqrt{\frac{G^+}{\rho}}; \quad V_Z = V_P; \quad V_{XY} = \sqrt{V_S^2 + V_R^2};$$

$$K = \frac{V_R}{V_S}; \quad \alpha \cdot K = \frac{V_R}{V_P} = \frac{C_R}{C_P}; \quad \frac{V_P^2}{V_S^2} = \frac{2 \cdot (1 - \mu)}{1 - 2 \cdot \mu} = \frac{1}{\alpha^2}; \quad \frac{1}{\alpha^2} = \frac{\lambda + 2G^+}{G^+};$$

$$T_Z = 4 \sum \frac{V_P}{h_i}; \quad T_{XY} = 3,33 \sum \frac{V_{XY}}{h_i};$$

$V_{XY}$  felületi hullámok terjedési sebessége;  $V_P$  a primér hullámok terjedési sebessége a talajban;  $V_S$  a szekundér hullámok terjedési sebessége a talajban;  $V_R$  a Raleigh hullámok terjedési sebessége; az épületen mért gyorsulás függőleges (komponens) irányban  $a_Z$  - mért gyorsulás vízszintes X irányban  $a_X$  -mért gyorsulás vízszintes Y irányban  $a_Y$ . Az épületen mért sebesség függőleges irányban  $v_Z$ ; mért sebesség vízszintes X irányban  $v_X$ ; -mért sebesség vízszintes Y irányban  $v_Y$ ; míg az épületen mért sebesség eredője:  $v_{R,max} = \left| \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} \right|_{max}$ .

A felszínen két pont között terjednek a direkt hullámok, az alaprétgről visszaverődő hullámok meghatározzák a kritikus távolságot. Ez az a pont, ahol a több rétegen megtört hullámok az alaprétgről visszaverődve a felszínre érkeznek. A rétegek, mint dinamikus szűrők működnek felerősítve azt, az erőt melynek frekvenciája közel van a gerjesztőéhez, csökkentve azét melynek frekvenciája távol van a réteg saját frekvenciájához.

#### A közlekedés okozta rezgések értékelése.

Ismert, mára már mérésekkel is alátámasztott tény, hogy ugyanaz a típusú, tömegű és mozgási sebességű gépjármű által létrehozott gerjesztés, az általaj rétegződése miatt a hasonló tömegű és me-revségű épületekben eltérő válaszhoz vezetnek.

Az elvégzett mérések (révfallui római katolikus templom, 20 győri belvárosi régi épület, 1 lakó-telepi 10 szintes panelház, dunaharaszti üzem, 6 darab vasbeton gerenda méréseit a győri főiskola la-boratóriumában, 5 darab vasbeton gerenda méréseit a KFKI rezgés laboratóriumában, Mezőörs, Nagy-rév, Környe, Győr Kálóczy tér) alapján elfogadhatónak tartjuk a Zeller féle rázkódási együttható hasz-nálatát.

A Zeller féle rázkódási együttható a tömegegységre vonatkoztatott rezgésteljesítménytől függő-en méri a veszélyesség fokát. A rezgése-erősségi tényező kifejezi, azt hogy a rezgésidő negyedrésze alatt mekkora a tömegegységre jutó teljesítmény,  $\tau_c$  melyből ismert adatokkal ( $a_{max}$  és  $f$ ) könnyen meghatá

$$\chi = \frac{a_{max}^2}{f}$$

rozható. A különböző típusú épületekre számított rezgése-erősségi tényező nagy változatosságot mutat.

A DIN-Pal skála a rezgése-erősséget pal-ban fejezi ki, a rezgése-erősség jele: S.

$S = 20 \log \frac{v}{0,0316}$ ; ahol a sebesség és a tapasztalati küszöbérték is cm/s-ban van kifejezve.

A Koch féle veszélyességi skála vibrárban fejezi ki az épületet ért hatást, a sebességet  $v$  [cm/s] és a  $f$  [Hz] frekvenciát is figyelembe veszi:  $S = 20 \log \frac{v}{0,05} + 10 \log f$ .

Érdekes értékelési lehetőséget ad a Cieselski-féle diagramok használata, noha két különböző di-agram: a  $h/b < 1$  és a  $h/b > 1$  értéke határesetben eltér egymástól! Előnye, hogy az igen jól regisztrál-ható gyorsulást és az amplitúdót is felhasználja az értékelési tartományok behatárolására.

A DIN 4150 előírása a mért rezgése-erősség eredőjét veszi alapul:

$v_{R,max} = \left| \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} \right|_{max}$ ; de megengedi  $v_R = \sqrt{v_{x,max}^2 + v_{y,max}^2 + v_{z,max}^2}$ ; kifejezés haszná-

latát. Jól merevített épületeknél 1-4 [cm/s], műszakilag jó állapotú sérülés nélküli épületeknél 0,8 [cm/s], látható repedéseket mutató épületeknél 0,4 [cm/s], műemlékvédelem alatt álló, károsodásra hajlamos vagy romos épületeken 0,2 [cm/s] a megengedett sebesség.

A TS-36 az épületkárokat három kategóriába osztja: a) súlyosabb tartószerkezeti károk: teherbírási csökkenés, fáradt törés, nagyobb repedések; b) kisebb mértékű tartószerkezeti károk: hajszálrepedések a vasbeton elemekben és téglafalakban; c) jelentéktelen, nem tartószerkezeti károk: vakolatrepedés, burkolat fellazulás, válaszfalrepedés. A szerkezeteket a dinamikus hatásokra való érzékenységek szerint három kategóriába sorolja: I. falazott, blokkos, vasalatlan beton, könnyűbeton, előregyártott elemek csomóponti kibetonozása; II. monolit és előregyártott vasbeton szerkezetek; III. acélszerkezetek. Nem veszi figyelembe a különben igen jó dinamikus terhet tűrő faszerkezeteket.

A MSZ13018:1991 szerint a háttérmozgást is mérni kell,  $v_i = \sqrt{v_{i0}^2 - v_{ih}^2}$ , adja meg a figyelembe vehető rezgéssebességet. Az épület legfelső szintjén a földémsíkjában vízszintesen, bármely frekvencián a megengedett rezgéssebesség 40 mm/s ipari és hasonló jellegű épületnél; 15 mm/s lakóépületeknél, 8 mm/s különleges vagy rezgés-érzékeny épületnél. A szerkezeti károsodás bekövetkezésének valószínűsége diagramból határozható meg. A függőleges rezgések hatása, ilyenkor elveszhet, ezért csak olyan épületek esetében használható, ahol a földem kellő merev, s így az épületet szintenként csak három dinamikus szabadságfok jellemezhet (x, y,  $\theta$ ).

Nagyrev Árpád utca 4 szám alatti házban végzett méréseket és feldolgozásukat mutatjuk be.

Nagyrev	a [cm/s <sup>2</sup> ]	f [Hz]	$\chi$	Af	min]
Z	2,79364	7,25	0,790277	17,35389	B
	3,07053	11,750	0,802396	36,07852	B
X	2,41316	10,50	0,554650	25,33923	B
	2,58063	10,50	0,634252	27,096615	B
Y	1,83447	2,50	1,346112	4,586175	C
	2,14839	7,375	0,625841	15,844376	B
T közvetlenül Mellett	10,79100	2,65	43,941366	28,59615	!
	7,73028	25,075	2,383139	193,83677	!

VP = 3,538 cm/s; VS = 2,114 cm/s; VXY = 3,256 cm/s; fz = 10,60 Hz; fxy = 8,14 Hz.

	V[cm/s]	S[pa]	Sá/St	Transz.	S[vibrár]	Sá/St	Transz
Z	1,88352	35,0505	34,1027	0,85356	41,2972	39,8943	1,09627
	1,36359	32,6999	39,9531		38,4915	36,3908	
X	0,99081	29,9260	27,7218	0,69386	34,8165	32,6124	0,89616
	0,59641	25,5177	39,9531		30,4082	36,3908	
Y	0,86131	28,7095	31,7049	0,79355	33,5290	36,5949	1,00561
	1,71675	34,7003	39,9531		39,5909	36,3908	

A szóbeli előadáson bemutatom az összehasonlítást és egy új módszert. Egy új közlekedési útvonal megállapításánál fontos a helyi „saját talajrezgés” hatásának ismerete.

## Irodalom

- [1] Kegyes, Cs.: Vibratii cladirilor tip monument istoric generat de trafic. Conferinta de comportare in situ a constructiilor Poiana Brasov 1996.
- [2] Kegyes, Cs.; Kegyes-Brassai, O.: Közlekedés okozta támaszrezgések hatása a régi épületekre. Universitatea Tehnica Cluj-Napoca 1998.
- [3] Kegyes, Cs.; Kegyes-Brassai, Zs.: Statistical Energy Analysis the Research Method of Structures. International Conference CISC Buzias Romania 1998 october.
- [4] Kegyes, Cs.: Effect on the Old Buildings Produced by Traffic-Caused Vibrations. XXVI. IAHS World Congress on Housing. San Francisco June 1-7, 1999.
- [5] Kegyes, Cs.: Measuring on the Buildings for determination of the Effects Produced by Traffic-Caused Vibrations. 16 th Symposium „Danubia-Adria” On Experimental Methods in Solid Mechanics. Cluj-Napoca September 29 - October 2 1999.
- [6] Kegyes, Cs.: Measuring on the Buildings for Determination of the Effects Produced by Traffic-Caused Vibrations. International Seminar Mazara October 27 - 29 1999.
- [7] Kegyes, Cs.; Kegyes-Brassai, Zs.: Statistical Energy Analysis the Research Method of Structures. ME Dunajvárosi Főiskolai Kar XIX. közleményei.1998.

- 
- [8] Dr. Kegyes Csaba; Kegyes-Brassai Orsolya: Épített környezet védelme közlekedés okozta rezgések ellen. Előadás. Széchenyi István Főiskola Győr. Tudományos napok. Győr, 2001. Október 25. – November 9.
- [9] Vértes, Gy.: Építmények dinamikája. Műszaki Könyvkiadó Budapest, 1976.
- [10] Bosznay, A.: Műszaki rezgésstan. Műszaki Könyvkiadó Budapest, 1962.
- [11] Roeset, Y. M.: Fundamentals of Soil Amplification. MIT Press Cambridge Mass and London 1969.
- [12] Kleyn, A.H.: Seismic Reflection Interpretation. Elsevier Applied Science Publishers London and New York. 1983.
- [13] Barsan, G.M.: Dinamica si stabilitatea constructiilor. Editura Didactica si Pedagogica Bucuresti 1979.
- [14] Meskó Attila: Rugalmas hullámok a Földben. Akadémiai Kiadó Budapest, 1994.
- [15] TS-S-36. Méretezés dinamikus hatásokra. TTI. 1990 Budapest.

# Feltöltő hegesztés alkalmazása a pályafenntartási munkákban

## BUILD UP WELDING IN THE TRACK MAINTENANCE

Dr. Kiss Csaba

MÁV-Thermit Kft., Erd

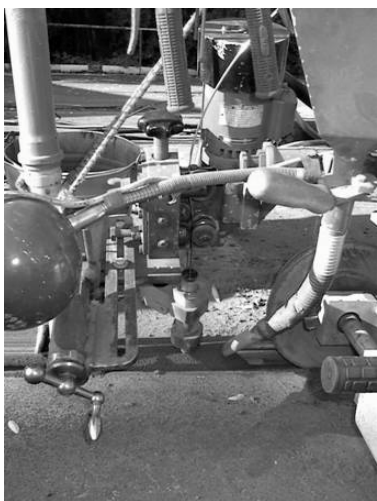
### Előadásvázlat

A kopott, elhasználódott alkatrészek javítására vagy újak takarékos előállítására a vállalatok széleskörűen alkalmazzák a feltöltő vagy más néven felrakó hegesztést. Ha definiálni kellene a vasútnál alkalmazott feltöltő hegesztést, akkor a definíció a következőképpen szólhatna:

a koptató igénybevételnek kitett felület kiváltása, feltöltése az alapanyaggal azonos vagy az igénybevételnek még jobban ellenálló réteggel. Egyaránt alkalmazható már elkopott alkatrészek javítására, vagy még új, pályába építés előtti alkatrészek várható élettartamának növelésére.

A javító- és felrakó hegesztéskor gyakran egymástól eltérő összetételű, tulajdonságú anyagok találkoznak. A kialakuló varratok tulajdonságai ezért jelentősen eltérhetnek egyaránt az alapanyagtól és a felhegesztett hozaganyagtól is, repedésérzékenységük veszélyes mértékű lehet, a kötés teherbírása, alkalmazhatósága kérdésessé válik. Ezen fennálló veszélyek miatt kifogástalan hegesztéstechnológiát csak a metallográfiai kérdéseket jól ismerő szakember készíthet.

A hegesztéstechnológiát alapvetően meghatározza az alapanyag acélminősége, az ehhez alkalmazni kívánt elektróda vegyi összetétele, és hegesztési valamint egyéb tulajdonságai. Csak megbízható, minőségi termékeket gyártó vállalat termékeit érdemes alkalmazni. A hegesztő cégeket folyamatosan megkeresik olcsóbb, jobb termékeket kínáló gyártók, üzletkötők, azonban ennek háttéréről, megbízhatóságáról, valóságáról meg kell győződni.



*Fedettív hegesztőgép hegesztőfeje*

Az alkalmazott eljárás egyszerűsége miatt általában a bevont elektródás kézi ívhegesztés (BKI). Ehhez az eljáráshoz viszonylag egyszerű a hegesztő berendezés is, és a gyártók palettáján minden alapanyaghoz megtalálható a hegesztő elektróda.

Főleg a városi villamos vasutaknál széleskörűen alkalmazott eljárás még a fedettívű automatikus hegesztés (FAH), szabadalmaztatójáról ELIRA (Elektro Linde Rapid) eljárásnak is nevezik.

A MÁV Rt. a javító- feltöltő hegesztést már régóta alkalmazza a gyakorlatban. Több, mint 30 évvel ezelőtt elkészítette Hegesztési utasítását a kopott vasúti keresztezési középrészek villamos ívhegesztéssel történő felhegesztéséhez.

A mai alkalmazott technológiát a MÁV-THERMIT Hegesztő Kft. a korábbi tapasztalatokat áttanulmányozva, külső szakértőkkel kiegészített szakmai csoport szakvéleménye alapján, laboratóriumi vizsgálatokkal igazoltan készítette el.

Mai alkalmazási területek:

- Kitérőalkatrészek:
  - Keresztezési középrészen: csúcsbetét, könyöksín
  - Váltórészen: csúcssín, tőssín
- Útátjárók vonatérzékelő szigetelt sínmezőinél
- Sínek oldalkopásának kijavítása

– Sínhibák, aluminotermikus hegesztési hibák javítása



*Kopott, javításra  
vagy cserére megérett csúcsbetét*

A javító- felrakó hegesztés alkalmazása gazdaságilag is indokolt. Az elkopott alkatrészek kiváltása más módon csak cserével lehetséges, ami egy új alkatrész pályába építését jelenti. Az új alkatrész ára akár 10...12-szer is drágább lehet a feltöltő hegesztéses javítás díjánál, és ehhez még hozzájön a csere munkaszükségletének a díja is.

A feltöltő hegesztéses javítás további élettartamnövelési előnyökkel szolgálhat, amennyiben a javítást időben elvégzik, nem várva meg az alkatrész kopásának, elhasználódásának legvégző stádiumát. Egy lehasznált alkatrészben már az anyagfáradás is megindulhat, nem egy esetben belső repedéseket mutat ki az ultrahangos vizsgálat. Ez az alkatrész már csak ideiglenesen javítható.

Ezzel szemben egy időben elvégzett javítás megóvjá az alkatrészt a teljes leromlástól, a másodszori, esetleg a harmadszori javítás is lehetővé válik, ami növeli a feltöltő hegesztés gazdaságosságát.

Mivel egyetlen vasút sem gazdag annyira, hogy csak alkatrészcsereben gondolkodjon, és a költségek csökkentése a vasutaknál mindig napirenden van, ezért a feltöltő hegesztés alkalmazása a vasutaknál a jövőben sem válik kérdésessé.

### **Szakirodalom**

- [1] Béres Lajos – Komócsin Mihály: Acélok, öntöttvasak javító- és felrakóhegesztése. Budapest, 1995.



---

# A vasúti tengelyterhelés emelésének feltételei

## CONDITIONS OF AXLE LOAD INCREASE ON RAILWAY TRACKS

Dr. Kiss Ferenc

Széchenyi István Egyetem, Győr

### 1. Bevezetés

A XX. század utolsó évtizedeiben több európai és amerikai vasútnál merült fel a kezelésükben lévő vasúti pályára engedélyezettnél **nagyobb tengelyterhelésű járművek** közlekedtetésének igénye. Az igényt az áruszállítás gazdaságosabb végrehajtása támasztotta, aminek feltétele viszont a nagyobb elegytonna terhelésű vonatok közlekedtetése volt. A nagyobb vonatterhelést két módon lehetett elérni: hosszabb tehervonatok összeállításával, vagy nagyobb tengelyterhelésre megrakott teherkocsikkal. Az első lehetőség az állomások használható vágányhosszának növelésével, a második **a vágányok nagyobb igénybevételével jár**. Mindkét megoldás nagy költséggel valósítható meg. A fejlett vasutak a nagyobb tengelyterheléssel közlekedő kocsik közlekedtetését tartják könnyebben megvalósíthatónak, ezért részletesebben ennek a műszaki -gazdasági következményeivel foglalkoztak.

A túlsúlyos teherkocsik közlekedtetésének problémaköréhez tartozóan Középkelet-Európában a volt Szovjetunió, illetve utódállamaival Oroszországgal, Fehéroroszországgal, Ukrajnával és Moldáviával szomszédos államokban is hasonló gondot jelent a széles nyomtávolságú vasutakról érkező és **tengelyátszerelt kocsiként** továbbított, a megengedettnél nagyobb tengelyterhelésű kocsik közlekedtetése.

A Magyar Államvasutaknál tehát a probléma kettős. Egyrészt Ausztria, Horvátország és Szlovákia felől érkező túlsúlyos kocsik, másrészt Ukrajna felől a szintén nagyobb tengelyterhelésű, tengelyátszerelt kocsik **biztonságos közlekedtetésének** engedélyezési feltételeit kell megállapítani.

A feladattal a Széchenyi István Egyetem Építési és Környezetmérnöki Intézetében szervezett munkabizottság foglalkozott és tett javaslatot a szabályozás módjára és feltételeire.

### 2. Külföldi kísérletek és megállapítások

Európában a német, az angol, az olasz, a spanyol és az orosz vasutak, Amerikában elsősorban az Egyesült Államok, Kanada és Brazília foglalkozott a nagyobb tengelyterhelésű járműveknek a vágányokra, a kitérőkre és a hidakra gyakorolt hatásával, ezek pályafenntartási munka és pénzügyi következményeivel. Behatóan foglalkozott ennek a problémának a műszaki és gazdasági hatásaival az európai vasutak kutató szervezete az **ORE** is.

Mi most az ORE megállapításait foglaljuk röviden össze.

A tengelyterhelésnek **20 tonnáról 22,5 tonnára** való növelésének hatását e program keretében vizsgálta C. Esweld, A. Jourdain, G. Kaess, M. J. Shenton és tették közzé eredményeiket a Rail Engineering 1989. évi 2. számában.

Az igénybevételek és a többletköltségek vizsgálatához **különleges szerelvényt** állítottak össze, amelybe besoroztak négy teherkocsit (2db 22,5 t, 2db 20 t tengelyterhelésű, eltérő típusú forgószármolyokkal), a német vasút mérőkocsiját az erők megállapításához, a holland vasút mérőkocsiját a vágány geometriai állapotának felvételéhez. A vonatszerelvényt **öt európai állam** eltérő szerkezeti felépítésű és eltérő állapotú vágányain közlekedtettek. Mérték az igénybevételeket, az **Y** és **Q** erők nagyságát, minősítették a pályák geometriai állapotát. A legnagyobb mérési sebesség **120 km/h** volt.

Megállapításaik:

- talpfás felépítményen, közepes tömegű sín esetében nagyobb volt a függőleges gyorsulás, mint betonaltas pályán, nehezebb sínes felépítménynél
- a gyorsulás általában nőtt a sebesség emelésével
- egyenes pályán a függőleges gyorsulás fokozottabban növekedett a tengelyterhelés növelés esetén, de az oldalirányú erő változása nem volt lényeges

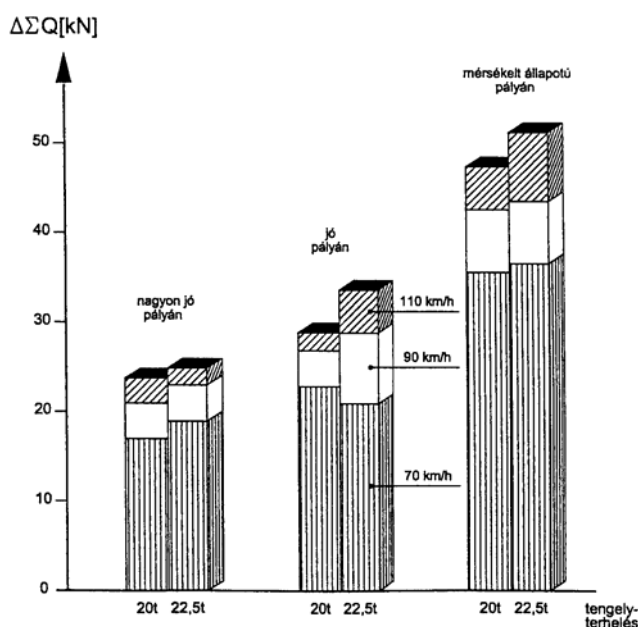
- a függőleges erők értékeire részletes elemzést végeztek és a dinamikus tengelyerő ( $\Sigma Q$ ) megállapításához - figyelembe véve a statikus tengelyerő ( $A$  kN), a sebesség ( $v$  km/h) és a pályaminőség ( $S$ ) változásait - az alábbi összefüggést állapították meg:

$$\Sigma Q = A + [12 + 0,6A + 0,51(v - 50)(S - 0,5)]$$

A számítások egyszerűsítése érdekében a pályaminőséget három csoportba sorolták:

- I. o. nagyon jó minőségű pálya ( $S = 1$ )
- II. o. jó minőségű pálya ( $S = 2$ )
- III. o. mérsékelt minőségű pálya ( $S = 3$ ).

A **2.1. ábra** a 20 és 22,5 tonnás tengelyterhelés dinamikus hatásának alakulását mutatja be. A tengelyterhelés 2,5 tonnával való növelése a dinamikus igénybevételt azonos pályaminőség és sebesség esetén 6-14%-kal emelte. Nagyobb volt az emelkedés az azonos sebességgel, de különböző minőségű pályákon való haladás esetében, 42-56%. A nagyobb sebesség azonos pályaminőségnél 29-60% dinamikus hatás növelést okozott.



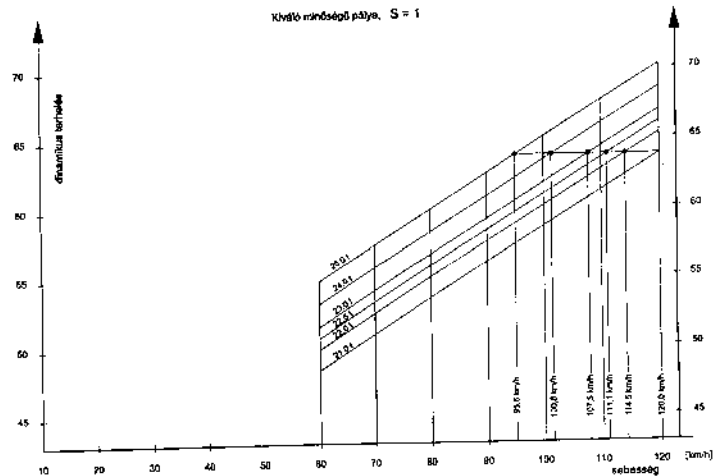
2.1. ábra

*A dinamikus tengelyterhelés abszolút növekedése*

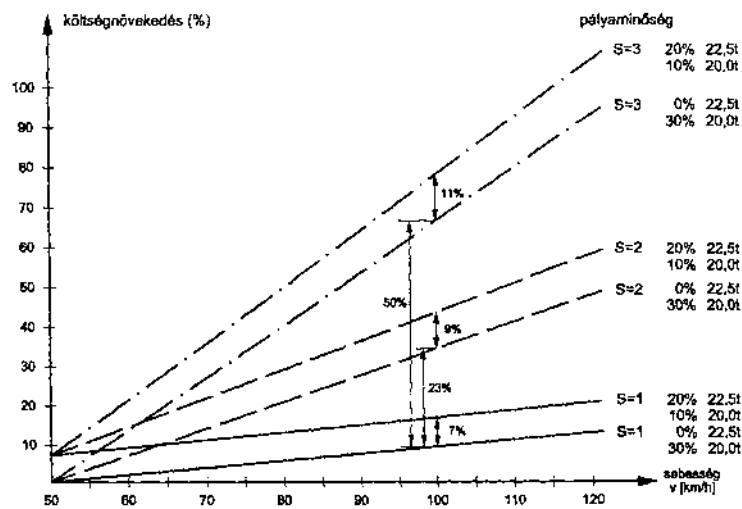
A **2.2. ábra** a tengelyterhelés növekedésével összefüggésben szükséges sebességcsökkentést tünteti fel  $S = 1$  számmal jellemzett kiváló minőségű pályán.

A költségnövekedés megállapításakor a pályaállapot a legfontosabb tényező. A **2.3. ábrán** például, ha a minőség  $S = 1$ -ről  $2$ -re változik, akkor a költségek 23%-kal növekszenek. Ha viszont a sebesség  $v = 80$  km/h-ról  $v = 100$  km/h-ra növekszik, akkor a költségemelkedés kisebb, 15%-os.

Összefoglalásként megállapítják, hogy a tengelyterhelés 20 tonnáról 22,5 tonnára való megemelése **10% körüli pályakarbantartási költségnövekedést** fog eredményezni. Megjegyzendő, hogy ez a megállapítás csak a kísérletbe bevont országokra érvényes.



2.2. ábra  
A tengelyterő növekedésével szükséges  
sebességcsökkentések kiváló pályán



2.3. ábra  
A költségnövekedés százaléka

### 3. A tengelyterhelés emelés feltételei a hazai vasútvonalakon

Az engedélyezhető tengelyterhelés felemelésének kérdését a magyar vasút sem kerülheti el, át kell tehát gondolnunk, hogy milyen következményekkel jár, ha majd a jelenleg megengedett **210 kN** tengelyterhelés **225-**, illetve **240 kN-ra** növekszik.

A MÁV a korábbi tengelyterhelés táblázataiban a megengedhető értékeket a következőképpen állapította meg:

- a helyettesítő hosszaljas felépítményszámítás alapján számították a sín megengedhető tengelynyomását. Itt figyelembe vették a sín járműterheléstől független- és a járműterheléstől függő feszültségeit is.
- külön megállapították az alj által megengedett legnagyobb tengelynyomást
- ezután a kisebbiket vették mértékadónak, majd még az alj alatti tengelynyomás nagyságát is ellenőrizték.

Ezután született meg a MÁV 1960. évi "Felépítményi tengelynyomás táblázata".

A meglévő pályákon a tengelyterhelés emelésének igénye esetén a dinamikus hatások mérséklésére csak a pályára engedélyezett sebesség csökkentése lehet a megoldás, hiszen a megengedhető tengelyteher a pálya építéskor megszabott határértéknek tekintendő, pontosan úgy, mint a vízszintes és magassági vonalvezetés.

*A sebességcsökkentés mértéke függ:*

- az inercia csökkenésével járó sínkopások mértékétől és
- a pálya pillanatnyi geometriai állapotától.

A következőkben tehát foglalkoztunk a sínkopások okozta inerciacsökkenés megengedhető tengelyterhelésre gyakorolt hatásával (mértékadó feszültségek számítása), majd a megengedhető tengelyterhelés és a geometriai állapot közötti összefüggések vizsgálatával.

### 3.1. A vasúti sín igénybevételeinek számítása

A vizsgált vasúti sínek igénybevételeinek számítását a magyar és számos külföldi vasút által használt ún. **"helyettesítő hosszaljas" számítás móddal** végeztük. Ezt a módszert Zimmermann vezette be, majd azt Nemesdy József és Eisenmann fejlesztette tovább, utóbbi a mértékadó igénybevételek és a pályában végzett kísérletek eredményeinek összhangba hozatalával.

E számítás módnál a keresztaljas vágányt fiktív, rugalmas ágyazású, folyamatosan felfekvő hosszaljas vágánnyal helyettesítjük, amelynek feltétele, hogy az eredeti keresztaljas vágány és az azt helyettesítő hosszaljas vágány rugalmas vonala, süllyedése és feszültségi állapota azonos legyen.

A számításokat **új, kopás nélküli**, valamint a **megengedett legnagyobb mértékben kopott 48, 54 és 60 rendszerű sínekre** végeztük el 80 -160 km/h sebességtartományban.

A számítások mellőzésével a **3.1. ábrán** megadtuk a **mértékadó feszültségeket** a sebességek, kerékterhelések és sínrendszerek függvényében.

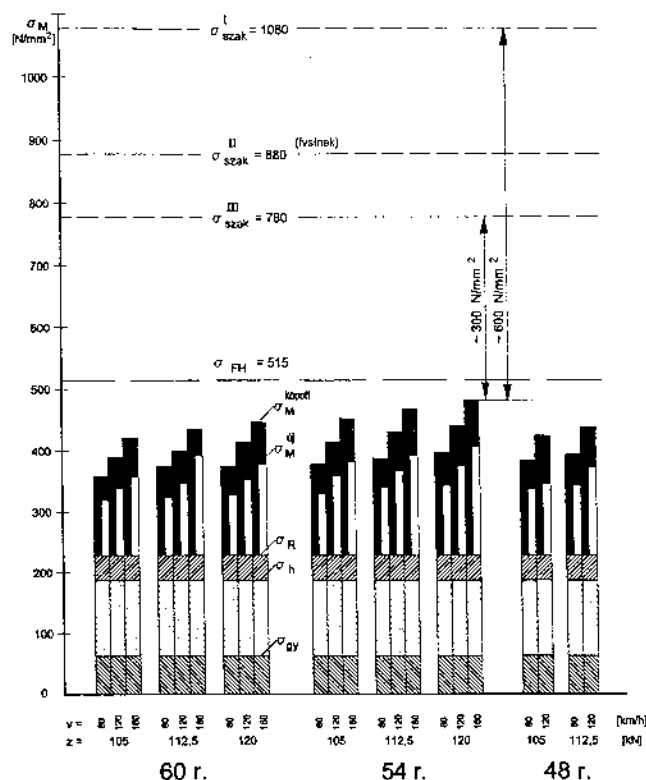
Az ábrán feltüntettük a D54. sz. Előírás 67. és 68. táblázatai alapján az MSz 2570. szabvány szerinti **sínacél-szakítószilárdsági** értékhatárokat ( $\sigma_{\text{szak}}^{\text{I,II és III}}$ ), valamint az arányosítással számított  $\sigma_{\text{FH}}$  folyási értékhatárt.

Látható, hogy a legnagyobb  $\sigma_{\text{M}}^{\text{kopott}}$  értékek és a  $\sigma_{\text{szak}}^{\text{III}}$  határértékek között is kb.  $300 \text{ N/mm}^2$  érték-különbség van, amely a legjobb minőségű - és a nagysebességű vonalakon használatos - sínek  $\sigma_{\text{szak}}^{\text{I}}$  értéke esetén  $600 \text{ N/mm}^2$ -t is eléri. Ebben a sávban biztonságosan jut hely a szabálytalan kerekű járművek egyedi, **laposkerék-ütéseiből adódó,**

max.  $200 \text{ N/mm}^2$  rendkívüli többlet igénybevételeknek, valamint a rendkívül fellépő nagy **oldalerők** igénybevételeinek.

A legnagyobb  $\Sigma \sigma_{\text{M}}^{\text{kopott}}$  - 54 r. sín esetében - sem éri el a  $\sigma_{\text{FH}}$  értékét, a számítható biztonsági tényező még ebben az esetben is 1,1.

A számítások alapján tehát a megkívánt tengelyterhelések a legnagyobb kopások esetén sem jelentenek veszélyt. A negatív hatásokat a gyorsabb pályaállapot hanyatlásban és a fenntartási költségek növekedésében kell keresnünk.



3.1. ábra

Sínenkénti mértékadó feszültségek a sebességek és kerékterhelések függvényében

### 3.2. A tengelyteher-emelés alapelve, a geometriai állapot szabta feltételek

A tengelyteher felemelése akkor és csakis akkor engedhető meg, ha a három feltétel teljesül:

1. A tengelyteher **nem lépi túl** a kiegyenlített sínkopástól függő határt (3.1. ábra l.előzőleg).
2. A számításoknak és tapasztalatoknak megfelelő tengelyteher **nem lépi túl** a hozzá tartozó sebesség függvényében rögzített értékeket (3.2. táblázat).

### 3.2. táblázat Megengedhető tengelyterhek (kN) a sínrendszer és a sebesség függvényében

Sínrendszer	Sebesség [km/h]															
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
60	240	korlátozás nélkül														240
54										240	235	225	215	210	210	210
48					240	235	230	225	220	215	210					
I 42		(240)	(235)	(230)	225	220	215	210								
c 34	(210)	(205)	(200)	(195)												
i 23	120	110														

A táblázattal összefüggésben áll a 3.3. ábra, mely a jelenlegi és a korábbi **tengelyteher-sebesség** összefüggéseket állítja egymással szembe. Az ábra az UIC 60, 54, a 48, az I, a c és i rendszerű sínek alkalmazásának határait mutatja be.

Legfelül az UIC 54 rendszer ábrázolt függvényében az tűnik fel, hogy az alkalmazható **240 kN** tengelyteher mellett csak **100 km/h**-, a **225 kN** mellett csak **120 km/h** sebesség volt megengedhető.

Tehát a régi előírásunk szerint az 54-es sínrendszer bőven megfelelne a most megkívántaknak is, így nyilvánvaló, hogy a tengelyteher - sebesség összefüggés rögzítését már 1967 előtt komoly műszaki és gazdasági megfontolások előzhették meg.

Más a helyzet a 48-as sínrendszer esetében.

Amint a **3.3. ábrán** látható, az új 48-as rendszerhez tartozó felső tengelyteher-sebességhatárok megegyeznek a súlyosabb UIC 54-es rendszer alsó határával. (Igaz, az aljtávolságok 65 cm-ről 60 cm-re csökkentek). Tekintettel arra, hogy új 48-as síneket ma már ritkábban építenek be, a 48-as rendszer esetében csak az alsó határvonalat szabad józan választásnak tekintenünk. E szaggatottan meghúzott **A-B vonal 240kN** mellett **50km/h**, **225kN** mellett pedig **80km/h** sebességet enged meg. **100km/h** sebességhez a jelenleg is érvényes **210kN** megengedett terhelés bizonyulna elfogadhatónak.

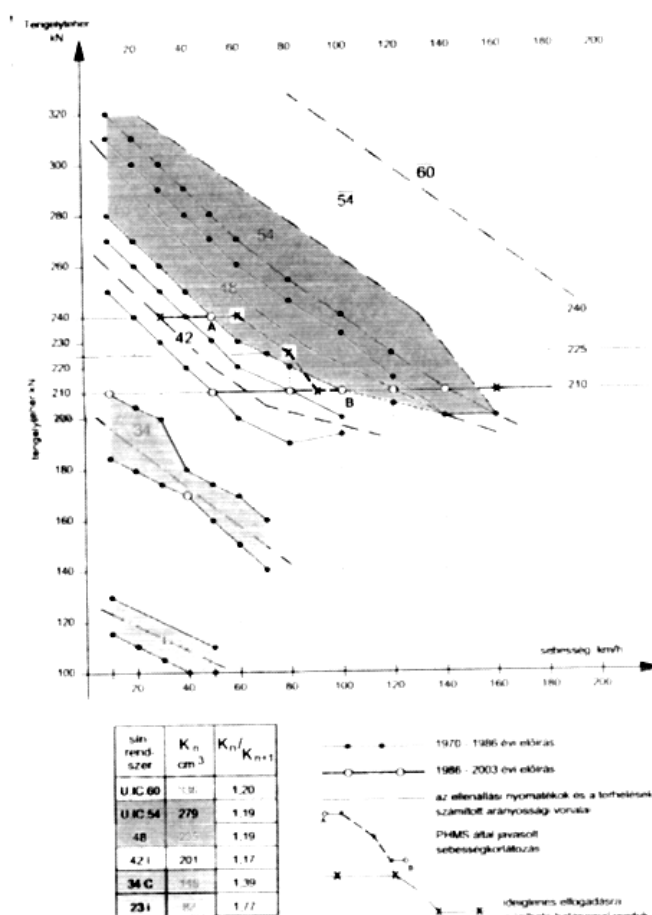
Az alkalmazott sínrendszerek határvonalaival jelzett területek átlagát jelentő pont-vonalak megegyeznek az **ellenállási nyomatóterek arányával** (l. 3.3. ábra alul kis táblázat értékeit)

**3. Feltétel.** A tengelyteher **nem lépi túl** a pályaállapotra rögzített és a sebességtől függő minőségi határértéket.

A sebességtől függő határértéket ez esetben az ún. **határ-alakszám** ( $A_{KÖV}$ ) képezi. Ezt az alakszámot az országos standard geometriai minősítőszám-eloszlásgörbékől (SAD eloszlások) lehet számolni, hézagnélküli és hevederes illesztésű pályára, sebességlépcsőnként. (**3.4. táblázatok**)

(Az alakszámot egyébként a SAD eloszlásgörbék 15-, 50- és 85 %-hoz tartozó SAD-négyszetek összegeként, 1000-el való osztás után kapjuk.)

Ezután adott pályahosszra vonatkozóan (pl. állomásköz) ki kell számítani az alakszám pillanatnyi értékét ( $A_{PILL}$ ). Ehhez a felépítményi mérőkocsi (**FMK 004**) félévi mérései, valamint a méréseket feldolgozó **PÁTER rendszer** nyújt segítséget.



3.3. ábra  
Tengelyteher-sebesség összefüggések

### 3.4. táblázatok

- Hézagnélküli vágány határ-alakszámai a sebesség függvényében

Sebesség [km/h]	40	60	80	100	120	140	160
Alakszám: $A_{KÖV}$	$A_{40}$ 179	$A_{60}$ 112	$A_{80}$ 79	$A_{100}$ 61	$A_{120}$ 48	$A_{140}$ 41	35

- Hevederes illesztésű vágány határ-alakszámai a sebesség függvényében

Sebesség [km/h]	40	60	80	100	120
Alakszám: $A_{KÖV}$	$A_{40}$ 377	$A_{60}$ 239	$A_{80}$ 154	$A_{100}$ 112	$A_{120}$ 89

Miután egy szakaszra vonatkozóan ismerjük a két alakszámot, megállapíthatjuk a tengelyterhelés - emelés **szükséges, de nem elégséges feltételét** (természetesen a csökkentett sebesség mellett).

$$A_{PILL} \leq A_{KÖV}$$

Amennyiben a pályaszakasz geometriai állapota nem engedi a tengelyterhelés-emelést az előbbi csökkentett sebességgel, úgy a sebességet még tovább kell csökkenteni!

A javasolt és rögzített tengelyteher-sebesség összefüggések vonalanként, vagy állomásközönként csak bizonyos feltételek mellett lehetnek mértékadóak, hiszen a pálya állapota nem marad állandó, tudjuk, hogy folyamatosan és gyorsulva romlik. Ezért a megengedhető legnagyobb tengelyterhek táblázatos értékeinek ellenőrzése, betartása mellett a pálya meglévő állapotát és annak várható mértékét is folyamatosan ismerni kell. Ez azt jelenti, hogy az elfogadott, illetve elfogadandó sebesség-tengelyteher táblázatok érvényességét időről-időre a megkövetelhető minőségi feltételekhez kell kötni.

### Irodalom

- [1] Dr. Horváth F. - Dr. Kerkápoly E. - Dr. Kiss F. - Dr. Vaszary P. : A MÁV vonalak tengelyterhelés emelésének feltételei. Tanulmány. Győr 2003.
- [2] Esweld, C. - Jourdan, A. - Kaess, G. - Shenton, M. J.: Tengelyterhelések 20 t-ról 22,5 t-ra való növelésének a hatása a pályakarbantartásra. Rail Engineering 1989. 2. szám

# Nagynyílású feszített vasbeton tartók viselkedése próbaterhelésre

GREAT-SIZED SPAN PRESTRESSED REINFORCED CONCRETE BEAMS BEARING TEST

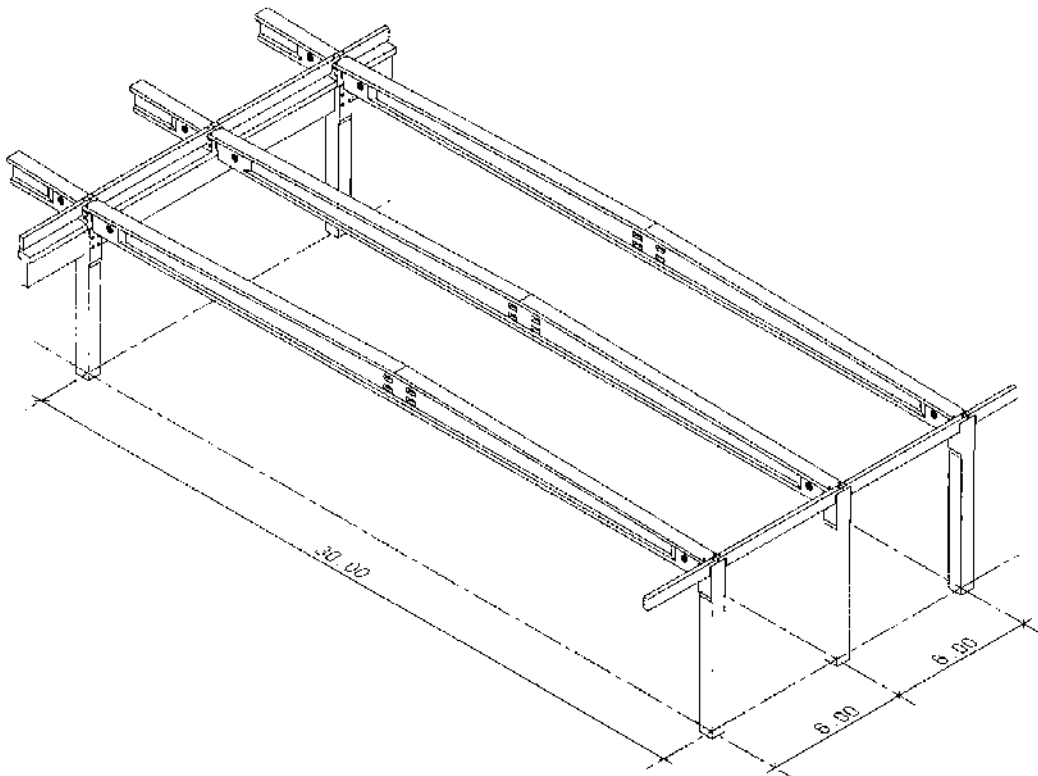
Dr. Kiss Zoltán, Péntek Árpád, Bálint Károly

Plan 31 Kft., Kolozsvár

## 1. Bevezető

Az elmúlt néhány évben a beruházások döntően a külföldi tőkebefektetésekhez kötődtek gyors megvalósulási, megtérülési szándékkal. Ebből adódóan egyre nagyobb az ösztönzés új szerkezeti megoldások keresésére.

Így a LEONI Wiring Systems autókábelgyár Romániai befektetése fontos lépést jelentett a földszintes csarnokszerkezetek fejlődésében, mint tervezési mintakivitelezési szempontból. Az épületekben lezajló technológiai folyamatokhoz szerkezeti szempontból való alkalmazkodást, a megfelelő pillérhálózat kialakítása jelentette. A beszercei LEONI csarnok esetében 30 x 12 méteres pillérállást kellett kialakítani, amit a kedvezőtlen szilárdságú talaj is befolyásolt. A tetőszerkezetet a 12 méteres főtartóra támaszkodó 30 méteres szelemenek és az ezekre rögzített aránylag könnyű szigetelt trapézlemez burkolat alkotta (1. ábra).



1. ábra

*A 30 méteres szelemen szerkezetben foglat helye*

Az újdonságot igazán a 30 méter fesztávú előfeszített vasbetonszelemenek jelentették tervezőnek kivitelezőnek egyaránt. A kolozsvári PLAN31 Ro mint tervező és a tordai ASA CONS Ro mint



kivitelező ez alkalommal nagy lépést tett, megalkotva Romániában elsőként ezen a téren egyedinek tartott karcsú szelemeneket.

A 2002 év során nagy mennyiségű ilyen szelemen lett legyártva. A gyártás során kérdések merültek fel, mint kivitelezői, mint tervezői részről. Ebből az okból kifolyólag közös megegyezésből az a döntés született, hogy egy 30 méter fesztávú szelement kell terhelési kísérletnek alávetni.

A kísérlet tárgya megvizsgálni a szelemen viselkedését, gerincében levő technológiai lyukak körül történő erőjátékokat, az ezekből születő repedések terjedését, valamint lehajlási és repedezettségi határállapotban, és nem utolsósorban az elem támaszkodásánál kialakított kiskonzol viselkedését. Ez utóbbi igen elterjedt és előszeretettel használt szerkezeti megoldás előregyártott vasbetonszerkezetek esetében.

## 2. Kísérleti elem

A kísérleti elem egy 30 méteres tartó, a tordai ASA előregyártó vállalat által gyártott 132 szelemen egyike. Az elem két végénél a támaszkodás különböző képpen volt kialakítva, ugyanis egyik felén teljes magasságában pillérre, másikon pedig beharapással főtartóra támaszkodik.

A szelemen tervezett tengelyközi hossza 30.00 m, valós tervezett hossz pedig 29.98 m. Amint a zsaluzási rajzon látható (2. ábra) a magassága a nyílás közepén 1.45 m, innen végei felé 1.00 méterre csökken 3% -os lejtéssel. Egyik végén 31x40 cm-es kiharapás található. A szelemen hosszában a gerinc 13 cm, végein pedig kiszélesedik 30 cm-re, nyomott öv szélessége 60 cm, magassága szélein 16 cm, a húzott öv 30 cm széles és 18 cm magas. Közel az elem végeihez két-két 300 mm lyuk található

A szelemen gyártmánytervben előírt betonminősége C40/50 (Bc 50 a régi szabványok szerint). A beton szilárdsági jellemzőinek meghatározása érdekében 14.1x14.1 cm-es próbakockákat öntöttek, amelyek törési vizsgálata 28 napos korban történt a kolozsvári INCERC laboratóriumában. Ezek szerint a beton kockaszilárdságának minimális értéke  $57.60 \text{ N/mm}^2$ . Roncsolásmentes vizsgálat Schmidt kalapáccsal történt az elem öntési illetve leterhelési helyszínén az ASA telepen.

Annak érdekében, hogy a beton hamarabb elérje a feszítési erő átadásához szükséges szilárdságot, I42,5 R gyorskötésű cementet használtunk. Az erő átadása pillanatában a beton Schmidt kalapáccsal mért szilárdságának legkisebb értéke  $41.33 \text{ N/mm}^2$  volt. A betonnak terv szerint előírt megmunkálhatósága román jelölések szerint T3/T4. A beton tömörítését belső vibrálással érték el.

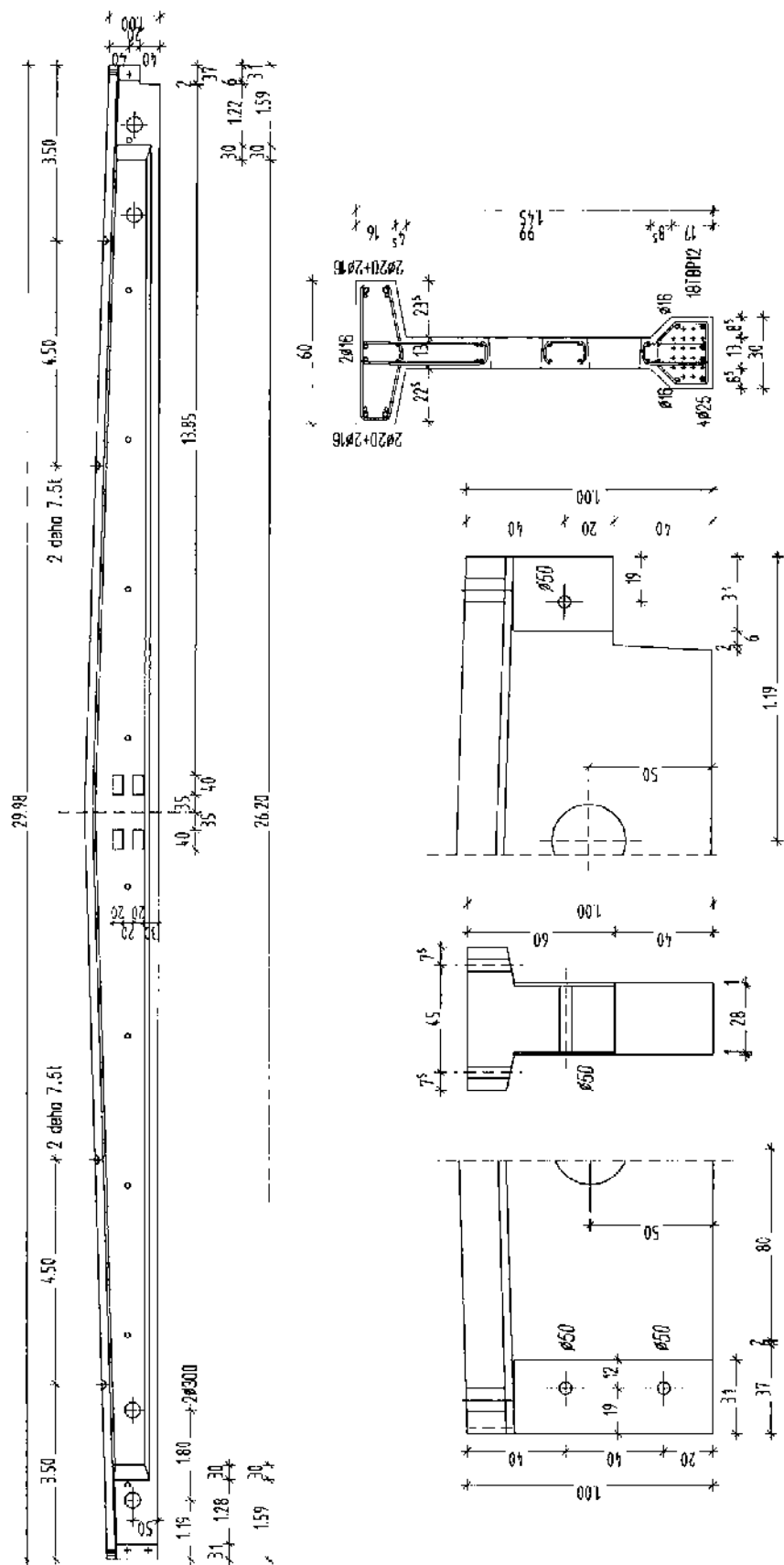
A kísérlet elem hosszanti vasainak elhelyezése szintén a 2. ábrán látható.

Hosszvasalás	- húzott övben	- feszítőbetétek négy sorban elrendezve $2+6+6+4 \text{ TBP12 } 1330/1770$
	- lágyacélbetétek	$4 \square 25 + 2 \square \text{I} \square \text{Pc52}$
	- nyomott övben	- lágyacélbetétek $4 \square 20$ sarkokban + $2 \square \text{I} \square \text{Pc52}$

Nyírási vasalás (kengyelezés) - egy darabból hajlított kengyelek  $\square \square \text{Pc52}$ , 10, 15 ill. 20 cm-re a támasztól befele haladva, lyukak körül illetve a nyílás közepén megsűrítve.

Az acélbetétek szabvány által előírt szilárdsági és rugalmassági jellemzői:

- *TBP 12* feszítőhuzal szakítási szilárdsága  $1770 \text{ N/mm}^2$ , legnagyobb feszítési feszültség  $1330 \text{ N/mm}^2$ , illetve rugalmassági modulusza  $180 \text{ kN/mm}^2$ . A tervezett feszítési erő pászmánsként  $P_k=120 \text{ kN}$ ;
- *PC52* lágyacélbetétek szakítási szilárdsága  $520 \text{ N/mm}^2$ , folyási határa  $345 \text{ N/mm}^2$ , minősítési értéke  $300 \text{ N/mm}^2$ , rugalmassági modulusza  $210 \text{ kN/mm}^2$ ;



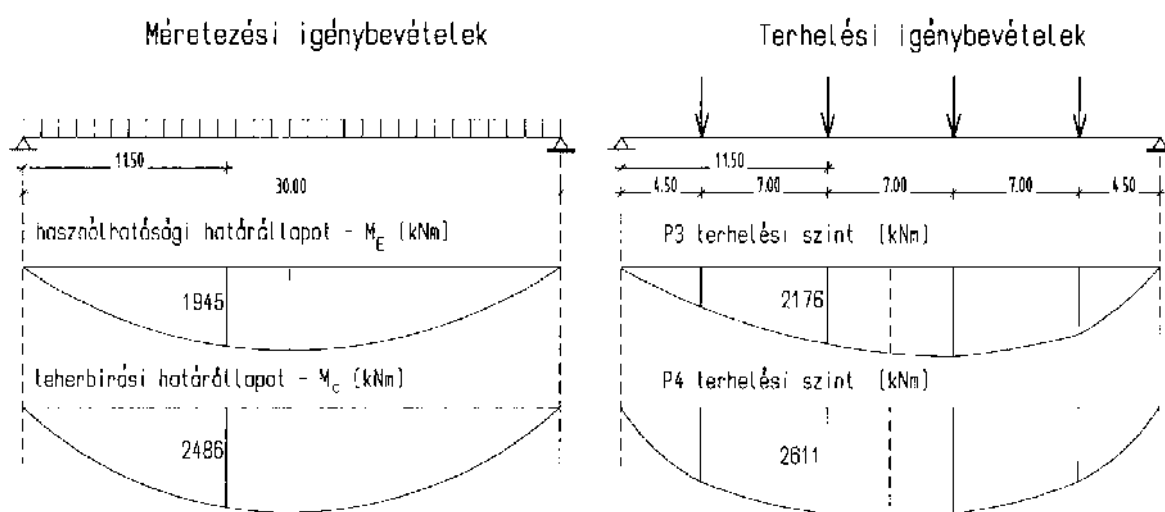
2. ábra  
A 30 méteres szelemen zsaluzási és vasalási rajza

### 3. Kísérleti program

A kísérleti elem leterhelése a tordai ASA CONS Ro előregyártó üzem udvarán történt amikor az elem elérte 28 napos korát. A szelemen függőlegesen, tehát üzemi helyzetében lett leterhelve.

A végeken az alátámasztást erre a célra elkészített, acélból hegesztett térbeli jármok biztosították, amelyek úgy voltak kialakítva, hogy a terhelés alatt jelentkező esetleges kifordulásokat és eldőlést megakadályozzunk, valamint, hogy az elem két támaszú tartóként viselkedjen. Az alátámasztási hossz mindkét végén kb. 25 cm, ahol két-két egymásra helyezett 1 cm vastag neoprén lap biztosította az erők egyenletes eloszlását az alátámasztási felületen.

Mivel nem volt lehetőség hidraulikus sajtókkal megoldani a leterhelést, ezért négy egyenként 10,9 tonna tömegű pillét használtunk, amelyek két - két pontban támaszkodtak a szelemenre. A támaszkodási pontok helyzetét úgy határoztuk meg, hogy az ezek által keletkezett igénybevételek; nyomtatók és nyíróerő értéke, minél közelebb legyen azon igénybevételekhez amelyekre méreteztük a szelement teherbírási határállapotban (3. ábra).



3. ábra  
Méretezési és terhelési nyomatódiagrammok

Így tehát egy pillér két egymástól hét méterre levő pontban támaszkodik a szelemenre, és a szélső támaszkodási pont 4.50 méterre fekszik az elem szélétől.

A terhelés négy lépcsőben történt, fokozatonként egy - egy pillér lett vízszintesen a szelemenre ráhelyezve. Minden terhelési fokozat után kis idő elteltével megmértük a szelemen közepén keletkező le-  
hajlást, és a harmadik negyedek fokozat után a húzott övben keletkezett repedések nyílását és magasságát.

### 4. Számított és a kísérleti eredmények összehasonlítása

A kísérlet folyamán kapott eredményeket összehasonlítottuk a kísérletet követő számításokkal. A számításokat a hazai szabványok előírásainak megfelelően végeztük el, figyelemmel kísérve a terhelés különböző fokozataiban megfigyelt jelenségeket.

A P1-es terhelési fokozatnál, amikor egy pillért helyeztünk a szelemen egyik felére, illetve a P2-es egy-egy pillérrel a szelemen két oldalán, repedések nem jelentkezték, tehát csak a lehajlásokat vet-  
tük figyelembe.

A szelemen lehajlását a szelemen közepén, a különböző terhelési szinteknek megfelelően a kö-  
vetkezőképpen határoztuk meg:

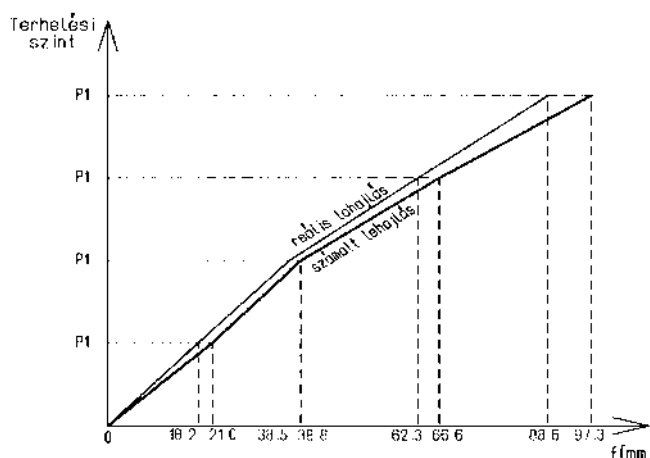
$$f_{Pi} = - \int_0^x \frac{P_0 \cdot e_{0p}}{K_d} \cdot m \, dx + \int_0^x \frac{M_g}{K_d} \cdot m \, dx + \int_0^x \frac{M_{Pi}}{K_d} \cdot m \, dx$$

- ahol: -  $P_0$  - a feszítőerő üzemi állapotban  
-  $e_{0p}$  - a feszítőerő külpontossága  
-  $K_d$  - a szelemen rigiditása  
-  $M_g$  - a szelemen saját súlyából eredő nyomaték  
-  $M_{Pi}$  - a külső terhelésekből eredő nyomaték

A négy terhelési szinten mért és számolt lehajlásokat a 1. táblázatban foglaltuk össze, ugyanez látható a 4. ábrán is.

**1. táblázat** Lehajlások mért és számolt értékei

Terhelési szint	Lehajlás terhelés-nél(mm)	Számolt lehajlás (mm)	Eltérések %
P1	18,2	21,0	15
P2	38,5	38,8	0,7
P3	62,3	66,6	6,9
P4	88,6	97,3	9,8



**4. ábra**  
*Számolt és a kísérlet során nyert lehajlások*

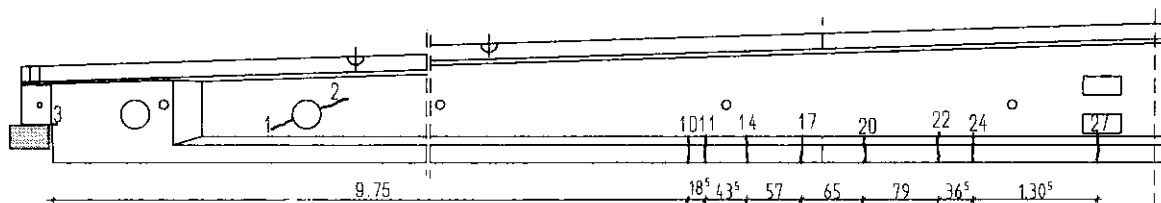
Amint látható az előbbi ábrán és táblázatban a számolt lehajlások nagyobbak a valós lehajlásoknál, az eltérés 0,7 és 15 százalék között található. Ez elég pontos megközelítés ahhoz, hogy a tervezőnek egy bizonyos méretű felülbiztosítást jelentsen.

A repedések az elem húzott övében csak a P3 terhelési lépcsőnél jelentkeztek, ahol 0,05 mm repedéstágasságot mértünk, számolt értékük 0,057mm (5. ábra). Ez a hazai szabványok előírásainak eleget tesz, mely szerint a használhatósági határállapotban a megengedett repedéstágasság részlegesen feszített elemek esetében nem haladhatja meg a 0,1 mm-t. A P4-es szinten ami a teherbírési határállapotnak felel meg, a repedéstágasság mért értéke 0,11mm körül volt mely nagyon közel áll a 0,113 számolt értékhez.

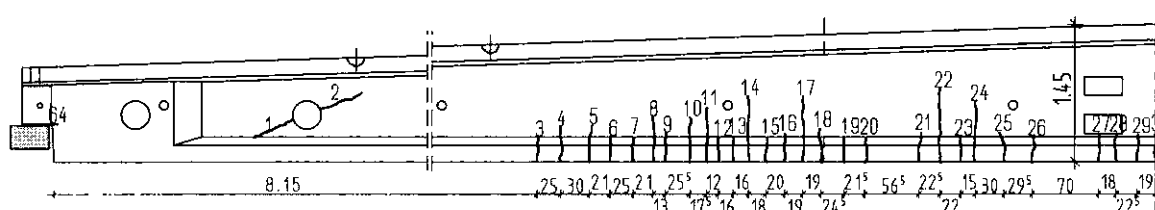
A támasz közelében az elem gerincében levő lyukak körül megjelentek a P3-as szinten ferde repedések (az 5.ábrán látható 1-es és 2-es jelűek). Magasságuk és tágasságuk a terhelés növekedésével kissé nagyobb volt, mint amire számítottunk, de ennek ellenére a megengedett legnagyobb értéket nem haladták meg (használhatósági határállapotban 0.3 mm).

A szelemen végén levő kiharapás nagyon jól viselkedett, a keletkezett repedés a P3-as szinten jelent meg, kb. az első kengyelekig haladt, de tovább nem fejlődött.

### Berepedezettség a P3-as terhelési szinten



### Berepedezettség a P4-es terhelési szinten



		1		2		11		14		17		22		24		27		28	
Terhelési szint		□	h	□	h	□	h	□	h	□	h	□	h	□	h	□	h	□	h
P1	10,9t																		
P2	10,9t+10,9t																		
P3	10,9t+2x10,9t	15	25	5	31	2	28	3	27	3	28	4	29	4	31	5	30	5	30
P4	2x10,9t+2x10,9t	25	46	12	47	10	57	11	59	11	71	11	78	11	65	10	30	10	30

5. ábra

*Repedéstágasság és magasság a P3-a és P4-es szinteken*

## 5. Összefoglaló

A tervezés határozatlansági körében ismertek azok a vonások, amelyek a szerkezeti kialakítás bonyolultságából és a szerkezetet érő hatások bizonytalanságából erednek. Az újszerű szerkezeti konstrukciók vagy éppen a szokatlanul karcsú méretek alkalmazása természetesen kockázatokkal jár.

Ha lehetőség adódik egész szerkezetek vagy csak szerkezeti elemek próbaterhelésére, az igen nagy megnyugvást jelent a kivitelezőnek és a tervezőnek egyaránt.

Az elvégzett kísérletek megnyugtató eredményeket mutatnak úgy a nagyobb méretű lyuk körüli vasbeton viselkedéséről nyíróerőre, mint a kiharapott tartóvég biztonságáról.

---

## Hulladékhő hasznosítás geotermális energiából

### UTILISATION OF WASTE HEAT FROM GEOTHERMAL ENERGY

Kontra Jenő

BME Építészmérnöki Kar,  
Épületgépészeti Tanszék

Magyarország energiamérlegének alakulása az 1990-es években és napjainkban nem mutat lényeges változást. Az éves összes energiafelhasználás 1030-1060 PJ között mozog, és az eltérések főleg az időjárási viszonyokkal magyarázhatók. Az alap-energiahordozókat tekintve átrendeződnek az arányok, mert a földgázfelhasználás lassú növekedést mutat, míg a szén aránya erősen csökken. A fűtőolaj fűtési és erőművi hasznosítása környezetvédelmi okokból, és az olajfeldolgozás korszerűsítése következtében lényegesen visszaesett. Megállapíthatjuk tehát, hogy a legjelentősebb alap-energiahordozó a földgáz. Az összes primer energiaforrásból a szénhidrogének részaránya nagy: 70 %, ebből is kiemelkedik a földgáz, – mint Európában az egyik legnagyobb részarányú energiahordozó, - kb. 40 %-kal. A kommunális energiafogyasztás szerkezetében a földgáz több, mint 60 %-os részarányt mutat. A háztartásoknál a földgázfelhasználás meghaladja a 70 %-ot. Ez az aránytalanság, ami több, mint 9,0 milliárd m<sup>3</sup> földgázimportot jelent, a költségvetést terheli. Két energiatakarékossági lehetőség áll előttünk, ha az import földgáz csökkentését szeretnénk elérni: az energiahatékonyság növelése és a megújuló energiák felhasználásának szélesítése. Az energiahatékonyság növelése az ipar szerkezeti átalakításával megvalósult és tovább folytatódik. Lemaradásunk van azonban a megújuló energiák gazdaságos felhasználása területén.

#### A geotermális energia hasznosítása

Sajátos fejlődést mutat a geotermális energiaszektor, ahol a legnagyobb hőfelhasználó a mezőgazdaság és a fürdők, uszodák. Ez utóbbiakra jellemző a főleg szezonális fogyasztás. Mindkét szektorban a nyitott, közvetlen, illetve a nyitott közvetett hévízhasznosítás a jellemző, tehát visszasajtolás nélküli csurgalékvíz elhelyezés történik, ami jelentős hőtartalmú elfolyó hőhordozót jelent. Ezek az elfolyó vizek sok esetben télen 25-35°C-os, nyáron ennél is nagyobb hőfokú, értékes hőhordozók. Az összes geotermális energiafelhasználás: 3,0 PJ/év.

#### A távhőszolgáltatás és a geotermális energia kapcsolata

Hazánkban kilenc városban működik távhőellátás a geotermális energia bázisán. Ezekben a városokban a geotermia aránya kb. 16 %-os az összes hőenergiahordozó között, és a kihasználtság még mindig nem elég hatékony. Egyes településeken belül 0,5-86 % közötti kihasználtság mutatkozik, ami aránytalan.

Az egyes távhőrendszereken belül változó a hőkihasználás hatékonysága, de általában jellemző, hogy az elfolyó, lehűlt vizek még nagy hőtartalommal kerülnek a felszíni befogadókba. Jelenleg hőszivattyús utóhasznosítás csak Szentesen működik, ahol azt épületfűtésre használják. A megfelelő utóhasznosítások hiánya környezetvédelmi szempontból sem tartható fenn, sőt már jelenleg is büntető szankciókat alkalmaznak több helyen.

#### A fűtési rendszerekből nyert, még jelentős hőtartalmú hévizek utóhasznosítása

Az elfolyó vizek hőtartalmát két lépcsőben lehet még felhasználni: kb. 55°C-ig kishőmérsékletű fűtésekhez újabb hőlépcsővel, illetve 35°C-ig hőszivattyú közbeiktatásával.

A korszerű hőszivattyús rendszerek hazai működtetése sajátos arculatot mutat; mert a villamosmotorral hajtott kompresszoros hőszivattyúk költséges villamos energiát használnak fel. a magyar hőerőművek hatásfoka szénerőműveknél 28 %, földgáz eltüzelésével működő erőműveknél 36-38 %. Ezt a villamos energiát újra hővé alakítani hőszivattyúval sem gazdaságos, ha a nemzetgazdasági szinten vizsgáljuk a kérdést. Így tehát más megoldást kell találni a hőszivattyúk meghajtására.

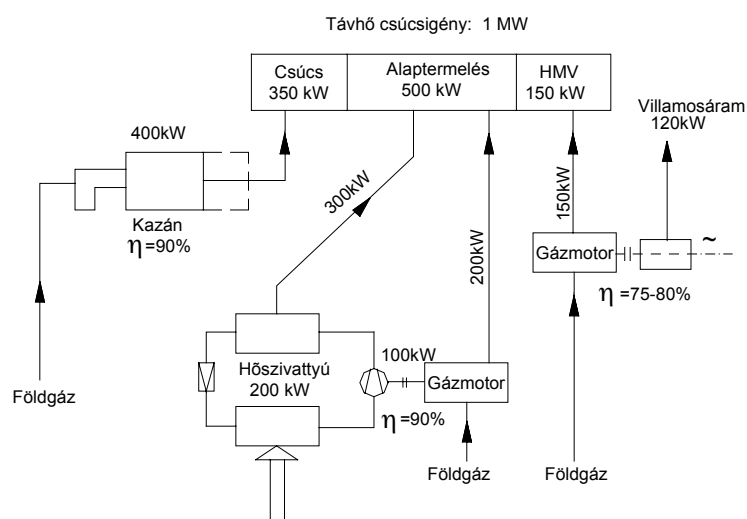
## Gázmotorral működő hőszivattyús rendszer

Az utóbbi esztendők hazai távhőellátásában jól bevált a gázmotorok üzeme, mert a kapcsolt hő- és villamos áram termelés általánossá vált. A földgáz minden lakott településen jelen van, ahol a hatékony hő- és áramtermelés, a helyi energiafelhasználás igen gazdaságosan megvalósulhat. A gázmotorok használatának tapasztalatait összegezve: elsősorban a megfelelő hatásfok, a járulékos hőtermelés magas hőmérsékletszintje és a környezetvédelmi előnyök együtt jelentkezik, ha az éves üzemidő legalább 7000-7500 óra. Az áramtermelés kis- vagy középfeszültségen a hálózatra történik, amit az energiatörvény kötelező átvétellel és kedvező átvételi árral honorál. Elmarad ugyanis a nagy erőművektől történő szállítási veszteség a villamos rendszerben. A kogenerációs áramtermelés hatásfoka 87 %-ot jelent a kapcsolt rendszerben. Az újabb gázmotoros egységeknél közelítik a 90 %-ot, ami már igen jónak mondható energetikailag. A gázmotoros egység működtetésével kb. 37 %-os primer (földgáz) energia-megtakarítás érhető el.

A gázmotorok fejlesztésének fő irányai:

- nagyobb egységjeljesítmények,
- villamos áramtermelés hatásfok javítása,
- korszerűbb vezérlések kialakítása,
- a villamos és a hőteljesítmény arányának közelítése:  $\sigma = \frac{P_{vill}}{Q_{hő}} = 0,78 - 0,97$

A  $\sigma$  tényező megmutatja, milyen gazdaságos az áramtermelés, amelynek mellékterméke a motorról levehető hőenergia. A motorhő a fűtőtechnikában szokásos, magasabb hőmérsékletszinten áll rendelkezésre: 90/80°C-os hőlépcsővel, a füstgáznál 100°C felett.

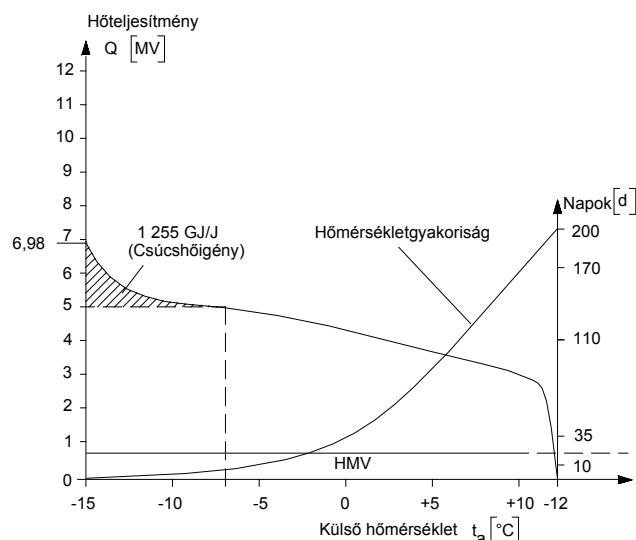


I. ábra  
Hőellátórendszer vázlata

Ideális, 1,0 MW névleges teljesítményű távhőellátó rendszer energetikai sémáját mutatja az 1. számú ábra. Meg kell jegyezni, hogy a magyarországi távhőrendszerek jelentős része 1,0 MW teljesítmény körüli nagyságrendű. A bemutatott rendszerben alapegység a  $P = 150$  kW teljesítményű, villamos áramot is termelő gázmotoros egység, amely min. 7500 órát üzemel egy évben. Ennek hőteljesítményét nyári időszakban a használati melegvíz-termelésre lehet felhasználni, télen HMV-re és fűtésre egyaránt adhat hőt.

A másik, 100/200 kW-os teljesítményű gázmotorral a hőszivattyú kompresszorát hajtjuk meg, és a hőteljesítményét, amit a gázmotor lead, a téli fűtési idényben – alaphőellátási célra – felhasználjuk, szabályozottan. Ezt kiegészíti a hőszivattyú kondenzátoroldali 300 kW-os teljesítménye, amit kb. 50°C hőfokszinten növelt felületű radiátoros, illetve padló sugárzó fűtésekhez vezetünk.

A téli csúcshőigényeket a beépített csúcskazán látja el, amely egy évben kb. 45-50 napot üzemel, amit a 2.sz. ábrán, a rendezett tartamdiagramon láthatunk.



2. ábra

Rendezett tartamdiagram és hőmérsékletgyakoriság

Melléktermékként a 120 kW villamos teljesítmény egész évben adódik, amit igen kedvező átvételi áron értékesíthetünk a távhőrendszerben.

### A rendszer gazdaságossága

A gazdaságosság több tényezőtől adódik:

- a földgáz elégetésével új, nemes energiát, villamosáramot állítunk elő,
- a villamos áramtermelés mellett több, mint 100 % hő is nyerünk, több hőmérsékletszinten,
- környezetvédelmi szempontból igen kedvező a füstgáz kibocsátás,
- a villamos áram átvételi ára kedvezményes, ezért ösztönzött a telepítése,
- az üzemeltetés automatikus, távfelügyeleti rendszerhez kapcsolt,
- nincs villamos szállítási veszteség, mint az erőművektől vásárolt energiánál.

Néhány konkrét adatot érdemes számszerűen is megemlíteni:

- a hálózatról vásárolt villamosenergia ára kb. 15 Ft/kWh,
- a kogenerációval előállított áram ára 10.- Ft/kWh körül alakul, a földgázkiadásoktól függően,
- a termelt áram átvételi ára 17,80 Ft/kWh; tehát érdemes a hálózatra átadni, amit a kis teljesítmények (20 MW alatt) esetében a kötelező átvétellel is támogat az energiaipar.

Megjegyezzük, hogy a gázmotor fenntartási költségei kb. 1,80 Ft/kWh körül alakulnak, amit a villamos áram termelési költsége magában foglal.

Ha a hőszivattyút nem közvetlenül a gázmotor tengely-teljesítményével hajtjuk meg, hanem a kogenerációval előállított villamos áram segítségével, akkor ez a villamos meghajtás már gazdaságosnak mondható.

### Felhasznált irodalom

- [1] Energia Központ KHT.: TÁVHŐÉVKÖNYV, Bp. 2002.
- [2] Kontra Jenő-Varga János: Szentesi távhőellátás fejlesztése – Tanulmány-terv, Bp. 1999.



---

# Kloridok a vasbetonban

## CHLORIDES IN REINFORCED CONCRETE

Kopecskó Katalin, Dr. Balázs György

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

### Abstract

*In the last decades application of de-icing salts induced considerable corrosion of steel reinforcement. Research was directed to understand the mechanism of corrosion in order to be able to avoid corrosion and repair of corroded members. One of the major issues is to find the critical chloride content that can be still bound by various cements and the way of chloride binding. On the other hand, to define the circumstances of initiation of corrosion of steel reinforcement. Present paper summarises the test results on chloride ion binding capacity in concrete carried out at the Department of Construction Materials and Engineering Geology, Budapest University of Technology and Economics in the last couple of years.*

A téli sózás – az utóbbi évtizedek tapasztalatai alapján – nagy korróziós károkat okozott, ezért a kutatók arra törekedtek, hogy a kloridion diffúzióját a betonban, valamint az acélbetét korróziójának a mechanizmusát megismerjék. Ez ad lehetőséget a megelőzésre, védelemre. E kutatásnak két fő iránya van. Az egyik a cement által megköthető kloridion-tartalom mértékének és feltételeinek meghatározása. A másik az acélbetét korrózió kezdeti feltételeinek kutatása. Összefoglaljuk a kutatások főbb eredményeit, valamint azokat a kutatásokat, amelyeket az Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék a kloridkötéssel kapcsolatban végzett.

Kulcsszavak: acélbetét korróziója, téli sózás, Friedel-só, kloridkötés mechanizmusa

### 1. Bevezetés

A betonba a kloridionok vagy készítéskor juthatnak a beton összetevői (cement, víz, adalékanyag vagy adalékszer) által, vagy a már megszilárdult betonba kerülhetnek a közutak téli jégtelenítő sózása révén, tengervízből vagy tüzesetek során (pl. PVC bomlása).

A kalcium-klorid adalékszer a cement kötési idejének és a beton szilárdulásának a gyorsítására már a XIX. század végén használni kezdték. Ilyen volt a II. világháború előtt a Tricosal SIII jelű adalékszer (Balázs, 1994).

A kalcium-klorid acélbetét-korróziót okozott. Ennek ellensúlyozására szabadalmaztatták Magyarországon a Kalcidur NV jelű adalékszer. Ez kb 1:1 arányban tartalmazott kalcium-kloridot és nátrium-nitrit inhibitort. Még a 90-es években is jelentős mennyiséget használtak fel. A Kalcidur NV adalékszerrel készített vasbeton szerkezetnél nem tapasztalták az acélbetét kloridion okozta korrózióját. Ezzel szemben az IMS rendszerű feszített tartók károsodásának fő oka a klorid tartalmú hézagkiöntő paszta volt (Balázs, 1996).

A közutak jégtelenítő sózása révén a sózásra használt NaCl (konyhasó) felszíni víz, szivárgó víz, szórt víz és szitáló köd formájában juthat a betonba. A só a már megszilárdult betonba a kapilláris pórusokon át, a pórusvíz közvetítésével jut be. Ebben tehát a beton pórusrendszerének van fontos szerepe.

### 2. A kloridionok szerepe az acélbetét korróziójában

A vasbeton gyors elterjedésének egyik fő oka az volt, hogy a cement szilárdulása révén az acélbetétet nagy pH-jú lúgos pórusvíz veszi körül, amely az acélbetéten passzív réteget alkot. Ez védi meg a korróziótól.

A korrózió kloridok nélkül is létrejöhethet, ha a következő három környezeti feltétel egyidejűen teljesül:

- a beton — karbonátosodása által — elveszti bázikus védőhatását,
- a kapilláris pórusokban a víz a betont elektromosan vezetőképpé teszi,
- a rozsdaképződéshez szükséges oxigén a betonfedésen át eljut az acélbetéthez.

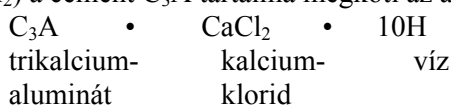
A kloridionok megváltoztatják a korrózió megjelenési formáját. Míg a légköri korrózió egyenletesen borítja az acélbetétet, addig a kloridok okozta korrózió lyukkorrózió formájában jelenik meg. A kloridionok a karbonátosodott betonban nem kötődnek meg. A már megkötött klorid a beton karbonátosodásával – a pH csökkenésével – szabaddá válhat, mivel a kloridtartalmú vegyületek elbomlanak.

A kloridionok nedvszívók, vizet vesznek fel a levegőből, növelik az acélbetétet körülvevő beton elektromos vezetőképességét (Balázs – Tóth, 1997).

### 3. A kloridkötés mechanizmusa

A kutatók egyetértenek abban, hogy *csak az a kloridion okoz korróziót, amely kémiaiilag nincs megkötve, tehát a pórusvízben oldott formában van*. Míg ezt egyértelműen tudjuk, abban már nincs egyetértés, hogy adott körülmények között hogyan és mennyi kloridion kötődhet meg.

Friedel (1897) több, mint 100 éve megállapította, hogy a keveréskor betonba juttatott kloridiont ( $\text{CaCl}_2$ ) a cement  $\text{C}_3\text{A}$  tartalma megköti az azóta róla elnevezett só formájában, melynek képlete:

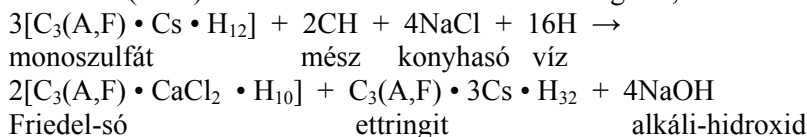


A képlet szerint a kalcium-klorid a cement  $\text{C}_3\text{A}$  klinkerásványával lép reakcióba. Ezt a kloridkötési mechanizmust — természetes szilárdulás esetében — a kísérletek (Balázs, 2001) is igazolták. A Friedel-só képlete nem adott választ arra a kérdésre, hogy miért köt meg kloridiont a  $\text{C}_3\text{A}$ -mentes, szulfátálló (CEM 32,5 S jelű) cement.

A téli sózás kétféleképpen tér el az előbbi esettől:

- nem  $\text{CaCl}_2$ , hanem  $\text{NaCl}$  hat.
- a forgalomnak átadott híd betonja legalább 1 hónapos. Ekkorra a cement alkotói vízzel hidrátokká alakulnak. Ekkor hat a téli sózás a betonra. Ahhoz, hogy a só megkötődhessék, valamelyik hidrátuk el kell bomlania.

Volkwein (1987) 22 éves feszített vasbeton hidat vizsgálva, a következő mechanizmust tételte fel:

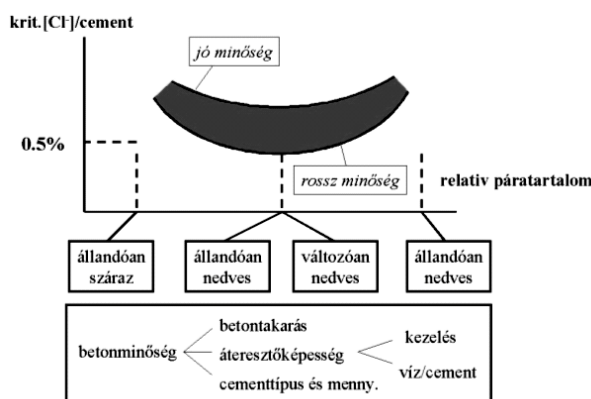


A képlet szerint:

- a monoszulfát bomlik el,
- Friedel-só keletkezik és nemcsak a  $\text{C}_3\text{A}$ -ból, hanem a  $\text{C}_4\text{AF}$ -ből is,
- a monoszulfát egy részéből ettringit keletkezik,
- alkáli-hidroxid ( $\text{NaOH}$ ) szabadul fel, amely növeli az alkáli-adalékanyag reakció veszélyét.

A kutatók egyetértenek abban, hogy a beton összes kloridion-tartalmát megbízhatóan meg tudjuk határozni Mohr szerinti titrálással. Abban is egyetértenek, hogy az összes, valamint a kötött kloridtartalmat a cement tömegére kell vonatkoztatni, mert csak a cement klinkerásványai kötnek meg kloridiont.

A kloridok okozta korróziótól való félelem egyrészt arra ösztönözte világszerte a kutatókat, hogy a kloridkorrózió feltételeit kutassák. Másrészt arra, hogy az acélbetét korrózióját megelőzzék, javaslatokat tegyenek az elsődleges megelőző védelemre, valamint a másodlagos védelem módszereit kidolgozzák (*1. ábra*) (Schiessl, 1993).



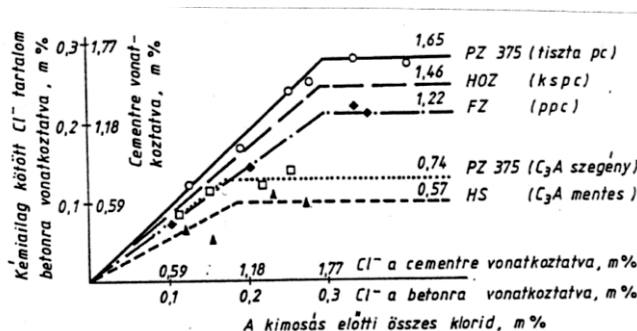
1. ábra

*A betontakarás és a környezeti feltételek hatása a korróziót kiváltó kritikus kloridion tartalomra (Schiessl, 1993)*

A kutatásoknak két fő iránya van:

- a betonban megköthető kloridion mennyiségének és a kloridkötés feltételeinek a meghatározása,
- a korrózió kezdetét előidéző kritikus kloridkoncentráció és ezáltal a megengedhető kloridtartalom meghatározása (Breit, 2001).

A kutatásokat nem lehet minden további nélkül összehasonlítani, mert a cementek, valamint a vizsgálati módszerek, és azok megbízhatósága eltér egymástól. Példaként említjük Lukas (1983) kísérleteit, amelyek szerint a kémiailag kötött kloridtartalom a cementfajtától függően igen nagy lehet (2. ábra). Lukas azt a kloridion-tartalmat tekintette kötöttnek, amely a cementkőből alkohollal nem volt ki-mosható.



2. ábra

*Különböző cementfajták kloridion megkötő képessége (Lukas, 1983)*

#### 4. Az építőanyagok tanszék kutatásai

##### 4.1. A C<sub>3</sub>A kloridion-megkötő képessége

Az OTKA 3000 kutatásban Balázs – Csizmadia – Kovács (1997) azt vizsgálták, hogy a NaCl-ot a C<sub>3</sub>A klinkerásvány hogyan köti meg. A NaCl-ot egyrészt készítéskor keverték a modellanyagba, másrészt a NaCl oldat a már megszilárdult modellanyagra hatott, sóoldat, sós permet és sós kód formájában.

A C<sub>3</sub>A-pépből hasáboakat készítettek és abból különböző korban vizsgálták a keletkezett hidrátokat derivatográffal, röntgen-diffraktométerrel és meghatározták a hasító-húzószilárdságot is. A C<sub>3</sub>A-on kívül — kisebb mennyiségben — C<sub>3</sub>S és C<sub>4</sub>AF modellanyagot is használtak.

Az eredmények összefoglalása:

1. A készítéskor belekevert NaCl klorid-ionját a kalcium-aluminátok ( $C_3A$  és  $C_4AF$ ) kötik meg  $C_3A \cdot CaCl_2 \cdot 10H_2O$  (Friedel-só) ill.  $C_3F \cdot CaCl_2 \cdot 10H_2O$  (Friedel-só vasanalógja) formában.
2. A kutatás azt is igazolta, hogy akkor is hasonlóan megkötődik a NaCl, ha a sóhatás a már megszilárdult modellanyagot éri.
3. A NaCl-nak csak a kloridionja épül be a hidrátkomplexbe, a nátrium-ionok a pórusvíz  $Na^+$  tartalmát növelik és ezáltal növelhetik az adalékanyag-alkáli korrózió veszélyének valószínűségét.
4. Hasonlóan kezelt  $C_3S$  klinkerásvány pépek esetén kloridtartalmú kalcium-szilikát-hidrát keletkezését nem lehetett kimutatni.

#### 4.2. Cementek kloridion-megkötő képessége

Ugyancsak az OTKA 3000 jelű kutatás keretében vizsgálták, hogy a klinkerásványoknál bizonyultabb cementrendszerben bekövetkezik-e a kloridion megkötése, és ezáltal hozzájárulnak-e a beton tartósságához. A modellanyagok hazai forgalmazású cementek voltak.

Összefoglalóan a következőket állapították meg (Balázs – Csizmadia – Kovács, 1997):

1. A cementben a NaCl kloridionját a  $C_3A$  és  $C_4AF$  köti meg  $C_3A \cdot CaCl_2 \cdot 10H_2O$  (Friedel-só) ill.  $C_3F \cdot CaCl_2 \cdot 10H_2O$  (Friedel-só vasanalógja) formájában.
2. A hidratáció során a NaCl oldatban tárolt cementpépek esetén mind a négy cementtípusnál bizonyítható volt a kloridtartalmú kalcium-aluminát-hidrát, a  $C_3(A/F) \cdot CaCl_2 \cdot 10H_2O$  keletkezése.
3. A  $C_3A \cdot CaCl_2 \cdot 10H_2O$  vagy a hidratáció folyamán keletkezett hexagonális kalcium-aluminát-hidrátokból [ $C_3A \cdot Ca(OH)_2 \cdot 12H_2O$ ,  $C_3A \cdot CaSO_4 \cdot 12H_2O$ ] képződik az anionok szubsztitúciója révén, vagy közvetlenül keletkezhet a hidratáció során  $C_3A$ -tal való reakció útján. Vizsgálataikkal igazolták, hogy a Friedel-só ill. vasanalógja 28nap után, tehát a megszilárdult betonban is képződik NaCl oldat hatására. A  $Na^+$  nem épül be a beton szerkezetébe, hanem a pórusvízben dúsul fel.
4. A keletkező  $C_3(A/F) \cdot CaCl_2 \cdot 10H_2O$  mennyiségét (elsősorban) a cementben levő  $C_3A$  és  $C_4AF$  mennyisége határozza meg adott töménységű NaCl oldat esetén.
5. Kloridtartalmú kalcium-szilikát-hidrát keletkezését nem lehetett kimutatni.
6. A megszilárdult cementek utólagos kloridkötési affinitása csökkenő sorrendben:
  - CEM I 42,5 R
  - CEM II A-V 32,5 (20m% pernyetartalom)
  - CEM III A (60m% kohósalaktartalom)
  - CEM I 32,5 S (szulfátálló pc).

#### 4.3. A kalcium-aluminát-ferrit klinkerásványok kloridion-megkötő képessége

Az előző fejezetben ismertetett kísérletek bizonyították, hogy a cementben lévő  $C_3A$  a téli sózással betonba jutó kloridionokat is megkötí. A szulfátálló S54 jelű cementben azonban nincs  $C_3A$ . A cementkísérletek szerint ez is köt meg kloridiont, ez pedig csak a kalcium-aluminát-ferrit klinkerásványok által lehetséges.

Az általánosan cementalkotóként ismert brownmillerit (közelítő képlete:  $C_4AF$ ) mellett még két szintetikus előállított kalcium-aluminát-ferritet, a  $C_6A_2F$  és a  $C_6AF_2$  klinkerásványt is vizsgáltunk (OTKA 019414 számú kutatási szerződés).

A kísérleti terv a következő volt: 1/10, 2/10, 3/10, 4/10 ill. 5/10 tömegarányú gipsz-kő:klinkerásvány keverékekből péptesteket készítettünk. Ezek felét exszikkátorban, közel 100% relatív légnedvességű térben tároltuk, másik felét 28–56 napos kor között sókezelésnek tettük ki, majd a lehasított és elporított darabot derivatográfias és röntgen-diffrakciós vizsgálatnak vetettük alá.

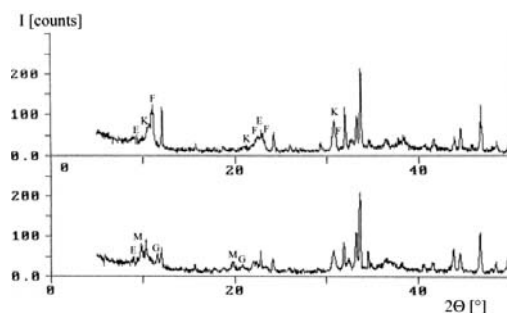
A kutatás eredményeinek összefoglalása (Csizmadia – Balázs – Tamás, 2000):

1. A  $C_6A_2F$ ,  $C_4AF$  és a  $C_6AF_2$  összetételű ferrit fázisok hidratációja során (gipsz nélkül) ugyanazok a hidrátok keletkeznek:  $C_3(A/F)H_6$ ,  $C_4(A/F)H_{13}$ ,  $FH_3$  és/vagy  $AH_3$ . A reakciósebességi sorrend:  $C_6A_2F > C_4AF > C_6AF_2$ .
2. A tartósság szempontjából fontos eredmény, hogy mindhárom klinkerásvány megkötí a már megszilárdult cementkőbe bejutó kloridiont Friedel-só ill. az ennek megfelelő vastartalmú só

formájában. Ezen túlmenően röntgendiffrakciós vizsgálatokkal bizonyítottuk, hogy a Friedel-sóból és monoszulfátból  $C_3(A/F) \cdot 0,5CaSO_4 \cdot 0,5CaCl_2 \cdot H_{10}$  hidrát, ún. Kuzel-só is képződik (3. ábra). Ehhez hasonló hidrát képletét először Kuzel írta le (1966). Az eredmények alátámasztják azt a tapasztalatot, hogy a téli szőásnak kitett  $C_3A$ -mentes szulfátálló cement is köt meg kloridiont a cementben jelenlévő kalcium-aluminát-ferritekkel.

3. A gipsz szerepe a  $Cl^-$  megkötésben összetett. Egyrészt elősegíti a  $Cl^-$  megkötését, másrészt gátolja az ettringit monoszulfáttá alakulását, ezáltal a Kuzel só képződését.

A vizsgált tartományban  $C_4AF$  klinkerásványok esetén 5/10 gipsz:klinker tömegarányánál,  $C_6AF_2$  klinkerásványánál pedig 3/10 gipsz:klinker tömegarányánál észleltünk derivatográfias vizsgálattal a legtöbb  $C_3(A/F) \cdot CaCl_2 \cdot H_{10}$  hidrátot 180 napos korban (4. ábra). Ugyanezen az ábrán az is látható, hogy a 3/10 gipsz:klinker tömegarányú gőzölt minták kevesebb kloridiont kötnek meg a gőzöletleneknél.

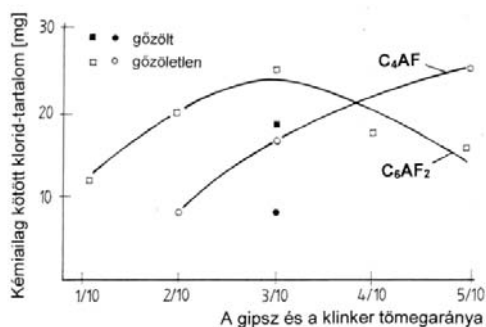


3. ábra

1/10 tömegarányú, gipsz és  $C_6AF_2$  klinkerásványból készített minták röntgendiffraktogramjai

Kezelések: a) sókezelés nélkül, 28 napos hidratáció (alul)

b) hidratált minták, sókezelés 10% NaCl oldattal 28 és 56 napos kor között  
(Jelölések: F-Friedel-só, K-Kuzel-só, E-ettringit, M-monoszulfát és G-gipsz)



4. ábra

A  $C_4AF$  és  $C_6AF_2$  klinkerásványok kloridion megkötő képessége  
a gipsztartalom függvényében  
(Csizmadia, Balázs és Tamás, 2000)

#### 4.4. 4.4. Gőzöléssel szilárdított beton kloridion-megkötő képessége

Mivel az előregyártásban – Magyarországon – a gőzöléses szilárdítás általánosan elterjedt technológia, kísérlettel tisztázzuk a gőzölt cementkő kloridion megkötő képességét. E kutatásra az OTKA T34467 sz. kutatás keretében nyílt lehetőség. A kutatás a következőkre terjed ki:

- A gőzölés hatásának vizsgálata a  $C_3A$  és  $C_4AF$  klinkerásvány kloridion-megkötő képességére, különböző gipszkő tartalmú mintákban.
- A 4.2. fejezetben ismertetett cementek vizsgálata. A szilárdítás módja, a sókezelés, a vizsgálat tartama az előző pontban ismertetettekkel egyezik meg.

## Megállapítások, tapasztalatok.

Az acélbetét korróziója akkor következik be, ha az acélbetétet körülvevő passzív réteg megsérül. A kloridionok ún. lyukkorróziót okoznak.

A kémiaiilag kötött kloridion nem okoz korróziót. A cement  $C_3A$  klinkerásványa a betonba kevert  $CaCl_2$ -ot Friedel-só formájában megköti. A téli sózással betonba juttatott  $NaCl$ -ot azonban csak akkor tudja a cementkő megkötni, ha a cementkő valamelyik hidrátja előbb elbomlik.

Kísérletek igazolták, hogy kalcium-kloridot a  $C_3A$  és a  $C_4AF$  klinkerásványok Friedel-só ( $C_3A \cdot F \cdot CaCl_2 \cdot 10H_2O$ ) formájában megkötik, akkor is, ha a  $CaCl_2$  vagy a  $NaCl$  készítéskor a keverővízzel kerül a betonba, és akkor is, ha a  $NaCl$  a téli sózással kerül a megszilárdult betonba. Kimutatták, hogy a kloridion és a  $C_3S$  klinkerásvány között kémiai kötés nem jön létre. Kloridkötés a cementben is csak a  $C_3A$  és a  $C_4AF$  klinkerásványokkal jön létre.  $C_6A_2F$ ,  $C_4AF$  és  $C_6AF_2$  klinkerásványokkal végzett kísérletek szerint mindegyik klinkerásvány megköti az utólag bekerülő  $NaCl$ -ot is, de a kloridkötés mértéke függ a gipsztartalomtól.

## 5. Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak az Országos Tudományos Kutatási Alapnak, hogy kutatásaikat az OTKA 3000, OTKA 019414 és OTKA T34467 sz. kutatás keretében támogatták.

### Jelölések

A =  $Al_2O_3$

C =  $CaO$

$C_3A$  =  $3CaO \cdot Al_2O_3$

$C_4AF$  =  $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$

$C_6A_2F$  =  $6CaO \cdot 2Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$

$C_6AF_2$  =  $6CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2Fe_2O_3$

CH =  $Ca(OH)_2$

Cs =  $CaSO_4$

H =  $H_2O$

F =  $Fe_2O_3$

## 6. Hivatkozások

- [1] Balázs Gy. (1994), "Beton és vasbeton. Alapismeretek története.", *Akadémiai Kiadó*, Budapest
- [2] Balázs Gy. (1996), "Beton és vasbeton. Magasépítési beton és vasbeton szerkezetek története.", *Akadémiai Kiadó*, Budapest
- [3] Balázs Gy. (2001), "Barangolásaim a betonkutatás területén", *Akadémiai Kiadó*
- [4] Balázs Gy., Tóth E. (szerkesztők) (1997), "Beton és vasbeton szerkezetek diagnosztikája, I. Általános diagnosztikai vizsgálatok", *Műegyetemi Kiadó*
- [5] Balázs, Gy., Csizmadia, J., Kovács, K. (1997), "Chloride ion binding ability of calcium aluminate, -ferrite and -silicate phases", *Periodica Polytechnica in Civil Engineering*, Technical University of Budapest, Vol 41/2, pp. 147-168.
- [6] Breit, W. (2001), "Kritischer korrosionsauslösender Chloridgehalt. Sachstand und neuere Untersuchungen", *Betontechnische Berichte, 1998-2000. Verein Deutscher Zementwerke e.V. Forschungsinstitut der Zementindustrie*, pp. 145-167.
- [7] Csizmadia, J., Balázs, Gy., Tamás, F. D. (2000), "Chloride ion binding capacity of tetracalcium aluminoferrite", *Periodica Polytechnica in Civil Engineering*, Technical University of Budapest, Vol 44/2, pp. 135-150.
- [8] Friedel, P. M. (1897), "Sur un Chloro-aluminate de Calcium Hydraté se Maclant par Compression", *Bull Soc Franc Minéral*, Vol 19, pp. 122-136.
- [9] Kuzel, H. J. (1966), "Röntgenuntersuchung im System  $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaSO_4 \cdot nH_2O - 3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaCl_2 \cdot nH_2O - H_2O$ ", *Neues Jahrbuch Miner Mh*, pp. 193-200.
- [10] Lukas, W. (1983), "Zur Frage Chlorid-bildung und Korrosion von Stahl im Beton", *Kolloquium Chloridkorrosion*, Wien
- [11] Schiessl, P. (1993), "Repair Strategies for Concrete Structures Damaged by Reinforcement Corrosion", 4<sup>th</sup> International Conference on Deterioration and Repair of Reinforced Concrete in the Arabian Gulf, 10-13 October 1993, Bahrain. *Proceedings (1993)*, Vol 1, pp. 1-63.
- [12] Volkwein, A. (1987), "Chlorideindringen und Stahlkorrosion durch Chlorid", *Baustoffinstitut der Technischen Universität München, Fachtagung/1987*, pp. 17-22.

---

# Ragasztott vasbeton–acél öszvérszerkezetek

## GLUED STEEL-CONCRETE COMPOSITE STRUCTURE

Prof. Kopenetz Lajos, Prof. Köllő Gábor

Kolozsvári Műszaki Egyetem

### Abstract

*The structures obtained by steel and reinforced concrete association have been used since the year 1920.*

*This paper presents new types of composite structures used both for bridges and for civil constructions.*

### 1. Bevezetés

A vasbeton–acél öszvértartókat először Magyarországon használták az 1920–1925-ös években a már létező vashidak állapotjellemzőinek és terhelési folyamatának megváltoztatásának érdekében, az első világháborús gazdasági megfontolások tükrében.

Albert Caquot használta először az öszvérszerkezet kifejezést 1930-ban.

Szerkezeti szempontból Friedrich E. Emperger és Alfred Hawranek 1932-ben tisztázta a vasbeton–acél öszvérszerkezetek helyét a mérnöki gyakorlatban. [1], [2], [3], [4].

A két anyag, a vasbeton és az acél, szilárdságilag együttműködik a kapcsolóelemek segítségével. A jó együttműködéshez hozzájárul az a szerencsés körülmény, hogy a két anyag (vasbeton és acél) kőterjedési együtthatója csaknem egyenlő. Mint minden teherhordó szerkezetnél a vasbeton–acél öszvérszerkezetnél is igazolni kell erőteni számítással, hogy a szerkezet a tervezett élettartam alatt biztonsággal megfeleljen.

Még a vasbetonszerkezeteknél a kis számú ciklikus teherismétlődés (LOW CYCLE FATIGUE – ami a földrengések jellemzője) hatására a szívósság (duktilitás) csak nehezen érhető el, addig a vasbeton–acél öszvérszerkezetek hiszterezis burkoló görbéi ellipszis típusúak vagyis előnyösek a dinamikai terhek viselésére.

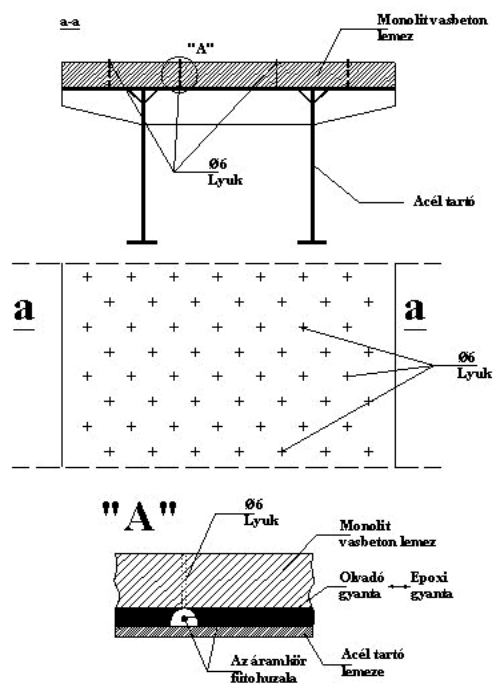
Figyelembe véve ezeket a tulajdonságokat a vasbeton–acél öszvérszerkezetek még nagyobb alkalmazására lehet számítani a hidak és a magasépítési szerkezetek terén. [5], [6].

A szerzők a dolgozatban bemutatnak néhány újszerű vasbeton–acél öszvérszerkezetet ragasztott kapcsolással.

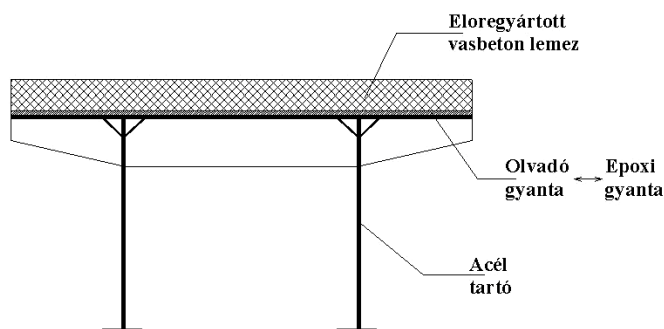
### 2. Ragasztott vasbeton–acél öszvérszerkezetek

Az 1. ábrán látható szerkezetek ragasztott kapcsolatokat használnak.

Az 1a. ábrán a monolit vasbeton lemez az acél tartóhoz pontokban kapcsoljuk össze, míg az 1b. ábrán az előre gyártott vasbeton lemez folytonos kapcsolatát láthatjuk.



1a. ábra



1b. ábra

1. ábra

*Ragasztott vasbeton–acél öszvérszerkezetek*

### 3. A ragasztott kapcsolatok statikai kérdései

A vasbeton–acél öszvértartók kapcsolatát jelenleg fogakkal vagy vasbetétekkel oldják meg.

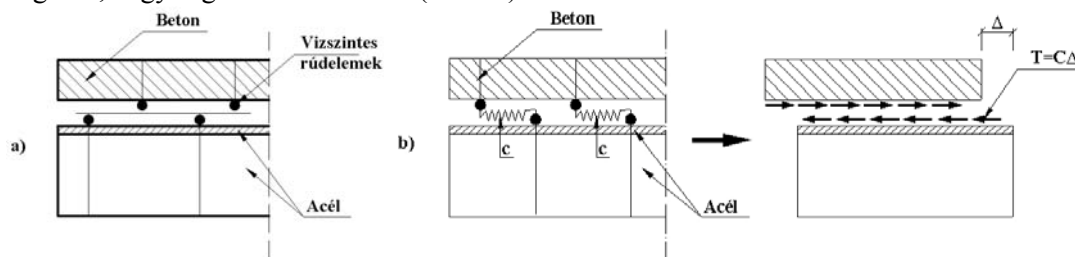
A kapcsolóelemekre jutó vízszintes csúsztatóerőt általában a nyíróerő ábra ismeretében a Juravski képlettel határozzák meg.

Az eredmény akkor helyes ha a kapcsolat folytonos.

A gyakorlatban azonban jelenleg csak szakaszos kapcsolatokat használnak. Ezek a kapcsolatok mereven viselkednek ha hegesztett fogakat alkalmaznak de a csúsztatóerő eloszlása már eltér a Juravski képlettel számított értékektől. A rugalmas kapcsolatok esetén az eltérés még nagyobb. Amint látható a leghatékonyabb a folytonos kapcsolat, amit például ragasztással érhetünk el.

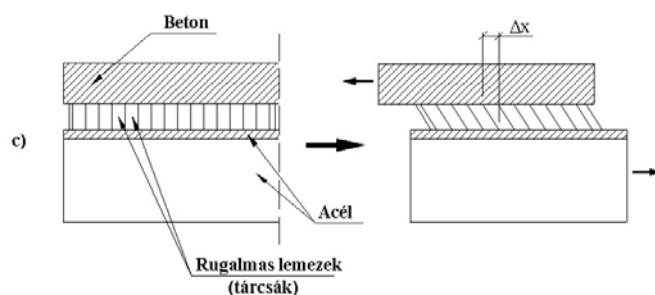


A ragasztott kapcsolatok modellezéséhez lehet alkalmazni vízszintes rúdszerű véges elemeket vagy rúgókat, vagy rugalmas lemezeket (2. ábra).



2a. ábra

2b. ábra



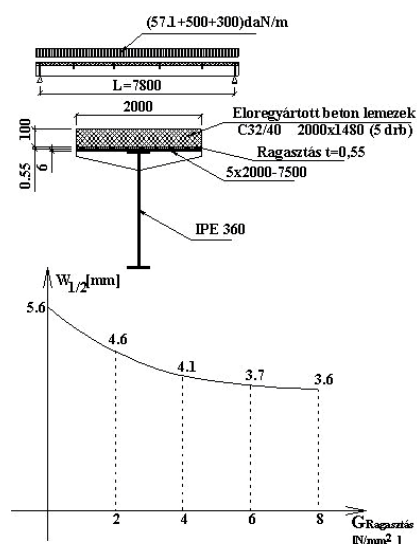
2c. ábra

2. ábra

A ragasztott kapcsolatok modellezése

Mivel az adhéziós jelenségre ma még nincs általános érvényű elmélet ezért sok kísérleti adatra van szükség.

A 3. ábrán egy ragasztott acél-előregyártott beton öszvérszerkezet alakváltozását mutatjuk be a ragasztás  $G$  modulusa függvényében a SUMO1 programrendszerrel számítva [7], véges elemekkel.



3. ábra

Acél–beton ragasztott öszvérszerkezet alakváltozása  
a ragasztó  $G$  modulusa függvényében

---

#### 4. Következtetések

Az együttdolgozó acél–beton szerkezetek szokványos szerkezetekké váltak az utóbbi években, így a szerzők olyan irányban foglalkoztak a kérdéssel, hogy a hatékonyságukat fokozzák.

A ragasztott acél–vasbeton öszvérszerkezetek duktilitás (szívósság) szempontjából kitűnően viselkednek.

A ragasztott acél–vasbeton öszvérszerkezetek elvét nagyszerűen lehet alkalmazni a károsodott szerkezetek helyreállítása és megerősítésének tervezésénél.

#### Hivatkozások

- [1] IABSE SYMPOSIUM, 1990 Mixed Structures. Brussels.
- [2] VERBUNDKONSTRUCTIONEN, VERBUNDSTÜTZEN, DIN-18806
- [3] HAWRANEK, A. – STEINHARDT, O., 1958 Theorie und Berechnung der Stahlbrücken, Springer-Verlag. Berlin.
- [4] KÖLLŐ Gábor, Dr.(szerk.) – KOPENETZ Lajos, Dr. – ORBÁN Zsolt., 2002 a Korszerű együttdolgozó acél-beton hídszerkezetek, Műszaki szaktanulmányok, Scientia kiadó. Kolozsvár.
- [5] KOPENETZ Lajos, Dr. – IONESCU, A. 1985 Lightweight roof for dwellings, International Journal for housing and its application, IX.3. Miami - Florida, 213-220.
- [6] CĂTĂRIG, Alexandru – KOPENETZ Lajos, Dr. – ALEXA, Pavel, 1994 Thin walled structures, 20.ed. J. Rhodes, Elsevier Applied Sciences Publishers. England.
- [7] KOPENETZ, Lajos, Dr. 2000 Îmbinări structurale prin lipire, Raport de cercetare Nr.1, Stadim Consulting SRL. Cluj-Napoca.

---

## Fenntartható közlekedésfejlesztés a Fertő-Hanság térségben

### SUSTAINABLE TRANSPORT PROJECTS IN THE FERTŐ-HANSÁG REGION

Dr. Koren Csaba

Széchenyi István Egyetem, Győr  
Építési és Környezetmérnöki Intézet

A PHARE program támogatásával intézetünk megbízást kapott a fenti témájú terv kidolgozására. Az előadás a munka fő céljait és menetét mutatja be. A megoldásoknak a feladatkiírás szerint modellértékűeknek, azaz más környezetileg érzékeny területeken is alkalmazhatóknak kell lenniük. A munka öt modulra oszlik.

#### Modulokon átnyúló tevékenységek

Magyarországon a közlekedés fejlődését (hálózat, infrastrukturális létesítmények, járművek) döntően a mennyiségi szemlélet határozta meg az elmúlt 50 évben. A minőségnek (eljutási idő, komfort, infrastruktúra állapota, környezeti terhelés csökkentése) elsősorban az anyagi lehetőségek hiánya erősen gátat szabott. A környezeti tudatos fejlesztési szemlélet gyengesége is részben visszavezethető az anyagiakra, de sok múlott a kérdés jelentőségéhez képest nem kellő súlyú kezelésén.

Ezért nagy jelentőségű a fenntartható közlekedési fejlődés témájának komplex elemzése, amelynek eredményei különösen hasznosak az olyan, környezetileg rendkívül érzékeny területen, mint az Osztrák-Magyar Fertő-térség. Csak a tájba/életterekbe jól illeszkedő közlekedési infrastruktúra, a megfelelő hálózat, a közlekedési módok közötti egyensúly, a környezetbarátabb járművek egységes környezeti elveken nyugvó rendje valósíthatja meg az egészséges fejlődést.

A munka során fontosnak tartjuk, hogy a fenntartható fejlődés három pillére, a környezet, a társadalom és a gazdaság szempontjai egyaránt szerepet kapjanak.

A kiírásban szereplő tervezési terület nagy kiterjedésű és igen differenciált kezelésmódot igényel. Más-más megközelítéssel kell foglalkozni a nagyforgalmú közlekedési folyosókkal, a fokozottan védett területekkel, valamint a településekkel. A jelenlegi állapot mellett figyelembe kell venni továbbá a tervezett fejlesztéseket, valamint a közeli EU csatlakozást is, ami a térségi kapcsolatokat jelentősen átrendezi.

A megvalósíthatósági tanulmány elkészítése során figyelembe vesszük a projektet megelőzően készült tervek, tanulmányok eredményeit, és elsősorban a kapcsolatos osztrák kutatási eredményekre és a hazai felzárkóztató anyagra támaszkodunk, továbbá a megvalósítási tanulmányt az előzőeken kívül a kiírás szerinti területrendezési tervek, illetve a hatásvizsgálatok figyelembevételével készítjük el.

A modulok közötti összhang megteremtése érdekében meghatároztuk azokat a kereteket, amelybe mindegyik modulnak illeszkednie kell. Ezeket az alábbiak szerint választottuk meg.

- I. A problémák feltárása
- II. Célok meghatározása
- III. Intézkedések tervezése
- IV. A bevezetés feltételeinek meghatározása

Ezen lépések közül egyeseket már a feladatkiírás általánosságban megfogalmazott, a projekt kidolgozása során azonban mindeznek konkrétabb, az adott területhez kötött meghatározása szükséges. A problémák területei az alábbiak.

Társadalmi problémák, mobilitási igények és kínálat különbségei

Környezeti problémák, konfliktusok

Gazdasági problémák, konfliktusok

Mindezeket helyhez, időhöz, társadalmi réteghez, gazdasági szereplőkhöz, veszélyeztetett értékekhez köthetően kell azonosítani.

Pl.:

- mely településeken vannak kielégítetlen mobilitási igények
- milyen időszakban (nyáron, hétfvégén, hétköznapi)
- milyen társadalmi csoportokat érint különösen (munkába járók, diákok, üdülők)

- hol vannak kapacitástartalékok
- mely konkrét területeken veszélyezteteti az infrastruktúra, ill. a közlekedés a környezetet
- milyen értékeket veszélyeztet
- hol vannak konfliktusszegény folyosók
- milyen gazdasági tevékenységeknek van káros közlekedési következménye
- milyen gazdasági tevékenységek vannak veszélyben a környezeti korlátok miatt

## 1. modul: Innovatív tömegközlekedés

A modul feladata, hogy

- a térséghez kapcsolódó közlekedési igényekhez illeszkedően kidolgozzon egy olyan komplett tömegközlekedési rendszert, amely
- szolgáltatásaival, kínálati jellemzőivel alkalmas arra, hogy az utazási igények jelentős része ennek igénybevételével nyerjen kielégítést, aminek révén
- a környezeti terhelés alakulása, valamint a régió gazdaságára és társadalmi berendezkedésére gyakorolt hatások összességükben a fenntartható közlekedés kialakulását segítsék elő.

Ennek a célnak az elérése érdekében a modulnak a további négy modullal összhangban a közlekedési igények feltárására, alakulásának előrebecslésére, a közlekedő emberek igényeinek feltárására kell koncentrálnia és ezekből kiindulva kell az innovatív tömegközlekedési rendszert megterveznie.

Kockázat: a megvalósíthatóság jogi és pénzügyi-gazdasági akadályai. Jogi akadályt jelent az, hogy a jelenlegi jogszabályok a regionális közlekedés fogalmát nem ismerik, és a tarifális rendelkezések is különállóan kezelik a helyi és helyközi közlekedési díjszabásokat.

A feladat megoldásánál alkalmazott megközelítés egy logikai folyamatra épül, amelynek részei: a jelenlegi helyzet felmérése és elemzése, a tömegközlekedési rendszerek állapotfelmérése, annak értékelése és az utazási igényekből levezethető követelményrendszerrel való ütköztetése, az ismert innovatív megoldások beillesztése ebbe a környezetbe és az így tervezett rendszer működőképességének vizsgálata.

A megközelítési mód fontos eleme a többi modullal való folyamatos egyeztetés, ami valamilyen többi modul tekintetében egyforma jelentőségűnek ítéltető. A tervezési folyamat számos visszacsatolási elemmel valósul meg, amelyek egy része a külső egyeztetések, workshopok és konferenciák, más részük a többi modullal történő együttműködés során realizálódik.

A megközelítési mód további lényeges eleme az, hogy a tömegközlekedést a régió életébe beágyazva, annak összefüggésében szemléljük és a tervezett új megoldások hatáselemzését is ennek figyelembevételével végezzük.

## 2. modul: A határokon átnyúló regionális forgalmi központ létrehozása

*Az országhatáron átnyúló interregionális irányítási központ feladat és funkcióköre*

A központ **alapvető feladatköre** a térségi tömegközlekedési szolgáltatások fejlesztésével és optimalizálásával a térségben hozzájárulni a fenntartható mobilitás kialakításához. Ennek **főbb eszközei**:

- a vasúti, busz-, hajó- (komp-) és taxi közlekedési szolgáltatások koordinálása és összekapcsolása,
- innovatív környezetkímélő közlekedési szolgáltatások kifejlesztése az elektronikus útinformációs rendszerek összekapcsolásával,
- CarSharing,
- villamos gépkocsik kölcsönzése,
- kombinált forgalmi ajánlatok kidolgozása,
- beléptető központok (Incoming Centers) működtetése.

A központ **kiegészítő feladatai** közé tartozik különösen a szállítás optimalizálása, amelynek legfőbb eszköze a belvárosi (CityLogistics), illetve az összvárosi (Stadlogistik) logisztikai elvek és koncepciók alapján a térség áruszállítási logisztikai integrált rendszerének kialakítása.

---

Ezen feladatkörök tekintetében a központ mint egy **mobilitásmenedzsment**-, illetve **mobilitásközpont** működik.

#### *A PR tevékenységi fórum feladatköre*

A fórum **alapvető feladatköre** a széles körű öntudatképzés a forgalmi problémák hatékony és a fenntartható mobilitást támogató megoldásaival kapcsolatban.

Ezen feladatkör tekintetében a központ mint **mobilitási tanácsadó központ** működik.

#### *Innovációs szövetség*

Az innovációs szövetség (pool) alapvető **feladatköre** a forgalmi központ funkciókörére, a mobilitásmenedzsment tartalmára és formájára, az alternatív fenntartható mobilitási megoldásokra, a mobilitási marketingre és a mobilitási képzésre vonatkozó innovációk feltárása és megvalósítása az új információs és hírközlési technológiák alkalmazásával.

Ebben a feladatkörben a központ mint **mobilitási innovációs központ** működik.

#### *A megvalósítás intézményi lehetőségeinek vizsgálata*

A megvalósíthatósági tanulmány ezen része **két változatot** vizsgál:

1. változat: közös forgalmi központ egy telephelyen,
2. változat: közös forgalmi központ két telephelyen (ausztriai és magyarországi telephely).

#### *A megvalósítási koncepció*

A megvalósítási koncepció a következő **főbb szempontokra** terjed ki:

- a műszaki és szervezeti követelmények tisztázása,
- a szükséges minimális és kiegészítő műszaki berendezések meghatározása,
- az intézkedések hatókörének behatárolása,
- a jövőbeni potenciális piac becslése,
- az üzleti terv főbb elemeinek meghatározása,
- a szükséges kiszolgáló személyzet összetételének és képzettségének meghatározása,
- a lehetséges együttműködési partnerek kiválasztása.

#### *Prioritások és figyelembe vett előzmények*

A modulban **figyelembe vesszük** a projekt illeszkedését a program prioritásaihoz, elsősorban

- a regionális tervezés és fejlesztés, valamint a határon átnyúló elérhetőség javítása, továbbá
- a környezet- és természetvédelem tekintetében, főként
- az országhatáron átnyúló interregionális irányítási központ feladat és funkciókora,
- a PR tevékenységi fórum koncepciója, és
- az innovációs szövetség (pool), valamint
- a mobilitásmenedzsment, a mobilitási tanácsadás, a mobilitási marketing és az ezzel kapcsolatos központszemélyzeti képzési programok tekintetében.

### **3. modul: Ökomobilitás és ökoturizmus / természeti örökség**

A helyben élő lakosság konszenzusán alapuló olyan **egyensúlyi modell** megalkotása, mely a természeti környezet, a gazdaság, ezen belül a fenntartható turizmus (főleg ökoturizmus) fejlesztésének összehangolásán alapul.

A modell különlegességét az adja, hogy a terület egy része nemzeti park, sőt azon belül fokozottan védett területeket is magába foglal. Ökológiailag érzékeny területek számára ökoturizmus fejlesztési program még nem készült Magyarországon, ezért a hazai hasonló térségek számára mintaeértékű, adaptálható modell készül.

A készülő modell messzemenően figyelembe veszi, hogy a tervezés területe ökológiailag szerves folytatása a osztrák Fertő menti területeknek, ezért támaszkodik az osztrák oldal kutatási eredményeire, tervezési dokumentumaira.

---

A World Wildlife Fund 1994-ben a következőképpen definiálta az ökoturizmust: „*felelős utazás*” a természeti területekre azért, hogy megőrizzék a környezetet és fenntartsák az ott élő emberek jólétét. Az ökoturizmus megvalósítási tanulmányának készítése során ezt a definíciót kell szem előtt tartani.

Az ökoturizmus fejlesztésének célja:

- a látogatók minél több érdekességgel találkozzanak
- a helyi lakosság elérje, hogy a gazdaság erősödjön
- az utazásszervezők több, a természet után mélyen érdeklődő látogatót szerezzenek.

Az ökoturizmus fő feladata a látogatók környezeti nevelése, ehhez a NP bázisul szolgálhat.

Módszertanilag a modul *három* elkülöníthető szakaszra bontható:

- feltáró szakasz: az ökoturizmus helyi erőforrásainak elemzése és értékelése, a létező és rejtett konfliktusok feltárása
- a konszenzus kialakításának szakasza – közösségi részvétel a konfliktus megoldásában a konfliktusban érintett összes fél bevonásával.
- az ökoturizmus megvalósítási tervének kidolgozása

#### **4. modul: Innovatív termékek, vállalati forgalmi menedzsment**

A 4. modul a megvalósítási terület a gazdasági szereplők fenntartható, környezetkímélő mobilitásának kialakítására irányul. Ebben egyaránt figyelemmel kell lenni a vállalkozásokban dolgozók mozgására (milyen módon jutnak el munkahelyükre), illetve a vállalkozások tevékenységéhez kapcsolódó árumozgásokra (alapanyag beszállítás, termék kiszállítás). A feladatot két tényező teszi különlegessé: egyrészt a tervezési terület egy ökológiailag érzékeny területet érint, másrészt a megfogalmazott célokat országhatáron átnyúló módon kell megvalósítani. Ezeknek a szempontoknak a figyelembe vétele teszi egyúttal modell értékűvé is a projektet.

A tervezési területen belül elsősorban azokkal a gazdasági szereplőkkel kell foglalkozni, akik tevékenysége környezeti érzékeny területeket érint. Figyelemmel kell lenni arra is, hogy az EU csatlakozással gazdasági szereplők közötti kapcsolatok iránya illetve intenzitása megváltozik.

A megvalósítás lehetséges akadályként lehet említeni, hogy viszonylag rövid és intenzív a projekt megvalósítására rendelkezésre álló idő, amelynek döntő hányada a nyári szabadságok időszakára esik.

#### **5. modul: Új járműtechnológiák és tájba illeszkedő infrastruktúrák**

A modul célja a közlekedési infrastruktúra és járművek fejlesztésére vonatkozó olyan javaslat-csomag kidolgozása, amely alapos elemzéseken nyugszik, segíti a kedvező változásokat a környezetben, a társadalomban és a gazdaságban.

A modul kidolgozásától elvárható eredmények az alábbiak:

- a jelenlegi helyzet kritikai elemzése,
- a célok és elvárt eredmények, a módszerek és a megoldások megfogalmazása, az egészséges kompromisszum határainak megvonása,
- hatás az előkészítés alatt álló fejlesztésekre (környezeti alapú változtatások, kiegészítő intézkedések megnevezése),
- hatás a döntéshozatali szintekre, a közlekedési tervezés szereplőire (pl. a modellértékű megoldások kidolgozásával),
- hatás a gazdaság szereplőire (üzemtelepítés, szállításszervezés),
- hatás a társadalomra, a környezettudatos gondolkodás fontosságának propagálása (nyilatkozatok, publikációk).

*Hálózati hiányosságok, megközelítési problémák feltárása*

- Az egyes közlekedési módok (közúti, kerékpáros, vasúti, légi, vízi) térségi adottságainak elemzése.
- A nehezen megközelíthető területek azonosítása

- 
- Szűk keresztmetszetek és kapacitástartalékok azonosítása
  - Az országhatár átjárhatóságából eredő változások

*Környezeti konfliktuszónák azonosítása, konfliktusszegény folyosók meghatározása*

*Az infrastruktúrával kapcsolatos intézkedések meghatározása*

*Javaslattétel* a közlekedési infrastruktúra olyan átalakítására/kiegészítésére/javítására, olyan kiegészítő/hiánypótló elemek megvalósítására, olyan kezdeményezésekre, amelyek a modellértékűség követelményét, valamint az alábbi szempontokat hangsúlyozottan veszi figyelembe:

- a környezetbarát közlekedés kívánalmainak való megfelelés, és,
- a természeti környezet javítása,
- a védett területek megóvása, különös tekintettel a Világörökség részét képező Fertő-térségre,
- egyedi infrastrukturális megoldások a környezetileg érzékeny területek speciális igényeinek kielégítésére,
- a (jelenlegi nyugati) határon átnyúló elérhetőség javítása,
- a gazdasági lehetőségek fejlesztése,
- az idegenforgalom igényes kiszolgálása.

A javaslat külön-külön kiterjed a közúti, a kerékpáros, a vasúti, a légi és a vízi közlekedésre, azok egyenkénti hálózati szintjére, illetve ezek intermodális együttműködési lehetőségeire. Az eredmény három síkon (nemzetközi, regionális, helyi) és azok egységében is megfogalmazódik.

*A környezetbarát járművekkel kapcsolatos intézkedések meghatározása*

*A bevezetés feltételeinek azonosítása*

A komplex (járműtechnológia – infrastruktúra) javaslatcsomaghoz kapcsolódó anyagi, szervezeti, szervezési intézkedések megfogalmazása.

A sikeres teljesítéshez hozzátartozik – a workshopok aktív és eredményes lebonyolításán kívül – az érintett hazai és osztrák szakemberekkel, hatóságokkal, intézményekkel történő folyamatos egyeztetés.

---

# A vasúti pályák környezeti minősítési rendszere

## ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEM OF RAILWAY LINES

Dr. Koren Edit

Széchenyi István Egyetem, Győr

### 1. Bevezető

A következőkben egy három éven át végzett kutatási-fejlesztési munka rövid összefoglalását szeretném adni. A munkát a Széchenyi István Egyetem különböző szakterületeken tevékenykedő kutatóinak csoportja (a kutatási munkában részt vettek: Dr. Horvát Ferenc főiskolai tanár, Dr. Kiss Ferenc főiskolai docens, Dr. Szalay Zoltán főiskolai docens, Kontra György főiskolai adjunktus) végezte témavezetői koordinálásommal.

A kutatási tevékenységünknek az volt a célja, hogy kidolgozzunk egy olyan monitoring rendszert (Vasúti Pálya Környezetállapot Megfigyelő Rendszere), amely lehetővé teszi a hatékonyabb környezetgazdálkodást a vasúti pályán. (Koren [2000])

Ennek az időszzerűségét egyrészt az a tény indokolja, hogy az Európai Unióba történő csatlakozásunk megköveteli a Helsinki Közlekedési Folyosók kiépítését. Ez jelentős mértékű vasúti pályakorszerűsítést von maga után. Másrészt a hulladékgazdálkodásról szóló 2000. évi XLIII. törvény elvárásának megfelelően a MÁV Rt. csökkenteni kívánja a hulladék képződés mennyiségét és a hulladékok veszélyességének a mértékét a pályakorszerűsítések és karbantartások során.

Az elmúlt években a pályarekonstrukciók nyilvánvalóvá tették, hogy a MÁV Rt. Környezetvédelmi Stratégiájában megfogalmazott céloknak és igényeknek megfelelni nem egyszeri beavatkozásokat jelent, hanem az egész magyar vasúthálózatot átfogó, rendszerszemléletű döntések sorozatára lesz szükség. Ehhez azonban alapos vizsgálatokra volt szükség, olyanokra, amelyek bemutatják a vasúti pálya környezeti állapotát, mint alapul veendő kiindulási helyzetet, és egy olyan rendszert eredményeznek, amellyel ennek az állapotnak a változása és a változások okai nyomon követhetők, és amelyre a vasúti pályagazdálkodás környezeti vonatkozásokban objektíven alapozható (Horvát [1994]), Koren[2001]).

### 2. Az üzemeltetés környezetszennyező folyamatai

A vasúti pályán – ugyanúgy, mint más mérnöki létesítményeknél – a környezetszennyezésnek három, időben jól elkülöníthető fázisát különböztetjük meg:

- építés
- üzemeltetés
- megszüntetés

Magyarországon a vasúti hálózat a múlt század elejére már kialakult, és az elmúlt évtizedekre egészen a Zalalövő-Hodos közötti vasútvonal építéséig nem volt jellemző a vasútépítés. Ezért ennek a fázisnak a környezeti hatásaival nem foglalkozom. A hosszú idő óta fennálló vasútvonalakon az üzemeltetés és az ehhez kapcsolódó korszerűsítések adják a környezeti terhelés jelentős részét. A környezeti hatások közül elsősorban az ágyazatot érő szennyezésekkel foglalkozom, mivel ez a pályának az az eleme, amelyik hosszú időn keresztül a helyén marad, és közvetíti a pályán jelentkező szennyezéseket, jelentős mértékben hozzájárulva a környezetállapot alakításához.

#### 2.1. A szennyezést okozó tevékenységek

A vasút működése során a következő tevékenységekből származhat környezetkárosítás:

- pályafenntartási feladatok
  - karbantartás
  - felújítás



- vasúttüzemi feladatok
  - vontatás
  - forgalmi feladatok
- kereskedelmi feladatok
  - személyszállítás
  - teherszállítás
- illegális hulladéklerakás

### 3.Szennyezőanyagok

Az említett tevékenységek során különféle anyagok kerülhetnek a vasúti pályára, és különböző környezetterheléseket okozhatnak. A tevékenységekhez tartozó hatásmátrixból kiválasztottam azokat az elemeket, amelyeket a legjellemzőbbnek, illetve a legjelentősebb hatásúnak tartok. Az ezekből összeállított hatásmátrixot az eredeti tevékenységek számával a következő táblázat mutatja:

1.sz. táblázat: Hatásmátrix

A) Pályakarbantartás			
<i>Tevékenység</i>	<i>Ebből eredő hatás a környezetre</i>	<i>A hatásviselő (környezeti elem)</i>	<i>A hatás súlya</i>
1. Váltókenés	kenőanyag bejutása az ágyazatba	talaj (talajvíz, felszíni víz)	jelentős
3. FKG	c) járműből olajcsöpögés	talaj (víz)	jelentős
4. Rostálás	c) hulladék, rostaalj	talaj	jelentős
8. Gyomirtás	vegyszer maradék ágyazatban	talaj (víz)	jelentős
9. Kitérőcsere	hulladék	talaj	jelentős
10. Sinkelés	olajszórás	talaj (víz)	jelentős
15. Balesetek miatti helyreállítás	c) járműből olajcsöpögés	talaj (víz)	közepes
18. Gyomirtás	folyékony hulladék	talaj, víz	jelentős

B) Pályafelújítás			
<i>Tevékenység</i>	<i>Ebből eredő hatás a környezetre</i>	<i>A hatásviselő</i>	<i>A hatás súlya</i>
1. Felépítménycsere	c) járművekből olajcsöpögés	talaj (víz)	jelentős

C) Forgalom			
1. Járművontatás	e) olajcsepegés	talajvíz	jelentős
2. Áruszállítás	a) rakományszóródás b) hulladék	talaj, víz talaj (víz)	közepes közepes
3. Személyszállítás	a) kidobált hulladék b) WC használat	talaj, víz talaj, víz	közepes közepes

D) Egyéb			
1. Illegális hulladék-lerakás vasút területén	láványzavarás, veszélyes hulladék	talaj, víz	jelentős

A veszélyes anyagok szállításához szükséges biztonsági adatlapok alapján az alábbi legáltalánosabb szennyező anyagok előfordulása várható az ágyazatban.

*Üzemanyag:*

MOL Synt Diesel 10W-40 szintetikus dízelmotorolaj

*Kenőanyagok (váltókenés):*

Thermocap 1200 paszta

*Permetezőszerek:*

Arsenal

Diuron 600 FW

Glialka 480

Nikesuper Combi 600 FW

---

#### 4. Laboratóriumi vizsgálatok

Annak eldöntésére, hogy az ágyazatban található-e veszélyes mértékű szennyezés laboratóriumi vizsgálatok szükségesek. Ehhez általunk kidolgozott, vasúti forgalom alatti mintavételezés történt.

##### 4.1. Laboratóriumi vizsgálat típusai

A környezet állapotát befolyásolja a környezetterhelés mértéke. A pályában fekvő ágyazatból vett mintákon a következő laboratóriumi vizsgálatokat végeztem a szennyezettség mértékének és veszélyességének a megismerésére:

- pH érték
- ammónia tartalom
- KOI
- vízdoldható anyag mennyisége
- olajtartalom
- ökotoxicitás Daphnia-teszt alapján
- ökotoxicitás csíranövényteszt

alapján

##### 4.2. A vizsgálatok eredményei

A vizsgálati eredmények közül néhányat a 2.sz. táblázat mutat. A táblázatban feltüntettem az ágyazat korosságát, valamint a vonalon a teherforgalom és személyforgalom arányát, mint jelentősnek tartott olyan műszaki paramétert, amelyik a környezetállapotra hatással van.

#### 5. Az eredmények értékelése

Az értékelést a 16/2001.(VII.18) KöM rendelet szerint végzem el, itt egy kiemelt példán mutatom be az eljárást

Szennyezett ágyazat besorolása kétféle lehet:

*17 05 07\* veszélyes anyagokat tartalmazó vasúti pálya kavicságya*

*17 05 08 vasúti pálya kavicságy, mely különbözik a 17 05 07-től*

A 2.sz. táblázatból kiválasztott érték:

$$SZOE = 1010 \text{ mg/kg}$$

Feltételezés:

- ez az érték csak MOL Synt Diesel 10W-40-ből adódik

- ennek a veszélyes alkotói:

ebben max. 1.4% cink-alkil-ditiofoszfát

és max. 0.8% alkaril-szulfonát található

összkoncentráció az R41 és R43 mondatok alapján max 10% lehet, mivel nem sorolandó be rákkeltő anyagként:

A SZOE érték maga 0.101 tömeg%, így az ezen belüli veszélyes összetevők százaléka mindösszesen: 0,022%

Az ágyazati anyag (rostaalj) besorolása tehát:

*17 05 08 vasúti pálya kavicságya, amely különbözik a 17 05 07-től*

#### 6. Összefoglalás, az eredmények hasznosítása

A teljes körű értékelés elvégzése után bebizonyosodott az a feltevés, hogy a vasúti pályának vannak olyan, műszaki paraméterekkel jól leírható szakaszai, ahol a szennyezés mértéke kicsi, ezekről a szakaszokról nem veszélyes hulladékként kerül ki a régi ágyazat a felújítás során (Koren [2001]). Szükséges, hogy ezeket a szakaszokat monitoring rendszerrel figyeljük, mert jelentős költségmegtakarítás érhető el a hulladékgazdálkodásban, ha nem keverjük össze a veszélyes anyagokkal.

- Az értékelés eredményeként kiépíthető a Vasúti Pálya Környezetállapot Megfigyelő Rendszer a MÁV Rt. vonalhálózatán három környezeti kategória alkalmazásával:
  - K<sub>A</sub> nem veszélyes „tisztá” ágyazati maradék
  - K<sub>B</sub> vizsgálat alapján eldöntendő kezelés
  - K<sub>C</sub> mindig várható szennyezés
- Hulladécsökkentés érhető el, a K<sub>A</sub> kategória különválasztásával
- Az ágyazati maradék hasznosítása lehetségessé válik
- Költségsökkentést eredményez a fenti eljárás

Mindez annak a tükrében kap különös hangsúlyt, hogy 2003-tól az üzemeltető és a szolgáltató vasút különválnak. Az infrastruktúra-szolgáltatást nyújtó vasút akkor tudja beépíteni az áraiba a környezetvédelmi szempontokat is, ha erről naprakész ismeretei vannak. Akkor teljesülhet a Hulladékgazdálkodási törvényben megfogalmazott „szennyező fizet” elv, ha a szolgáltató vasút nyomon tudja követni, és bizonyítani tudja a pályáján történt- használatól eredő- szennyezést. Ezt csak egy meglévő környezeti monitoring rendszer teszi lehetővé.

A három éves munka során kísérleti szakaszokat jelöltünk ki a MÁV Rt. hálózatán, ahol a kidolgozott elveink szerint elvégeztük a kategorizálást. A feltételezésünknek megfelelően a nyíltvonali szakaszok 90%-ban K<sub>A</sub> kategóriába kerültek.

## Vasúti pályák vizsgálati adatai

### 2. számú táblázat

Minta jele	Kor (Év)	Az ágyazat teljes élettartama alatt áthaladt terhelés (mill. et)	Arány teh/szem(%)		Sebesség (km/h)	Vontatás	KOI (mg/l)	Vízold. anyag (mg/l)	SZOE (mg/kg)	Daphnia elegendő hígítás		Csíra elegendő hígítás		pH	Ammónia (mg/l)
			t	sz						víz	DMSO	víz	DMSO		
A															
Gy/A1	9	288	66	34	160	V	55	42	582	5x		10x		8,02	0,44
Gy/A3	9	288	66	34	–	–	25	102	1010	10x		10x		8,34	0,30
P/A1	8	29	50	50	100	D	49	54	658	5x		10x		7,93	0,26
P/A2	8	29	50	50	–	–	10	28	130	5x	5x	10x	<10x	7,74	0,03
Sz/A1	18	248	34	66	120	D	57	112	725	5x		10x		7,73	0,34
V/A1	23	159	42	58	80	D	65	48	501	5x		10x		8,14	0,35
V/A3	23	159	42	58	–	–	123	22	474	5x		10x		8,17	0,45
Z/A2	35	121	66	34	100	–	nd	20	120	5x	5x	<10x	<10x	7,11	0,25

## Hivatkozások

- [1] Dr. Horvát Ferenc 1994:
- [2] Dr. Koren Edit 2000: *A vasúti pálya környezetállapot megfigyelő rendszerének megvalósíthatósága a MÁV vonalain* - Közlekedéstudományi Szemle, L. évf. 11. pp.12-8
- [3] Dr. Koren Edit 2001: *A vasúti pálya környezeti szempontú kategorizálása* - Közlekedéstudományi Szemle, LI. évf. 1. pp.1-7

---

## Az iker-síndilatációs szerkezet beépítési kérdései

### QUESTIONS ABOUT THE CONSTRUCTION OF THE DOUBLE-RAIL-DILATATION STRUCTURE

Dr. Kormos Gyula

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

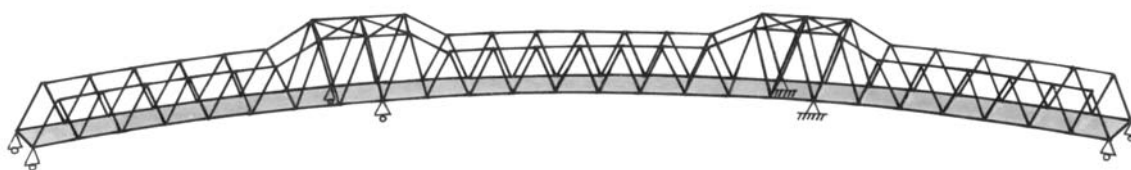
*A double-rail-dilatation structure has been built in a circular curve that can dilate independant of the movements of the bridge. This is a unique structure, of which only one has been constructed. Before the welding of this structure into the continuously-welded-rail track, a table of gaps had to be calculated that takes into account the position of the bridge and that the track lies in a curve. The author discusses the questions and problems that arose during the determination of the table of gaps of the double-rail-dilatation structure.*

Az íves kialakítású iker-síndilatációs készülék — amely a híd és a csatlakozó hézagnélküli felépítmény lélegző mozgását egymástól függetlenül képes felvenni — eddig még csak egyetlen helyen került beépítésre. Ezért behegesztése előtti beállításához egyedi hézagtáblázat készült, amely mind a híd, mind a síndilatációs szerkezet íves helyzetét is figyelembe veszi. A szerző a beállítási hézagtáblázat kialakítása kapcsán felmerült kérdéseket tárgyalja.

#### 1. Előzmények

A zalaegerszegi deltavágányban megépült Zala-híd háromnyílású rácsos szerkezetű ortotróp pályalemez alópályás hegesztett,  $R = 600$  m-es körívben fekvő acélhíd (1. ábra) mindkét hídfőjén ez év tavaszán egy-egy B60 VM-D-600 típusú, ívesen kialakított iker-síndilatációs készülék került beépítésre. A hídon a pályalemezhez erősített acélvályúban UIC 60-as sínrel kialakított rugalmas anyagba ágyazott (Edilon-típusú) felépítmény lett kialakítva, míg a csatlakozó vágány UIC 54-es hézagnélküli felépítmény.

Mivel egyrészt ilyen nagynyitású iker-síndilatációs készülék eddig még sehol sem lett beépítve, másrészt a korábban beépített nagynyitású síndilatációs szerkezetek más körülmények között működnek, ezért e nagynyitású, belső súrlódással rendelkező síndilatációs készülékekre eddig még egységesen kialakított beállítási táblázat nem készült. Így erre a speciális esetre is szükségessé vált egy egyedi beállítási táblázat elkészítése.



1. ábra  
A Zala-híd vázlatos képe

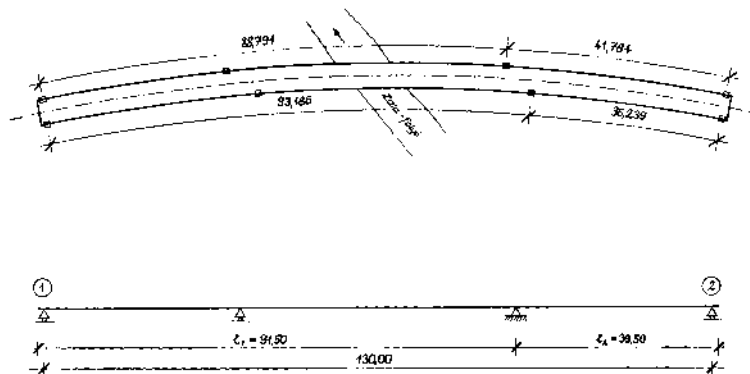
## 2. A híd statikai vázlatát és dilatáló hosszait

A híd statikai vázlatát és dilatáló hosszait a **2. ábra** mutatja be. A híd teflon fazéksarui közül a mozgó saruk — megvezetésük következtében — csak tangenciális irányú mozgást engednek meg, ezért a híd dilatációs mozgásakor radiális mozgás nem léphet fel, csupán igen csekély szögelfordulással lehet számolni, de ez a síndilatációs szerkezet beállításánál közömbös. A mozgó saruk ellenállása olyan kicsiny, hogy annak gátló hatásával sem kellett számolni.

Bár a híd dilatációs mozgásakor az íves híd külső és belső vonalának hőtágulása a különböző hosszak miatt más és más lesz, s ebből adódóan a rácslemek egymáshoz képest vett merőleges helyzete a hosszkülönbségek miatt a hídvégeken kissé torzul, ez az eltérés a számítások alapján a külső oldalon 2,7 mm, a belső oldalon 2,1 mm. Ezen eltérés a híd 5,40 m szélessége mellett a dilatációs szerkezet külső és belső sínszámainak tengelyének egymástól mért mintegy 1,50 m-es távolságán a külső sínszámban 0,7 mm, a belső sínszámban 0,6 mm elmozdulás különbséget eredményez, amely a dilatációs szerkezet illesztési merőlegességénél 0,1 mm-es elhanyagolható eltérést jelent. E megállapítás alapján a dilatációs mozgások meghatározásához egyértelműen elegendő a híd tengelyében vett

$$l_1 = 91,500 \text{ m és } l_2 = 39,500 \text{ m}$$

híddilatációs hosszakkal számolni (2. ábra).

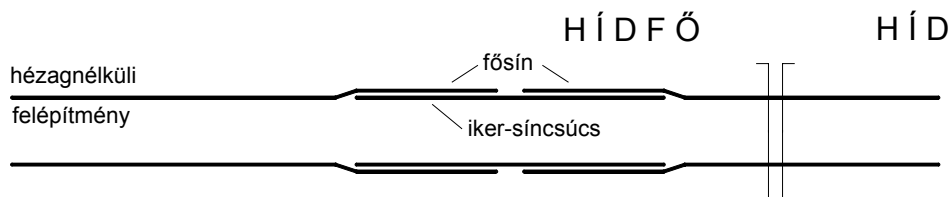


2. ábra

*A Zala-híd saruinak elrendezése és a híd statikai vázlat*

## 3. A síndilatációs készülékek elhelyezése a hídfőn

Mint ismeretes, az iker-síndilatációs készülék a híd és a rajta levő felépítmény, valamint a csatlakozó felépítmény dilatációs mozgásait — szerkezeti kialakításánál fogva — egymástól függetlenül képes felvenni (**3. ábra**).



3. ábra

*Az iker-síndilatációs szerkezet elhelyezésének vázlata*

#### 4. A beállítási hézagtáblázat kialakítása kapcsán felmerült kérdések

A beállítási hézagtáblázat kiszámítása során tisztázni kellett, hogy a

- a hídszakaszok dilatációs mozgása,
- a csatlakozó hézagnélküli vágányok sínvégmozgása,
- a sín és a híd hőmérsékletének különbségéből, valamint a kissé eltérő hőtágulási együtthatóból adódóan a hídon fekvő pályaszakasz relatív lélegző mozgása

mellett az alábbi mozgást okozó vagy gátló tényezők mennyiben befolyásolják a kialakuló dilatációs mozgást:

- az íves kialakítás hatása a síndilatációs szerkezet belső ellenállására,
- a súrlódások okozta érzéketlenség,
- a híd felőli fősínek saját dilatációs mozgása.

A beépítéshez további tisztázandó kérdés az volt, hogy amennyiben a dilatációs készülék behegesztése nem a sín semleges hőmérsékleti tartományában történik, vajon milyen feltételeket kell teljesíteni a beépítés során.

##### *A hídszakaszok dilatációs mozgása*

A hídszakaszok várható legnagyobb dilatációs mozgása a hídhosszak, valamint a hídra vonatkozó alapadatok felhasználásával

$$\Delta l_1 = 43,9 \text{ mm},$$

$$\Delta l_2 = 19,0 \text{ mm}.$$

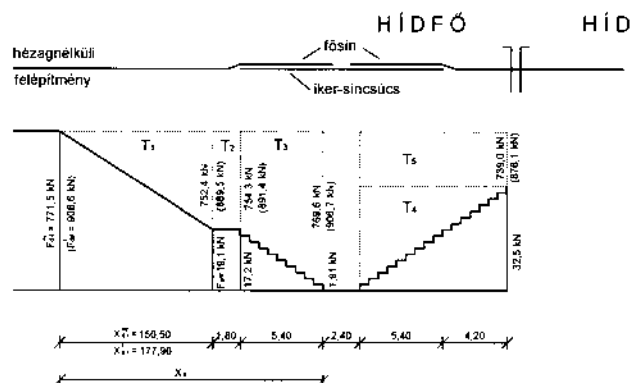
##### *A csatlakozó hézagnélküli vágányok sínvégmozgása*

E síndilatációs készülék belső súrlódással rendelkezik, ezért a beépítési környezetében a normálerők a **4. ábra** szerint alakulnak. A csatlakozó hézagnélküli felépítmény gátolt lélegző mozgása a felszabaduló normálerők  $T_1$ ,  $T_2$  és  $T_3$  „erőterület”-einek mérőszámával lesznek arányosak:

$$\Delta l = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{A_{54} \cdot E_s},$$

ahol:

- $E_s$  [N/mm<sup>2</sup>] a sínacél rugalmassági modulusa,
- $A_{54}$  [mm<sup>2</sup>] az UIC 54 rendszerű sín keresztmetszeti felülete.



4. ábra

*Az iker-síndilatációs készülék fősínjeiben ébredő normálerők*

A fenti módon kiszámítható sínvégelmozdulás tartalmazza a síndilatációs készülék folyópálya felőli főszínének saját dilatációs mozgását is, de a híd felőli főszín saját hőmozgását nem.

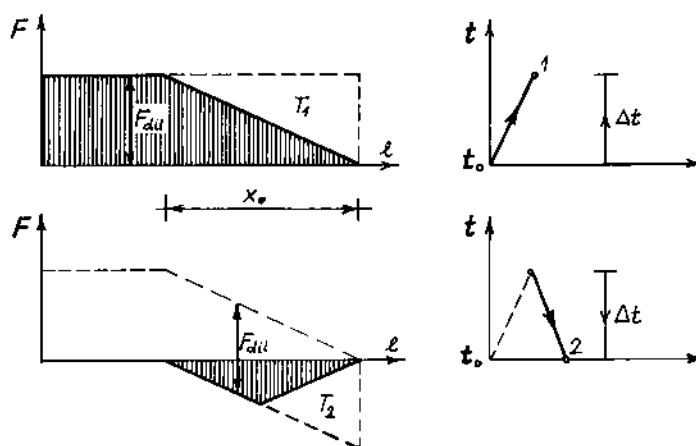
#### *A súrlódások okozta érzéketlenség*

Számolni kellett azzal az esettel, hogy a síndilatációs szerkezet *elhelyezése* és behegesztése *nem egy időben történik* a csatlakozó zúzottkőágyazatos hézagnélküli felépítmény *semleges hőmérsékleti zónában végzett feszültségmentesítésével* ill. záróhegesztésével. Ekkor az ágyazati ellenállás miatt fel nem szabadult erők következményeként az elméleti értékektől esetleg lényegesen eltérő sínvégmovement is kialakulhat. A legnagyobb eltérés akkor adódik, amikor a sín hőmérséklete előzetesen a semleges hőmérsékletre indulva fokozatosan eléri a szélső hőmérsékleti értéket, majd ismét a semleges hőmérsékletre áll vissza. Ekkor ugyanis a belső erők egy jó része az 5. ábrán látható módon nem tud mozgás formájában felszabadulni, ezért a sínvég elmozdulása sem veszi fel a kiinduló helyzetet.

Az 5. ábra alapján pl. a  $t_0$  semleges hőmérsékletre kiindulva a  $\Delta t$  hőmérséklet emelkedés hatására a hézagnélküli felépítmény  $x_0$  lélegző szakaszán kívül a sínszámban  $F_{dil}$  dilatációs erő ébred, míg a lélegző szakaszon ez az erő a sín végére (ha ott nincs heveder) zérusra csökken. Az 1. sz. esetben a sín végének megnyúlása a  $T_1$  erőterület mérőszámával lesz arányos, míg a 2. sz. esetben ugyanolyan nagyságú  $\Delta t$  hőmérséklet csökkenés következtében a sínszál ismét semleges hőmérsékletű lesz, de a lélegző szakasza a zúzottkő ellenállás miatt belső erőkkel terhelt marad, s csak a  $T_2$  erőterület mérőszámával arányos sínvégvisszahúzódnás következik be. Ennek a — súrlódások okozta érzéketlenségből eredő — bizonytalan nagyságú sínvégelmozdulás legnagyobb értéke a

$$\Delta l_b = \frac{T_1 - T_2}{A_{sin} \cdot E_s}$$

összefüggéssel határozható meg.



5. ábra

*A zúzottkő ágyazati ellenállása okozta érzéketlenségből származó bizonytalan sínvégelmozdulás legnagyobb értékéhez tartozó belső erők alakulása*

Minthogy az 5. ábrán bemutatott legkritikusabb eset a mértékadó, a  $T_2$  erőterület éppen a  $T_1$ -nek a fele, ezért az előbbi összefüggés helyett esetünkben, mint mértékadó helyzetben a

$$\Delta l_b = \frac{T}{2 \cdot A_{sin} \cdot E_s}$$

képlet is használható, ahol a  $T$  a mindenkor szélőséges helyzet felszabaduló erőterületének mérőszámát jelenti. Természetesen a hőmérséklet megváltozásával ez a bizonytalansági sínvégelmozdulás megváltozik, s mindig attól függ, hogy a vizsgált állapot előtt milyen volt a sínhőmérséklet alakulása,

azaz mekkora normálerő alakulhatott ki a sín-számban. Ezeket az értékeket az iker-síndilatációs szerkezetnél mind a csatlakozó hézagnélküli vágány, mind a híd felőli fősín esetében meg kell határozni nyári ill. téli hőmérsékletváltozás esetén az 5. ábrához hasonló módon. Tekintettel azonban arra, hogy a 4. ábra  $T_1$  erőterülete bármelyik másikon nagyságrenddel nagyobb, ezért a csatlakozó hézagnélküli felépítmény felőli fősín esetében a dilatációs erőből közelítésképpen egy átlagos lélegző szakasz hosszát állapíthatunk meg, amely az

$$x_o = \frac{F}{p}$$

összefüggéssel nyári, illetve téli szélsőséges hőmérsékleti esetre meghatározható.

A bizonytalansági sínvégmegmozdulás lehetséges legnagyobb értéke a csatlakozó hézagnélküli felépítmény esetében a nyári ill. téli legnagyobb hőmérsékletváltozás figyelembe vételével

$$\Delta l_{cs,b}^{ny} = \frac{F_{dil}^{ny} \cdot x_{o,átl}^{ny}}{2 \cdot A_{54} \cdot E_s} = +20,0 \text{ mm},$$

$$\Delta l_{cs,b}^t = \frac{F_{dil}^t \cdot x_{o,átl}^t}{2 \cdot A_{54} \cdot E_s} = -27,7 \text{ mm}.$$

(Megjegyzendő, hogy a téli hónapokban az ágyazat összefagyhat, ezért a  $-27,7$  mm sem tud kialakulni.)

Ez az érzéketlenségi (bizonytalansági) sáv a semleges hőmérsékletnél a legszélesebb, a szélsőséges hőmérsékleti viszonyok mellett azonban zérusra csökken, mint ahogy azt az alábbi táblázat is mutatja.

A B60 VM-D-600 típusú iker-síndilatációs szerkezet nyitási értékei a zúzottkőágyazatos hézagnélküli felépítményhez csatlakozó fősínnél a középálláshoz viszonyítva

Sín-hőmérséklet	Sínvégmozgás		Sín-hőmérséklet	Sínvégmozgás	
	Nyitás	Bizonytalansági mozgás		Nyitás	Bizonytalansági mozgás
°C	mm	mm*	°C	mm	mm*
+ 60	+ 43	0	+ 14	± 0	± 19
+ 58	+ 39	0	+ 12	– 2	± 17
+ 56	+ 36	0	+ 10	– 3	± 16
+ 54	+ 33	± 1	+ 8	– 3	± 14
+ 52	+ 30	± 1	+ 6	– 4	± 13
+ 50	+ 27	± 2	+ 4	– 5	± 11
+ 48	+ 24	± 3	+ 2	– 6	± 10
+ 46	+ 21	± 4	± 0	– 7	± 9
+ 44	+ 19	± 5	– 2	– 8	± 8
+ 42	+ 17	± 6	– 4	– 10	± 7
+ 40	+ 15	± 7	– 6	– 11	± 6
+ 38	+ 13	± 8	– 8	– 13	± 5
+ 36	+ 11	± 9	– 10	– 15	± 4
+ 34	+ 10	± 10	– 12	– 17	± 3
+ 32	+ 8	± 12	– 14	– 19	± 2
+ 30	+ 7	± 13	– 16	– 21	± 2
+ 28	+ 6	± 14	– 18	– 24	± 2
+ 26	+ 5	± 16	– 20	– 27	± 1
+ 24	+ 4	± 17	– 22	– 30	± 1



Sín-hőmérséklet	Sínvégmovement		Sín-hőmérséklet	Sínvégmovement	
	Nyitás	Bizonytalansági mozgás		Nyitás	Bizonytalansági mozgás
°C	mm	mm*	°C	mm	mm*
+ 22	+ 3	± 19	– 24	– 33	± 1
+ 20	+ 3	± 20	– 26	– 36	0
+ 18	+ 2	± 20	– 28	– 39	0
+ 16	± 0	± 20	– 30	– 43	0

\* A bizonytalansági mozgást csak a beépítés utáni nyitási értékek ellenőrzésénél kell figyelembe venni.

#### *A híd felőli fősinnek saját dilatációs mozgása*

Az iker-síndilatációs készülék híd felőli fősinjeinek saját dilatációs mozgása a felszabaduló normálerők  $T_4 + T_5$  „erőterület” mérőszámával lesz arányos (**4. ábra**):

$$\Delta l_f = \frac{T_4 + T_5}{A_{60} \cdot E_s}.$$

S mivel a fősin kiszámított sínvégmovement 5 mm körülre adódott, így a csökkentett hatású sínleerősítések súrlódó hatásaiból származó lehetséges legnagyobb bizonytalansági elmozdulás egy nagyságrenddel 1 mm alatti értéket eredményezett, vagyis teljesen elhanyagolható volt.

#### *A hídon fekvő pályaszakasz relatív lélegző mozgása a sín és a híd hőmérsékletének különbségéből, valamint a kissé eltérő hőtágulási együtthatóból adódóan*

Az acélhíd és a rajta elhelyezett felépítmény sínje a hőmérsékletváltozás hatására alapvetően együtt mozog, ha hőmérsékletük megegyezik. Amennyiben hőmérsékletük eltérően alakul, úgy a sín a hídhöz képest relatív dilatációs mozgást végez. Mivel a sín semleges hőmérséklete eltér a híd semleges hőmérsékletétől, s a közvetlen napsugárzás, illetve árnyékhátás következtében is kialakulhat eltérő hőmérséklet, ezért ezzel a hatással általában számolni kell. A sín és az acélhíd feltételezhető legnagyobb hőmérsékletkülönbsége

$$\Delta t_{s,h} = 10 \text{ °C}.$$

Tekintettel azonban arra, hogy a kérdéses hídra Edilon-típusú felépítmény került, az ezt meghaladó hőmérsékletkülönbséggel semmi esetre sem kellett számolni. Az Edilon-típusú felépítmény korábbi vizsgálatai során kiderült továbbá, hogy a kiöntőanyag rugalmas visszahúzó hatása olyan erőteljesen érvényesül, hogy  $\Delta t = 45 \text{ °C}$  esetén is általában csak 5 mm körüli sínvégmovement jön létre. Ezért  $\Delta t_{s,h} = 10 \text{ °C}$  hőmérsékletkülönbség esetén — figyelembe véve, hogy a sínvégmovement a hőmérsékletkülönbségtől exponenciálisan függ — csak lényegesen 1 mm alatti relatív sínvégmovementre lehet számítani.

A híd és a sín kissé eltérő hőtágulási együtthatói ( $\alpha_h, \alpha_s$ ) miatti relatív sínvégmovement a

$$\Delta l_{\alpha} = \alpha_s \cdot l_1 \cdot \Delta t_s - \alpha_h \cdot l_1 \cdot \Delta t_h \approx (\alpha_s - \alpha_h) \cdot l_1 \cdot \Delta t_h$$

összefüggéssel határozható meg. Az eltérő lineáris hőtágulási együttható hatása a nagyobb dilatáló hídhossz és a legmelegebb hídhőmérséklet esetén, azaz még szélsőséges esetben is lényegesen 1 mm alatt maradt, ezért elhanyagolható volt.

#### *Az íves kialakítás hatása a síndilatációs szerkezet belső ellenállására*

A síndilatációs szerkezetben kialakuló normálerő hatására a szerkezet fősinjei a normálerővel arányosan jobban nekifeszülnek a sínleerősítésnek, ezért a sín nagyobb eltolási ellenállásával lehet számolni. Körívben fekvő vágány esetében a sínszámban fellépő  $F$  dilatációs erővel a

$$q' = \frac{F}{R} \text{ N/mm}$$

---

megoszló erő tart egyensúlyt, amelyből  $k = 60$  cm aljtávolság esetén

$$\Delta F_{ell} = f \cdot F_o = f \cdot k \cdot q'$$

esik egy sínleerősítésre, ahol

- $q'$  [N/mm], megoszló reakcióerő, amely a normálerő hatásával tart egyensúlyt,
- $F = \alpha_s \cdot A_{60} E_s \cdot \Delta t$ , [N] a hőmérsékletváltozás hatására fellépő dilatációs erő UIC 60-as sín esetén,
- $f$  az acél csúszó súrlódási együtthatója,
- $F_o$  [N], egy sínleerősítésre ható, a dilatációs erőből származó oldalerő,
- $k$  [mm] aljtávolság.

A számítások alapján az íves kialakításból egy leerősítésre jutó hosszirányú ellenállási erőnövekmény értéke csak mintegy 5 % körülire adódott, ezért annak hatását a hézagtáblázat kialakításánál a biztonság javára elhanyagoltuk.

#### *Beépítés semleges hőmérséklettől eltérő tartományban*

Mivel az acélhid dilatációs mozgása csaknem megegyezik a sín dilatációs mozgásával, ezért a hídon lévő rugalmas anyagba ágyazott felépítmény kiöntése gyakorlatilag bármilyen hőmérsékleten megtörténhet, amely a kiöntőanyag beépíthetőségénél engedélyezett. A sínszálak vályúban történő kiszabályozása és a kiöntése azonban célszerűen azonos hőmérsékleten, de inkább csökkenő hőmérsékleti viszonyok mellett kell történnjen, hiszen a sín a hídnál kisebb hőmérsékleti tehetetlenséggel rendelkezik. Ezért hirtelen emelkedő léghőmérsékletnél a híd hőmérsékletének emelkedése a közvetlen napsugárzás hatására kisebb mértékű lesz, s a híddal még azonos hőmérsékleten kiékelésekkel szabályozott sínszál az ékelések között oldalirányban hullámos alakot ölthet a sín gyorsabban növekvő hőmérséklete miatt.

Amennyiben a hídhöz csatlakozó hézagnélküli felépítmény szabályozása egy korábbi semleges hőmérsékleten megtörtént, nem szükséges a síndilatációs készülék behegesztését semleges hőmérsékleten elvégezni, és nem szükséges a záróhegesztés eltérő sínhőmérséklete miatti kilélegeztetés sem, ha a záróhegesztés elvégzése előtti napokon regisztráltuk a sínhőmérsékletek alakulását. Ezek alapján ugyanis meglehetősen biztonsággal és pontossággal kiszámítható a súrlódások okozta érzéketlenség hatása a beállítandó dilatációs hézagra.

---

## A közlekedésügy helyzete a magyar kormányokban 1848-2002

THE SITUATION OF THE TRANSPORT IN THE GOVERNMENTS OF HUNGARY  
1848 – 2002

Kovács Jenő

Vas Megyei Állami Közútkezelő KHT, Szombathely

A jogászok ma is vitatkoznak azon, hogy 1849 és 67 között amikor a valóságban nem volt Magyarország kormányja jogilag fennállt-e a magyar kormányzás avagy sem. Az 1848-as III. törvény-cikket, amely létrehozta az első felelős magyar minisztériumot 1867-ig nem helyezték hatályon kívül, így jogilag nem volt megszakítás a kormányzati rendszerben.

Az is érdekes, hogy a történelem csapásai miatt Magyarország területe közel sem volt azonos az elmúlt 150 év alatt, emiatt egy magyar kormány más és más nagyságú ország életét irányította. Azt hiszem mindenki tudja, hogy az ország területe hogyan alakult ezen időszak alatt.

Olyan érdekességgel is találkoztam, amivel azt hiszem csúcstartók is lehetünk, hogy 1918 és 20 között – az ország tönkremenetelekor – 8 kormánya is volt hazánknak.

Megértük azt is, hogy '44-'45-ben kettő kormánya volt egyszerre országunknak. Az egyik nagyjából a Dunántúlt, a másik a Dunától keletre lévő országrészt kormányozta. Nagyon érdekes volt az is, hogy maga a „kormány” szó csak 1944 végén jelenik meg a köztudatban. Később majd láthatjuk, hogy hogyan hívták az előtte lévő 100 évben. Aztán azt sem volt egyszerű számba venni, hogy milyen hivatalos lapok voltak, amelyből értesülhettünk a kormány munkájáról.

Olyan apró kérdésekbe is ütköztem, mint például legelső minisztereink nevének az írása. Itt a „legnagyobb magyarról” engedjenek meg egy gondolatot. A Széchényi családban a nevét mindenki két „é” betűvel használta és írta, az egyedüli és első kivétel a családban a legnagyobb magyar, aki 1817-ben 26 éves korában még Széchényinek írja nevét, később azonban a második „é”-ről elhagyja az ékezetet, következetesen így írta nevét miniszterségének ideje alatt is. Ezt a névírást egyébként le-származottai is megtartották.

Előadásom első részében a magyar kormányokról szeretnék Önöknek beszélni. 150 évről van szó. 1848. március 17-én alakult első kormányunk – ezt a dátumot talán mindenki ismeri – és a feldolgozásom 2002-ig tart, a munka az Orbán kormánnyal zárul. Természetesen, ha pontosak akarunk lenni, akkor ebből 18 évet le kell vonnunk, így 136 év munkáját tudtam elemezni.

Nézzük meg először azt, hogyan nevezték a hazát irányító grémiumot. Az 1848-as III. törvény-cikk a Független Magyar Minisztérium alakításáról szól. Ez az alaptörvény magát a kormányt minisztériumnak nevezi és ennek kebelén belül osztályokat különböztetett meg. A mindennapi szóhasználatban már a kezdettől fogva az egyes osztályokat – későbbi kifejezéssel az egyes tárcákat – minisztériumoknak nevezték, magát a kormányt pedig összminisztériumnak hívták. A „minisztérium” szó a kormány értelmében vett hivatalos használata 1918-ig megmaradt. A Tanácsköztársaság idején a kormányt Forradalmi Kormányzó Tanácsnak nevezték, tagjai nem miniszterek voltak, hanem népbiztosok. Az ideiglenesen alakult ügynevezett szakszervezeti Peidl kormány tagjait már ismét minisztereknek nevezték. Ez így volt 1944. december 22-ig, ettől a naptól az Ideiglenes Nemzeti Kormány viseli először hazánkban hivatalos elnevezésében a kormány szót. 1949. szeptember 5-től a Minisztertanács felel meg hivatalosan a kormány fogalmának. A miniszterelnökök ettől kezdve a minisztertanácsnak az elnökei. 1956. november 4-én a Minisztertanácsot Forradalmi Munkás Paraszt Kormány váltotta fel, amely nevében viselte a „kormány” szót.

Ez 1972-ig volt így, amikor is az alkotmány módosításával minisztertanácsról illetve a minisztertanács elnökéről döntöttek. Az ezt követő években mindkét kifejezés alkalmazásával találkozunk, a minisztertanács kifejezés használata állandósult belföldi vonatkozásban, nemzetközi egyezményekben, szerződésben pedig a kormány elnevezése vált általánossá külön jelző nélkül. Ez egészen 1990-ig a 42 év utáni első szabad választásokig így volt.

A következő ábrán láthatjuk, hogy a mindenkori kormány milyen hivatalos lapokban tudósított munkájáról. 1848-ban a Pesti Hírlap, majd az ügynevezett Közlöny volt a kormány lapja, ezután egy

---

mai újság nevét is viselő kiadvány jelenik meg a Magyar Hírlap, ami később Budapesti Hírlap lesz, majd ez változik Sürgöny névre. 1867-ben a III. magyar kormány megalakulásakor Budapesti Közlönynek hívják, ez marad egészen 1944 végéig, kivéve a tanácsköztársasági 3 hónapot. 1945. január 4. óta Magyar Közlönynek nevezik, ez nem is változott a mai napig.

A következő képen az I. Felelős Magyar Minisztérium látható gróf Batthyány Lajos kormánya, a „legnagyobb magyarral”, hazánk első közlekedési miniszterével. 1849 után kormányiszékek irányították az országot, ezen kormányiszéket váltotta fel 1867. február 20-án a III. magyar kormány gróf Andrássy Gyula vezetésével. Nézzük meg a statisztikát, hogy Magyarországnak hány kormánya volt. Hazánkban 62 kormány működött 136 év alatt. Az adatok azt mutatják, hogy egy kormányra 2,19 év jut, ez egy közepes szám. Európában tőlünk nyugatabbra vannak ennél jóval magasabb, de vannak ennél sokkal rövidebb számok is, lásd Olaszország. De a kép nem is ilyen szomorú, ha figyelembe vesszük, hogy ezen évek alatt négy esetben is idegen megszállók özönlöttek el országunkat. Természetesen ezekben a háborús években egy-egy kormányra jóval kevesebb idő jutott, juthatott, működésüket hetekben – hónapokban lehetett mérni. Így sokkal árnyaltabb képet kapunk akkor, ha a fél évnél kevesebb ideig hivatalban lévő kormányokat kivesszük ebből a számból. Nem véletlen, hogy azon hónapok estek ki túlnyomórészt, amikor Magyarországon vagy szabadságharc vagy világháború utáni megszállás volt.

Magyarországnak 46 olyan kormánya volt, amely fél évnél hosszabb ideig kormányzott. Ennek átlaga 3 év, ez már megközelíti a 4 éves ciklusnak az értékét. Ez a szám bizonyítja azt, hogy minden ellenkező híresztelés és történelemhamisítás ellenére Magyarországra a nyugodt kormányzás, a nyugodt kormány munka volt jellemző.

A következő ábrán a legrövidebb, illetve a leghosszabb ideig hatalmon lévő kormányokat láthatjuk. Nagyon érdekes, hogy három különböző korra tehető a három leghosszabb kormány, az egyik a boldog békeidők kormánya, Tisza Kálmán-é, a másik az egyik szocialista kormány Lázár György elnöklésével, a harmadik pedig a két világháború közötti időszakra tehető gróf Bethlen István vezetésével.

Előadásom második részében a közlekedési minisztériumról szeretnék szólni. Nézzük meg először azt, hogy hogyan hívták a ma már Gazdasági és Közlekedési Minisztériumnak ismert kormányzati szervet az elmúlt 150 év alatt. A már említett 1848. évi III. törvénycikk, mely rendelkezett a Független Magyar Felelős Minisztérium megalakításáról, osztályokat, azaz minisztériumokat állított fel, név szerint hetet és ebből az egyiket úgy hívták, hogy Közmunka, Közlekedési Eszközök és Hajózás Osztály. A mindennapos szóhasználatban szinte azonnal eltűnt a hajózás szó, nem akadtam sajnos nyomára, hogy miért, az osztályt közmunka és közlekedésügyi minisztériumnak hívták.

Az Andrássy kormány nagy sújt helyezett arra, hogy folytatója legyen a '48-'49-es hagyományoknak, a minisztériumok nevét meghagyták, a Közmunka és Közlekedésügyi Minisztériumot is így hívták. Az egyik legnagyobb közlekedési miniszterünk ideje alatt történt az első váltás. Nyilvánvaló, hogy ezt az ország rendkívüli kiemelkedő fejlődése hozta, mely fejlődésnek egyik alapja volt a kereskedelem világszínvonalú kiépítése és állandó növekedése.

A Baross Gábor által vezetett minisztériumot 1889. június 15-től Kereskedelmi Minisztériumnak nevezték. Ide tartozott minden közlekedésüggyel kapcsolatos probléma is. Egészen 1935-ig így volt, ahol egy rövid idejű közlekedési miniszter alatt – Bornemissza Géának hívták – '35. augusztus 1-től Kereskedelem és közlekedésügyi miniszternek hívták a minisztérium vezetőjét. Láthatjuk, hogy visszakerül a közlekedés szó.

Ez 1945-ig így van, az Ideiglenes Nemzeti Kormány is így használja. Aztán a híres, hírhedt Gerő Ernő alatt változik Közlekedésügyi Minisztériummá.

A következő váltás '49. június 11-én, amikor a postaügyet a közlekedéshez csatolják és Közlekedési és Postaügyi Minisztérium lesz. 1952-ben Közlekedésügyi Minisztériumnak, '53-ban újra Közlekedési és Postaügyi Minisztériumnak hívják. Innen van a híres KPM elnevezés, ma vidéken, de talán Pesten is az egyszerűbb emberek most is KPM-eseknek hívnak minket, pedig 1983 óta 20 év telt el.

1983 után ismét Közlekedési Minisztérium alakul, vezetője a közlekedési miniszter. 1988-ban jön a hírközlés és jön egy másik tárca is, hisz megszűnik az Építésügyi Minisztérium. 1988. december 31-től Közlekedési, Hírközlési és Építésügyi Minisztérium alakul. Az Antall kormány változtatja ezt meg a területfejlesztés elkerül, és közlekedési és hírközlési miniszterként lép székbe Siklós Csaba '90. május 23-án. Ugyanezen év szeptember 15-től a minisztériumot Közlekedési, Hírközlési és Vízügyi Minisztériumnak hívják, ez változatlan közel 10 évig. 2000. június 26-án a hírközlés más tárcához kerül, Közlekedési és Vízügyi Minisztérium alakul.

---

A 136 év alatt kilenc elnevezése volt a minisztériumnak. Érdekesség, hogy maga a közlekedés csak kétszer volt önmagában önálló minisztérium a hírhedt időkben '45 és '53 között - bár '49 – '52 között a postát hozzákapcsolják - valamint 1983 és 88 között. Ez a három időszak összesen 10 év, a 136 év alatt így elenyésző volt azon évek száma, amikor maga a közlekedésügy önálló, külön minisztériumot jelentett.

Munkám harmadik részében a nagy elődökről, a közlekedési miniszterekről szeretnék rövid áttekintést adni. A 136 év alatt 64 közlekedési minisztere volt hazánkban. Természetesen a kép teljesen változó, hisz volt olyan miniszterelnök aki alatt 5 közlekedési miniszter is volt – ilyen volt Tisza Kálmán – aztán voltak olyan miniszterek, akik nagyon sok miniszterelnököt szolgáltak ki, például Csanádi György. Voltak akik miniszterelnökükkel jöttek, illetve mentek. A következő két ábrán a hat hónapnál rövidebb, illetve hosszabb ideig tevékenykedő minisztereket láthatják. A már említett okok miatt 44 olyan miniszter volt, aki fél évnél tovább volt hivatalában.

A következő ábrán láthatjuk, hogy a 44 miniszter esetén több mint 3 év átlag jut egy főre kormányzási munkájánál. A '45 utáni évekre jellemző az, hogy a közlekedési miniszterek hosszú ideig töltötték be pozíciójukat. Ezen okok feltárása sok érdekességet rejthet magában. Az alábbi táblázatokban láthatjuk a legrövidebb ideig tevékenykedő minisztereket és a leghosszabb ideig hivatalban lévőket.

Szeretnék pár szót szólni a híres, és egy-két hírhedt közlekedési miniszterről.

A kép természetesen gróf Széchenyi Istvánnal kezdődik. Az ő életpályájának méltatása nem az én tisztem, nem ezen előadás tárgya, nagyon sokan megtették már ezt. Azt azért had említsem meg, hogy büszke vagyok, hogy olyan szakmában dolgozhatok, ahol ha valaki a '80-as években egy vezetői, igazgatói szobába bejutott akkor a falról nem egy idegen kopasz forradalmár nézett le reá, hanem a gróf acélos tekintete.

Sokkal kevesebbet tudunk harmadik közlekedési miniszterünkről Csány Lászlóról, aki ősi nemesi családból Zala vármegyéből származott. 1823-ban kapcsolódik be a politikába, '24. decemberében Zala vármegye táblabírójává nevezik. Az akkori nemzetiségi kérdés egyik legjobb ismerője. 1948-49-ben azonnal bekapcsolódik a szabadságharcba és március 15-én Pesten van, azonnal tagja lesz a Közcseri Bizottmánynak. A harcokban is azonnal részt vesz, a Dráva vonalának vezetője, Pákozdnál is ott van. A szabadságharc ügyének válságos helyzetbe kerülése után Erdély főkormány biztosának nevezi ki Kossuth és Erdély visszafoglalásában ugyanolyan nagy szerepe van neki, mint Bemnek. Kossuth április 20-án értesíti, hogy az új Forradalmi Kormány Közmunka és Közlekedésügyi Tárca miniszteri székét szánja neki, melyet ő el is fogadott. Az, hogy őrá külön kitértem ennek oka a következő. A második kormánynak a Szemere kormánynak egyetlen olyan tagja, aki nem hagyta el helyét a katasztrófa bekövetkezésekor, szembe mert nézni az elkerülhetetlen végzettel. Minisztertársaitól augusztus 11-én elbúcsúzik, 12-én ott van Görgeyvel Világoson a Bohus Kastélyban, augusztus 16-án önként jelentkezik az oroszoknál, akik rögtön átadják az osztrákoknak. Görgey hiába kért Csány részére különös elnézést és kegyelmet augusztus 17-én Nagyváradra viszik, és '49. október 9-én Budapesten kötél általi halálra ítélik, amelyet másnap 10-én végre is hajtanak. „A hazámért szívesen” voltak utolsó szavai.

Csány László után a kiegyezés híresebb minisztereinek nevét had említsem. Hazánk legszebb évtizedeinek, leggazdagabb, legerősebb korszakának kiemelkedő közlekedési minisztereit láthatjuk az ábrán. A kiegyezés utáni első kormányban Gróf Mikó Imre volt a közmunka és közlekedésügyi miniszter. Igazi erdélyi, Zabolán született és Kolozsváron halt meg '76-ban.

Őt szintén egy erdélyi a híres Kemény család leszármazottja a Csongordon született báró Kemény Gábor követte, aki földművelődési, ipari és kereskedelemi ügyi miniszter is volt.

A harmadik Baross Gábor a „vas-miniszter”, talán legnagyobb miniszterünk. Az ő méltatása szintén nem ezen előadás tárgya. Felvidéken Trencsén vármegyében született. A magyar államvasúti rendszer megteremtője, a folyam és tenger hajózás kifejlesztője. Sajnos egy az Al-Dunán kapott betegségben nagyon fiatalon hunyt el Budapesten. 1883-tól már államtitkárként valójában ő vezette a minisztériumot. Munkabírása jellemző, hogy egy időben belügyminiszter és vallás és közoktatási miniszter is volt.

A következő miniszter báró Dániel Ernő. Az első képviselője azon minisztereknek, aki a miniszterelnökkel együtt jönnek és mennek. Külön érdekessége az ő életének, hogy Kiss Ernő aradi vértanú unokája. A bánáti Eleméren született, ahol ma Kiss Ernő hamvai nyugszanak. Az ő évei alatt épült a legtöbb vasút hazánkban. Baross Gábor munkájának méltó folytatója.

A következő nagyon érdekes név Kossuth Ferenc – úgy gondolom kevesen tudják, hogy Ő Kossuth Lajos fia – 8 éves korától emigrációban él, atyja halála után tér csak haza 1894-ben és rá 12 év múlva lesz kereskedelemügyi miniszter. Mérnök, vegyész, bölcsész, geológus, végzettsége is volt.

---

Báró Harkányi Jánost kell még megemlíteni, aki az I. világháború első három évében volt miniszter, a háborús vasútépítések nagy szervezője.

A következő ábrán látható, hogy az előbb említett miniszterek alatt hány vasútvonal épült Magyarországon. Elképesztő számokat láthatunk. Milyen gazdag lehetett ez az ország, miért nem írunk erről, miért nem engedik egyesek, hogy erről szólni lehessen. Hiszen Dániel Ernő 4 éve alatt több mint 3200 km vasút épül, ami több mint 800 km évente. Én ezt a számot többször leellenőriztem, hogy nem hibás-e hisz gondoljuk el a mai világban hány km autópályát vagy vasutat tudnánk építeni. Az ország fantasztikus fellendüléséről beszélnek ezek a számok. Számomra a háború első éveiben épített 602 km is nagyon nagy érték, még a világháborúban is építettünk vasútvonalakat a keleti Kárpátokban.

A két világháború között Walkó Lajos és Varga József nevét kell kiemelni.

Walkó Lajos budapesti, a kereskedelemügyi minisztersége mellett pénzügyminiszter és külügyminiszter is volt. A Bethlen kormány minisztere, igazi nagy tudású tisztviselő. Ő az aki a trianoni megcsonkított országban az elvágott vasútvonalak hazai részén megindítja a forgalmat.

Varga József a következő. Ő szintén más tárcának az élén is állt, iparügyi miniszter is volt - mint tudós, vegyészmérnök látta el a minisztérium vezetését. Nevéhez fűződik három Duna-híd átadása, valamint ő nyithatta meg a híres Szeretfalva-dédai É-erdélyi vasutat, melyet a történelem fintorként csak három évig használhattunk.

Jönnek a híres jelző mellett az inkább hírhedt miniszterek. Gerő Ernő – eredeti nevén Singler Ernő – az első igazi pártvezető, neki kapcsolata természetesen a szakmával nincsen. Moszkvából kerül vissza az országba, ahol a kommunista párt nagyon ügyesen felismeri, hogy a belügyminisztérium mellett a közlekedésügy lehet sikerágazat, nem is lehet más, hiszen a tönkretett országban fel kell építeni az utakat, vasutakat és legfőképpen a hidakat. Innen a Gerő, a hídverő elnevezés. 1956 után a Szovjetunióban élt.

A következő kommunista miniszterünk Bebrits Lajos volt, aki 7 évig is betöltötte ezt a tisztséget. Bánáti születésű, Romániában élt, majd az USA-ban, aztán a Szovjetunióból jött haza Gerővel együtt, őt váltotta.

Kossa István a következő. „Nagy tehetségű” ember lehetett, hiszen volt iparügyi, illetve pénzügyminiszter is, majd kohó és gépipari miniszter. Részt vett hazánk „vasországgá” történő átalakításában. „Ez irányú” – nem éppen sikeres – munkáját ’57 és ’63 között hat és fél éves közlekedési és postaügyi miniszterséggel jutalmazták.

Őket teljesen új szemléletű, már diplomával rendelkező pártpolitikusok követték.

Csanádi György, az ő neve mindenki előtt ismert. A szlovéniai Laibachban született, ’45-ben kapcsolódik be a politikába. Háromszor is miniszter volt, ’56-ban négy napig Nagy Imre kormányában is részt vett, bár ezt tagadta később. Ezután a MÁV vezérigazgatója, ’63-ban nevezik ki újra közlekedési és postaügyi miniszterre, ’74-ig tölti be ezt a tiszteket. Mérnök, közgazdász végzettsége volt. Nevét azokon a helyeken ahol a ’70-es években megszüntették a vasúti szárnyvonalakat – például Vas megye területén is – nem éppen pozitív értelemben emlegetik. Közlekedés koncepcióját is hamar meghaladta az idő.

Pullai Árpád is sokáig töltötte be ezt a tiszteket. Olajbányász, majd parlamenti képviselő az MSZMP-ben betöltött különféle beosztásai után lett miniszter.

Pullai Árpádot Urbán Lajos váltotta. Ő is a MÁV-tól jött. A vasutas miniszterek képviselője, államtitkári, miniszterhelyettesi beosztás után lett a minisztérium vezetője, ma is aktív résztvevője a szakmának. Működése alatt álltak le az infrastrukturális beruházások hazánkban.

A 90-es évek feldolgozása már egy másik előadás feladata.

Tisztelt Hölgyeim és Uraim! Tisztelt Hallgatóság! Remélem tudtam újat és tartalmasat mondani Önöknek, amennyiben felmerül – tisztelt kérdéseikre is szívesen válaszolok.

Köszönöm megtisztelő figyelmüket!

---

# Vasúti öszvérlemez-hídszerkezetek számítógépes tervezése

## COMPUTER AIDED DESIGN OF THE RAILWAY COMPOSITE STEEL-CONCRETE SLAB BRIDGES

Köllő Gábor<sup>1</sup>, Orbán Zsolt<sup>2</sup>  
Godja Teodor<sup>3</sup>, Mureşan Olimpiu<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Kolozsvári Műszaki Egyetem,  
<sup>2</sup>PFT, <sup>3</sup>Almara Kft., <sup>4</sup>Drumex Kft.  
Kolozsvár

### Abstract

*In this paper is presented a computer program for composite steel-concrete slab design used in railway bridge superstructures domain.*

*The “KIRON” program has been elaborated for design of the composite steel-concrete slabs with computer cross section, folded section an section with holes.*

*The computer program offers the following facilities:*

- geometrical parameters choice of the cross section;*
- characteristics calculation of the composite cross section;*
- loading and normal and shear stresses evaluation;*
- maximum deflection and connectors design.*

*This program can be useful for those who work in composite steel-concrete structures design.*

### 1. Bevezetés

#### *Lemezszerkezetekről*

Vasútvonalainkon, különösképpen a domb- és hegyvidéki vonalainkon gyakran alkalmazhatók az ún. teknőhidak 1–10 m-es nyílásig.

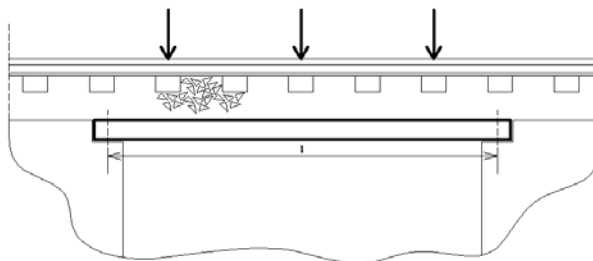
Nagy előnyük, hogy az ágyazatot rajtuk átvezetik, és így a vasúti felépítmény szerkezetében nem igényelnek változtatást.

E hídszerkezetek előnye a hagyományos vasbeton teknőhidakkal szemben – a kisebb szerkezeti magasság, a nagyobb teherbíró-képesség és a szerkezet merevsége miatt – a dinamikus hatások szempontjából kedvezőbb viselkedés.

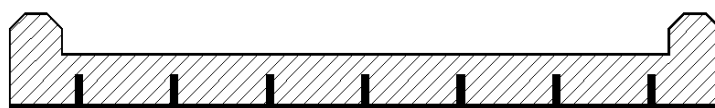
A következőkben az együttműködő acél–beton lemezhidakra alkalmazható számítógépes programot mutatunk be amely segítségével a tömör és üreges keresztmetszetű lemezek statikai és szilárd-ságtani számításait lehet gyorsan és könnyen elvégezni.

## 2. A számítási modell

A teknő-hídszerkezet hosszmetsete valamint az alkalmazható keresztmetseti kialakítást az 1. ábra mutatja be.



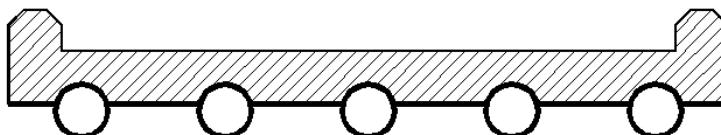
1/a. ábra



1/b. ábra

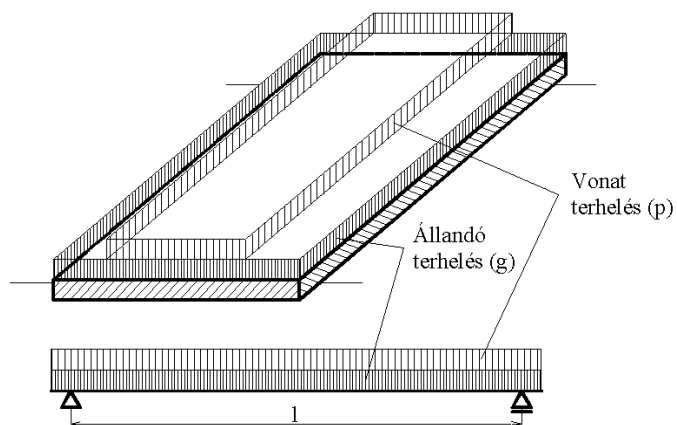


1/c. ábra



1/d. ábra

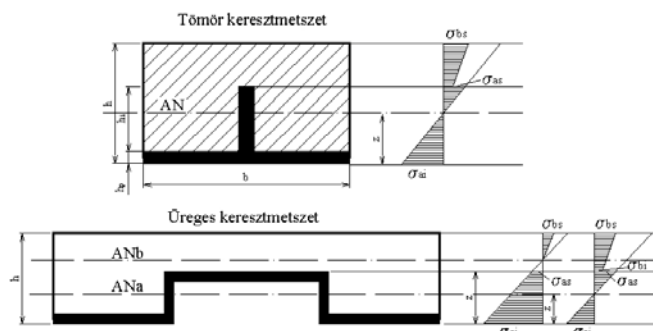
A statikai modell a 2. ábrán látható.



2. ábra



A méretezési számítások elvégzésekor feltételeztük, hogy az anyagok (beton, acél) tökéletesen rugalmasak, tehát a keresztmetszeten a feszültségeloszlás lineáris. A tömör és az üreges keresztmetszeti elem és a normál feszültség eloszlása a 3. ábrán látható.



3. ábra

A program a keresztmetszeti elemek megválasztása után meghatározza a keresztmetszeti jellemzőket amelyekre a méretezési, feszültségellenőrzési és alakváltozási számítások elvégzésekor szükség van.

Ezeket a következőképpen jelöltük:

AC = az „ideális” homogén keresztmetszet területe ( $\text{cm}^2$ );

IC = az „ideális” homogén keresztmetszet tehetetlenségi nyomatéka ( $\text{cm}^4$ );

WI, WS = az „ideális” homogén keresztmetszet keresztmetszeti modulusa ( $\text{cm}^3$ );

AB = a nyomott beton keresztmetszet területe ( $\text{cm}^2$ );

AO = acélkeresztmetszet területe ( $\text{cm}^2$ );

IO = acélkeresztmetszet tehetetlenségi nyomatéka ( $\text{cm}^4$ );

SM = a nyomott betonkeresztmetszet statikai nyomatéka ( $\text{cm}^4$ );

ICT = a keresztmetszet csavarási másodrendű nyomatéka ( $\text{cm}^4$ );

AN = semleges vonal, z semleges tengely helyzetét határozza meg (cm);

CGC = az ideális keresztmetszet súlypontja.

Ezeket a kiszámított keresztmetszeti elemeket a lemez szerkezeti magasság (H) függvényében táblázat formájában alkotunk meg. (1. táblázat)

1. táblázat

Z	AC	IC	WS	WI
AB	ZB	AO	ZO	IO
ZC	ICT	ZCO	SM	CT
H= 30 cm	B=120 cm	A= 40 cm	TI = .6 cm	N = 6.268
13.74938	416.3499	42897.71	3119.975	2639.758
1649.925	23.12531	153.12	4.432288	4923.508
16.25063	32224.52	11.81834	1809.623	2.203443E-03
H = 32 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = . 6 cm	N = 6.268
14.4286	431.7536	50423.43	3494.686	2869.631
1731.432	24.7857	155.52	4.757408	5718.105
17.5714	33814.4	12.81399	1992.832	2.064363E-03
H = 34 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = .6 cm	N = 6.268
15.09688	446.9477	58680.14	3886.905	3104.257
1811.626	26.45156	157.92	5.087842	6581.239
18.90312	35378.68	13.81528	2181.709	1.942018E-03

A keresztmetszeti elemek meghatározása az öszvérszerkezetek esetében az  $n = \frac{E_a}{E_b}$  ekvivalen-

cia tényező függvényében történik. Figyelembe véve azt, hogy a beton rugalmassági tényezője az idő függvénye (zsugorodás, kúszás) (1) éppen ezért az „n” ekvivalens tényezőt differenciálva használtuk. (állandó teher  $n_t$ , rövid ideig ható teher  $n_r$ , kifáradás  $n_f$ ) (2).

$$E_{bt} = \frac{E_b}{1 + \psi \cdot \varphi_{\infty} \cdot (1 - e^{-t})} \quad (1)$$

$\varphi_{\infty}$  = a kúszás a végtelenbe

$\psi$  = korrekciós tényező, a keresztmetszet adatainak és az igénybevételi számnak a függvénye.

$$n = \begin{Bmatrix} n_t \\ n_r \\ n_f \end{Bmatrix} \Rightarrow \begin{Bmatrix} z(n_t) & A_c(n_t) & W_i(n_t) & W_s(n_t) & I_c(n_t) & S(n_t) \\ z(n_r) & A_c(n_r) & W_i(n_r) & W_s(n_r) & I_c(n_r) & S(n_r) \\ z(n_f) & A_c(n_f) & W_i(n_f) & W_s(n_f) & I_c(n_f) & S(n_f) \end{Bmatrix} \quad (2)$$

A  $\sigma$  és  $\tau$  feszültségek a következő összefüggések segítségével számíthatók ki (3, 4, 5) ismerve az igénybevételeket, a forgatónyomatékokat  $M = \{M_g, M_p\}$  és a vágóerőt  $T = \{T_g, T_p\}$ .

$$\sigma_{bs} = \frac{M[h - z(n)]}{n \cdot I_c(n)} \rightarrow \begin{Bmatrix} \sigma_{bs}(n_t) \\ \sigma_{bs}(n_r) \\ \sigma_{bs}(n_f) \end{Bmatrix} \quad (3)$$

$$\sigma_{ai} = \frac{M \cdot z(n)}{I_c(n)} \rightarrow \begin{Bmatrix} \sigma_{ai}(n_t) \\ \sigma_{ai}(n_r) \\ \sigma_{ai}(n_f) \end{Bmatrix} \quad (4)$$

$$\tau = \frac{T \cdot S(n)}{b \cdot I_c(n)} \rightarrow \begin{Bmatrix} \tau(n_t) \\ \tau(n_r) \\ \tau(n_f) \end{Bmatrix} \quad (5)$$

A mértékadó feszültségeket az 5, 6 képletek adják meg.

$$\sigma_{bs_m} = \max\{[\sigma_{bs}(n_t) + \sigma_{bs}(n_r)], [\sigma_{bs}(n_t) + \sigma_{bs}(n_f)]\} \quad (6)$$

$$\sigma_{ai_m} = \max\{[\sigma_{ai}(n_t) + \sigma_{ai}(n_r)], [\sigma_{ai}(n_t) + \sigma_{ai}(n_f)]\} \quad (7)$$

A lehajlást a következő összefüggéssel számítottuk:

$$f = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I_c} \quad (8)$$

ahol:  $q = \{g, p\}$

A mértékadó lehajlás:

$$f_n = f_g + f_p \quad (9)$$

### 3. A program (Kiron program) leírása

Mivel az itt bemutatott három öszvérlemez nem szokványos szerkezetek [ezeket a kolozsvári Műszaki Egyetemen tervezték meg, (Köllő G. 1990)] éppen ezért szükségesnek tartjuk egy olyan számítógépes program megalkotását amely megkönnyíti ezen szerkezetek megtervezését. (KIRON program)

Mind a három bemutatott szerkezet tervezésénél alkalmazni lehet a bemutatásra kerülő programot.

A program a keresztmetszeti elemek megválasztása után a terheléseket (állandó terhek, vonat terhelés) határozza meg, lehetőséget nyitva különböző típusú vonatterhelés megválasztásához (hazai szabványok, Eurocode1).

Ezután következik az igénybevételek [nyíróerő (T), forgatónyomaték (M)] meghatározása, majd a legjobban igénybevett keresztmetszetben a program segítségével kiszámíthatók a normálfeszültségek ( $\sigma$ ) a nyomott betonövben valamint a húzott acélövben valamint a csúszó-feszültségek ( $\tau$ ) figyelembe véve szuperpozíció elvét.

Az erőtan követelmények kielégítését három állapotban kell megvizsgálni.

- rövid ideig ható terhelés esetében (vonatterhelés)
- a beton lassú alakváltozásainak és zsugorodásának figyelembe vételével
- figyelembe véve a rövid ideig ható terhelés gyakoriságát. (fáradás jelensége).

Az itt felsorolt három eset mindenképpen más-más redukáló tényezőt ( $n$ ) kell alkalmazni. Hajlított tartókról van szó tehát ún. acélra redukált ideális keresztmetszeti jellemzőkkel dolgozik a program.

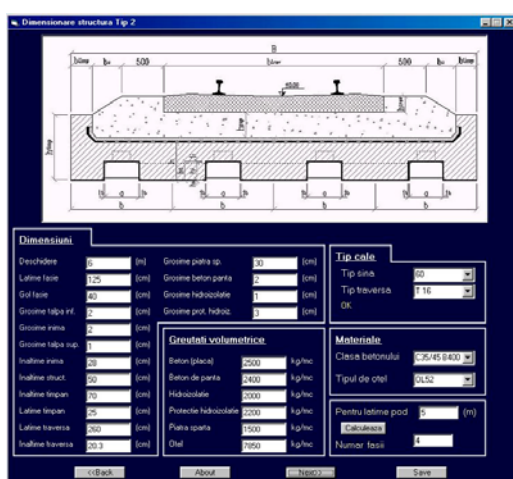
Bármelyik esetben, a különböző terhelési kombinálások után számított feszültségek ( $\sigma$ ,  $\tau$ ) elemzése után ( $\sigma_{\max} \leq \sigma_{\text{megengedett}}$ ) a program lehetőséget biztosít bármilyen változtatásra (keresztmetszet méretei, anyagok minősége, terhelés stb.) majd újravégzi az igénybevételek számítását.

Következik a lemezszerkezet maximális lehajlásának számítása és összehasonlítása a szabványok által megengedett legnagyobb lehajlással a legelőnytelenebb terhelési kombináció esetén. ( $f_{\max} \leq f_{\text{megengedett}}$ ).

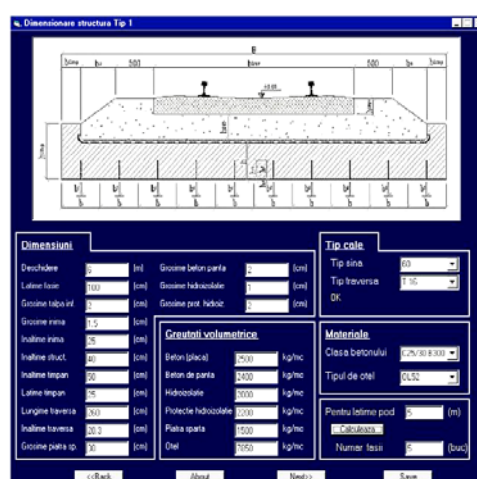
Ha ez a feltétel is teljesül a program segítségével meghatározhatjuk a lemez fél hosszúságára jutó legnagyobb csúszó-erő valamint ennek a változását és egy megválasztott kapcsolóelem (több típusú kapcsolóelem is kiválasztható) esetén, ezeknek a számát és elhelyezését a lemez hosszában.

A KIRON program könnyen alkalmazható, nem igényel magas szintű számítógép kezelő ismereteket.

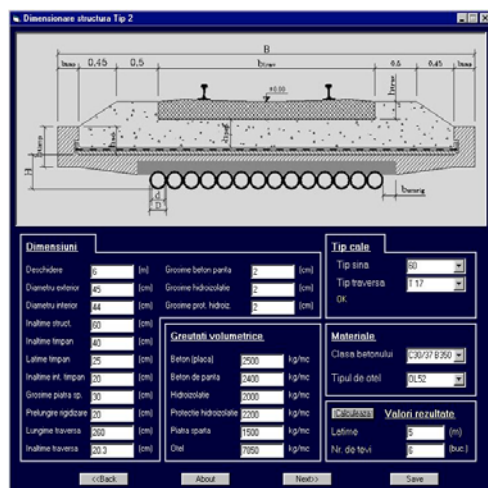
A következőkben bemutatunk néhány felhasználói ablakot.



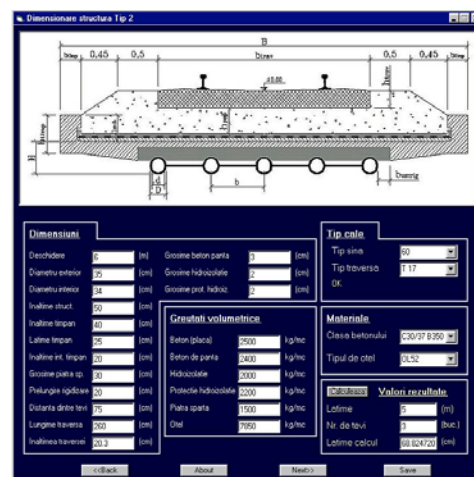
4a. ábra



4b. ábra



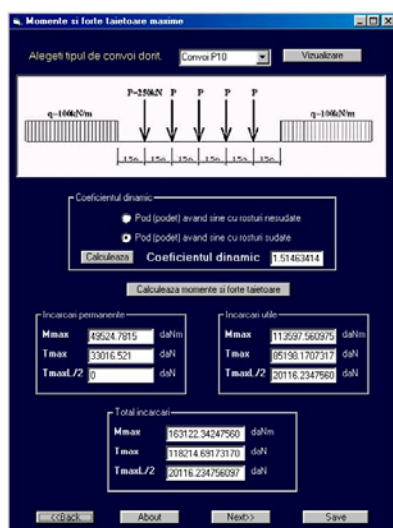
4c. ábra



4d. ábra

### Megjegyzés:

Dimensiuni – keresztmetszeti méretek, deschidere – fesztávolság ( $L$ ), lățime fâșie – ( $b$ ), gol fâșie – ( $a$ ), grosime talpă inferioară – ( $hp$ ), grosime inimă – ( $tb$ ), grosime talpă superioară – ( $ti$ ), înălțime inimă – ( $hi$ ), înălțime structură – ( $h$ ), înălțime timpan – ( $htimp$ ), lățime timpan – ( $btimp$ ), lățime traversă – ( $btrav$ ), înălțime traversă – ( $htrav$ ), grosime piatră spartă – ( $hpsp$ ), grosime beton pantă – kerétsmetszeti lejtést biztosító beton vastagsága, grosime hidroizolație – szigetelés vastagság, grosime protecție hidroizolație – védőbeton vastagság, greutate volumetrică – fajszűly, beton (placă) – lemezbe öntött beton, beton pantă - keresztmetszeti lejtést biztosító beton, hidroizolație – szigetelés, protecție hidroizolație – védőbeton, piatră spartă – zuzottkő, oțel – acél, tip cale – vágány típus, tip șină – sín típus, tip traversă – talpalj típus, materiale – anyagminőség, clasa betonului – beton osztály, tipul de oțel – acél típus, valori rezultate – számított értékek, pentru lățime pod ( $B$ ) – kerétsmetszet szélesség, număr fâșii – lemezelem szám.



5. ábra

### Megjegyzés:

Momente și forțe tăietoare maxime – maximális forgatónyomaték ( $M$ ) és nyíróerő ( $T$ ), meghatározása, alegeti tipul de convoi dorit – a megfelelő vonatterhelés kiválasztása, coeficientul dinamic – dinamikus tényező, calculează momente și forțe tăietoare - forgatónyomaték és nyíróerő számítása, încărcări permanente – állandó terhelés, încărcări utile – hasznos terhelés (vonatterhelés).

**Caracteristici geometrice ale secțiunii**

Coefficientul de echivalență "n" a betonului în oțel: 6.268567

Optional:  
Doresc să schimb clasa betonului sau tipul de oțel

**1n** *Axa neutră este în oțel*

z	23.54374334962	cm	W <sub>i</sub>	8188.112096142	cm <sup>3</sup>
I <sub>c</sub>	216626.7950959	cm <sup>4</sup>	Ac	704.8690476190	cm <sup>2</sup>
W <sub>s</sub>	3201.034511680	cm <sup>3</sup>	S	5523.790509207	cm <sup>3</sup>

**2n** *Axa neutră este în oțel*

z	28.70515515110	cm	W <sub>i</sub>	7505.814617793	cm <sup>3</sup>
I <sub>c</sub>	159835.1577504	cm <sup>4</sup>	Ac	515.4345238095	cm <sup>2</sup>
W <sub>s</sub>	5568.163033984	cm <sup>3</sup>	S	4194.705639796	cm <sup>3</sup>

**3n** *Axa neutră este în oțel*

z	31.38641568035	cm	W <sub>i</sub>	7059.024753472	cm <sup>3</sup>
I <sub>c</sub>	131393.7524632	cm <sup>4</sup>	Ac	452.2896825396	cm <sup>2</sup>
W <sub>s</sub>	4186.325504681	cm <sup>3</sup>	S	3546.331702231	cm <sup>3</sup>

6. ábra

*Megjegyzés:*

Caracteristici geometrice ale secțiunii – a jellemző keresztmetszeti elemek számítása.

**Eforturi normale și tangențiale**

**1n**

$\sigma_0$	693.673704	daN/cm <sup>2</sup>	$\tau$	271.559205	daN/cm <sup>2</sup>
$\sigma_b$	98.4754249	daN/cm <sup>2</sup>			

**2n**

$\sigma_0$	756.730393	daN/cm <sup>2</sup>	$\tau$	112.130543	daN/cm <sup>2</sup>
$\sigma_b$	81.3620930	daN/cm <sup>2</sup>			

**3n**

$\sigma_0$	350.790535	daN/cm <sup>2</sup>	$\tau$	172.977908	daN/cm <sup>2</sup>
$\sigma_b$	31.4531275	daN/cm <sup>2</sup>			

**Caz I**

$\sigma_0$	1044.46424	
$\sigma_b$	129.928552	
$\tau$	444.537114	

**Caz II**

$\sigma_0$	1107.52092	
$\sigma_b$	112.815220	
$\tau$	285.108452	

**Maxim**

$\sigma_0$	1107.52092	
$\sigma_b$	129.928552	
$\tau_{max}$	444.537114	

7. ábra

*Megjegyzés:*

Eforturi normale și tangențiale - normálfe-szültségek ( $\sigma$ ) és csúszófeszültségek ( $\tau$ ),  $\sigma_0$  – normálfe-szültség acélban,  $\sigma_b$  – normálfe-szültség betonban,  $\tau$  – csúszó feszültség.

**Verificari eforturi si sageata**

**Eforturi unitare**

$\sigma_{0adm}$	2400	daN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{0max}$	verifica
$\sigma_{badm}$	163.33	daN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{bmax}$	verifica
$\tau_{0adm}$	1380	daN/cm <sup>2</sup>	$\tau_{0max}$	verifica

**Sageata**

$f_n$	0.3091228	cm
$f_{2n}$	0.4189584	cm
$f_{3n}$	0.3365346	cm
$f_{adm}$	1.2	cm
$f_{max}$	0.7554931	cm

verifica

<<Back About Save

8a. ábra

**Verificari eforturi si sageata**

**Eforturi unitare**

$\sigma_{0adm}$	2400	daN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{0max}$	nu verifica
$\sigma_{badm}$	140	daN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{bmax}$	nu verifica
$\tau_{0adm}$	1380	daN/cm <sup>2</sup>	$\tau_{0max}$	nu verifica

**Sageata**

$f_n$	1.1538283	cm
$f_{2n}$	1.5785623	cm
$f_{3n}$	1.1110255	cm
$f_{adm}$	1.2	cm
$f_{max}$	2.6895878	cm

nu verifica

<<Back About Save

8b. ábra

*Megjegyzés:*

Verificare eforturi și săgeată – normal és csúszó feszültségek valamint maximális lehajlás ellenőrzése, eforturi unitare – feszültségek, săgeată – lehajlás.

**Conectori**

Forța de alunecare în reazem și în mijlocul deschiderii

$L_r$	217247.364	daN/m
$L_c$	51294.5166	daN/m

$L_r$	223593.643	daN/m
$L_c$	52792.9435	daN/m

$L_r$	89152.4352	daN/m
$L_c$	0	daN/m

$L_r$	306399.799	daN/m
$L_c$	51294.5166	daN/m

$L_r$	312746.078	daN/m
$L_c$	52792.9435	daN/m

$L_r$	312746.078	daN/m
$L_c$	52792.9435	daN/m

Forța de alunecare totală: 548308.533044 daN

Alegeți tipul de conectori: Rigid U12

Calculează  $L_{con}$  și Nr. de conectori

Forța de rezistență la alunecare a unui conector: 26357 daN

Nr conectori: 20 buc

<<Back About Save

9. ábra

*Megjegyzés:*

Conectori – kapcsolóelemek, forța de alunecare în reazem și la mijlocul deschiderii – a csúszóerő számítása a lemez szélső ( $L_r$ ) és középső ( $L_c$ ) keresztmetszetében, forța de alunecare totală – teljes csúszóerő a lemez fél hosszában, alegeți tipul de conectori – kapcsolóelem kiválasztása, calculează  $L_{con}$  și Nr. de conectori – a kapcsolóelem teherbírása és számának meghatározása.

Teljes csúszóerő a lemez félhosszában (daN)	Kapcsolóelem típusa	Kapcsolóelem teherbírása (daN)	Kapcsolóelemek száma
569828.71	Merev U12	26357	21
	Merev U22	42324	13
	Merev U30	54842	10
	Rugalmas kapcsolóelemek (fogak) D3,5/8	2606.5	218
	Rugalmas D3.5	3066.5	185

### Felhasznált irodalom

- [1] C. Avram, V. Bota: Strucuti compuse oțel-beton, beton precomprimat–beton aramat. Editura Tehnică, București, 1975
- [2] Dan Mateescu s.a. Construcții metalice pretensionate, Editura Academiei, București 1989
- [3] Dr. Köllő Gábor.: Nagy fesztávú közúti öszvérhídszerkezet, Közúti és mélyépítési szemle. Budapest 10 / XLVIII / 1998 október
- [4] Köllő Gábor: Considerații privind suprastructurile de deschidere mare pentru poduri rutiere din grinzi prefabricate având secțiunea mixtă oțel-beton., A VIII-a Conferință Internațională de Construcții Metalice, 25-28 septembrie 1997, Timișoara

---

# Vasúti kocsik vázszerkezetének a felhasználhatósága kisebb nyílások áthidalására helyi érdekű közúti utakon

## ROAD BRIDGE SUPERSTRUCTURES USING RAILWAY WAGON PLATFORMS.

G. Köllő<sup>1</sup>, P. Moga<sup>1</sup>, György Béla<sup>2</sup>, Șt. I. Guțiu<sup>1</sup>, C. Moga<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kolozsvári Műszaki Egyetem,

<sup>2</sup> Csíkszeredai Megyei Tanács

### Abstract

*This paper presents some modalities to perform provisional road bridge superstructures using the resistance structures of the out of use railway wagon platforms.*

*The structure of these carriages is made up by a beam grid system which consists in two main girders with variable cross section, longitudinal stringers and cross girders.*

*Some types of wagon carriages with different length and structure and two possibilities of use as road bridge superstructures are presented here.*

*This paper also presents modalities of strengthening for these platforms so that they carry out the loads corresponding to class II according to Romanian norms.*

*Thus road bridge superstructures at low costs and which take a short time to construct, can be performed.*

### 1. Bevezető

Az utóbbi évtizedben Romániában nagy számú vasúti teherszállításra használt kocsit vontak ki a forgalomból és mint ócskavasat hasznosították. Ezeknek a vasúti kocsiknak a legtöbb esetben nem a alvázszerkezete sérült, hanem a futóműve utközo es kapcsolorendszer vagy az oldalvázszerkezete.

Az alvázszerkezetek elemzése figyelembe véve ezen szerkezetek hosszát és kialakítását egy olyan elképzeléshez vezetett, hogy ezek a szerkezetek felhasználhatók kis (nyílású) fesztávú hidak felépítményeként. Annak a függvényében, hogy milyen műszaki osztályú utakon kerülnek alkalmazásra ezek a vázszerkezetek több megoldás alkalmazható:

- A szerkezetek minden megerősítés nélküli alkalmazása egy könnyű fapálya szerkezettel ideiglenes hidakként, helyi érdekű utakon.
- A szerkezet főtartóinak megerősítése (hegesztett gerinc és övlemezek hozzáadásával) megnövelve a főtartók tehetlenségi nyomatékát
- A szerkezet főtartóinak megerősítése (megnövelve a tehetlenségi nyomatékot) és átalakítása ösvérszerkezetté egy betonlemez helyszíni kivitelezésével.

Ebben a tanulmányunkban az első két megoldást fogjuk részletesen tárgyalni.

Ezen hídszerkezetek főleg mellékutakon valamint helyi érdekű utakon mint ideiglenes hidak alkalmazhatók.

A következőkben összefoglalunk egy pár tudnivalót a vasúti teherkocsik vázszerkezetéről.

A teherhordó vázszerkezetnek valamennyi vasúti járműnél megtalálható főegysége az alváz, amelyhez a jármű rendeltetésétől, szerkezeti kialakításától függően kapcsolódik a másik főegység, a szekrény.

A terhelésekből–függetlenül azok jellegétől (statikus vagy dinamikus) vagy irányától (függőleges, vízszintes irányú)–az alváza mindig jelentős, ill. teljes egész jut.

Az alváz kialakítását alapvetően befolyásolja a jármű típusa ill. rendeltetése.

### 2. Az alvázak

A klasszikus alváz hossztartókból, a két végén mellgerendákból összeállított, közbenső hossz-, kereszt- és átlós tartókkal merevített keret. Feladata a szekrény és az abban levő terhelés alátámasztá-



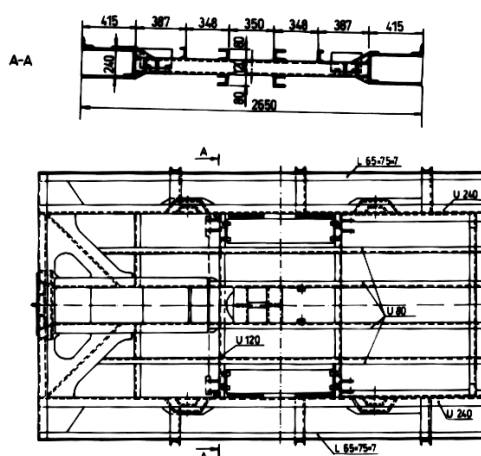
sa, fontosabb berendezések hordása, súlyuknak a hordműre való közvetítése, vízszintes erőhatások (vonzó és ütközőerők) felvétele.

A vontatott járművek alvázai – futóművek kialakításától függően – kéttengelyű vagy forgóvázas szerkezetekként csoportosíthatók.

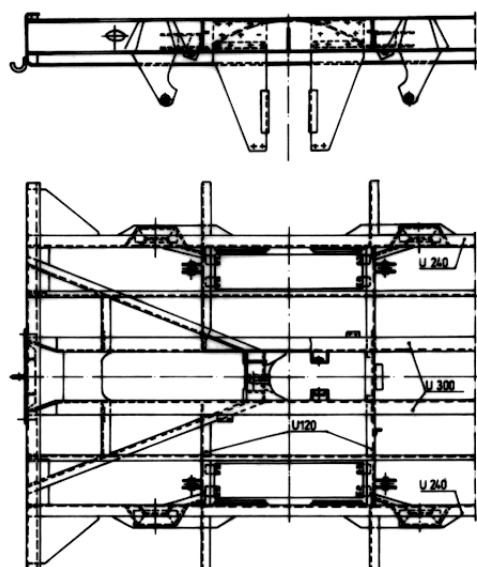
A kéttengelyű alvázakban két – általában hengerelt (U240...300), ritkábban lemezekből hajlított U szelvényű fő-hossztartó viseli a függőleges és a vízszintes terhelések legnagyobb részét.

A mellgerenda korábban azonos volt a hossztartókéval, hengerelt szelvényből készült. Az ütközőcsők növekedése, a nem átmenő vonókészülékek elterjedése, az önműködő kapcsolókészülékek bevezetése miatt az alvázvégeket főleg a mellgerendákat ma már többségében lemezből hajlított vagy hengerelt szelvényekből és lemezekből hegesztett magas-szelvényű (U350...400) tartókként alakítják ki.

Az alvázak hossz méretének, tengely távolságának növelése a szelvény méret növelését indokolná, ami azonban szerkezeti okokból (kerékátmérő, padló- és ütközőmagasság) nem engedhető meg. A szükséges keresztmetszetek megvalósítására inkább az alváz belső hossz tartóinak számát, ill. méretét szokás növelni. Az 1. ábra két hossz tartós, meg a 2. ábra négy hossz tartós alváz-vég kialakítást szemléltet.



1. ábra



2. ábra

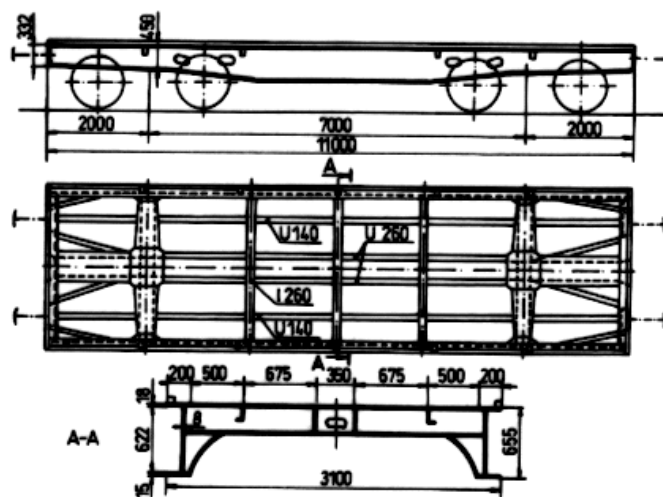
A hossztartó anyagának kihasználása akkor a legkedvezőbb, ha a konzolos, valamint az alátámasztások közötti részekben a hajlító–nyomatékok közel azonos értékűek. Amennyiben a vonó– és ütközőkészülék középvonala nincs a hossztartók mélyvonalában, a külpontosságból eredő hajlító és járulékos húzó–, nyomóerőket is figyelembe kell venni.

Növelt támaszközü járműveknél az alváz hossztartóját feszítőművel szokás merevíteni. A feszítőmű bekötését a nyomatéki zérus–helyen célszerű kialakítani. Méretezése a rácsos tartókéval azonos.

A forgóvázas teherkocsialvázak néhány elemükben eltérnek az előbb tárgyalt kéttengelyű alvázaktól. Új elem az általában szekrényes kiképzésű 8...15mm vastag lemezekből hegesztett fő–kereszttartó. A forgóvasak ezeken át kapcsolódnak az alvázhhoz.

A hossztartókat a növelt feszítávolság miatt szilárdsági és gazdaságossági megfontolásokból célszerű egyenszilárdságúra kiképezni. Ez egyrészt az övlemezek megerősítésével, másrészt a tartó gerincének fokozatos növelésével (halhastartó) valósítható meg.

Nagy raksúlyú, négytengelyű pórekocsi alvázat szemlélteti a 3. ábra.



3. ábra

A forgóalváz teherkocsik egyik jellegzetes alváztípusa a gerinctartós alváz, amely főleg az Egyesült Államokban és a volt Szovjetunióban terjedt el.

### 3. Szerkezeti anyagok és megengedhető feszültségek

A vázszerkezet tervezésekor, a várható igénybevételek, a gyártástechnológiai lehetőségek és járműjavítási adottságok figyelembevételével szükséges kiválasztani a megfelelő anyagot, a megengedhető feszültséget. Acélszerkezeteknél szinte kizárólagosan hegesztett kötések alkalmaznak.

A jó hegeszthetőség érdekében a vasúti járművek szilárdságilag igénybevett egységeit csillapított (szakítószilárdságtól függően 0,10...0,60% Si és min. 0,02% Al tartalmú, finomszemcsés, öregeedésálló) acélból kell készíteni.

Az alváz acélszerkezete a DIN szabvány szerint (a 70-es évek szabványai)

1. táblázat

Anyagminőség	Suruseg [daN/m <sup>3</sup> ]	Rugalmassági tenyező E [daN/mm <sup>2</sup> ]	Szakító szilárdság [daN/mm <sup>2</sup> ]	Folyási határ [daN/mm <sup>2</sup> ]	Nyulas [%]
St 34	7850	21000	34...42	22...19	31
St 37			38...47	24...22	25...27
St 42			42...52	26...24	23...25
St 50			50...62	28...26	19...21
RSt 37-2			37...65	24...22	26...25
RSt 37-3			37...65	24...22	26...25
RSt 46-2			45...55	30...28	24...23
St 52-3			52...62	36...34	22
Roszdalloy acél	7880	20300	62	25	40

### Biztonsági tényezők

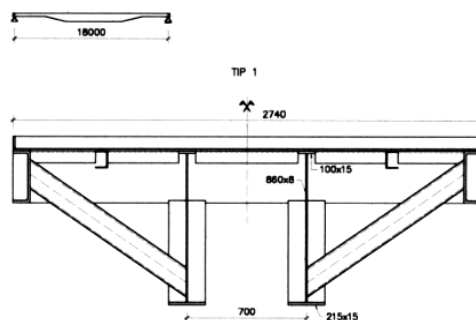
A fő és járulékos erők egyidejűsége esetén a következő biztonsági tényezőket kell alkalmazni:

- Szakítószilárdságra vonatkoztatva  $c=2,2$
- Folyáshatárra vagy  $\sigma_{0,2}$  határra  $c=1,5$
- Kifáradási határra, tartam és üzemi szilárdságra  $c=1,5$
- Ütközés és rugótörés esetére
  - szakítószilárdságra  $c=1,5$
  - folyáshatárra  $c=1,0$

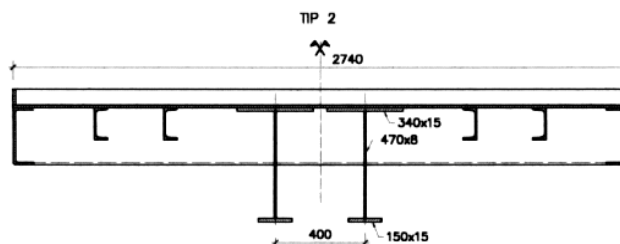
### 4. Két alvázszerkezet alkalmazhatósága mint közúti hídfelépítmény

A két alvázszerkezetet a 4 és 5 ábra mutatja be úgy síkbeli mint keresztmetszeti kialakításban.

A 4.ábrán bemutatott alvázszerkezet (TIP 1) jelöléssel láttuk el míg az 5.ábrán láthatót (TIP2) jelöléssel.



4. ábra

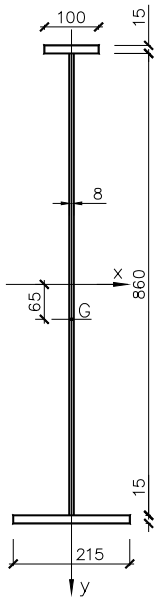


5. ábra

#### 4.1. A TIP 1 alvázszerkezet igénybevételének (teherbírásának) meghatározása.

Egy egyszerűsített szilárdsági számítást a két alvázszerkezettel feltételezve, hogy a főtartók az egyetlen teherbíró elemek amelyek a teljes terhelést átveszik.

A főtartó a 6. ábrán látható:



6. ábra

Keresztmetszeti méretek:

Keresztmetszet területe:

$$\text{Gerinclemez területe: } A_i = 68.80 \text{ cm}^2$$

$$\text{Övlemezek területe: } A_t = 47.25 \text{ cm}^2$$

$$-A_{ts} = 15.00 \text{ cm}^2$$

$$-A_{ti} = 32.25 \text{ cm}^2$$

$$\text{Összterület: } A = 116.05 \text{ cm}^2$$

Súlypont helyzete:  $y_G = 6.50 \text{ cm}$

Tehetetlenségi nyomaték

$$\text{Gerinclemez } I_i = 42\,404 \text{ cm}^4$$

$$\text{Övlemezek } I_t = 85\,540 \text{ cm}^4$$

$$\text{A teljes keresztmetszet tehetetlenségi nyomatéka } I = 127\,944 \text{ cm}^4$$

Keresztmetszeti modulus (állandó):

$$W_G = I / y_G = 2\,509 \text{ cm}^3$$

A két főtartó keresztmetszeti állandója:  $W = 2 \cdot W_G = 5\,018 \text{ cm}^3$ .

A legnagyobb forgatónyomaték amellyel a két főtartó terhelhető (igénybevehető):

$$M_{\text{cap}} = W \cdot \begin{cases} 5\,018 \cdot 1\,300 = 65,23 \cdot 10^5 \text{ daN} \cdot \text{cm} = 65,23 \text{ t} \cdot \text{m} \\ 5\,018 \cdot 1\,450 = 72,76 \cdot 10^5 \text{ daN} \cdot \text{cm} = 72,76 \text{ t} \cdot \text{m} \end{cases} =$$

Figyelembe véve, hogy ezek az alvázszerkezetek 2-3 évtizedig üzemben voltak a megengedett normál feszültséget 2 értékkel vesszük számításba:  $\sigma_a = 1450 \text{ daN/cm}^2$  és egy csökkentett  $\sigma_a = 1300 \text{ daN/cm}^2$  értékkel.

A TIP 1 alvázszerkezet önsúlyát és egy és egy 20 cm vastag fa pályaszerkezettel számolva a teljes állandó terhelés  $g = 1270 \text{ daN/m}$ .

Ebben az esetben az állandó terhelés által gerjesztett forgatónyomaték:

$$M_g = \frac{g \cdot l^2}{8} = \frac{1,27 \cdot 18^2}{8} = 51,44 \text{ t} \cdot \text{m}$$

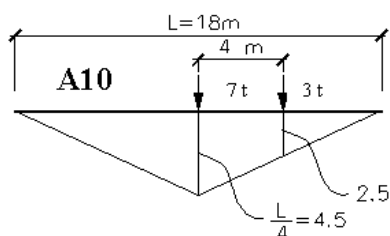
Ebben az esetben a vázszerkezet még terhelhető egy olyan terheléssel ami  $\Delta M$  forgatónyomatékot hoz létre:

$$\Delta M = M_{\text{cap}} - M_g = 65,23 - 51,44 = 13,79 \text{ t} \cdot \text{m}$$

Abban az esetben ha a vázszerkezet borító acéllemez korrózió miatt eltávolítják a  $\Delta M$  forgatónyomaték:

$$M'_g = \frac{g \cdot l^2}{8} = \frac{1.01 \cdot 18^2}{8} = 40.91 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$\Delta M' = M_{cap} - M'_g = 65.23 - 40.91 = 24.32 \text{ t} \cdot \text{m}$$



Figyelembe véve egy 18 m tartó hatásárát és az A10 jelű tehergépkocsi:

$$M = 7 \cdot 4.5 + 3 \cdot 2.5 = 39 \text{ t} \cdot \text{m}$$

Az A10 jelű tehergépkocsi által gerjesztett forgatónyomaték nagyobb mint a terhelhető nyomaték ( $\Delta M$ ) abban az esetben is amikor eltávolítottuk a felső megrozsdásodott acéllemezt:

$$M > \Delta M'$$

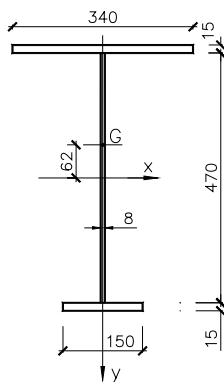
Az alvázszerkezet terhelhetőségét ( $\Delta M$ ) figyelembe véve, és a két általunk felvett megengedett feszültség ( $\sigma_a$ ) értéke függvényében a vázszerkezet mint hídfelépítmény megengedi a következő koncentrált erőket:

$$\begin{aligned} \square_a &= 1300 \text{ daN/cm}^2 & P &= 5.40 \text{ t;} \\ \square_a &= 1450 \text{ daN/cm}^2 & P &= 7.08 \text{ t.} \end{aligned}$$

Ugyanaz a számítás elvégezhető a TIP 2 alvázszerkezetre a következő eredményekkel:

$$g = 1328 \text{ daN/m}, M_g = 53,86 \text{ tm}$$

A TIP 2 alvázszerkezet főtartója a 7.ábrán látható.



7. ábra

Keresztmetszeti méretek:

Keresztmetszet területe:

$$\text{Gerinclemez területe: } A_i = 37.60 \text{ cm}^2$$

$$\text{Övlemezek területe: } A_t = 73.50 \text{ cm}^2$$

$$\text{Összterület: } A = 111.10 \text{ cm}^2$$

Súlypont helyzete:  $y_G = 6.22 \text{ cm}$

Tehetetlenségi nyomaték

$$I_i = 6\,921 \text{ cm}^4$$

$$I_t = 38\,938 \text{ cm}^4$$

$$I = 45\,859 \text{ cm}^4$$

Keresztmetszeti modulus (állandó):

$$W_G = 1\,469 \text{ cm}^3$$

$M_{\max} < M_g$ . Ez a szerkezet sem terhelhető plusz erővel.

A számítási eredmények összefoglalását a 2, 3, 4. táblázat tartalmazza.

2. táblázat

$\sigma_a$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	M [t·m]	
	TIP 1	TIP 2
1300	65.23	38.20
1450	72.76	42.60

3. táblázat

Az alvaz szerkezete	M <sub>g</sub> [t·m]	
	TIP 1	TIP 2
Felso folytonos acél lemez	51.44	53.86
Felso folytonos acél lemez nelkül	40.91	43.34

4. táblázat

$\sigma_a$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	Az alvaz szerkezete	$\sigma M$ [t·m]	P [t]
1300	Acél lemezzel	13.79	3.06
	Acél lemezzel nelkül	24.32	5.40
1450	Acél lemezzel	21.32	4.74
	Acél lemezzel nelkül	31.85	7.08

Látható, hogy ezeknek a vázszerkezeteknek (ilyen feltételek mellett: ( $\sigma_a$ , ezek a főtartók teherviselők)) nincs meg az a teherviselő képessége, hogy egy A10 jelű tehergépkocsit elbírnjon, éppen ezért javasolható a főtartók megerősítése.

Egy 18m nyílású szerkezet, amely igénybevételeit az A10 és S40 jelű terhelésekre a 5. táblázat tartalmazza. Feltételezett dinamikus tényező (A10):  $\Psi=1,2$ .

5. táblázat. Legnagyobb nyomatékok meghatározása a TIP 1 és TIP 2 vázszerkezetek esetén (A10, S40).

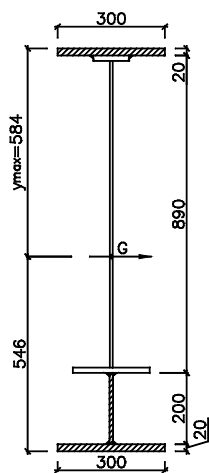
Vázszerkezet M [tm]	TIP 1		TIP 2	
	A10	S40	A10	S40
M	62.50	160.00	62.50	160.00
M <sub>g</sub> , acél lemezzel	51.44		53.86	
M <sub>g</sub> , acél lemezzel nelkül	40.91		43.34	
M <sub>g</sub> □□	126.44	211.44	128.86	213.86
M <sub>g</sub> □□	115.91	200.91	118.34	203.34

Legnagyobb nyomatékok meghatározása a TIP 1 és TIP 2 vázszerkezetek esetén (A10, S40).

#### 4.2. A főtartó megerősíthetősége.

Mivel Romániában a legkisebb terhelési osztály az A10 és S40 (teherkocsi valamint láncalpas kocs) foglalja magában, a főtartók megerősítését erre a terhelési osztályra (II) terveztük.

A TIP 1 vázszerkezet főtartójának a megerősítését két változatban a 8 és 9. ábra tartalmazza.



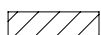
8. ábra

$$I = 538\,389 \text{ cm}^4$$

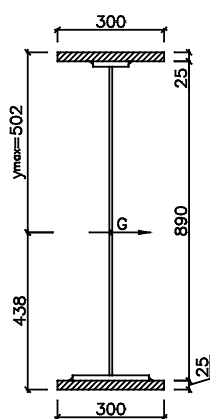
$$y_{\max} = 58.39 \text{ cm}$$

$$I_{\text{hidfelepitmeny}} = 2 \cdot I = 1\,076\,778 \text{ cm}^4 = I_{\text{hf}}$$

$$\sigma = \frac{M}{I_{\text{hf}}} \cdot y_{\max} = 1255 \text{ daN / cm}^2$$



– megerősítés



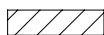
9. ábra

$$I = 444\,749 \text{ cm}^4$$

$$y_{\max} = 50.20 \text{ cm}$$

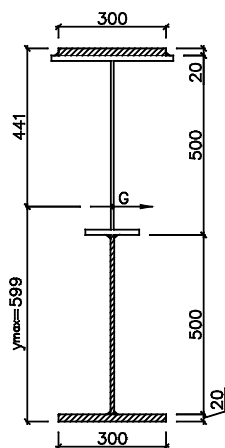
$$I_{\text{hf}} = 2 \cdot I = 889\,498 \text{ cm}^4$$

$$\sigma = \frac{M}{I_{\text{hf}}} \cdot y_{\max} = 1306 \text{ daN / cm}^2$$



– megerősítés

A TIP 2 vázszerkezet főtartójának a megerősítése (10. ábra)

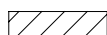


$$I=490\,467\text{ cm}^4$$

$$y_{\max}=59.89\text{ cm}$$

$$I_{hf}=2 \cdot I=980\,934\text{ cm}^4$$

$$\sigma = \frac{M}{I_{hf}} \cdot y_{\max} = 1305\text{ daN / cm}^2$$



– megerősítés

10. ábra

A lehajlások meghatározása a két típusú vázszerkezetről a következő összefüggéssel történt:

$$f = \frac{5.5 \cdot M \cdot l^2}{48 \cdot EI} \text{ megengedett lehajlás } f_a = \frac{l}{700}$$

Az eredményeket a 6.táblázat tartalmazza.

6.táblázat

	I [cm <sup>4</sup> ]	M [t·m]	lehajlás f [cm]
TIP 1	538389	56.97	1.9
	444749		2.3
TIP 2	490467	58.18	2.1

## 5. Következtetés

A vasúti alvázszerkezetek gazdaságos megoldást jelenthetnek bizonyos ideiglenes hidak felépítményének kivitelezésére. A vázszerkezetek könnyű megerősíthetősége lehetővé teszi ezek alkalmazását II terhelési osztályú hidak felépítményeként.

Minden esetben amikor ilyen vázszerkezetet alkalmazunk fel kell mérni a szerkezet alját, és egy részletes kivitelezési tervet kell készíteni.

## Felhasznált irodalom

- [1] Csére Béla. *A Vasúti Technika Kézikönyve I.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1975.
- [2] Nechita M., Köllő G. *Căi Ferate*, Ed. IPC–N 1981.
- [3] Moga P. *Intretinerea si reabilitarea podurilor metalice*. UTCN, 2002
- [4] Moga P., Gutiu St. *Poduri metalice. Îndrumător de proiect*. UTCN, 2003



---

# Környezettudatos építészet

## SUSTAINABLE ARCHITECTURE

Dr. Lányi Erzsébet

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,  
Építészmérnöki Kar, Épületszerkezzetani Tanszék

A megállíthatatlanul terjedő globalizmus világában kiemelkedő az építészek felelőssége, hiszen az építési tevékenység területfoglalása és sebessége soha nem látott méreteket öltött. A természetes és mesterséges környezet egyensúlyának megbomlására számos jel utal.

**Az előadás a fenntartható építés alapelveire** vonatkozó ismereteket szeretné átadni a Földi bioszféra tönkretételének megakadályozása reményében.

A **környezeti válság**ot a levegő-, víz- és talajszennyezés, a globális felmelegedés, a túlnépese-  
dés, az egészségügyi és társadalmi problémák, a hulladékhegyek és a fosszilis energiahordozók közel-  
gő kimerülésétől való félelem jelenti az emberek számára. Szembetűnő az esztétikai és kulturális kör-  
nyezetszennyezés is.

A **jelenségek kialakulásának okaként** a világ egyre nagyobb részén megjelenő amerikai-  
európai termelési mód és civilizációs modell szerepel, amely technológiailag innovatív, energiaigé-  
nyes, fogyasztásközpontú és a rövidtávú, maximális nyereséget tartja szem előtt. A termelés földré-  
szek között szervezett, akadálytalan pénz-, áru- és munkaerő áramlással. A társadalmi szférák egyen-  
súlya is felborult, a gazdasági szféra vált meghatározóvá.

A haladást a II. világháború után a technikai fejlődés és a fogyasztás végtelen növekedésével  
azonosították, a természet erőforrásait és hulladéktakarító képességét korlátlanak tekintették.

A „fogyasztói életformára” jellemző, hogy a mindennapi életből kiszorítja a természetet. A vá-  
rosi ember életének csaknem 85%-át zárt, belső térben tölti, minden tekintetben mesterséges körülmé-  
nyek között. Az ember már maga is mesterséges lénné válik, életét a reklámok és a „szakemberek”  
irányítják. Cserébe megkapta az oly annyira áhított kényelmet, melynek azonban ára van. A szerves  
fejlődés évmilliói után a gátlástalan technikai fejlődés gerjesztette rendkívül gyors és mélyreható vál-  
tozásokhoz az emberi szervezet nem képes alkalmazkodni, megbetegszik.

Ismert a „**beteg épület tünet-együttes**” (S.B.S.) fogalma, mely légúti megbetegedéseket, aller-  
giát, anyagcsere- és központi idegrendszeri zavarokat, daganatos megbetegedéseket takar.

A „túlsúlyossá” vált épített környezet létrehozása és használata az élet szinte valamennyi terü-  
letét érinti.

Az építési tevékenység a kitermelés, az alapanyag-, félkész- és késztermékgyártás, szállítás,  
építés, felújítás, bontás és a törmelék elhelyezés műveleteit egyaránt magába foglalja.

Az utóbbi évtizedekben kialakult építési-területfelhasználási gyakorlat nagymértékben felelőssé  
tehető a környezeti válság előidézésében.

Az építéssel a múltban is megzavartuk a természetet, de a beavatkozás lokális volt, kis mélységű  
és időben elhúzódó, így a természetnek módja volt alkalmazkodni, később visszafoglalni az elvesztett  
területeket. A különbség tehát a beavatkozás mértékében, sebességében, bonyolultságában, a pusztító  
üzleti-fogyasztói szemléletben van.

A **korszerűnek tekintett épület lineáris modell szerint működik**, azaz friss levegőt, fosszilis  
energiahordozókból előállított energiát, ivóvizet, különböző építő- és az élethez szükséges egyéb  
anyagokat fogad magába, mindezt meglehetősen rossz hatásfokkal elhasználja, majd romlott levegőt,  
füstöt, szennyvizet, zajt, szemetet és ezzel a környezetet súlyosan károsító vegyi anyagokat bocsát ki.

Új, a mostanitól eltérő módszerek alkalmazására van szükség, a környezeti katasztrófák és a  
tömeges emberi tragédiák elkerülésére.

Az ökológiát E. Haeckel 1866-ban háztartástanként definiálta, mint „az élőlényeket az őket körül-  
vevő világgal összekötő kapcsolatrendszer tudományát, amelybe beletartozik a létezés minden feltétele”.

Valóban, a természettel régebben az ember együttműködött, ma csupán nyersanyagforrásnak te-  
kinti és gátlástalanul kizsákmányolja.

---

Vissza kell térni a kooperációhoz, a felelős gazdálkodáshoz, a természet „jogainak” tiszteletben tartásához.

1994-ben, a floridai Tampában tartott C.I.B. konferencián C. Kibert szabatosan fogalmazta meg az építéssel kapcsolatos teendőket. Eszerint a fenntartható építés:

„Egészséges épített környezet létesítése és felelős fenntartása az erőforrások hatékony kihasználásával ökológiai elvek alapján.”

Azaz értelmes kompromisszumokkal, jogi-pénzügyi szabályozással, az u.n. szelíd technológiákkal előállított építőanyagok és termékek használatával és a fogyasztói magatartás legalább részleges feladásával csökkenteni kell a természet terhelését.

A fenntartható, ökológikus, energiatudatos vagy környezettudatos építés (az elnevezés rendkívül sokféle lehet) a mérnökök válasza a környezeti problémákra, amely valójában egy rendkívül összetett szemléletmódot jelent. Az építészek jelentős részének távolmaradását talán az magyarázza, hogy pusztán esztétikai kategóriaként a problémahalmaz nem kezelhető.

Környezetbarátnak azt az épületet tartjuk, amely olyan funkcionális és műszaki megoldásokat tartalmaz, amelyek az épület használatával együtt:

- összhangban vannak a környezet teherbíró képességével,
- illeszkednek a természet körfolyamataiba és
- nem károsítják az emberi egészséget.

„ÖKO - ház” az ókor óta létezik, és nem más, mint a generációk őrizte hagyományokon alapuló mesterségbeli tudás felhasználásával megvalósított épület, mely figyelembe veszi a szél, a nap, a légáramlatok, a növényzet, a vízfelületek és a természetes fény adta lehetőségeket. Régóta ismert és természetes anyagokat használ, ezeket a tapasztalatokra támaszkodva építi össze.

**A környezettudatos módszerekkel épült ház és használatának jellemzői,** a lineáris modellel szemben a minimális (elsősorban megújuló forrásból származó) energia és anyagfelvétel, jó hatásfokú felhasználás és korlátozott kibocsátás.

**A környezettudatos építés alapelvei** az alábbiakban foglalhatók össze:

- A telepítési, funkcionális és szerkezeti megoldásokat a helyi adottságokkal (topográfia, mikroklima, talajszerkezet, vízfelületek, vegetáció, állatvilág, stb.) összhangban kell kiválasztani.
- Fontos a méretek korlátozása, beleértve a „fedettség” (bolygatatlan zöld területek beépítése) minimalizálását is.
- A természeti adottságokat fel kell erősíteni, célszerű megújuló energiaforrások (nap, szél, biomassza, stb.) alkalmazása.
- A napi használatot is meg kell tervezni-szervezni, nélküle az épület nem tekinthető „ökológusnak”.
- Környezetbarát építőanyagokból, ökológikus konstrukciós elvek figyelembevételével kialakított épületszerkezetek, épületgépészeti rendszerek, alternatív építési módok használata is indokolható.
- A használat során a környezettudatos levegőháztartás, energiaháztartás, vízháztartás és anyagháztartás szempontjait kell érvényre juttatni.

A felsorolt elvek a maguk tisztaságában és teljességében ritkán valósíthatók meg.

Városi környezetben például kevés lehetőség van a természet bevonására, mégis törekednünk kell a szemléletmód érvényesítésére. Fontos feladat a meglévő épületállomány „megszelídítése”, környezetbarát felújítása.

Értelmes kompromisszumok, a megrendelők együttműködésével mindig köthetők. Lényeges a teljes-körü vizsgálata, nem jó megoldás csupán néhány önkényesen kiragadott szempont érvényesítése, pl. csak az energiatakarékosság figyelembevétele. Magyarországon is kaphatók alternatív energiákat hasznosító, takarékos gépészeti berendezések. Nyugat-Európában már kifejlesztettek és független intézetek minősítettek valóban környezetbarát termékeket és természetes építőanyagok is hozzáférhetők.

Az ismertetett módszerek alkalmazásának elvileg nincs akadálya, ennek ellenére nagyon kevés a valóban ökológikus szemlélettel készült és használt épület.

Sok a tájékozatlanságból eredő félreértés, sajnos nagyon gyakori a csöppet sem környezetbarát termékek „zöld ruhába öltöztetése”, környezet- vagy egészségkárosító voltak eltitkolása is.

---

Komoly szerepe van annak is, hogy a már említett termékek ára magasabb, mint a szokványos módszerekkel gyártottaké. Átgondolt tervezéssel, szakemberek tanácsának kikérésével a költségek csökkenthetők, illetve, pl. a takarékos energia- és vízhasználat miatt, hosszabb távon meg is térülnek.

A felsorolt szempontok maradéktalanul érvényesültek a **hagyományos parasztházak** esetében. A témával foglalkozó irodalomban gyakran szerepelnek az ökológikus építés és életmód megvalósult példáiként.

A nagyüzemi élelmiszertermelés kialakulása előtt a falu kisméretű lakó és gazdálkodó egységeként a természetes környezethez kapcsolódva működött. A terményeket helyben felhasználták (még a melléktermékeket is, pl. tetőfedő vagy fűtőanyagként), a felesleget a közelben értékesítették, a hulladékot visszaforgatták.

**Dinamikus egyensúly alakult ki a természet eltartó képessége és az emberi hasznosítás között.** Mindez teljes körű felelősséget, működő közösségeket és sajátos kultúrát hozott létre.

Az épületek telepítése, tájolása, a felhasznált és a környezetbe visszaforgatható természetes anyagok, sőt bizonyos mértékig az épülethasználat is megfelelt az említett követelményeknek.

Úgy tűnik, nem véletlen, hogy az utóbbi években a városi életmód zaklatottsága, és a szennyezés növekedése miatt, egyre többen vásárolnak meg régi falusi épületeket, melyeket korszerűsítés után lakóépületként használnak. Szaporodnak az u.n. bio - gazdaságok is. A vályog építőanyagként való alkalmazása reneszánszát éli.

A parasztházak és épületszerkezeteik tanulmányozása szűkebb szakterületem. Jó-néhány öreg épület rekonstrukcióját-korszerűsítését terveztem meg. Sokszor voltam tanúja annak a szinte gyermeki öröme, mikor a városi emberek a valóságos földdel, vízzel, növényekkel kapcsolatba kerültek.

Innen jutottam el az építés ökológikus szemléletmódjához, amit folyamatosan próbálok gazdagítani és továbbadni, többek között reguláris és fakultatív tárgyak oktatásával a Budapesti Műszaki Egyetem építészmérnök és környezetmérnök hallgatóinak.

Igaz, hogy az ökológikus elvek alapján felépült épületek fenntartása, működtetése több törődést igényel, de megéri a kényelmetlenséget.

Ha nem változtatunk a jelenlegi építési gyakorlaton környezetbarát megoldások alkalmazásával, a környezeti katasztrófa nem kerülhető el.

A természettel való együttműködés az egyetlen lehetőség, hogy megmaradjon az élet a Földön.

---

## **Intelligens telematikai megoldások a magyar autópályákon**

INTELLIGENT TELEMATIC SOLUTIONS  
ON THE HUNGARIAN MOTORWAYS/

Leinemann Tamás

Állami Autópálya Kezelő Rt., Budapest

Az Állami Autópálya Kezelő Rt. szervezetének, és tevékenységének rövid bemutatása.

Magyarország autópálya hálózata, a gyorsforgalmi úthálózat fejlesztési koncepciója, korszerű hálózatkezelés, korszerű szolgáltatás.

Az autópálya-telematika kezdeti lépései.

(rövid történeti áttekintés)

Autópálya hálózat informatikai szemmel, kommunikációs gerinchálózatok kialakítása

A pályaüzemeltetés informatikája, eszközrendszere

- Meteorológiai rendszer
- Forgalomszámláló, és értékelő rendszerek
- Videorendszer
- Vezetékes és vezeték nélküli kommunikáció

A forgalombiztonság, és az utastájékoztatás telematikai eszközei

- Segélykérő rendszerek
- Utazási információt szolgáltató eszközök az M0, M3, M7 autópályákon
- Internet

Korszerű forgalombefolyásolás az M0, M1-M7, és M3 autópályákon

- Marabu-TESCO rendszer (M0 autót, M1-M7 autópálya)
- Maestro rendszer (M3 autópálya)

Az előadás, a telematikai eszközökkel támogatott korszerű, „A” osztályú autópálya-üzemeltetést mutatja be, a gyakorlati megoldásokra helyezve a hangsúlyt.

---

# CPT használata a cölöptervezésben

## USE OF CPT IN PILE DESIGN

Mahler András

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,  
Geotechnikai Tanszék

### Bevezetés

Magyarországon mind több nagy mérnöki létesítmény megvalósítására van igény. Az egyre nagyobb beépítettség miatt fokozatosan a rosszabb általajviszonyú területek is beépítésre kerülnek. Ezek következtében a mélyalapozások, ezen belül is a cölöpalapozások szerepe a geotechnikai tervezésben növekszik. Így a cölöpök tervezésének kérdése is egyre fontosabb műszaki-gazdaságossági kérdéssé válik.

### Cölöpök teherbírásának meghatározása

A cölöpteherbírása két részből a cölöpcsúcsnál ébredő csúcscellenállásból és a cölöpköpeny mentén kialakuló köpenysúrlódásból tevődik össze:

$$F_t = F_{cs} + F_k$$

Csúcscellenállás:  $F_{cs} = \sigma_{cs} \cdot A_{cs}$

Köpenysúrlódás  $F_k = \tau_k \cdot A_k$ ,

ahol:

$\sigma_{cs}$ :	fajlagos csúcscellenállás (kPa)
$\tau_k$ :	fajlagos köpenymenti ellenállás (kPa)
$A_{cs}$ :	a cölöpcsúcs területe (m <sup>2</sup> )
$A_k$ :	a köpeny felülete (m <sup>2</sup> )

A különböző követelményekhez és elvárásokhoz igazodva számos cölöpözési technológiát dolgoztak ki. Ezek a kivitelezési technológiák (az adott talajfeltételek mellett) alapvetően befolyásolják a cölöp viselkedését a terhelés hatására. A változatos talajrétegződések a különböző fajtájú és változatos geometriai méretű cölöpök teherbírásának meghatározása komplex, összetett és bonyolult feladat.

A legmegbízhatóbb megoldás erre a feladatra a cölöpök próbaterhelése. Ekkor a tervezett helyszínen, a tervezett technológiával készült cölöp viselkedését vizsgáljuk a terhelés hatására. A próbaterhelés eredményeképpen a terhelt cölöp terhelés-süllyedés görbét kapjuk, amelyről a várható terheléserőterekhez tartozó várható süllyedésértékeket leolvashatjuk. Kétségtelenül ez a módszer szolgáltatja a legpontosabb eredményt a cölöpteherbírására, azonban néhány hátránya megnehezíti a gazdaságos használatát. Legfőbb hátránya, hogy meglehetősen költséges valamint, hogy ritkán kivitelezhető a tervezés fázisában. Legtöbbször csak a kivitelezés megkezdésekor kerülhet legelőbb végrehajtásra.

A cölöpök teherbírásának előzetes meghatározására több módszert dolgoztak ki. Több évtizeddel ezelőtt a teherbírás meghatározása szinte kizárólag tapasztalati értékek alapján történt. A cölöpök teherbírását a cölöp geometriai méretei, kivitelezési technológiája valamint a talajadottságok függvényében a korábbi tapasztalatok alapján becsülték meg. Vert cölöpök esetén a cölöp beveréséhez szükséges ütmunka függvényében ún. verési képletekkel lehet – szintén csak kivitelezéskor – a cölöp várható teherbírását meghatározni.

A cölöpök tervezése leggyakrabban az elméleti alapokon levezetett statikus képletek segítségével történik. E képletek használatának lehetőségeit azonban erőteljesen korlátozza a kiindulási adatok jellemző talajfizikai jellemzők meghatározásának pontatlansága. A laboratóriumban vizsgált talajminták feszültségállapota a fúrás, a mintavétel, a laboratóriumi előkészítés során a legnagyobb gon-

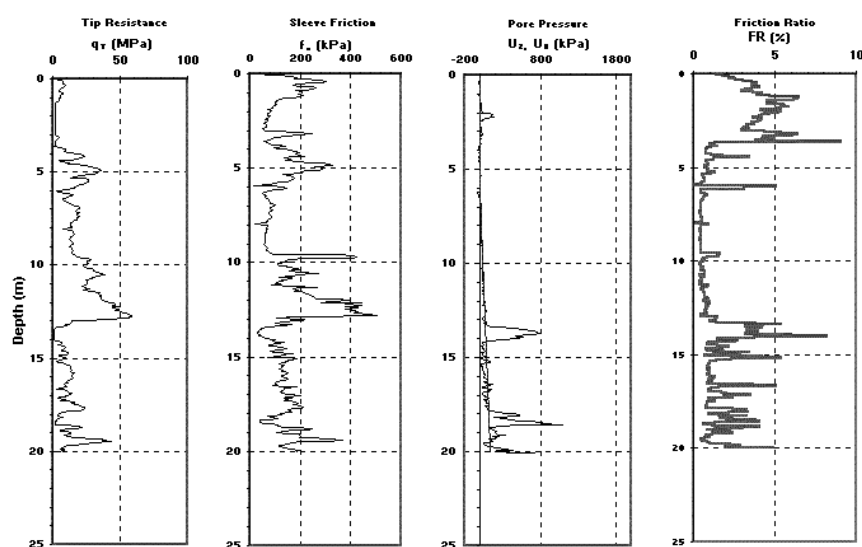
dosság mellett is megváltozik, így a mintán végzett kísérlet során nem tudjuk az eredeti talajállapothoz tartozó jellemzőket pontosan meghatározni.

A fent felsorolt módszerek korlátai, hibalehetőségei miatt az elmúlt évtizedekben előtérbe került a talaj helyszíni vizsgálata, illetve az ennek eredményein alapuló cölöpméretezési eljárások használata. A talaj helyszíni – „in situ” – vizsgálata több módszerrel lehetséges, ilyen például a dinamikus szonda (nehéz verőszonda, SPT-Standard Penetration Test), fúrószonda és a statikus szonda (CPT, CPTu). Ezen vizsgálatok közül napjainkban a pórúsvíznyomás mérésére is alkalmas statikus szonda (CPTu – Cone Penetration Test) jelenti a legelterjedtebb és leghasznosabb eszközt a geotechnikai tervezésben.

### Statikus szonda (Cone Penetration Test)

A vizsgálat során a kúpos végű, szabványos kialakítású szondacsúcsot állandó sebességgel a talajba nyomnak. A benyomódás alatt folyamatosan méri a szondacsúcs ellenállását ( $q_c$ ), a szondacsúcs mögötti rész köpenysúrlódását ( $f_s$ ), valamint CPTu vizsgálat esetén a pórúsvíznyomást ( $u$ ), és a mért értékeket a mélység függvényében ábrázolják.

A CPT szonda egy tipikus mérési eredményét mutatjuk be az 1. ábránkon.



1. ábra  
Statikus szondázás (CPTu) eredménye

A szondázás során mért értékekből – illetve ezek arányaiból – jól következtethetünk az adott mélységben fekvő talaj típusára és állapotára, vagy közvetlenül a cölöp fajlagos csúcs- és köpenymenti ellenállására.

### Cölöpteherbírás CPT eredményekből történő meghatározásának lehetőségei

A szondázási adatok feldolgozására – így a cölöpteherbírás meghatározására is – rengeteg megoldás született az utóbbi évtizedekben. Több országban a hatályos szabvány is tartalmaz előírást vagy irányelveket a statikus szondázási eredményekből történő cölöpteherbírás meghatározására.

Ezen eljárások közül három frekventán használt eljárást vizsgáltunk részletesebben:

- EUROCODE 7-3
- DIN 4014
- „LCPC” módszer

E módszereknél a cölöp fajlagos csúcs- és köpenymenti ellenállását a szonda csúcsellenállásából határozzuk meg. A cölöp fajlagos csúcsellenállását a cölöpcsúcs körüli szondaellenállást egy talajtól függő konstans értékkel szorozva (vagy osztva) kapjuk meg:

$$\sigma_{cs} = \alpha \cdot q_c$$

A különböző módszerek különbsége abban rejlik, hogy más-más zóna szondaellenállás értékeit alapul véve különböző szorzókat használva állapítják meg a cölöp fajlagos csúcsellenállását.

A számításhoz figyelembe veendő  $q_c$  értékeket a következő táblázatban foglaljuk össze:

EUROCODE 7-3	DIN 4014	„LCPC” módszer
a cölöpcsúcs felett 8,0D-től a cölöp-csúcs alatt 4,0 D-ig terjedő zónában mért $q_c$ értékek (nem arányosan) súlyozott átlaga különös figyelmet fordítva a „gyenge zónákra”	a cölöpcsúcs alatti 3D mélységű zónában a mért $q_c$ átlaga	a cölöpcsúcs felett 1,5D-től a cölöp-csúcs alatt 1,5D-ig terjedő zónában mért $q_c$ értékek átlaga

ahol D a tervezett cölöp átmérője

A képletben még szereplő  $\alpha$  értékekre mindhárom módszer esetén a talajtípusoktól és cölöp kivitelezési technológiájától függően kell felvenni.

A cölöp fajlagos köpenymenti ellenállását szintén a mért szonda-csúcsellenállást egy megfelelő konstanssal szorozva lehet meghatározni:

$$\tau_k = \alpha \cdot q_c$$

Ebben a képletben  $q_c$  a tervezett cölöp mélységéig (a köpeny mentén) mért szonda-csúcsellenállás értékek átlaga,  $\alpha$  pedig szintén a cölöp- illetve talajtípus függvényében állapítható meg.

### CPT adatokból történő cölöpteherbírás számításának megbízhatósága

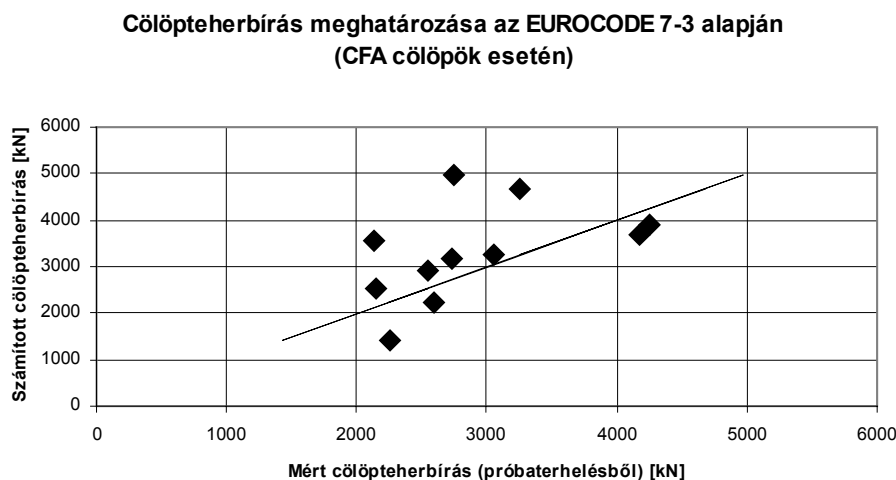
A statikus szonda gazdaságos használatának alapvető feltétele, hogy a mért adatok a megfelelő számítási módszerek kiegészülve megbízható eredményeket szolgáltatson a cölöptervezéshez.

A magyarországi felhasználási lehetőségek vizsgálatához összehasonlító számításokat végeztünk 18 nagyátmérőjű fúrt cölöp esetén. A vizsgált cölöpek Magyarország különböző részein, változatos geometria méretekkel, változatos talajfeltételek mellett készültek. A cölöpek mindegyike ún. CFA technológiával készült. Minden esetben a helyszínen, a tervezett cölöpek helyén egy-egy CPTu szondát mélyítették, majd a cölöpek teherbírását próbaterheléssel határozták meg.

Vizsgálatunk során a cölöpek teherbírását a statikus szondázás eredményei alapján a fente említett számítási módszerek segítségével „előre megbecsültük”, majd az eredményeket a próbaterhelés eredményeivel összevetettük.

### EUROCODE 7-3

A következő ábrán (2. ábra) ábrázoltuk a cölöpek mért és számított teherbírás értékeit.



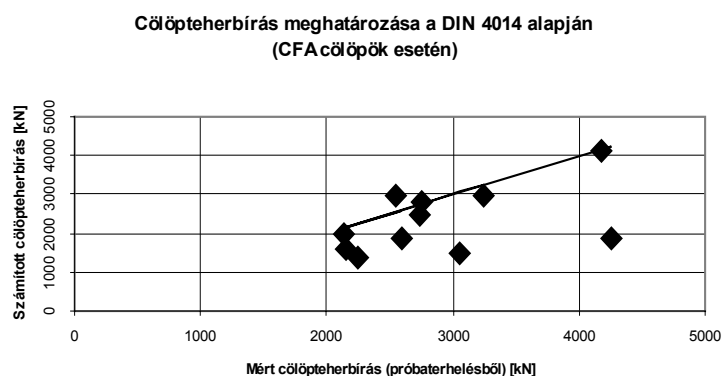
2. ábra

Az ábrán jól látható, hogy a módszer az esetek jó részében az elvárható pontossággal határozza meg a várható cölöpteherbírást, azonban néhány cölöp esetén szélsőségesen nagy cölöpteherbírási értékek adódnak a számításokból. A talajfeltételeket megnézve kiderült, hogy a túlbecsült teherbírási cölöpek mindegyike közepes vagy kövér agyagban készült, és ilyen feltételek mellett a számítási módszer a valósnál jóval nagyobb teherbírási értékeket eredményez. Tekintettel arra, hogy az EUROCODE 7-3 számítási módszere nagyon pontos értékeket ad a CFA cölöpek fajlagos csúcsellenállásának értékeire, több próbálkozás irányult a köpenymenti ellenállás számítási módszerének módosítására. A módosított számítási módszerek a jelenleginél jobb értékeket eredményeznek, de a köpenymenti ellenállás megbízhatósága még mindig nem éri el a csúcsellenállását.

#### DIN 4014

A német szabvány is – bár kizárólag fűrt cölöpek esetére – tartalmaz előírást CPT adatokból történő cölöpméretezésre. Hátránya azonban az EUROCODE 7-3-mal szemben az, hogy kötött és szemcsés talajokra tartalmaz előírásokat. Átmeneti talajok esetén a szükséges számítás kevésbé pontos eredményeket szolgáltat. A DIN 4014 szabvány szerint elvégzett számítások eredményeit az előzőekkel hasonló módon a 3. ábrán mutatjuk be.

Az ábrán látható, hogy ez a számítási módszer majdnem minden esetben alábecsüli a cölöp teherbírást, de a becült és a mért értékek közti különbségek nem olyan jelentősek, mint az EUROCODE 7-3-nál tapasztalt kirívó esetekben.

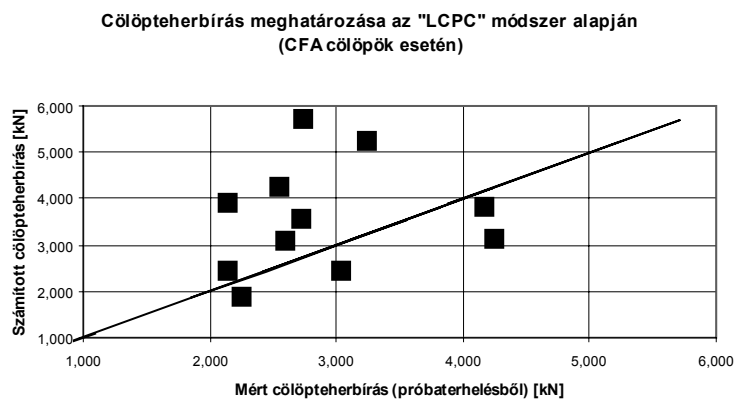


3. ábra

#### „LCPC” módszer

Ez a számítási módszer szintén nagyon elterjedt, különösen az európai gyakorlatban, a számítások eredményeit a 4. ábrán mutatjuk be.





4. ábra

A számítás eredményeinek szórása ennél a módszernél nagyobb, mint a két előbb vizsgált esetben. Ennek oka összetettebb, mint az EUROCODE 7-3 esetében, azonban számítások kb. felénél tapasztalt valósághoz közeli értékek biztatónak mondhatóak.

### Összefoglalás

A bemutatott ábrák alapján megállapítható, hogy a jelenlegi formában ezek az eljárások megfelelő adaptáció nélkül nem alkalmazhatóak gazdaságosan a cölöpök tervezéséhez. Meg kell azonban jegyezni, hogy kis módosításokkal a magyar tervezési és kivitelezői gyakorlathoz lehet „igazítani” az eljárásokat és azok a geotechnikai tervezés hasznos eszközei lehetnek.

### Irodalomjegyzék

- [1] Farkas, J., (1995) Nagy átmérőjű fűrt cölöpök teherbírásának kérdései I.. Közlekedésépítés- és mélyépítés-tudományi szemle. V: 45 2: 75-86
- [2] Farkas, J., (1995) Nagy átmérőjű fűrt cölöpök teherbírásának kérdései II.. Közlekedésépítés- és mélyépítés-tudományi szemle. V: 45 3: 96-104
- [3] Campanella, R.G., Robertson, P.K., Davies, M.P., A.SY, (1989) Use of in situ tests in pile design. Proceedings, 12<sup>th</sup> International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Rio de Janeiro Vol. 1, pp. 199-203
- [4] Lunne, T., Robertson, P.K., Powell J.P.J. (1995) Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice

---

# Kerékpárutak és -sávok csomóponti átvezetésének biztonsági vizsgálata

## BICYCLE SAFETY ANALYSES AT INTERSECTIONS

Makó Emese

Széchenyi István Egyetem,  
Közlekedésépítési és Településmérnöki Tanszék, Győr

### Abstract

*The paper gives an overview of the safety analysis of bicycle traffic at 16 junctions in Győr, Hungary. In the first phase the existence and use of bicycle lamps was surveyed. More than 43 per cent of the bicycles had no lights at all. In the second part of the survey conflicts between bicycles and other road users were observed. Six most typical conflict types were identified. The results can be used for improving junction design.*

### 1. Bevezetés

A kerékpáros biztonság javításának érdekében az utóbbi években a kerékpárutak, ill. sávok hossza számottevően növekedett Magyarországon. Ezek az intézkedések azonban csak bizonyos típusú baleseteket előznek meg. A konfliktusok jelentős része ugyanis ott történik, ahol a kerékpárosok keresztezik a gépjárművek útját, tehát a csomópontokban.

### 2. A vizsgálat

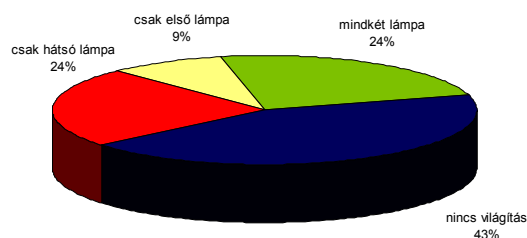
A munka célja a kerékpárutak csomóponton való átvezetésének biztonsági vizsgálata volt győri példákon keresztül.

A vizsgálatban 16 csomóponttal foglalkoztunk, amelyekben 2000. őszén és 2001. tavaszán forgalomszámlálásokat, konfliktusvizsgálatokat és más helyszíni megfigyeléseket végeztünk. A csomópontok között szerepelt jelzőlámpás, jelzőtáblás és körforgalmú irányítású is. A kiválasztásban a személyes tapasztalatokon kívül a város baleseti ponttérképe segített.

#### 2.1. A csomópontok közvilágításának és a kerékpárok kivilágításának megfigyelése

Tapasztalataink azt mutatták, hogy a kerékpárok jó része nem felel meg a biztonságos esti közlekedésnek. Ahhoz, hogy pontosabb képet kapjunk, készítettünk egy felmérést. Este 19 és 20 óra között 16 helyszínen megfigyeltük a csomópontot érintő, keresztező kerékpárosokat.

Az eredmény eléggé elszomorító. A kerékpárosok csupán egynegyede szerelte fel járművét megfelelő, első és hátsó lámpával. A kerékpárok **43 %-a**, vagyis majdnem minden második kerékpár egyáltalán **nem rendelkezik világitással!**



1. ábra

*A kerékpárok kivilágításának százalékos megoszlása*

## 2.2. Szabályos és szabálytalan kerékpármozgások feljegyzése, konfliktusvizsgálat

A kerékpárosok magatartási szokásainak megfigyelése azért volt fontos, mert ha egy csomópont adott pontján sok szabálytalan mozgás tapasztalható, ott nagy valószínűséggel a közlekedés feltételeivel van probléma.

A vizsgálatot 11 kiválasztott csomópontban végeztük, minden helyszínen 2-2 órában, a délutáni csúcsórákban. Mindegyik csomópontnál kiszámoltuk a következő két tényezőt:

Szabálytalansági szint

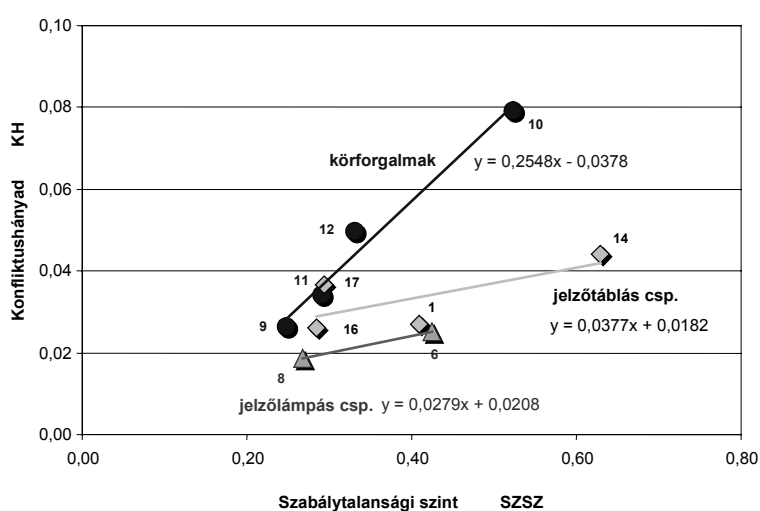
$$SZSZ = \frac{\text{kerékpáros szabálytalanságok száma}}{100 \text{ kerékpáros}}$$

Kerékpáros konfliktus hányad

$$KH = \frac{\text{kritikus kerékpáros szituációk száma}}{100 \text{ kerékpáros}}$$

1. sz. táblázat Kerékpárosok, szabálytalanul közlekedők, megfigyelt konfliktusok száma

Csomópont	összes kerékpáros	szabály-talan	konfliktus	SZSZ	KH
Hédervári út - Rónai u.	670	274	18	0,409	0,0269
Szigethy A. út - Tihanyi Á. út	989	420	25	0,425	0,0253
Szigethy A. út - Zrínyi u.	487	130	9	0,267	0,0185
Szent Imre út - Szauter u.	530	277	42	0,523	0,0792
Metro bek. út - Királyszék út	149	26	2	0,174	0,0134
Hédervári út - Pöltenberg u.	181	114	8	0,630	0,0442
Czuczor - Bajcsy Zs. u.	768	219	20	0,285	0,0260
Szent Imre út – Magyar u.	379	94	10	0,248	0,0264
Nagy Imre út – Szauter u.	117	34	4	0,291	0,0342
Tihanyi Á. út – Magyar u.	121	40	6	0,331	0,0496
Fehérvári út – Vágóhíd u.	191	56	7	0,293	0,0366



2. ábra

A csomópontok szabálytalansági szintjének és konfliktushányadának összefüggése

---

A 2. sz. ábra a csomópontok szabálytalansági szintjének és konfliktushányadának összefüggését mutatja. Jól látható, hogy a különböző módon irányított csomópontok halmazai jól elkülönülnek.

Mind a három forgalomirányítási mód esetén jól látható lineáris összefüggés van a szabálytalansági szint és konfliktushányad között. Ez a szoros összefüggés arra utal, hogy a konfliktusok mellett érdemes a jóval nagyobb számban előforduló szabálytalan mozgásokat is bevonni a további elemzésekbe.

A körforgalmak egyenese helyezkedik el legfőlül, ami azt jelenti, hogy bizonyos számú szabálytalan mozgáshoz itt párosul a legnagyobb számú konfliktus.

A jelzőtáblás csomópontok egyenese jóval alacsonyabban helyezkedik el és laposabb is (merektsége csupán 1/7-e a körforgalmakénak). A kisebb számú konfliktusok súlyossági foka azonban nagyobb a körforgalmaknál regisztrált kritikus szituációknál.

A vizsgálatból levonható fontos megállapítás, hogy a szabálytalansági szint minden csomóponton igen magas: a kerékpárosok negyede - fele szabálytalanul közlekedik (ez az arány nem tartalmazza a lámpa nélküli közlekedést).

### 3. Összefoglalás

Mind a három forgalomirányítási mód esetén jól látható lineáris összefüggés van a szabálytalansági szint és konfliktushányad között. Ez a szoros összefüggés arra utal, hogy a konfliktusok mellett érdemes a jóval nagyobb számban előforduló szabálytalan mozgásokat is bevonni a további elemzésekbe.

Javaslatokat tettünk az egyes konkrét helyszínek kialakítására vonatkozóan. A javasolt intézkedések más hasonló csomópontokon is alkalmazhatók lehetnek. A használhatóság elősegítése érdekében az intézkedéseket csoportosítottuk a kerékpárforgalomra gyakorolt hatás szempontjából.

A csoportosítás egyik szempontja éppen a szabálytalanságokhoz való viszony volt. Ha az adott létesítményt a kerékpárosok negyede-fele szabálytalanul használja, akkor nem várható, hogy csak tiltó intézkedésekkel célt lehet érni. Ezért mindenképpen nagy hangsúlyt kell kapniuk az olyan intézkedéseknek, amelyek igazodnak a szabálytalanságokhoz, azaz úgy előzik meg azokat, hogy a kínálatot igazítják a kerékpárosok megfigyelt mozgásához.

### Irodalomjegyzék

- [1] Kerékpárutak és -sávok csomóponti átvezetésének biztonsági vizsgálata, Makó Emese; ÁKMI 2000.
- [2] A kerékpáros balesetek elemzése a kerékpárforgalmi létesítmények típusai, forgalma figyelembevételével, fejlesztési célkitűzések megalapozása céljából. dr. Szilháti Sándor Közlekedéstudományi Intézet
- [3] Kézikönyv a forgalmi konfliktustechnika alkalmazásához ÁKMI Összefoglaló jelentés, Közlekedéstudományi Intézet, Jákli Zoltán
- [4] Magyarországi kerékpáros forgalom futásteljesítményének, szezonálisának és egyéb jellemzőinek vizsgálata ÁKMI Összefoglaló jelentés, DUNA-BIT Bt., Perjés Tamás, Rékai Gábor, 2000.
- [5] Kerékpárforgalmi létesítmények tervezési útmutatója és útbaigazító jelzésrendszere ÚT 4-1.203 Útügyi Műszaki Ajánlás; 1995

---

## Az osztott biztonsági tényező méretezési képlet továbbfejlesztési javaslata

### PROPOSAL FOR IMPROVEMENT OF DESIGN FORMULA OF PARTIAL SAFETY FACTOR DESIGN METHOD

Dr. Medved Gábor

Nemzeti Autópálya Rt., Budapest

#### Bevezetés, előzmények

A méretezési szabályzatokban a kezdetben alkalmazott eljárás, amely megengedett feszültséges módszerként ismert, a méretezési (avagy az ideális) terhekből számított feszültség ( $\Sigma \sigma_i$ ) értékére egy felső határt engedett meg (megengedett feszültség,  $\sigma_{eng}$ ), melyet az anyagellenállás egy jellemző értékéből (pl. a folyási határból) vezetett le egy biztonsági tényezővel osztva. Képlet formájában

$$\sum \sigma_i = \sum \sigma_G + \sum \sigma_Q \leq \sigma_{eng} = \frac{R_m}{\gamma} \quad (1)$$

ahol  $R_m$  az anyagellenállás jellemző értéke és  $\gamma$  a biztonsági tényező.

$\gamma = \frac{R_m}{\sigma_i}$

Az eljárás biztonsági tényezője egy fiktív érték  $\gamma = \frac{R_m}{\sigma_i}$ , amellyel szemben a valódi biztonságot a  $\gamma_{valos} = \frac{\sigma_{toro}}{\sigma_{valos}}$  hányados fejezi ki, ahol  $\sigma_{toro}$  a tönkremenetelt okozó feszültség,  $\sigma_{valos}$  pedig a valódi feszültség. Nyilvánvaló, hogy a fiktív és a valódi biztonság nem azonos, tehát  $\gamma \neq \gamma_{valos}$ .

Az eljárás számos problémát vetett fel. Az arányossági határ felett a feszültségek nem lineárisan arányosak a terhekkel, így tehát megválaszolatlanul maradtak a következő kérdések. Mekkora a valódi biztonság? Mekkora a megkívánt biztonsággal megengedhető legnagyobb terhelés? Milyen nagy a törő terhelés? Az említett bizonytalanságok a módszer korai kritikáját váltották ki, amelyben magyar mérnökök is jeleskedtek.

Az IABSE (International Association for Bridge and Structural Engineering = Nemzetközi Híd- és Szerkezetépítési Egyesület) bécsi konferenciáján 1929-ben Kazinczy Gábor felvetette, hogy a szerkezetek biztonságának koncepciója nem világos. Javasolta, hogy a szerkezeteken működő különböző erőhatásokat (állandó és esetleges teher, szélterő, stb.) különböző tényezőkkel kell megszorozni, és a szerkezetet e hatások összegére kell méretezni. *Ez az osztott biztonsági tényező méretezési módszer alapjait adta.*

Az IABSE 1936-os berlini és az 1948-as liège-i kongresszusain többen is foglalkoztak a témával. Közülük a dán A. J. Moe egy méretezési képletet javasolt, amely Kazinczy gondolatán alapult:  $\mu_g \sigma_g + \mu_p \sigma_p \leq \mu_B \sigma_F$ , ahol az ellenállás oldali biztonsági faktor  $\mu_B = 0,75$ , a teher oldali tényezők értéke pedig  $\mu_g = 1,2$  és  $\mu_p = 1,8$  volt. *Ez tekinthető az osztott biztonsági tényező méretezési módszer első képletének.*

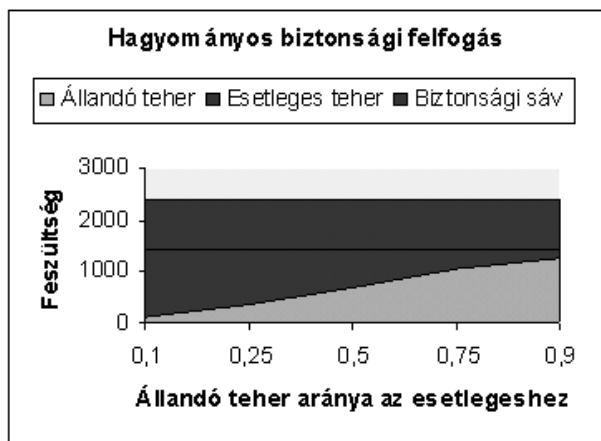
Korányi továbbfejlesztette az elméleti háttérrel és a tényezők felépítését. Úgy vélte, hogy a tényezőknek valószínűségelméleten kell alapulniuk. Bevezette a *biztonság új koncepcióját*, valamint az *egyenlő biztonság* gondolatát. A biztonság régi felfogása szerint a törőtehernek az állandó és az esetleges teher összegével szemben kell biztonsággal nagyobbak lennie. Képlettel kifejezve:  $\gamma = \frac{S_D}{S_g + S_p}$ .

Korányi rámutatott viszont arra, hogy az állandó teher hirtelen és ellenőrizetlen megnövekedésnek gyakorlatilag nagyon kicsi a valószínűsége, a biztonságot tehát az esetleges teherrel szemben kell ki-

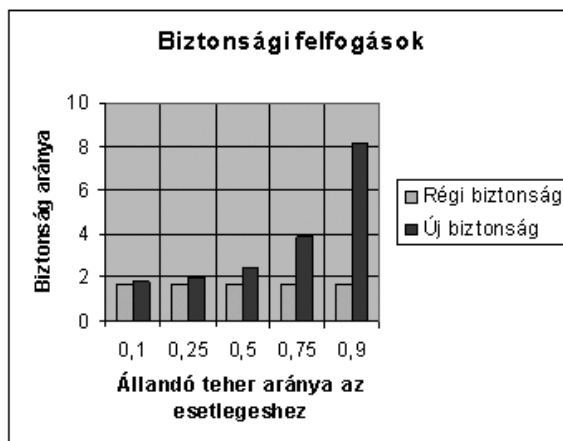
mutatni, amelynek az értéke könnyen és ellenőrizhetetlenül változhat. A biztonság új felfogásának képlete így  $n = \frac{S_D - S_g}{S_p}$  formát ölt.

A régi biztonsági felfogás szerint úgy tűnhet, hogy a tönkremenetellel szembeni biztonság (biztonsági margó szélessége) azonos bármely teheraránynál, amint az 1. ábrán látható. Korányi szerint ez tévedés.

A régi és az új biztonsági koncepció összehasonlítása jól látható a 2. ábrán. Ha az állandó teher aránya nagyon kicsi az esetleges teherhez képest, a két felfogás nem mutat különbséget. De ha az állandó teher aránya nagy az esetleges teherhez képest, akkor a biztonság az új felfogás szerint sokkal nagyobb, mint a régi szerint.



1. ábra



2. ábra

Korányi érdeme volt, hogy az osztott biztonsági tényezős méretezési módot első ízben az 1951. évi Vasúti Hídszabályzatban, majd ezt követően az 1956. évi Közúti Hídszabályzatban bevezették Magyarországon. Ezek a magyar alkalmazások világviszonylatban is úttörő jellegűek voltak, mivel csak 1947-ben a Szovjetunióban magasépítési szerkezetek méretezésére bevezetett eljárás előzte meg őket (lásd [2] 1257. old.). Magyarországon a határállapoton alapuló osztott biztonsági tényezős méretezési módot alkalmazták tehát *egyenlő biztonság elvén alapuló méretezési mód* elnevezéssel.

### A határállapoton alapuló méretezési mód

A határállapoton alapuló méretezési mód lényegében véve a terheket és az anyagellenállást valószínűségelméleti alapon kezeli, és a nem kívánt állapot bekövetkeztét bizonyos minimális valószínűsűgre redukálja. A határállapoton alapuló méretezési mód nem jelent szükségszerűen osztott biztonsági tényezős módszert is egyben. Egységes biztonsági tényező esetén az (1) méretezési alapképlet formájában változatlan, de a benne szereplő tagok értelmezése megváltozik [2,4]. Nyilván ez az oka, hogy az értelmezésbeli különbségek a gyakorló mérnökök számára sokszor rejtve maradnak.

Osztott biztonsági tényező esetén a méretezési képlet a következők szerint alakul [1, 4]:

$$F_k \gamma_F \leq R_L = \frac{R_k}{\gamma_L} \quad (2)$$

Az egyenlőtlenség baloldala a mértékadó teher, ahol  $\gamma_F$  a teher biztonsági tényezője. Az egyenlőtlenség jobboldala a teherbírási határállapot, ahol  $R_k$  az anyagszilárdság valamely százalékos küszöbértéke,  $\gamma_L$  pedig az anyagra vonatkozó biztonsági tényező. E képletben a teher oldalon még mindig csak egy biztonsági tényező szerepel, ebben a formában nem is szokásos használni. Lehetséges viszont minden teherfajtára (saját tömeg, jármű, szélteher, stb.) valamint a lehetséges teher kombinációkra külön-külön biztonsági tényezőt alkotni. Ez a megoldás vezet az egyenlő biztonság elvén alapuló méretezési módszerhez. A képlet alakja ez esetben

$$\sum \gamma_G G_K + \sum \gamma_Q Q_K \leq R_L = \frac{R_K}{\gamma_L} \quad (3)$$

ahol  $\gamma_G$  az állandó terhek részleges biztonsági tényezője,  $\sum G_K$  az állandó terhek hatásainak összege,  $\gamma_Q$  az esetleges terhek részleges biztonsági tényezője,  $\sum Q_K$  az esetleges terhek hatásainak összege,  $R_L$  a teherbírási határállapot, mint fenn. A képlet felírható feszültségekkel is mivel modern szerkezetekben nem mindig lehet igénybevételekkel (nyomaték, normál- vagy nyíróerő) számolni.

$$\gamma_G \sum \sigma_{GK} + \gamma_Q \sum \sigma_{QK} \leq \sigma_H \quad (4)$$

ahol  $\sum \sigma_{GK}$  és  $\sum \sigma_{QK}$  az állandó ill. az esetleges terhekből számított feszültség,  $\sigma_H$  pedig a határfejtés. A többi jelölés, mint fentebb.

A (3,4) képletekkel az osztott biztonsági tényező mértezési mód alapján végzett számítások elvi előnye közismert. A híd- ill. tartószerkezet minden alkotó elemében az állandó és esetleges jellegű terhekkel szembeni biztonsági tartalék elvben azonos, az egyes tartóelemek nincsenek sem alul-, sem felülméretezve. A megengedett feszültséges mértezési mód ellen – elvi korszerűtlensége mellett – éppen az szűrt, hogy az esetleges teherhez viszonyított nagy saját tömegű tartóelemekben (pl. főtartó) a saját tömeg véletlen jellegű megnövekedésével (túlterhelés) szemben is pontosan akkora biztonsági tartalék állt szemben, mint az esetleges terhek megnövekedésével szemben. Pedig a saját tömeg véletlen jellegű megnövekedésének sokkal kisebb a valószínűsége, mint az esetleges terhekének, így tehát ez a tartóelem a gyakorlatban gazdaságtalanul túlméretezett volt. Ebből kifolyólag a kis saját tömegű tartóelemek biztonsági tartaléka az esetleges terhek véletlen jellegű megnövekedésével szemben kisebb volt, mint a nagy tömegűeké (pl. hossztartó szemben a főtartóval).

A mindennapi mérnöki gyakorlatban a (3,4) képletekkel az osztott biztonsági tényező mértezési mód alapján végzett számítások bizonyos nehézségeket is mutattak.

- Kissé kellemetlen volt, hogy a képletek baloldalán nem a valóságos igénybevételek ill. feszültségek jelentek meg, hanem azok biztonsági tényezővel felszorozott értékei. Ez elvi nehézséget nem jelentett, legfeljebb a "mérnöki érzék" zavarta.
- Elvi nehézségek mutatkoztak viszont azokban az esetekben, amelyekben feszültségek algebrai vagy vektoriális összegzését kellett elvégezni, s ezek a feszültségek különböző hatásokból (pl. esetleges teher és feszítőerő) keletkeztek. A feszítőerő biztonsági tényezővel való felszorozása elvileg helytelen és indokolatlan, a belőle eredő feszültség és a biztonsági tényezővel felszorozott állandó és esetleges teherből származó feszültség összegzése pedig erőtanilag hamis eredményt ad. Ez a gond minden olyan szerkezetben és szerkezeti elemekben megjelenik, amelyben feszítés előfordul (pl. feszített beton- és acélszerkezet, öszvérhíd, ferdekábeles híd, feszített csavar).
- Acélszerkezetek fáradása esetén ugyancsak elvi nehézségek mutatkoztak. Fáradás esetén igénybevételekben (erő, nyomaték) gondolkozni értelmetlen, még a feszültség sem igazán helyes elvileg. A megfelelő kategória a törésmechanikából ismert feszültségintenzitási tényező lenne. A biztonság koncepciója is bonyolultabb, mivel lehet ugyan biztonsági margót tartani a mértezési feszültséggel szemben, de talán helyesebb lenne a biztonsági tartalék a töréshez vezető terhelésméltási számmal szemben, azonos feszültség szinten.

A fentebb említett okok következtében az 1967-68. évi Közúti Hídszabályzat egyes fejezeteiben visszatértek a határállapoton alapuló, de egységes biztonsági tényezőt alkalmazó mértezési módhoz. Ezen a későbbiekben sem változtattak, így az ma is az egységes biztonsági tényező mértezési módszer alkalmazza az (1) képletnek megfelelő alakban a feszített betonszerkezetek és az acélszerkezetek esetében. (A módszer megengedett feszültséges mértezési módnak nevezi, de az elnevezés helyessége azon múlik, hogy az anyagellenállás oldalt valószínűségelméleti alapon kezelve határállapotból vezet-e le vagy a hagyományos módon.) Ez a megoldás kiküszöböli ugyan az említett nehézségeket, de egyben az egyenlő biztonság elvén alapuló mértezési módból fakadó előnyök elvesztését is jelenti. Sőt, ezen túlmenően elvi inkonzisztenciát és teherbírási különbségeket is létrehozott a közúti hídállomány egyes egységeinek biztonsági filozófiája tekintetében.

Miután az egységes európai műszaki szabályozások – s benne az EUROCODE – kérdése napirenden van, talán nem érdektelen annak megvizsgálása, hogyan lehet a szerkezettervezési gyakorlat-

ban tapasztalt méretezési nehézségeket kiküszöbölni, s egyúttal az egyenlő biztonság elvén alapuló méretezési módból fakadó előnyöket is megtartani.

### Javaslat az osztott biztonsági tényezős méretezési képlet továbbfejlesztésére

Első pillantásra nyilvánvaló, hogy az (1) és a (4) képletek baloldalai semmiféle konstans szorzótényező bevezetésével nem tehetők azonossá. Tételezzük fel azonban, hogy az azonos matematikai és műszaki tartalom egy egyszerű függvénykapcsolat megtalálásával létrehozható. Feltesszük tehát, hogy

$$f(x)(\sum \sigma_{GK} + \sum \sigma_{QK}) = \gamma_G \sum \sigma_{GK} + \gamma_Q \sum \sigma_{QK} \quad (5)$$

ahol

$$x = \frac{\sum \sigma_{QK}}{\sum \sigma_{GK}} \quad (6)$$

az esetleges terhekből számított feszültségek összege az állandó teherből számított feszültség összegéhez viszonyítva. Az egyszerűség kedvéért a továbbiakban a summa jelet elhagyva a levezetés következő lépései

$$f(x)(\sigma_{GK} + x\sigma_{GK}) = \gamma_G \sigma_{GK} + x\gamma_Q \sigma_{GK}$$

$$f(x)\sigma_{GK}(1+x) = \sigma_{GK}(\gamma_G + \gamma_Q x)$$

Innen pedig  $f(x)$  közvetlenül kapható

$$f(x) = \frac{\gamma_G + \gamma_Q x}{1+x} \quad (7).$$

A (4) méretezési alapképlet pedig módosított formában (visszaállítva a summa jeleket)

$$\frac{\gamma_G + \gamma_Q x}{1+x} (\sum \sigma_{GK} + \sum \sigma_{QK}) \leq \sigma_H \quad (8)$$

Amennyiben a baloldali törtet átvisszük az egyenlőtlenség jobb oldalára

$$\sum \sigma_{GK} + \sum \sigma_{QK} \leq \frac{1+x}{\gamma_G + \gamma_Q x} \sigma_H \quad (9)$$

a fenti (9) képletet kapjuk. A (9) képlet baloldala az állandó és az esetleges terhekből származó feszültségek összegét tartalmazza parciális biztonsági tényezők nélkül. A baloldal tehát azonos a megengedett feszültséges méretezési alapképlet baloldalával. A (9) képlet jobboldalán viszont a határfeszültség található, megszorozva egy törttel, melyben  $x$  az esetleges terhekből számított feszültségek összegének és az állandó teherből számított feszültségek összegének hányadosa. Kiszámításakor a feszítőerőből származó feszültség figyelmen kívül hagyandó.

A (8,9) képletek tehát műszaki tartalmukat tekintve a határállapoton alapuló osztott biztonsági tényezős méretezési mód méretezési alapképletei matematikailag kissé módosított alakban. Ugyanakkor a (9) képlet baloldala tartalmában és formájában azonos a megengedett feszültséges méretezési alapképlet baloldalával. A szerkezetek erőtanai számításában tehát a tervező teljesen a megengedett feszültséges méretezési módnak megfelelően végezheti a számításait, a terhek illetőleg a feszültségek parciális biztonsági tényezővel való felszorozása nélkül egészen a feszültségek összegzéséig. A legutolsó lépésben viszont a feszültségek összegét nem a megengedett feszültséggel kell összehasonlítani, hanem egy tényezővel való szorzás után a határfeszültséggel (8 képlet), vagy magát a határfeszültséget kell az említett tényező reciprokával megszorozni, s az eredményt a számított feszültségek összegével



összehasonlítani. Az említett tényező viszont kizárólag az állandó és az esetleges teherből származó feszültségek arányától és a teherre vonatkozó parciális biztonsági tényezőktől függ. Ezek mindegyike ismert az adott számítási lépésben, így a tényező könnyen kiszámítható, a számítógépbe beprogramozható vagy egy alkalmas táblázatból kivehető.

Amennyiben az esetleges terhek több fajtáját kell figyelembe venni, s ezek eltérő parciális biztonsági tényezővel szorzandók - mint például az EUROCODE tervezete szerint a fő változó teher (leading variable action) és a járulékos változó teher (accompanying variable action) - a képletek csak kissé módosulnak. A kiinduló feltevésünk a következők szerint alakul:

$$f(x_{1,2})(\sum \sigma_{GK} + \sum \sigma_{Q1} + \sum \sigma_{Q2}) = \gamma_G \sum \sigma_{GK} + \gamma_{Q1} \sum \sigma_{Q1} + \gamma_{Q2} \sum \sigma_{Q2} \quad (10)$$

ahol a függvényben  $x_1$  és  $x_2$  jelenik meg. Ezek a fő és a járulékos változó teher arányát jelentik az állandó terhek összegéhez viszonyítva, tehát  $x_1 = \frac{\sum \sigma_{Q1}}{\sum \sigma_{GK}}$ ;  $x_2 = \frac{\sum \sigma_{Q2}}{\sum \sigma_{GK}}$  (11)

A képletekben  $\sigma_{Q1}$  a fő változó teherből származó feszültség, míg  $\sigma_{Q2}$  a járulékos változó teherből származik. A többi jelölés azonos a korábbival.

A levezetést mellőzve a függvény képlete ez esetben:

$$f(x_{1,2}) = \frac{\gamma_G + \gamma_{Q1}x_1 + \gamma_{Q2}x_2}{1 + x_1 + x_2} \quad (12)$$

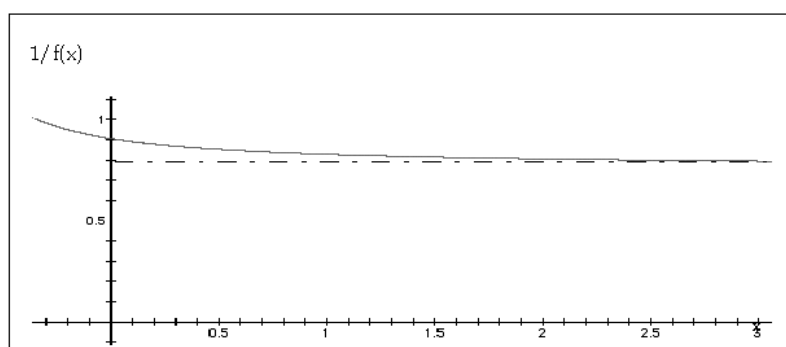
a méretezési képlet, pedig az alábbiak szerint alakul

$$\sum \sigma_{GK} + \sum \sigma_{Q1} + \sum \sigma_{Q2} \leq \frac{1 + x_1 + x_2}{\gamma_G + \gamma_{Q1}x_1 + \gamma_{Q2}x_2} \sigma_H. \quad (13)$$

Látható, hogy az esetleges jellegű fő- és járulékos terhekre bevezetett külön parciális biztonsági tényező nem változtatja meg alapvetően a bevezetni javasolt méretezési módot. A függvény képlete is csak kismértékben válik bonyolultabbá.

A javasolt képletek alkalmazása az előző pontban felsorolt három nehézség közül az első kettőt megoldja, miközben megtartja az egyenlő biztonság elvén alapuló méretezési mód előnyeit. Nem oldja meg a fáradással kapcsolatban felvetett elvi nehézségeket, de a jelenlegi módszer szerinti fáradás ellenőrzésre változatlanul alkalmas. Ez esetben ugyanis a  $\Delta\sigma$  koncepció értelmében az állandó teher figyelmen kívül hagyandó, s az említett tényező értelmét veszti.

A (7) képlet szerinti  $f(x)$  tényező *teherarányos parciális biztonsági tényező függvénynek - esetleg röviden TAB-tényezőnek - nevezhető*. A (9) képlet szerinti reciprok alak grafikusan ábrázolva lapos hiperbola. A görbe paraméterei, esése a benne szereplő parciális biztonsági tényezők számértékétől függ.



3. ábra

A teherarányos parciális biztonsági tényező függvény reciprokát, a (7) képletből kapható  $1/f(x)$ -et a jelenlegi Közúti Hídszabályzatban [5] szereplő  $\gamma_G = 1.1$  ill.  $\gamma_Q = 1.3$  parciális biztonsági tényezőkön szemléltetjük. Az eredményül kapott görbe a 3. ábrán látható.

---

Amint az várható volt, a görbe lefutása meglehetősen lapos, nagyobb  $x$  értékeknél aszimptotikusan közelít egy jellemző számértékhez. Ez az érték  $1/\gamma_Q$ , ami konkrétan a 3. ábra esetében 0.7692. A görbe és az ordináta metszéspontját  $1/\gamma_G$  határozza meg, itt  $1/f(x)$  számértéke 0,9090.

A (12) képlet esetében a görbe felületté alakul, de a lefutás törvényszerűségei nem változnak lényegesen.

### Összefoglalás

A javaslat lényege a határállapoton alapuló osztott biztonsági tényezős méretezési mód alapképletének átalakítása. *Az átalakítás változatlanul hagyja a méretezésméleti megközelítést, nem teszi szükségessé a biztonság vagy a határállapot fogalmának átértékelését. Ezzel szemben közös alak lehetőségét javasolja a mai Közúti Hídszabályzatban műszaki kényszerűségből egymás mellett használt osztott biztonsági tényezős és egységes biztonsági tényezős méretezési képletek tekintetében. Ez a közös alak -- műszaki tartalmát tekintve -- a korszerűbbnek tekinthető osztott biztonsági tényezős módszernek felel meg.*

A javasolt képletek alkalmazása esetén a gyakorlati mérnöki számítások a megengedett feszültség méretezési módnál megszokott módon, a terhek ill. a feszültségek teher oldali parciális biztonsági tényezővel történő felszorozása nélkül végezhetők egészen a legutolsó lépésig, a határfeszültséggel történő összehasonlításig. Ekkor ki kell számítani (vagy táblázatból kivenni) a (7) ill. (12) képlet szerinti  $f(x)$  teherarányos parciális biztonsági tényező függvény (röviden TAB-tényező) értékét az adott esetleges/állandó teherből származó feszültség arányból. A kapott számértékkel vagy a feszültségek összegét kell megszorozni (8 képlet), vagy a határfeszültséget osztani (9 vagy 13 képlet), s az összehasonlítást elvégezni.

A javasolt méretezési képlet kiküszöböli a terhek parciális biztonsági tényezővel való felszorozásából fakadó nehézségeket, ugyanakkor megtartja az egyenlő biztonság elvén alapuló méretezési mód előnyeit. Konform az EUROCODE-dal, így a jövőbeli alkalmazásának sincs akadálya.

### Irodalom

- [1] Iványi, M.: One and a Quarter of a Century Devoted to Steel Bridge Construction; Periodica Polytechnica Vol. 35. Nos. 3-4, 1991, Technical University Budapest, pp.157-194.
- [2] Platthy Pál: Acélszerkezetek méretezésének alapvető kérdései; Palotás szerk. Mérnöki Kézikönyv II. kötet, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984., pp. 1254-1260.
- [3] Janss, J.: General Principles of Eurocodes 3 and 4; Eurocodes 3 and 4 in the Light of (I) Other Design Philosophies and (II) New Research Results, International Advanced School Technical Report, Technical University of Budapest, 1994, pp. 1-35.
- [4] Szalai Kálmán: A vasbeton és falazott szerkezetek erőtani számításának alapjai; Palotás szerk. Mérnöki Kézikönyv II. kötet, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984., pp. 555-559.
- [5] Közúti hidak tervezése, Általános előírások, Út 2-3.401 Útügyi Műszaki Előírás, GKM 2002, pp. 42-43.

---

## A torrensek és a vasúti pálya biztonsága

### THE TORRENTS AND THE RAILWAY LINE SAFETY

Dr. Mihalik András<sup>1</sup>, Csek Károly<sup>2</sup>, Suba István<sup>3</sup>

Nagyvárad Egyetem<sup>1</sup>

MÁV, Budapest<sup>2</sup>

Földmérő Hivatal, Nagyvárad<sup>3</sup>

Elmúlt évek műszaki irodalmának sárgult lapjait forgatva arra a megállapításra jut mai szemmel a műszaki szakember, hogy a torrensek és a vasúti pálya problémái ugyanolyan aktualitással bírnak mint annak idején amikor Wang Ferdinand, az osztrák talajművelési főiskola tanára, ki Grundniss der Wildbachverbauung című munkájában, a vadpatakok kártétele elleni védekezéssel igen alaposan és nagy részletességgel foglalkozik, megállapítja, hogy nem könnyű röviden és kimerítően jellemezni a torrensek és a vasúti pályák biztonságát, hogy ez a jellemzés általános érvényű és a viszonyok minden változásához alkalmazkodó legyen. A fenti megállapítást is figyelembe véve a szerzőknek e közleménye, tanulmánya több évtizedes kutatói és kivitelezési tapasztalatra támaszkodva a jelenlegi modern eredmények és tanulmányok alapján, valamint a múlt közeli éveiben megtörtént, emberi életet is követelő katasztrófák fényében tárgyalja a torrensek elleni védekezés fontosságát a közlekedési vonalak és lakott területek szomszédosságában.

A tanulmány tulajdonképpen tárgya a torrens árvizeit befolyásoló tényezőkre, valamint azokra a védekezési módokra terjed ki, amelyek az árvizek kártételeinek megelőzésére szükségesek és befolyásolják azokat a teendőket, melyeket a vasúti pályán kell a forgalom biztonsága érdekében végrehajtani.

#### 1. Bevezetés, általános megjegyzések, észrevételek

A torrens jelenség főbb problémáival nemcsak mi, hanem több európai ország is találkozik a jelenben, de amelynek a vetülete az elmúlt időknek is sajátos területe volt a vízmosáskötéseknek.

A torrensek megszelídítése, megkötése a múltban csak kizárólagosan a torrens medrére terjedt ki, ahol a vízmosásoknak az intenzitása nagyobb méreteket öltött. A fejlődés napjainkban ott kerekedik, hogy a torrens medrének a kizárólagossága mint olyan megszűnt és egy összetett szemlélet alakult ki, valósult meg, amely kiterjed az egész vízgyűjtő terület hidrográfiájára.

A valóságos helyzet aláhúzza és bebizonyította, hogy általában a hegyvidékeken és ezeken belül a speciálisan torrens jellegű területeken nem lehet a problémákat megoldani vagy a megfelelő gazdasági és szociális szinten megtartani ha nem fordulunk az erdő multifunkcionális értékei felé és mérnöki-technikai módszerek alkalmazásával nem fékezzük meg a hidraulikai erózió fejlődését, kártételeit.

Románia esetében az összterület nagyságának (237.500 km) 55% (130.650 km) hegyvidékmagas dombvidék. Litológiai szempontból nagy része ennek a területnek ki van téve a hidraulikai erózióknak, azaz mint pozitív tényező határozza meg a torrens jelenségek megjelenését, befolyásolva a vízfolyások többségénél a hidrológiai elváltozásokat.

Az erdőségek meggondolatlan kihasználása, a vandál módon tönkretett erdők - mint fontos tényező a vízfolyások hozamainak az alakításában – vezetett el a torrens jelenségek lavinaszerű megjelenéséhez és ennek eredményeképpen a nemzetgazdaság minden területe közvetett vagy közvetlen módon évente hatalmas anyagi károkat szenved. Példának okáért, 1976-ban közelítőleg 5-10 milliárd lej/év volt a torrens jelenségek kártétele, amely nem tartalmazza a katasztrófális árvizek okozta veszteségeket.



1. ábra

*A helyi érdekű utat nem lehet megkülönböztetni a torrens medertől  
Hordalék kúp, a torrens alsó részei*



2. ábra

*Vízmosások a meder hosszalvénnyében*



3. ábra

*Mezőgazdasági területek a torrens „áldozatai”*



4. ábra  
*Hidrológiai elváltozások a folyómederben*



5. ábra  
*A nagymennyiségű lerakott hordalék,  
a híd keresztmetszetét veszélyezteti*

A torrensek tehát gyors vízjárásúak, ahol az árvizek hirtelen jönnek, gyorsan nagy magasságot érnek el, de hirtelen meg is apadnak. Sok törmeléket, hordalékot hoznak, mert a felszíni csörgedezés elősegíti a talajrészek lemosását és legördülését.

A torrensnek három igen jól megkülönböztethető része van: a vízgyűjtő medence, a torok és a hordalékkúp. A vízgyűjtő medence mély kivájdás a hegyek oldalán, amely a csapadék vizet egy bizonyos vízkörnyékről összegyűjti. A vízgyűjtő medence fölfele legyezőszerűen kiszélesedik. A medence fokozatos megkeskenyülése, hosszú, mély csatornává válik, mely a vízmosás torkát alkotja. Amint a torok leér a hegyek tövéhez s a vízfolyás síkságra jut, esése hirtelen megkisebbedik, a víz sebessége megcsökken s a hordalék jórésze a torok végén, kúp alak formájában leülepedik, mely közönségesen hordalékkúp néven ismeretes.

A vasúti pálya a torrenseknek a legtöbb esetben azok alsó szakaszán keresztezi, ahol a hordaléklerakódás a legnagyobb és ahol rendszerint a hordalékkúp is képződik. Kivételek e tekintetben úgyszólván kizárólagosan a nehéz, hegyi jellegű vasutaknál fordulnak elő.

A torrenseknek a pályatesten való átvezetését a helyi körülményeken kívül különösen a következő körülmények befolyásolják: a torrensmeder és a vasúti pálya szintjének egymáshoz való magassági helyzete, a kettő közötti magasságkülömbőség, a lejtési és irányviszonyok, illetőleg a keresztezési

---

szög, amelyet a torrens és a pálya iránya egymással bezárnak. A magasságkülömbőségnek bizonyos határokon belül három jellemző változata fordulhat elő:

1. A torrensmeder lényegesen (6-8 m) magasabb a pályaszintnél
2. A torrensmeder és a pályaszint között kisebb magasságkülömbőség van
3. A torrensmeder mélyebben fekszik, mint a vasúti pálya.



6. ábra  
*A torrens*

A víz elragadó erejének csökkentésére a gyakorlatban leginkább azt a módszert alkalmazzuk, hogy a torrens katlanát vízmosáskötő hordalékfogó gáttal lépcsőzzük és ezzel a további hordalékmozgást megakadályozzuk. A vízmosáskötő gátsorozatot nagy hordalékmozgás esetében úgy alakítjuk ki, hogy a vízmosásfej megkötése után a gátrendszer alulról felfelé haladó sorrendben készüljön. Két-két szomszédos gát között olyan esést biztosítunk, amely mellett a hordalékmozgás már nem lehetséges. Ugyanakkor az eséscsökkentő gátak visszatartják a hordalékot, amellyel feltöltjük a gátudvarokat és ezáltal a vízmosás medrét.

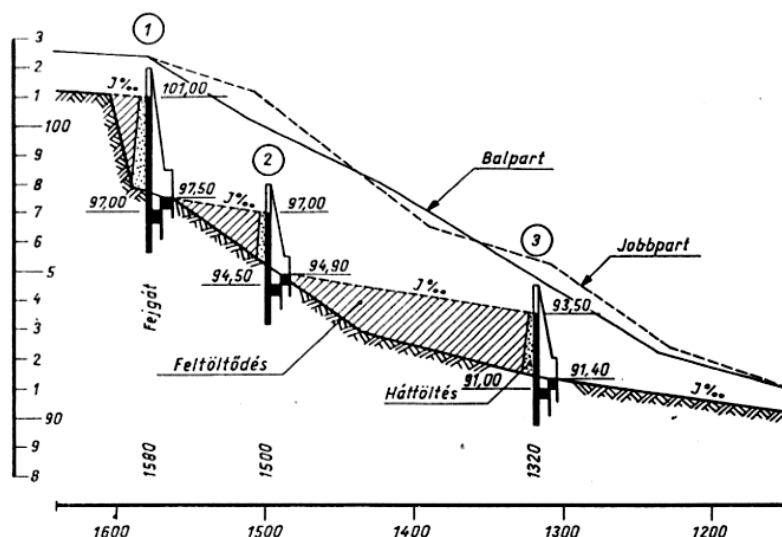
Az árhullám levonulásakor nemcsak a vízhozam, hanem ugyanakkor a víz hordaléktartalma és hordalékmozgatóképessége is folytonosan változik. Ezért a hordalékszállítás tényleges mértékére nem lehet konkrét számadatokat adni.

## **2. A vízmosáskötés tervezésének irányelvei**

Vízmosáskötés tervezésekor célszerű valamelyik közeli, még meglévő munkán szerzett tapasztalatokat kellő kritikával átvenni. Ha ilyen lehetőség nincs, akkor a következő szempontokat vegyük figyelembe:

1. A vízmosáskötő gátak helyét a hossz-szelvényben ott jelöljük ki, ahol ép partoldalakkal bíró szűk keresztmetszvények vannak. Ily módon biztosíthatjuk leggazdaságosabban a vízmosás (torrens) medrének állékonyosságát, mert kis falazati köbmennyiséggel nagy gátudvarokat iszapoltathatunk fel és aránylag sok hordalékot foghatunk meg. Ha több szűk keresztmetszvény között is választhatunk, akkor a hossz-szelvény azon pontjára tervezzük a vízmosáskötő gátat, ahol az esés hirtelen megváltozik.



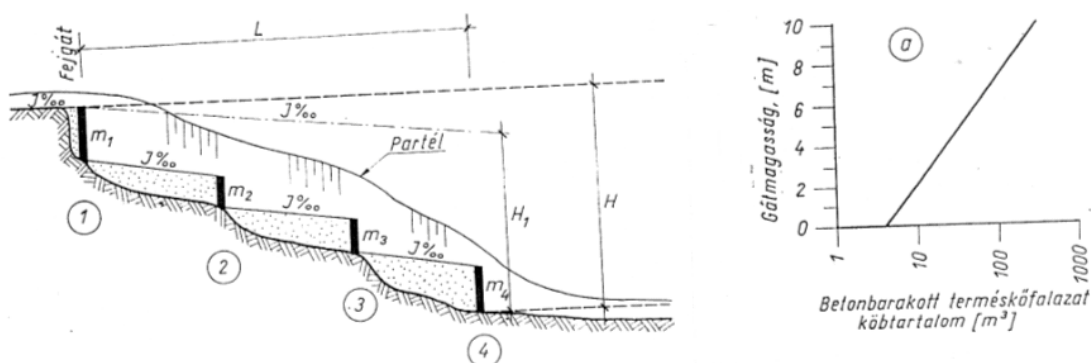


7. ábra

*A vízmosáskötés hossz-szelvénye. A gátak mögött 1% eséssel feltöltődés keletkezik, amely megakadályozza a további romlást*

Végeredményben a vízmosáskötés hossz-szelvénye lépcsőzetes lesz, ahol a lépcsőfokokat a gátak, a lépcsők lapját pedig egyenletes esésű, hordalékokkal feltöltött gátudvarok alkotják (7. ábra)

2. A gátak magasságát a bukócsésze alsó éle, és az utófenék felálló küszöbének felső éle közötti szintkülönbségadja (7. ábra). A gátak magasságának megállapításakor tekintetbe kell vennünk, hogy az egyenletes esésű szabályos völgyben a hordalékfogó gát építési költsége közelítőleg a gát magasságának harmadik hatványával arányosan emelkedik, és ugyanilyen arányban növekszik a gátudvar hordaléktároló képessége is (8. ábra).



8. ábra

*Vízmosáskötő gátak számának és magasságának megállapítása  
a-grafikonon feltüntetjük a gát magasságát és a gát falazati köbtartalma közötti összefüggést a vízmosás átlagos méretű kereszt-szelvényében*

A gátak számát és magasságát oly módon állapíthatjuk meg, hogy kiszámítjuk 3-4 különböző magasságú gát falazatának köbtartalmát, valamint költségeit és ezeket az értékeket a 8-as ábrán látható módon (a) koordináta-rendszerben ábrázoljuk. Az így nyert grafikonon azután tetszés szerinti gát köbtartalma és költségei leolvashatók. Ezután meghatározzuk a torrens hossz-szelvényében a katlan felső és alsó éle közötti magasságkülönbséget (H), az 1. táblázatból, a legmegfelelőbb fenékesést (I) és ekkor megkapjuk azt a magasságkülönbséget (H<sub>1</sub>), amelyet a vízmosásban gátakkal a leggazdaságosabban lehet lépcsőzni. A H<sub>1</sub> magasságot a legszűkebb kereszt-szelvényekben általában 2,0-8,0 közötti

gátmagasságokkal  $m_1, m_2$  stb. részekre osztjuk és így több változat közül meghatározzuk a legelőnyösebb gátmagasságokat, valamint az ezekhez tartozó költségeket.

A hordalék mértékadó szemcse- nagysága, mm	A hordalék leírása	Felső határ- sebesség, m/s	Vízmosás- kötő gátak közötti fenékesítés, ‰
0,2	Finom homok, vagy iszap	0,30—0,40	1,0
1—2	Durva és középfinom homok, esetleg kevés iszappal	0,50—0,70	2—3
5—20	Homokos kavics, esetleg kevés iszappal	0,80—1,00	4—6
10—100	Görgeteg, vagy durva kavics, esetleg kevés iszappal	1,20—1,40	8—10
—	Réteges szikla	1,60—2,00	14—16
—	Tömör szikla	2,60—3,00	18—20

Adott gátmagasság esetén a gátak egymástól való távolsága:

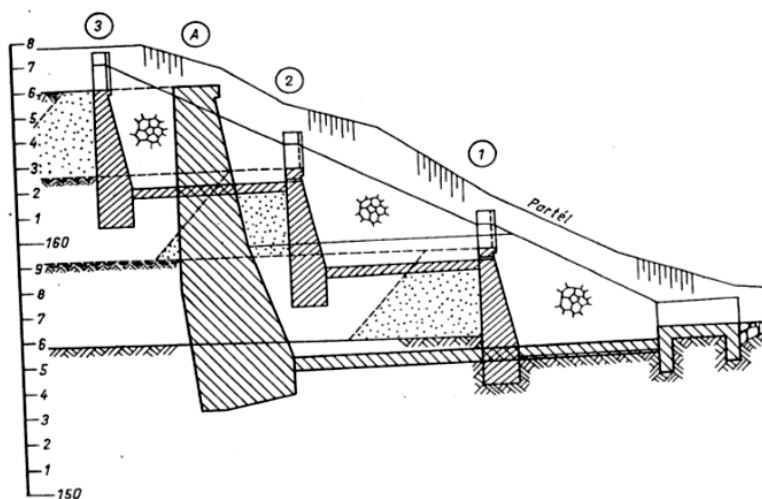
$$x = \frac{1000 \cdot h}{e_1 - e_2},$$

ahol:  $x$  – a gátak keresett távolsága egymástól, m

$h$  – a gátmagasság, m

$e_1$  – a vízmosás eredeti fenékesése ezrelékben

$e_2$  – a vízmosás megkötése után kialakuló gátudvarszint esése ezrelékben



9. ábra

*Nagy hordalékmennyiséget szállító vízmosásban egy magas gát helyett (A) fokozatosan nagyobb gátrendszert létesítünk*

A nagy hordalékmennyiséget szállító vízmosásokban leggazdaságosabb a gátrendszer fokozatos megépítése. A 9. ábrán látható 1.sz. gát mögötti feltöltődés bekövetkezte után, megépülhet a 2.sz. gát.



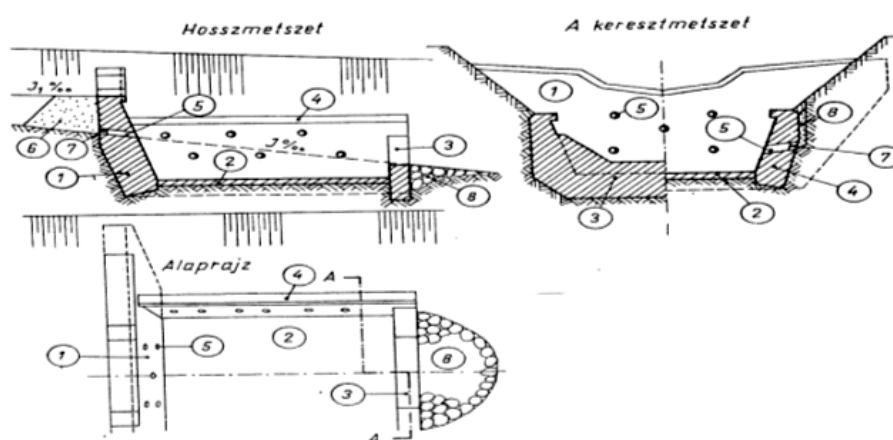
A 9. ábrán feltüntettük az 1-3. gátakat helyettesítő egyetlen nagy gát keresztmetszetét is, amelynek falazati köbmétere érzékelhetően nagyobb, mint a három kisebb gáté, és így igazoltuk, hogy a kisebb gátakból fokozatosan, aránylag kevesebb költséggel nagy magasságú és tárolóképességű gátsorozat épülhet.

### 2.1. A vízmosáskötő gátak anyaga és méretezése

Általában a vízmosáskötő gátakat leggyakrabban betonba rakott terméskőből készítjük. A terméskő és beton hordalékfogó gátak részeként megkülönböztetjük a gáttestet, a vízládát és az utóburkolatot (10. ábra). A gáttest a vízmosás völgyét keresztbe lezáró fal. Feladata a hordalék visszatartása. A gáttestben víztelenítő nyílásokat hagyunk.

Különösen nagy gondot kell fordítani a gáttestnek a patakba való bekötésére. A gáttest szárnyait legalább 1,5 m-rel kell a vízmosás ép oldalaiba bekötni.

A gáttest alapozásának alsó éle a vízmosás fenékszintje alá legalább 1,0 m mélyre kerüljön.



10. ábra

#### Vízmosáskötő gát részei

1-gáttest, 2-vízláda, 3-energiaküszöb, 4-vízláda oldalfala, 5-szivárgónylás, 6-feltöltés, 7-porózus betondugó, 8-utóburkolat

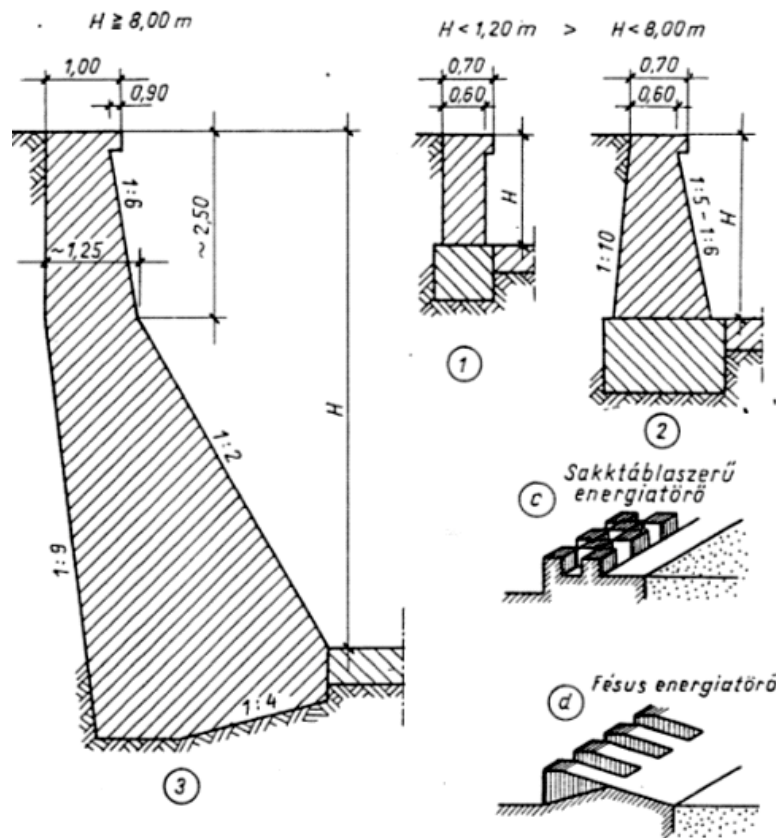
Ha a gátfal méretezésekor részletes talajmechanikai vizsgálati anyagok nem állnak rendelkezésünkre, akkor:

$H=8,00$  m magasságig a következő közelítő értékeket alkalmazhatjuk (11. ábra 1,2)

- a föld falazat közötti surlódási szög  $\epsilon=15^\circ$
- a gátkorona felső szélessége  $b=0,60$  m
- a gát hátfala függőleges, vagy 10:1 hajlású, a gát levegő felőli hajlása 5:1-6:1

Amennyiben a gát 8,00 m-nél magasabb (11. ábra 3) akkor:

- a gátkorona felső szélessége  $b=0,90$  m
- a gát hátfalát 9:1 hajlással alátetsszük
- a gát levegő felőli hajlása a felső, kb. 2,50 m-es részen 6:1, lejjebb 2:1 legyen

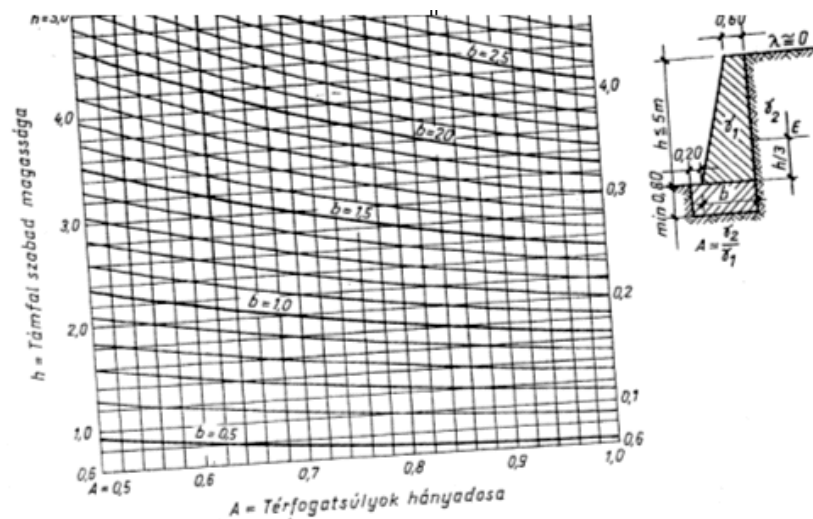


11. ábra

Vízmosáskötő gát gáttestének alakja, ha:

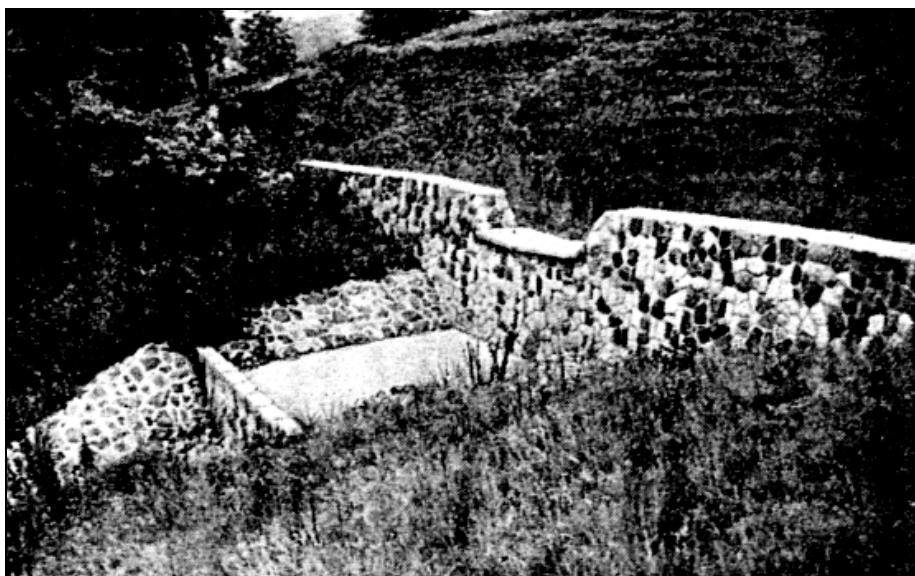
1-a gáttest magassága:  $H \leq 1,30$  m; 2-a gáttest magassága:  $1,30 < H < 8,00$

3-a gáttest magassága:  $H \leq 8,00$  m



12.a. ábra

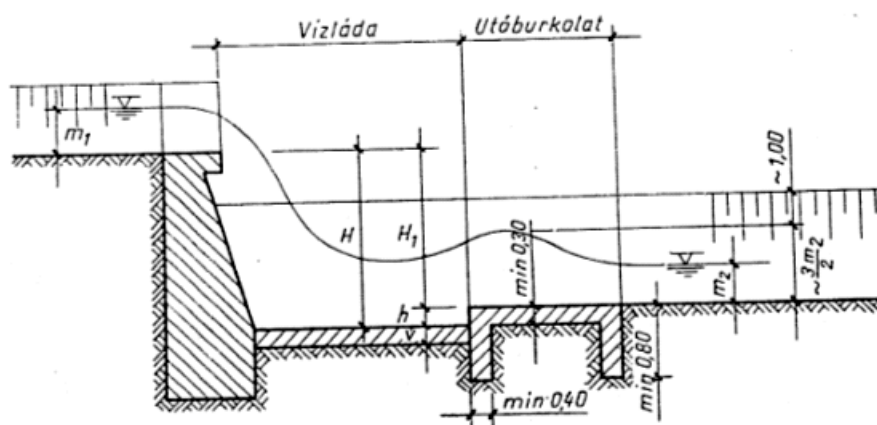
Támfal alapszélességének meghatározása



12.b. ábra

*A gát csészejét és koronáját a közép fele lejtjük, így a vizet a meder közepe felé tereljük*

A gát koronáján bukónyilást képezünk ki, amelyet a mérnöki gyakorlatban csészenek nevezünk. A csésze különböző alakját és vízemésztő képességét az érkező víz sebességének figyelembevétele nélkül, szabad átbukást feltételezve, grafikonokból állapítjuk meg. Az átbukó víz ütésének felvételére és energiájának megtörésére a gáttesthez csatlakozóan vízládát és ezt követőleg utóburkolatot képezünk ki. A vízpárát magába foglaló vízládát a gáttesttel ellenkező oldalon leálló fog (küszöb) zárja le (11. ábra). Avízláda mélysége a gátmagasság és az átbukó vízoszlopmagasság függvénye. (13. ábra)

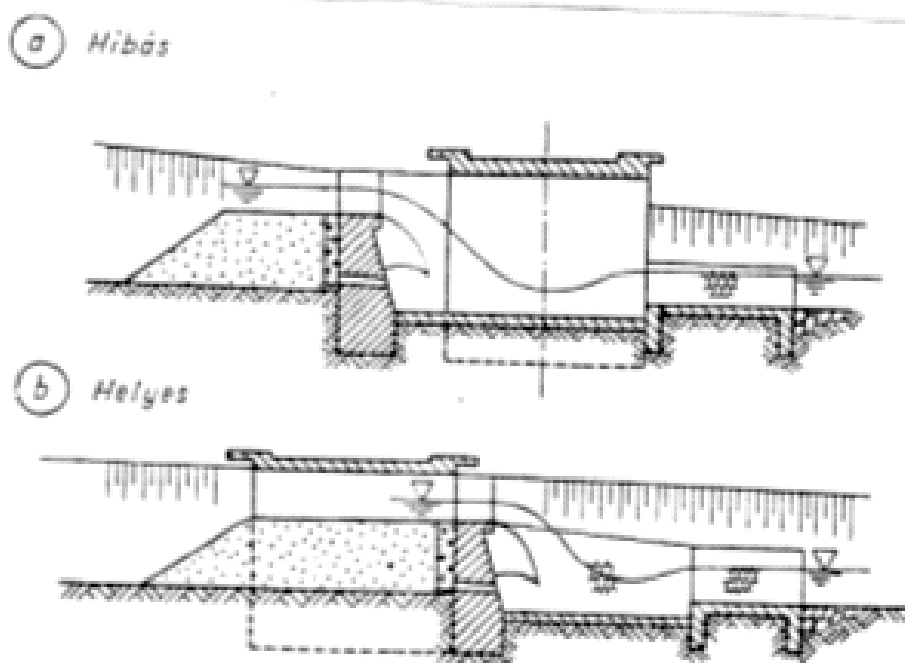


13. ábra

*Vízláda és utóburkolat felső szintjének megállapítása*

A gáttestet, a vízládát és az utóburkolatot dilatációs hézaggal választjuk el egymástól, a várható különböző méretű süllyedésekre való tekintettel.

Nem ajánlatos a vízmosáson létesítendő vasuti hidat a gát alatt elhelyezni, mert a gát esetleges tönkremenetele veszélyezteti a híd állékonyságát és így a forgalom biztonságát is. Ugyancsak veszélyes lenne ha a meglevő hídfőket bukógátak szerkezeti céljára használnánk fel.



14. ábra

*A vízmosásba épített vasuti híd  
a-hibás elhelyezés a gát alatt  
b-helyes elrendezése a gát felett*

A vízmosás céljára ideiglenes jelleggel rőzsegákat is alkalmazhatunk. Ezekre azonban a víz-ügyi igazgatóság végleges engedélyt nem ad.

### 3. Előregyártott vasbeton elemekből kivitelezett torrens és küszöbgátak

Az előnyök, amelyek adódnak az előregyártás bevezetéséből az építkezéskor, általánosan nagyon is ismertek, azaz: a termelékenység növekedése, az építőtelepek súlypontjának az áthelyezése az iparba, az építkezési idő lerövidítése, a minőség érezhető növekedése, az évszakoktól független építkezés stb.

Ugyanezek az előnyök érvényesek az előregyártott elemekből kivitelezett torrens gátszerkezetekre is. Romániában az 1970-es évek előtt kezdtek foglalkozni ezzel a problémával, de a nehéz terepviszonyok a gátak kivitelezésénél korlátozták a gépi erő megjelenését, és így fékeztek az előregyártás bevezetését is ezeknél a munkálatoknál.

Az európai országokban az előregyártás bevezetésével a vízmosáskötő gátak területén különösen kitűntek: Ausztria, Svájc, Olaszország, Franciaország és Jugoszlávia.

Az előregyártást illetően – mielőtt továbbmennénk az előregyártott vasbeton elemek bevezetésével és kiszélesítésével a torrens gátstruktúráknál – említést kéne tennünk a vasbeton előregyártás kérdéséről a harmadik évezred elején.

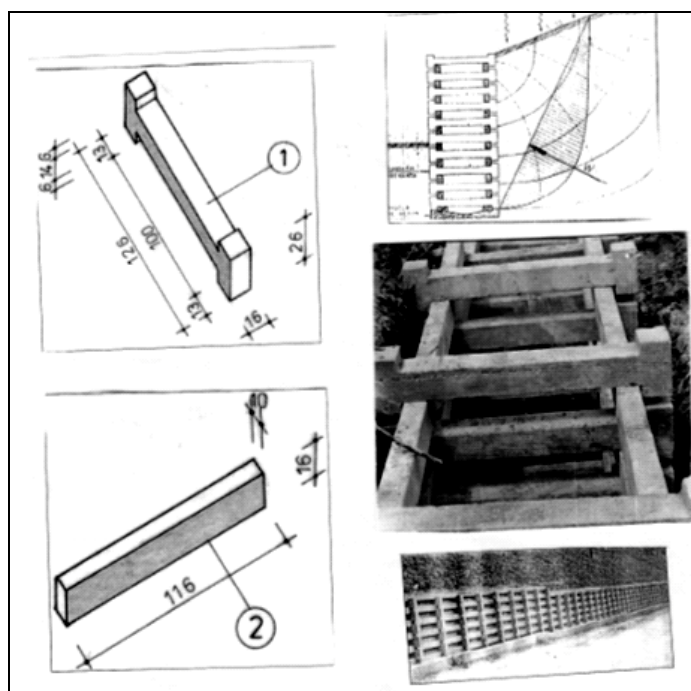
Az ezredforduló társadalmi változásai a vasbeton szerkezetek előregyártásában is nagy változásokat hoztak. A folyamat már akkor elkezdődött, amikor a mélypontján volt a kelet-európai volt szocialista államokban az előregyártás.

A rendszerváltás idején a „panelt” is a szocialista társadalom egyik kidobandó termékének tekintették. A házgyárak termelése leállt és a különösen nagy hagyományokkal bíró vasbeton elemgyártást sokan már el is temették. Az így elindult folyamatban része volt a nyugati tendenciának is. A monolitikus vasbetonépítés technológiai változásai lehetővé tették egyrészt, hogy a monolit vasbetonépítés újra felvegye a versenyt az előregyártással, más részből a társadalmi elvárás az emberközpontú építészet iránt szintén kedvezett a monolit vasbeton építésmódnak.

Az ezredfordulóra újból változni látszanak a tendenciák. Az EU tagországok statisztikai mutatóiból ma az derül ki, hogy az építési dekonjunktúra idején a monolitikus vasbetonépítés jelentősen csökken, miközben az előregyártás új virágzásnak indul. A mai előregyártás lényegesen különbözik a húszévvvel ezelőttil, amelynek lényeges elemeire rányomta bélyegét az alkalmazott anyagok, az információtechnika fejlődése valamint a globalizáció hatása.

Az általunk kifejlesztett és a támasztó szerkezeteknél sikeresen alkalmazott előrtegyártott vasbeton elemek a torrens gátak esetében lehetővé teszik az előregyártás kiterjesztését, ugyanis a szerelési technológia nem igényel gépi jelenlétet, mert kézzel való kivitelezésre történt az előregyártott elemek tervezése.

Mint gravitacionális szerkezet előregyártott vasbeton elemekből kialakítva, statikai szempontból a méretezése semmiben sem különbözik a masszív támasztó szerkezetektől, kivitelezése pedig az előregyártott elemekből kialakított támasztó szerkezetek elevei szerint történik.



15. ábra

*A torrens gátak kivitelezése az előregyártott vasbeton elemekből kialakított támasztó szerkezetek elevei alapján történik. Az elemekből összeállított struktúra*





---

16. ábra  
*Egy tipikusan torrens jellegű folyómedernek a völgye*



17. ábra  
*Egy száraz falazatból kialakított torrens gát; egy nagyon aktív működéssel, és katasztrófális eredménnyel a vasúti pályára (18. ábra)*

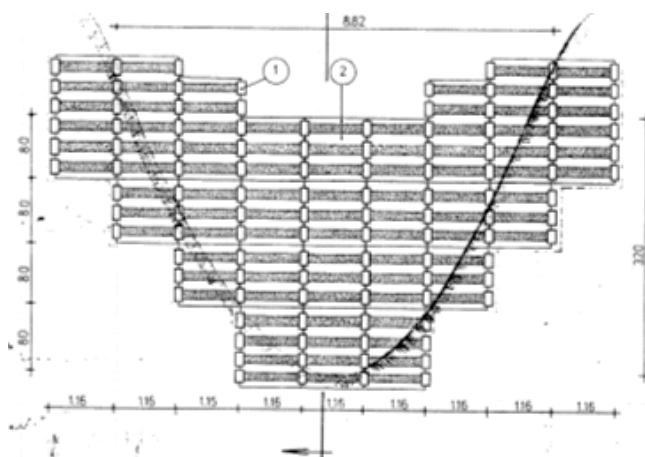


18. ábra  
*Egy vasúti átereszt és a vasúti pálya hordalékkal betömve és eltakarva. Az átereszt tisztítása folyamatban*



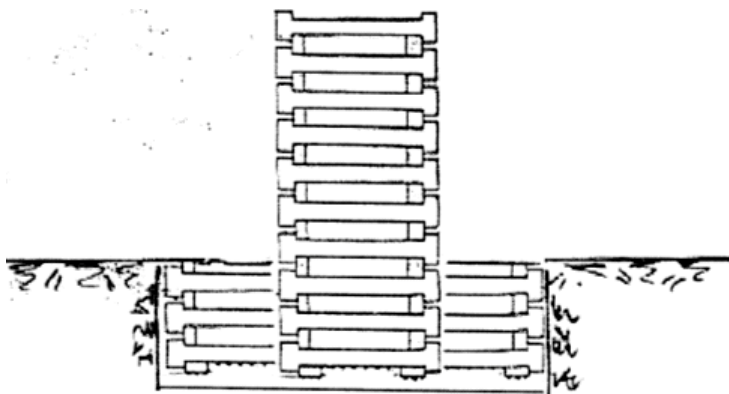
19. ábra

*A 17. ábrán látható torrens megkötése előregyártott vasbetonelemből kialakított gátrendszerrel (építés közben), az áteresz működése és a vasúti pálya forgalombiztonsága érdekében*



20. ábra

*Előregyártott vasbeton elemekből kialakított torrens gát.  
Völgy felőli nézet*



21. ábra

*Jellegzetes keresztmetszete az előregyártott vasbetonelemből kialakított torrens gátnál.*

---

Ez az alapkeresztmetszet a statikai számításoktól függően úgy vízszintes mint függőleges síkban tetszés szerint alakítható. Az utófenék hosszát – a számítások függvényében, beton elem – szőnyeg formájában szintén ezekből a vasbeton elemekből alakítjuk ki 50-100 kg-os kövekkel kitöltve



22. ábra  
*Torrens gát előregyártott vasbeton elemekből,  
az utolsó simítások előtti kivitelezésben*

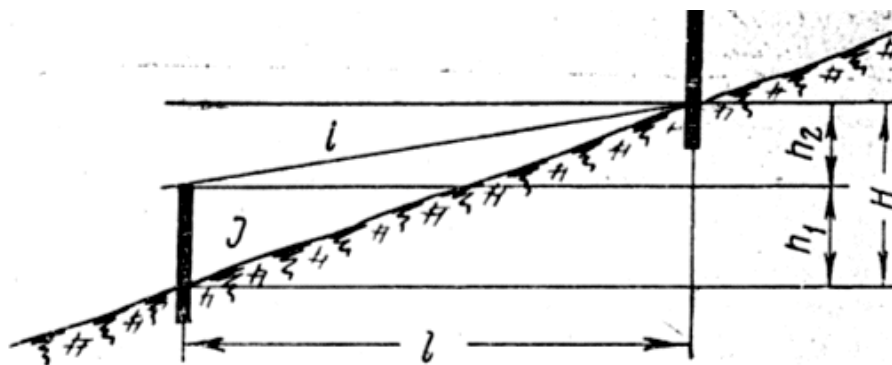


23. ábra  
*Egy működésben lévő torrens gát egy évvel az átadás,  
üzembehelyezés után*

Kihasználva az előregyártás nyújtotta előnyöket egy hidrológiai kutatólaboratórium létrehozását javasoltuk, a nagyváradi egyetem Környezetvédelmi Tanszékének, az erdőmérnöki kar didaktikai minősítése érdekében.

A javaslat lényegében egy aktív torrens völgyének a kiválasztására szorítkozik, ahol a 24. ábra számításai alapján, a gátak számának az ismeretében, a kiszámított alapozási helyen (teljes szelvényhosszban) egy típus alap blikk-szerkezetét fektetjük le (25. ábra), egy 0,30 m falmagassággal, amely elhanyagolóan érzékeli a torrens hidrológiai hatását.

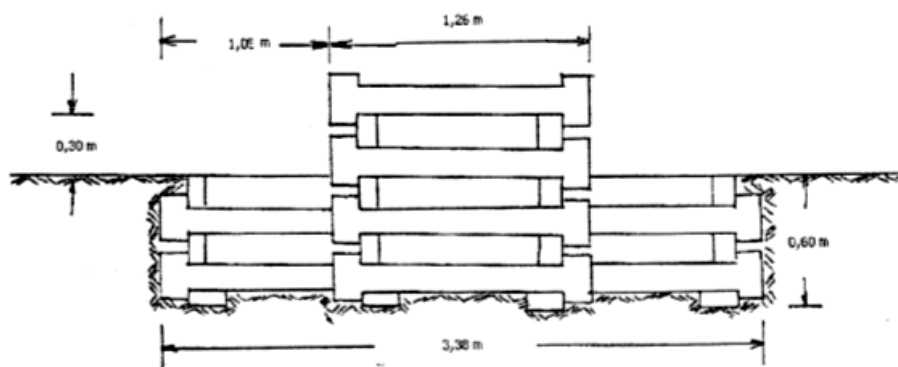




24. ábra

*A gátak elhelyezése az ismert hossz-szelvény függvényében*

A blokk alapok lefektetésének a végeztével lényegében ki van alakítva a hidrológiai laboratórium, természetes nagyságú modellek segítségével.



25. ábra

*A hidrológiai labor alap-blokk modellje a „mini” 0,30 m-es falmagassággal*

A 24. ábrából következik:

$$H = I \cdot l$$

$$h_2 = i \cdot l$$

$$H - h_2 = h_1 = l(I - i)$$

$$l = \frac{h_1}{I - i}, \text{ a távolság a blokk-alapok között}$$

ahol

$$i = 0,093 \frac{b}{R}$$

b – a hordalék nagyságának középértéke

R – hidraulikai sugara a folyásnak

Az így lefektetett alap-blokkok segítségével kalendarisztikusan és rugalmasan lehet követni a torrens lüktetését, a „mini” falak fokozatos változása a hordalék mennyiségének a függvényében végső soron a torrens megkötéséhez, megszélidítéséhez vezet.

---

A gátak magasságára és darabszámára méretezett raktári készlet az előregyártott elemekből, a kutatási programban aktívan résztvevő egyetemi hallgatók segítségével szerelhető össze, a helyszín alapos hidrológiai ismeretében.

Természetesen ez az aktivitás is mint kísérleti szakasz indul, majd a kutatási program szerződési alapon fekvő objektívjaként szervesen illeszkedik majd az oktatási programba, zonálisanoldva meg egyes torrensek hidrológiai tanulmányozását az egyetemi érdekeknek megfelelően.

### *3.1. Küszöbgátak előregyártott vasbeton elemekből*

A szakmai irodalomban nem találkoztunk olyan küszöbgátakkal, amelyek teljesen csak előregyártott vasbeton elemekből vannak kivitelezve.

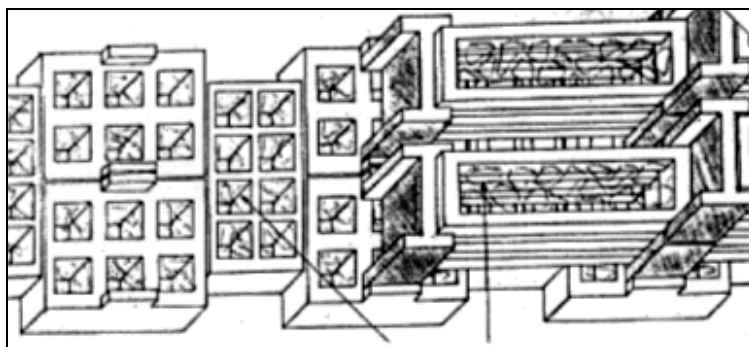
Egy terméskövekből kialakított küszöbgát viselkedését követtük a Sebes-Körösön, amelyet minden évben elmosott az árvíz és amelyet természetesen minden nyáron helyreállítottak. Ennek a kőhányás formájában kialakított küszöbnek a helyébe ajánlottunk egy elasztikus, keszon blokk alapra elhelyezett küszöbgátat előregyártott vasbeton elemekből, amelyet röviden a következő ábrákon mutatunk be.



26. ábra  
*Küszöbgát szerelés közben a Sebes-Körösön*



27. ábra  
*A nehéz- és könnyűelemek kombinációja a küszöbgát központi részén*



28. ábra

*Vasbeton keszontípusú alapozásra szerelt nehéz falelemek  
terméskővel elővigyázatosan kirakva*



29. ábra

*A működő küszöbgát*

Mint egyedi struktúra a szakmában, az előregyártott vasbeton elemekből kivitelezett küszöbgát már több mint 18 éve van működésben a Sebes-Körös eléggé torrenciális szakaszán.

### **Következtetés**

A torrens természeti vizek kártételei legnagyobb mértékben a nagy felhőszakadásszerű záporok nyomán állanak elő. Napokig tartó lassú esőzés vagy lassú hóolvadás csak kivételesen okoz károkat. Ilyen kivételes eset lehet az, ha az esőzés tavasszal még olyan időben áll be, amikor a hegyeket vastag hótakaró fedi és a melegebb esővíz a havat elolvasztva ennek vizével egyesülve rohan a torrensek felé. Különösen veszélyes lehet ez, ha a havazást megelőzően nagy hidegek voltak és a hórétteg mélyen átfagyott terepre került. Ilyenkor az elszivárgásra, mely az olvadt hó és esővíz mennyiségét csökkenthetné, számítani egyáltalán nem lehet és így a hó és esővíz egész tömege a torrensek medrén keresztül jut levezetésre.

Megállapítható, hogy a torrensnek a vasútpályán valóátvezetésénél akkor járunk el helyesen, ha gondoskodunk az árvíz zavartalan átvezetéséről. A kereszteződésnél tehát sem irány, sem sem erőszakos lejtőrésnek nem szabad lenni, a torrens meder fenekét és oldalát pedig sima felülettel kell ellátni, hogy a lezúduló hordalékanyag abba bele ne ütközzön.

Sok európai országban napjainkban is nagy probléma a torrensek megkötése. Wang Ferdinand, akire már a bevezetőben is hivatkoztunk, Grundniss der Wildbachverbauung című, közel 700 oldalra terjedő munkájában találóan jegyzi meg, időtállóan, hogy a torrensek egyik legjellemzőbb tulajdonsá-

---

ga a kártékony hordalékszállítás a völgyek felé. Ez valóban így is van. Akik száraz időben látják a torrensek medrét, el sem tudják képzelni azt, hogy ezek fékevesztett árvize mire képes. A torrensek partján vagy közelében lakók azonban már tájékozva vannak a torrensek kártételeiről, sajnos tapasztalataik alapján.

A mérnök feladata a torrensek megszelidítése, megkötése és nevüket meghazudtoló ártalmatlan vizekké kényszerítése.

### **Szakirodalom**

- [1] Mihalik, A.: Structuri de sprijiniri din elemente prefabricate de beton armat. Editura Gloria, Cluj-Napoca 2002
- [2] Mihalik, A., Boglut, T., Nistoreanu, M., Tartis, M. : Mecanica Pământurilor în practica consolidării terenurilor. Editura Gloria, Cluj-Napoca 2003

---

## A szerkezet, mint esztétikai eleme az építészetnek

### STRUCTURE AS THE AESTHETIC ELEMENT OF ARCHITECTURE

Dr. Molnár Jenő

Graz, Ausztria

#### Abstract

*The aesthetic appearance of the building is significantly affected by the static and material determination of the structure. The buildings remained from the antiquity and the pieces of this age, such as column-caps, bridges, and the traditional constructional methods being in connection with the building materials show typical forms. An expressive example of it the Egyptian papyraceous column-cap which widened out above the clamping ring due to the load transfer and appeared as an ornamental element for the styles of next ages.*

*This phenomenon can be observed for the joisting structures where the form aesthetics was determined by the material technology. For the anonym architecture the region played a great role. The wooden buildings were natural in the woody regions like the stones in the rocky lands or clay and bricks on the plains of rivers.*

*The development in the transportation techniques and material technology allowed the exchange between the regions, the metamorphosis of the styles. The structure and material had their clear, formal logic up to the renaissance age. In the next 5 centuries the structural forms appeared only in nostalgic way, as ornamental elements. Blank arches, cylindrical columns formed of bricks were used. In Baroque the columns made of bricks were covered by plaster, and polished they imitated the marble columns. In addition to the false appearance of the supporting structure and building materials the rules of styles were kept to the end of the late Baroque. Beginning from the XIXth century the styles were mixed and the logic relationship between the structure and form was totally lost.*

*At the beginning of the XXth century the modern architectural movement started making the purity of form and structure to its dogma. The appearance of the structure should follow the direction of the forces and the statically required dimension giving the most important parameter of the proportions. The motto that the form should follow the function was born that time. Its logic consequence was the truthful handling of building materials and the application of shut-off devices as aesthetic means as well.*

*As the structure "cleared" from the needless decorations in our century, the aesthetic consequence of the material and structure selection of the Antiquity can be easily followed again. You can list several well-known architects, e.g. Le Corbusier, the builder of the Notre Dame du Haut in Ronchamp, Paxton, the builder of the Kristalpalas, Ludvig Mies van de Rohe, the builder of the Crown Hall in Chicago, Luigi Nervi, the constructor of the Palazzetto dello Sport or the Halle des Verwaltungsgebäude de Farbwerke Hoechst of Peter Behrens.*

*All these buildings clearly show the aesthetic consequences of the material selection. There are significant examples not only in the first half of the century but we can see the results of this logic on the works of architects working also in the second half. E.g. Torroja and his disciple, Calatrava. For both of them we can see the aesthetic logic of the structure selection and the structural source which can be concluded from the natural formal and strength characteristics. It can be seen on the buildings of Norman Foster as well, particularly on the roof structure of the reception building of the Airport of Stuttgart.*

---

## Összefoglaló

A szerkezet statikai és anyagi meghatározása jelentősen befolyásolja az építmény esztétikai megjelenését. Az ókortól megmaradt épületek és átadott épületelemek, mint oszlopfejek, áthidalások, s az épületanyaggal szoros kapcsolatban lévő hagyományos szerkesztési módszerek tipikus formaéletet mutatnak fel. Egyértelmű példa lenne erre az egyiptomi papiruszoszlopfej ami a szorítóabroncs felett a teherátadás következtében kiszélesült, s mint diszítőelem jelen meg a következő korszakok stílusában.

Ez a jelenség ugyanúgy megállapítható a nyíláshidaló szerkezeteknél, ahol az anyag technológiája határozza meg a formaesztétikát. Az anonym építészetnél nagy szerepet játszott a régió. Az erdős vidékeken természetes jelenség volt a faépítmény, sziklás vidéken a kő a folyók síkságain az agyag és tégl.

A szállítási lehetőségek és az anyagtechnológia fejlődése lehetővé tette a régiók közötti cserét, s stílusok metamorfózisát. A reneszánsz korig meg volt a szerkezet és anyag tiszta formai logikája. A következő 5 évszázadban már csak nostalgikus módon, mint diszítőelemek jelentek meg a szerkezetformák. Napirenden voltak az álboltozatok, téglából falazott hengeralakú oszlopok. A barokk időszakban bevonták téglából falazott oszlopokat stukkó gipszel, s így kifényezve a márványoszlopokat utánozták. A Későbarokk időszak végéig a tartószerkezetek és a az építőanyagok hamis megjelenésformája mellett a stílusok szabályait betartották. A XIX. századtól kezdve már a stílusok is összekeveredtek és teljesen elveszett a logikus összefüggés a szerkezet és forma között.

A XX. század elején megindult a modern építészeti mozgalom, amely a forma és a szerkezet tisztaságát tette dogmájává. A szerkezet megjelenése kövesse az erők irányát és a statikailag szükséges dimenziót, ez adja az arányok legfontosabb paraméterjét. Ekkor született meg az a jelszó ami azt mondta, hogy a forma kövesse a funkciót. Logikus következmény volt az építőanyagok őszintemódon való kezelése, s ugyanúgy a nyílászárók kezelése, mint esztétikai eszköz.

Miután a XX. században „megtisztult” a szerkezet a főlegleges dekorációtól, újból könnyedén lehet követni még az ókorban megtalálható anyag-, és szerkezetválasztás esztétikai következményét. Számos építész lehetne felsorolni, mint Le Corbusiert a Notre Dame du Haut megépítőjét Roncampban, Paxtont a Kristalpalast építőmesterét, Ludvig Mies van de Rohe Crown Hall építőjét Chikagóban, Luigi Nervi a Palazzetto dello Sport szerkesztőjét vagy Peter Behrenstől származó Halle des Verwaltungsgebäude der Farbwerke Hoechst.

Mindezek az épületek tisztán mutatják az anyagválasztás esztétikai következményeit. De nem csak a század első felében tudunk felmutatni pregnáns példákat, hanem az újabb időben még tevékeny építészek munkáján látható az ilyenmű logika következményei. Például Torroja és tanítványa Calatrava. Mindakettőjükönél követhető a szerkezetválasztás esztétikai logikája, s továbbá a szerkezet a természet formái és szilárdsági jelenségeiből következtethető forrása. Ugyanúgy látható Normann Forster épületein, különösen a Stuttgardi repülőtér fogadóépületének a tetőszerkezetén.

---

**Nyolcszintes vasbetonvázazás épület  
szerkezeti károsodása és az elkészült statikai szakvélemény  
helyreállítási – megerősítési javaslatai**

REINFORCED CONCRETE STRUCTURE'S DEGRADATIONS  
AND DESCRIBE OF CONSOLIDATION SOLUTION

Nagy Béla  
Sepsiszentgyörgy

A sepsiszentgyörgyi megyei kórház nyolcszintes főépülete az 1973-75-ös években épült. Az épület monolit vasszerkezete 35/50–65 keresztmetszetű vasbeton oszlopokkal, 25/60 keresztmetszetű monolit keretgerendákból, valamint előregyártott körüreges, 5m nyílású födémpanelekből készült.

A hét traktusban elhelyezett födémpanelek a keresztirányú, három nyílásos (5.70+2.50+5.70) vasbeton keretszerkezetre támaszkodnak. Az épület külső határoló és belső elválasztó falai 30-as és 15 cm vastag téglafalazatok.

Az épület tervezésekor a P13–70 szeizmikus tervezési előírások voltak érvényben és Sepsiszentgyörgy városa a viszonylag erős, 7-es MCS szeizmikus övezetbe tartozott. Az elmúlt 30 évben az épület külső és belső falait többször is erős földrengések károsították, alagsorában pedig, a nagy páratartalom és a mosodából átjutott és felgyűlt agresszív elhasznált vizek miatt rendkívüli korróziós károk keletkeztek.

A tartószerkezeti szakvélemény feltárta a jellegzetes korróziós és szeizmikus károsodásokat, az épület kedvezőtlen szerkezeti adottságait, kiemelve a nagy merevségi különbséget az épület hosszanti valamint keresztiránya között. Elsősorban az alagsori oszlopok korróziós károsodása miatt az épület a legsúlyosabb földrengés-veszélyeztettségi osztályba, az Rs I kategóriába soroltatott és a szakvélemény egy általános szerkezet-megerősítési javaslatot, valamint sürgősen elvégzendő munkákat fogalmazott meg a szerkezeti biztonság növeléséért.

A gyorsan elvégzett munkálat az alagsori belső oszlopok köpenyezését jelentette. Az általános megerősítési koncepció lényege a felszerkezet belső oszlopainak megerősítése és merevségének növelése 15–20 cm vastag monolit vasbeton–köpenyezéssel, valamint az alagsori vasbeton födém szerkezetek megerősítése lövellt beton vagy egyéb korszerű technológiával.

Az előadás során bemutatódik a jelenlegi vasszerkezet dinamikai számításokkal igazolt time history tönkremeneteli modellje, valamint a javasolt megerősítés utáni tartószerkezet kedvezőbb és biztonságos viselkedése földrengések esetén, az emeletek közti plasztikus oszlop-csuklók kiiktatása után.

# Téglafalak nyírási megerősítése kompozitokkal

## SHEAR STRENGTHENING OF MASONRY WALLS WITH COMPOSITES

Nagy-György Tamás<sup>1</sup>, Dr. Gergely János<sup>2</sup>, Dr. Dan Daniel<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Temesvári Műszaki Egyetem

<sup>2</sup> University of North-Carolina at Charlotte, NC, USA

<sup>3</sup> Temesvári Műszaki Egyetem

### 1. Bevezető

Szerte a világon, a számos szeizmikus jelenség következtében jelentős számú falazott épület szenved nagymértékű károsodásokat, ami az esetek többségében részleges vagy teljes tönkremenetellel szolgál. A falazott szerkezetek hatékony megerősítésének szükségessége tehát nyilvánvaló.

Az utóbbi néhány évben a Temesvári Műszaki Egyetem néhány kutatója, szoros együttműködésben a UNC Charlotte kutatóival, egy relatív új technológiai megoldást tanulmányoz, melynek lényege a szálerősítésű polimer kompozitok falazatokra való felragasztása, így növelve azok nyírási és nyomatéki szilárdságát és merevségét.

A közös kutatási program célja a téglafalak egy oldalának megerősítése szénszálas szövetekkel, ezáltal növelve a nyírási teherbírást.

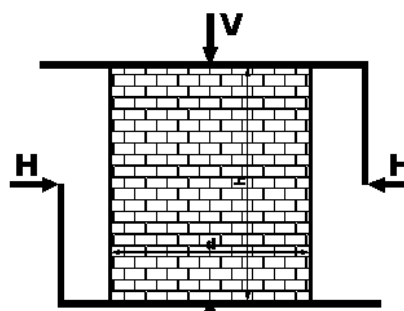
A továbbiakban, röviden összefoglalva, bemutatásra kerülnek a témában végzett eddigi kutatások eredményei és az azokból levonható következtetések.

### 2. Végeselemekkel történő modellezés

A numerikus analízis első lépéseként létrehoztunk egy egyszerűsített (teoretikus) modellt az egyszerű téglafal vizsgálatára. A cél egy olyan rendszert kialakítása volt, amiben az erők egy tiszta nyíróerőt generálnak a falban, nyomatéki erő számottevő behatása nélkül. Ez a rendszer önkiegyensúlyozó, amiben a repedés (elméletileg) átlós irányban kell megjelenjen. Az alkalmazott terhek egy konstans függőleges erő (V) és egy monoton növekvő vízszintes erő (H) (1. ábra).

Ezzel az elrendezéssel nagyszámú végeselem analízis lett végrehajtva, módosítva az elemek szélesség – magasság arányát ( $d/h=1$ ;  $d/h=1,5$  és  $d/h=2$ ), a téglák és a habarcs minőségét az elem szilárdságán és rugalmassági modulusán keresztül, a vízszintes terhelési lépések, valamint a konstans függőleges erő nagyságát.

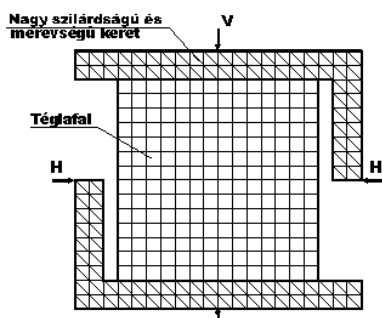
Az első számítások egy BIOGRAF nevű programmal voltak végezve, amely a Temesvári Műszaki Egyetem Építőmérnöki Karán lett kifejlesztve. E program megengedi a vizsgált elem vagy szerkezet lépésről-lépésre történő változásainak követését, így a főfeszültségek változásait, valamint a repedések kialakulását, ezek szögeinek és repedéstágasságának nagyságát is. Nagy előnye még, hogy minden lépés után újraszámolja az elem merevségét és rugalmassági modulusát. A szerkezeti modell és az egyik eredmény a 2. és 3. ábrán látható.



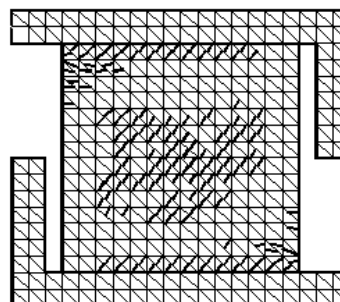
1. ábra

A téglafal kísérleti modellje



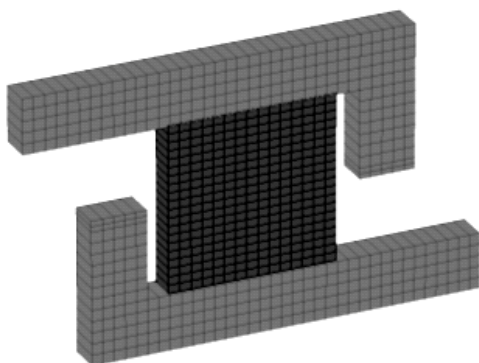


2. ábra  
A fal szerkezeti modellje  
végelem analízishez

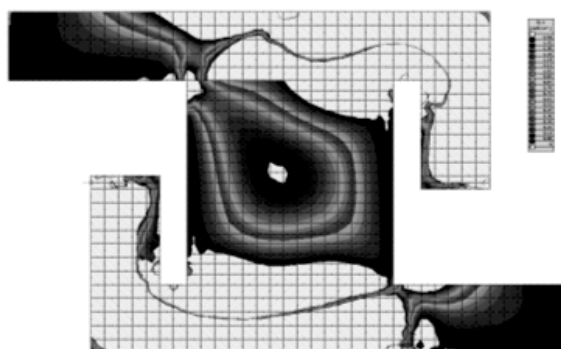


3. ábra  
A repedések eloszlása  
egy 150x150 cm méretű falon

Ezeket az analíziseket követően az a döntés született, hogy további részletesebb analíziseket olyan kísérleti elemen folytatjuk, melynek a szélesség - magasság aránya egyenlő eggyel ( $d/h = 1$ ). A téglák méreteit figyelembe véve a végső falméret 150 x 150 cm lett. E mérettel több végelem számítás is készült, az AXIS VM program felhasználásával (4. és 5. ábra).



4. ábra  
A modell diszkretizációja



5. ábra  
A főfeszültségek eloszlása

Meg kell jegyeznünk, hogy elméletileg a függőleges erő alkalmazása nem volna szükséges homogén anyagok esetében, de a téglafal téglából és habarcsból áll, melyeknek nagyon különböző a viselkedése. Hogy megelőzzük a csúszási tönkremeneteli módot, szükséges volt egy függőleges erő beiktatása.

A végelem modelleken keresztül lehetségessé vált a főfeszültségek eloszlásának és a repedéskép, valamint a várható törőerő és a törési mechanizmus meghatározása.

### 3. A próbatestek és a kísérleti elrendezés

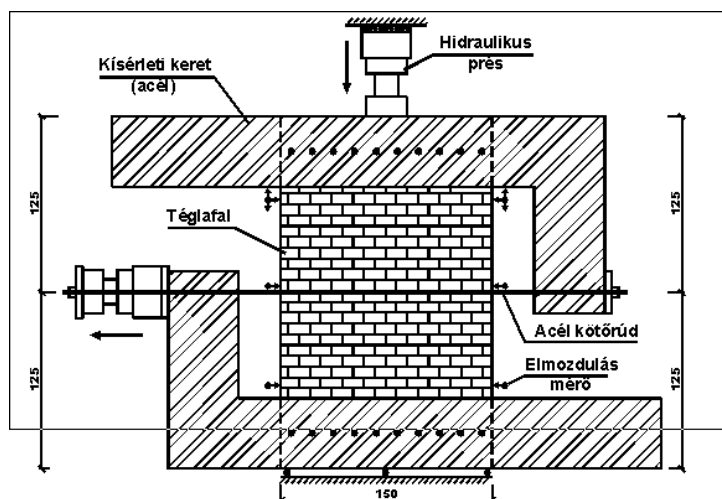
A kivitelezett kísérleti falazott elemek 150 x 150 cm méretűek voltak, égetett agyagtéglából készültek, melyek méretei 6,3 x 24,0 x 11,5 cm, szilárdságuk  $9,0 \div 10,0 \text{ N/mm}^2$ . A felhasznált habarcs szilárdsága  $13 \div 16 \text{ N/mm}^2$  között változott. A fal alsó és felső részén egy-egy vasbeton gerenda volt található, melyek mérete 50 x 150 x 25 cm.

A próbatestek egy speciális berendezéssel voltak tesztelve, melyek nyíróerőt és nyomófeszültséget hoztak létre. A berendezés két pár L formájú acélszerkezetből állt, melyek az alsó és felső vasbeton tömbökhöz voltak rögzítve.

Az erők hidraulikus présekkel a betontömbökön keresztül hatottak a szerkezetre. A függőleges teher (V) a próbatest felső részén, a vasbeton gerendán keresztül hatott, míg a vízszintes (nyíró) erő

(H) egy sor acél csavaron keresztül, melyek a vasbeton tömbbe voltak beágyazva és az L alakú acélkerethez rögzítve, úgy az alsó, mint a felső részen (6. ábra).

A falak elmozdulásai elmozdulás-mérőkkel történtek. Hat mérőműszer mérte a fal vízszintes elmozdulását különböző magasságokban, három a jobb és három a bal oldalán. További négy a függőleges elmozdulásokat mérte, kettő mindkét oldalon, amiből egy az első habarcsközből volt elhelyezve (fent), míg a másik az acélkeret elmozdulását mérte.



6. ábra  
Kísérleti elrendezés

A próbatestek a fent leírt módon és feltételek között voltak tesztelve egészen tönkremenetelig, ami után az egyik oldaluk kompozittal lett megerősítve, majd újrateesztelve. A rögzített adatok a vízszintes erő, vízszintes és függőleges elmozdulások, valamint a kompozitban ébredő megnyúlások és a falazat tönkremeneteli módjai voltak.

#### 4. Kísérleti eredmények

Jelen pillanatig három pár kísérlet volt végrehajtva a fent leírt elrendezésben. A továbbiakban ezen kísérletek eredményei kerülnek bemutatásra.

##### 4.1. Az UM1 és RM1 falakon végzett kísérletek

Az első kísérleti fal az UM1 (UM – Unreinforced Masonry) volt. A konstans függőleges teher értéke  $V = 20$  tonna, míg a vízszintes H erő 0,5 tonnánként monoton növekvő terhelés volt, egészen tönkremenetelig, így idézve elő a kívánt a nyíróerőt. A fal tönkremenetele egy átlós repedés formájában ment végbe, a jobb felső saroktól a bal alsóig, ahogy az várható volt.

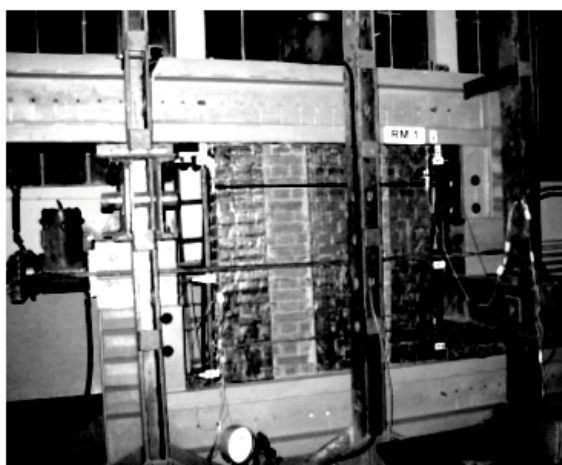
Az elem (felső részének) erő-elmozdulás diagrammja a 8. ábrán látható. A fal viselkedése majdnem tökéletesen lineáris, tipikus falazat viselkedés. A vízszintes erő tönkremenetelnél 19 tonna volt, a maximális vízszintes elmozdulás pedig elérte a 8 mm-t.

Hogy a téglafal teherbíró képességét visszaállítsuk, három 30 cm széles szövet került felragasztásra a fal egyik oldalán. Az, hogy miért csak az egyik oldalt erősítettük meg, annak több oka van. A legfőbb indok, hogy az esetek túlnyomó részében a falazott szerkezetek régi épületek, melyeknek homlokzatát nem szabad megváltoztatni, vagy ha meg lehet, az nagy költségekkel jár. Továbbá nem volt célunk egy tönkrement fal teherbírását az eredeti teherbírás többszörösére növelni, csak vissza szerettük volna állítani az eredeti állapotába.

Miután a téglafalat "előrepeesztettük", következtek a megerősítési munkálatok. A felhasznált megerősítési rendszer egyirányú, epoxigyantával átitatott szénzálal szövetekből állt. Első lépés a fal letakarítása volt, amit csiszológéppel, majd magasnyomású levegővel végeztünk. Ezután következett az alapozó felhordása, melynek szerepe a téglák és a habarcs porózus anyagának kitöltése, a kis repedések betömése, ezáltal egy megfelelő tapadási felület biztosítása a kompozitnak. A műveletet a felületi

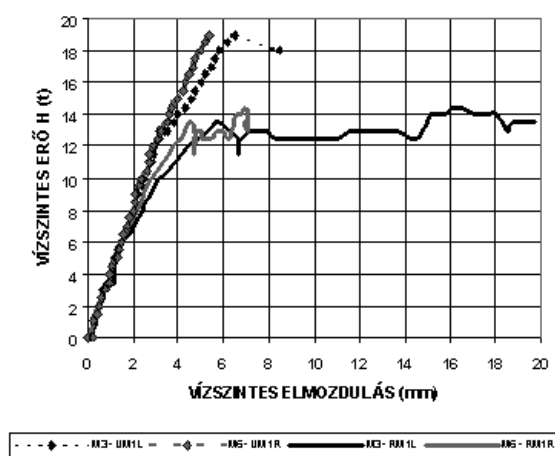
egyenetlenségek kitöltése követte, mely egy kitöltő gitt segítségével történt, lényege pedig egy sima felület biztosítása a felragasztandó kompozitnak. Miután a felület elő volt készítve, az időközben méretre vágott, majd epoxigyantával átítatott egyirányú szén-szálak felragasztásra kerültek. Ezzel a megerősítés be is fejeződött és a kompozit rendszert egy hétig állni hagytuk, hogy megszilárduljon (7. ábra). Az eltelt időben nyúlásmérő bélyegek lettek felragasztva (szárirányban, egyvonalban) a kompozitra a legjobban igénybevett zónában. Ezeket felhasználva megfigyelhettük a kompozit anyag igénybevételi szintjét.

A megerősített fal (RM1) (RM – Reinforced Masonry) kísérlete azonos körülmények között történt, mint az előzőé. A vízszintes erő értéke 14,5 tonna volt, a vízszintes elmozdulás pedig 19 mm. Az erő-elmozdulás diagramm a 8. ábrán látható. A kompozitban mért maximális nyúlási igénybevétel elérte a végső érték 33%-át, ami a 0,50%-os megnyúlási értékének felelt meg. Ez egy nagyon jó eredménynek számít, azt bizonyítva, hogy a megerősítési rendszer jól együttműködik a téglafallal. A domináns tönkremeneteli mód a meglévő repedés túlzott kinyílása volt, a kompozit repedés körüli leválásával egyidejűleg.



7. ábra

*A megerősített (RM1) fal kísérlet előtt*



8. ábra

*A egyszerű (UM1) és megerősített (RM1) téglafal erő-elmozdulás diagrammja (L – baloldal; R – jobboldal)*

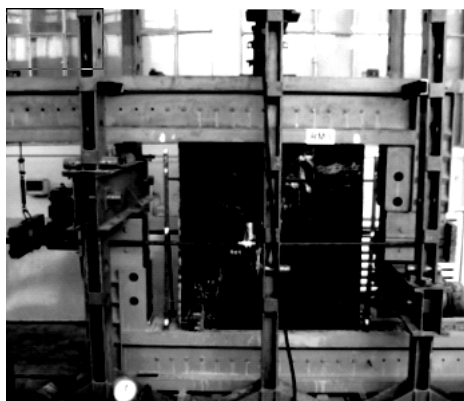
#### 4.2. Az UM2 és RM3 falakon végzett kísérletek

A második kísérleti elem az UM2 egyszerű téglafal volt. A konstans függőleges teher értéke  $V = 30$  tonna, míg a vízszintes  $H$  teher 0,5 tonnánként monoton növekvő volt, egészen tönkremenetelig. A fal tönkremenetele rideg volt (hirtelen történt) egy átlós repedés formájában. Meg kell jegyeznünk, hogy a függőleges konstans terhet azért növeltük 10 tonnával az előző esethez képest, mivel a falazat minősége sokkal jobb volt, mint az elsőé (UM1), ezáltal el akartuk kerülni a vízszintes csúszást.

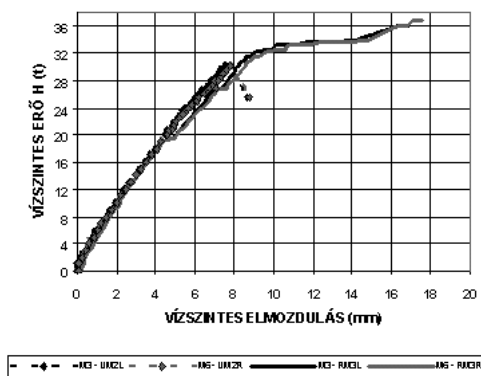
A vízszintes erő ( $H$ ) tönkremenetelnél 30,0 tonna volt, míg a maximális vízszintes elmozdulás meghaladta a 8 mm-t. A fal erő-elmozdulás diagrammja a 10. ábrán látható.

Ebben az esetben a megerősítés szintén szén-szálak szövetekkel történt, azzal a különbséggel, hogy az egyik oldal teljes fedésével (9. ábra). A megerősítési lépések megegyeztek az előbbi esetben bemutatottal.

A megerősített fal (RM3) kísérleténél a maximális vízszintes erő értéke 37,0 tonna volt, a vízszintes elmozdulás pedig 17 mm. A kompozitban mért maximális nyúlási igénybevétel a végső érték 10%-át érte el, ami a végső megnyúlás 0,15%-os értékének felelt meg. Ez azt bizonyítja, hogy a kompozitban még nagy tartalékok voltak a tönkremenetel pillanatában. Meg kell jegyeznünk, hogy a tönkremenetel egy új repedés kialakulásával történt, és ennek túlzott kinyílásával. A kompozit levált a falról a repedés környékén, de nem szakadt el. Az erő-elmozdulás diagramm a 10. ábrán látható.



9. ábra  
*Az RM3 fal kísérlet után*



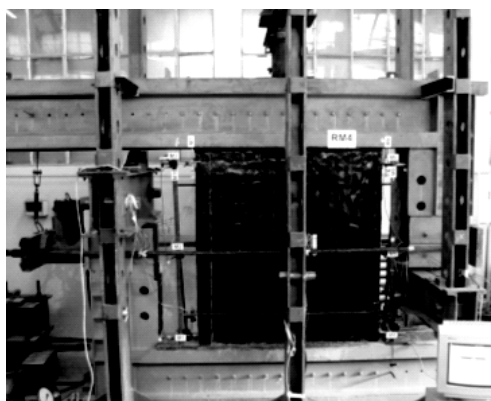
10. ábra  
Az egyszerű (UM2) és a megerősített (RM3)  
téglafal erő-elmozdulás diagrammja  
(L – baloldal; R – jobboldal)

#### 4.3. Az UM3 és RM4 falakon végzett kísérletek

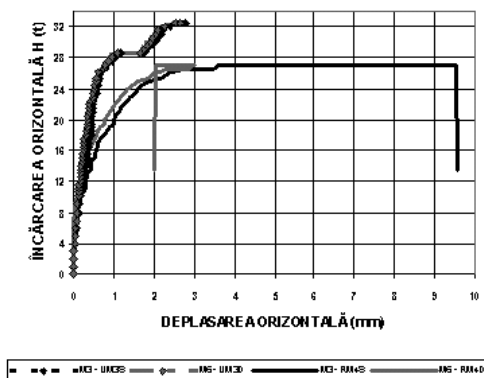
A harmadik kísérleti elem az UM3 egyszerű téglafal volt. A konstans függőleges teher értéke  $V = 30$  tonna, míg a vízszintes  $H$  erő 0,5 tonnánként monoton növekvő volt, egészen tönkremenetelig. A fal tönkremenetele egy átlós repedés formájában ment végbe, hirtelen, rideg töréssel, ami folytán a repedés megközelítőleg 1,5 cm-re nyílt ki. A vízszintes erő ( $H$ ) tönkremenetelnél 32,5 tonna volt, míg a maximális vízszintes elmozdulás nem érte el a 3 mm-t. A fal erő-elmozdulás diagrammja a 12. ábrán követhető figyelemmel.

A megerősítés ebben az esetben is a fal egyik oldalán történt, a teljes felület lefedésével (11. ábra). A megerősítési lépések megegyeztek az első esetben bemutatottal. Viszont az előzőekhez képes itt szükség volt a kisebb repedések kiinjektálására és a nagyobbak kitöltésére, ami esetünkben nagy cementhányadú habarccsal történt.

A megerősített fal maximális vízszintes teherbírása (H) elérte a 27,0 tonnát, a vízszintes elmozdulás pedig túllépte a 9 mm-t. A kompozitban a nyúlási igénybevétel a tönkremenetel előtti lépésben csak a határérték 8 %-át érte el, ami a 0,12 %-os megnyúlásnak felel meg. A leválással egyidejűleg mért utolsó adat viszont 0,80 % megnyúlást mutat, ami elgondolkozásra késztet. A elem tönkremenetele a meglévő repedés túlzott kinyúlásával ment végbe. A kompozit csak a repedés mentén vált le, de nem szakadt el. Az erő-elmozdulás diagramm a 12. ábrán látható.



11. ábra  
*Az RM4 fal kísérlet előtt*



12. ábra  
Az egyszerű (UM3) és a megerősített (RM3)  
téglafal erő-elmozdulás diagrammja  
(L – baloldal; R – jobboldal)

## 5. Megállapítások, célkitűzések

A szénszálas szövetekkel megerősített téglafalakon eddig elvégzett kísérletek eredményei szintetikus összefoglalója az 1. táblázatban található.

1. táblázat Az eredmények összefoglalása

Kísérleti elem	UM1	RM1	UM2	RM3	UM3	RM4
A habarcs szilárdsága [N/mm <sup>2</sup> ]	16,9	16,9	13,1	13,1	14,9	14,9
A téglá szilárdsága [N/mm <sup>2</sup> ]	10,6	10,6	9,5	9,5	9,5	9,5
Függőleges konstans teher V [t]	20	20	30	30	30	30
Maximális vízszintes teher H [t]	19,0	14,5	30,0	37,0	32,5	27,0
Teherbírási különbség [%]	-23,6		+23,3		-16,9	
Maximális vízszintes elmozdulás [mm]	8,5	19,7	8,7	17,5	2,8	9,5
Maximális megnyúlás a kompozitban [%]	-	0,50	-	0,15	-	0,12(0,8)
Tönkrementeli mód	Nyírás	Nyírás	Nyírás	Nyírás	Nyírás	Nyírás

Ezen adatok alapján a következő megállapításokat tehetjük:

- a megrepedt téglafalak szénszálas kompozitokkal történő megerősítésével jelentősen növelhető ezek nyírási teherbírása (gyakorlatilag, a berepedt falak teherbírása 0 tonna volt);
- a kompozitokban mért megnyúlások jól bizonyítják, ezek nagymértékű hozzájárulását a fal teherbíráshoz és a fallal való együttműködést;
- a megerősített falak tönkrementele a repedések túlzott kinyílásával és az ezzel együtt bekövetkező repedés körüli kompozit leválásával következett be;
- a maximális vízszintes elmozdulások a megerősített falak esetében legalább kétszeresére nőttek az egyszerű fal végső elmozdulásához képest, ami a duktilitás és energia elnyelő képesség növekedését bizonyítja.

Az egyszerű téglafalak szeizmikus erők hatásának kitéve nagyon ridegen viselkednek és minden előjel nélkül mennek tönkre. Ilyen nem-duktil szerkezeti elem kompozitokkal (melyek úgyszintén rideg viselkedésűek) történő megerősítése után, a kapott eredmény egy inkább duktilis viselkedés lesz.

E kutatási terv keretein belül még 3 téglafal kísérletére kerül sor, más kompozit rendszer felhasználásával, továbbá vizsgálat tárgya lesz még a téglafal - kompozit határfelület viselkedése is, több típusú és minőségű téglá, valamint kompozit kombinációjában.

## 6. Hivatkozások

- [1] GERGELY J., YOUNG D.T., HOOKS J., AL-CHAAR N., “Composite Retrofit of Unreinforced CMU Walls”, Research Report, UNC Charlotte, USA, 2000
- [2] STOIAN V., GERGELY J., NAGY-GYORGY T., “Seismic Retrofit of Masonry Structures”, COBASE Research Report, USA, 2002
- [3] AL-CHAAR G. K., HASSAN H., “Seismic Testing and Dynamic Analysis of Masonry Bearing and Shear Walls Retrofitted with Overlay Composite”, Proc. – International Composites Expo '99, Cincinnati, Ohio, 1999
- [4] “Technical Report in the Design and Use of Externally Bonded FRP Reinforcement for Reinforced Concrete Structures”, fib TG 9.3, 2001
- [5] “Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures”, ACI 440F, 2001

---

# Új irányok az acélszerkezetek számítógéppel segített tervezésében: erőtani tervezés az európai szabványrendszer szerint

DEVELOPMENT IN CAD OF STEEL STRUCTURES:  
DESIGN BY EUROPEAN STANDARDS

Dr. Papp Ferenc

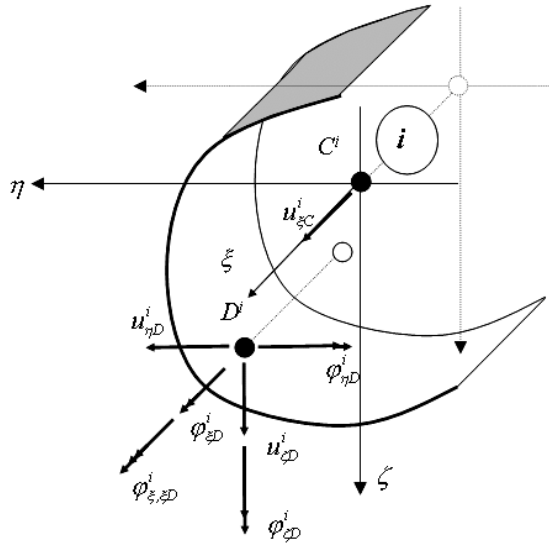
BME Hidak és Szerkezetek Tanszék

## 1. Bevezetés

A mérnöki gyakorlatban egyre inkább előtérbe kerülnek a komplex tervezési feladatokat támogató programrendszerek, amelyeket átfogóan számítógéppel segített tervezési (Computer Aided Design & Manufacturing, röviden CAD/CAM) eszközöknek nevezünk. Szerkezetek erőtani tervezése esetén ezek a rendszerek három fő komponensből állnak: számítás, méretezés és szerkesztés. Acélszerkezetek vonatkozásában a kérdést részletesen tárgyalja Iványi-Papp: Acél CAD című egyetemi tankönyve [1]. A jelen tanulmány a számítás komponens alapjaival foglalkozik, ezen belül a legáltalánosabb és legelterjedtebb eljárást, a végeselemes módszert alkalmazza. A KÉSZ kft. és a Budapesti Műszaki Egyetem Acélszerkezetek (jogutódként a Hidak és Szerkezetek) Tanszéke közösen létrehozta az OMFB ALK 168/98 számú és „ConSteel: Konkurens acélszerkezeti tervező program” című kutatás-fejlesztési projektet, amelynek keretében kifejlesztettük a ConSteel programot. A program a 3D-s acél rúdszerkezetek (beam-columns) sajátos végeselemes számítását és a szabványok szerinti méretezését vonja össze egységes alkalmazási rendszerbe. A harmadik szerkesztés komponenshez – amelybe a tökeerős CAD/CAM fejlesztések (ld. például az európai Bocad, Xsteel, Strucad rendszereket) tartoznak – a ConSteel fejlett, nemzetközi szabványokkal (CIMsteel, IFC) kompatibilis interfészrel csatlakozik. A jelen tanulmányban a ConSteel rendszer sajátos végeselemes számítási módszerét, illetve a számításra alapozott automatikus szabványos méretezési eljárását mutatjuk be.

## 2. Speciális vékonyfalú rúd végeselem

Az acélszerkezetek jelentős hányada un. vékonyfalú rúdelemekből épül fel, ahol az elemek keresztmetszeteiről feltételezhetjük, hogy viszonylag vékony, egyenes és állandó vastagságú lemezekből állnak, és a szerkezet globális deformációja során az alakjukat megtartják. Az ilyen szerkezeti elemek szabványos méretezése során a csavarás hatásának viszonylag pontos számítása alapvető kérdés. Az elemi mechanikából ismert, hogy egy vékonyfalú prizmatikus rúdelem csavarása során a belső csavarási ellenállás két komponensből tevődik össze: a St. Venant féle egyszerű, és az un. gátolt csavarásból. A hagyományos térbeli rúdszerkezeti számítások a modell csomópontjaihoz 6-6 szabadságfokot (ismeretlen elmozdulást) rendelnek, ami egy rúdelem esetén 12 ismeretlent, illetve peremfeltételt eredményez. Amennyiben a végeselem merevségi mátrixát zárt alakban kívánjuk felhasználni, és figyelembe kívánjuk venni a gátolt csavarás hatását is, akkor szakítanunk kell a hagyományos 12 szabadságfokú modellel. Az 1970-es évek irodalmából ismertek azok a megoldások, amelyek végeselemenként 14 szabadságfokot alkalmaznak. A mérnöki gyakorlatban is jól használható elemet Rajasekaran publikálta Chen-Atsuta kiváló kézikönyvében [2]. Itt jegyezzük meg, hogy az elem Vlasov elméletén alapszik, ezért Vlasov elemként is szokás emlegetni. Ilyen néven került be az elem több nagy „tudományos” végeselemes programba, ugyanakkor a mérnöki tervezést támogató programokban sokáig nem alkalmazták. A 90-es években jelentős, nemzetközileg is elismert hazai kutatás zajlott az acélszerkezetek 14 szabadságfokú végeselemes számítására alapozott integrált méretező eljárás kidolgozása területén [3]. A 14 szabadságfokú elem felépítését a 1. ábra mutatja, ahol az  $i$  jelű csomópont 7 elmozdulási szabadságfokát látjuk, amelyből a külpontosan elhelyezett súlypontban (C) csak az axiális elmozdulás működik, míg a többi az un. csavarási középpontba (D) került. Alaptanulmányokból ismert, hogy a csavarási középpont a keresztmetszet azon egyértelműen meghatározott pontja, ahol a nyíróerő nem okoz csavaró nyomatékot, részletesebben lásd az [1]-et.



1. ábra

*A 14 szabadságfokú vékonyfalú rúdelem csomóponti elmozdulásai*

A fentiekben megfogalmazott rúdelem alapegyenletét Rajasekaran [2] írta fel az alábbi virtuális munkaegyenlet formájában:

$$\int_l (\sigma \delta \varepsilon + \tau_{\eta\xi} \delta \gamma_{\eta\xi} + \tau_{\xi\zeta} \delta \gamma_{\xi\zeta}) t ds = \int_s (\sum_d f_d \delta u_d) ds \quad (1)$$

ahol a baloldali kifejezés a belső feszültségeknek a megfelelő virtuális alakváltozásokon végzett munkáját, míg a jobb oldal a felületi terheknek a megfelelő virtuális elmozdulásokon végzett munkáját jelenti. A kifejezésben  $l$  az elem hossza,  $t$  a falvastagság,  $s$  a tangenciális koordináta,  $\sigma = \sigma_\xi$  a normál-feszültség,  $\delta \varepsilon$  a megfelelő virtuális alakváltozás,  $\tau_{\eta\xi}$  és  $\tau_{\xi\zeta}$  a nyírófeszültség komponensei,  $\delta \gamma_{\eta\xi}$  és  $\delta \gamma_{\xi\zeta}$  a megfelelő virtuális nyírási alakváltozások az elem középfelületének tetszőleges  $P$  pontjában. Jobb oldalon a  $d$  index a 7 szabadságfokot jelöli. Az 1. ábra, illetve az (1) egyenlet alapján levezethető az elem zárt alakú, 14 ismeretlenes másodrendű mátrixegyenlete, amennyiben az elem alakváltozását mind a két irányú hajlítás, mind a csavarás vonatkozásában harmadfokú polinommal, illetve az axiális alakváltozást elsőfokú polinommal közelítjük. A részletes levezetés, illetve a merevségi mátrixok angol nyelven a [2]-ben, magyar nyelven az [1]-ben található meg

### 3. Számítás a vékonyfalú rúdvégelemmel

A fent bemutatott speciális 14 szabadságfokú végelem felülről kompatibilis a hagyományos 12 szabadságfokú megoldásokkal, azonban azokon túlmutatva lehetővé teszi a következő számításokat is:

- teljes értékű másodrendű alakváltozás, illetve feszültség számítás,
- tényleges térbeli globális stabilitási analízis.

Az első csoportba tartoznak a 3D-s alakváltozás számítások, ahol – a szabványok előírásainak megfelelően – a normálerő másodrendű hatása mellett a nyíróerők, illetve a nyomatékok hatása is megjelenik az egyensúlyi feltételekben. Így például lehetőséget ad a ferde hajlításból eredő másodrendűség, vagy például a normálerőnek a csavarásra gyakorolt másodrendű hatásának számítására is. A második csoportba tartoznak a globális rugalmas stabilitási számítások. Ezekre a számításokra egyrészt a szerkezeti viselkedés jobb megértése, másrészt a szabványos tervezési képletekben szereplő rugalmas kritikus erők meghatározása miatt lehet szükség. Természetesen, a program összetett térbeli



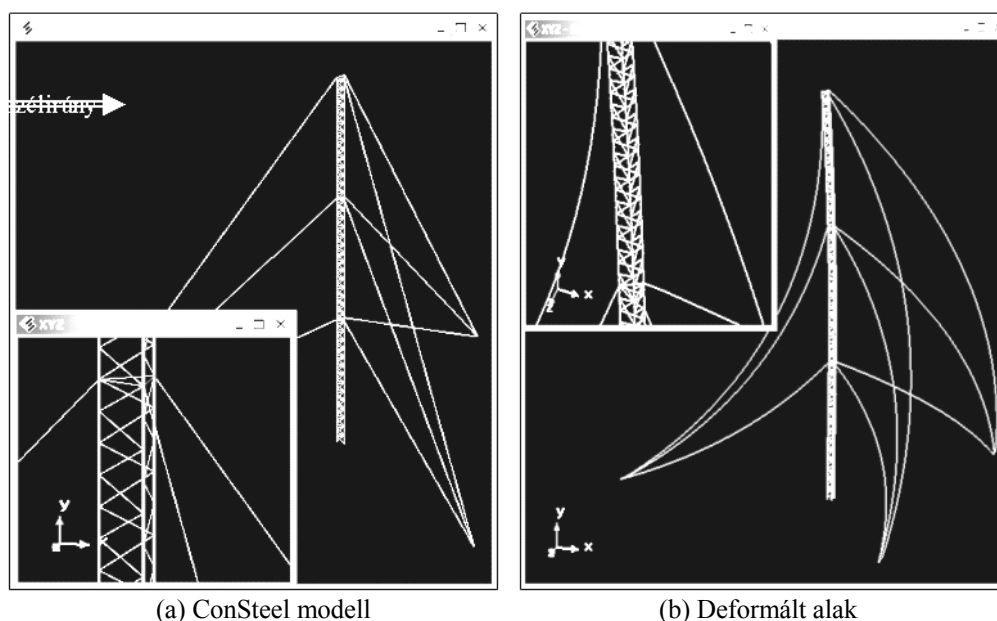
szerkezetek esetén is hasonló hatékonysággal elemzi a modell globális stabilitását, a megfelelő kihajlási-kifordulási (elcsavarodó kihajlási) formákat.

#### 4. További végelemek

A ConSteel acélszerkezeti tervező rendszer hatékonyságát az alábbi speciális végelemek is növelik:

- csak húzásnak ellenálló rúdelem
- 3D-s általános terhelésű kötőelem

Az első elemtípus a magasépítési acélszerkezetek modellezésénél fontos, ahol a merevítő rendszerekben olyan szerkezeti elemek fordulhatnak elő, amelyek nyomásra –a tervező szándékának megfelelően – szándékoltnak kihajlanak, azaz nem dolgoznak. A második elemmel elsősorban kikötött toronyok modellezése lehetséges. Erre mutat példát a 2. ábra.



2. ábra

*Kötéllal kikötött toronyszerkezet számítása*

#### 5. Integrált méretezés

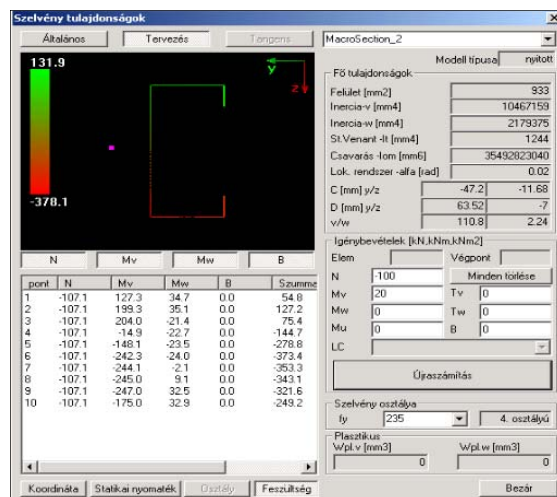
A mérnöki tevékenység célja, hogy az építészeti koncepció alapján a szerkezet elemeit optimális módon válassza meg, a megfelelő biztonság mellett törekedve a költségek minimalizálására. Az optimális méretek meghatározásához az erőtan szabványok (például az Eurocode 3) tervezési képleteket adnak meg, amelyek közül a legfontosabbak az alábbiak szerint csoportosíthatók:

- keresztmetszetek teherbírása,
- szerkezeti elemek stabilitási teherbírása, és
- kapcsolatok teherbírása.

##### 5.1. Keresztmetszetek teherbírása

A ConSteel program egységesített keresztmetszeti objektuma több éves kutatómunka eredménye [4]. Az objektum a rugalmas és a képlékeny számítások kiszolgálása mellett alkalmas a plasztikus, a rugalmas és az effektív (horpadó) keresztmetszetek tervezési képleteiben szereplő paraméterek számítására is.

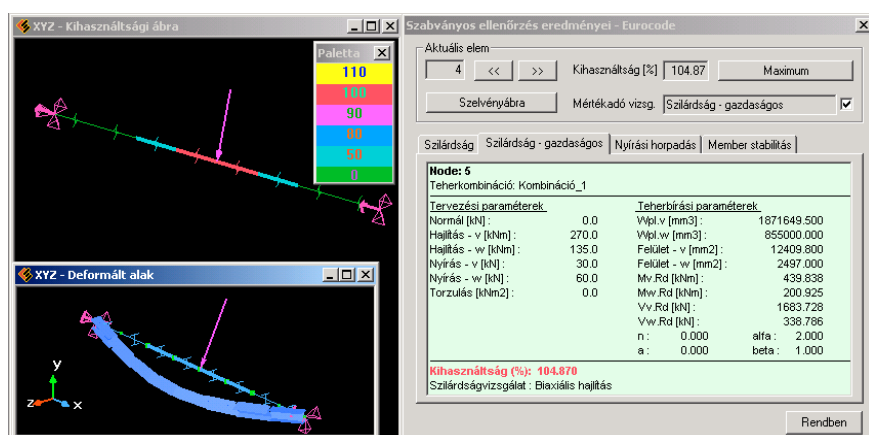




3. ábra

*Méretezési (effektív) keresztmetszeti jellemzők számítása*

A 3. ábra egy vékonyfalú C szelvény szabványos effektív modelljét, és annak megfelelő keresztmetszeti jellemzőket mutatja nyomóerő és nagytengely körüli hajlítás együttes hatására. A szerkezet keresztmetszeti teherbírását (kihasználtságot) első szinten egy szintérték szemlélteti. Második szinten a mérnök lekérdezheti a szabványos képletekben szereplő méretezési paraméterek értékeit (4. ábra), illetve a harmadik szinten kiértékelheti a tervezés menetét a mértékadó keresztmetszet szintjén (3. ábra).



4. ábra

*Egyszerű gerenda keresztmetszeti teherbírás vizsgálata az Eurocode 3 szerint*

## 5.2. Szerkezeti elemek stabilitási teherbírása

A ConSteel program a szerkezeti elemeket a globális szerkezet részének tekinti, nem alkalmazza a hagyományos „elkülönítés” elvét. Több éves kutatómunka eredményeként az általánosan terhelt szerkezeti elem stabilitási méretezése az alábbi - Eurocode 3 konform - formula alapján történik:

$$\frac{\sigma_{N.Sd}^{c.max} + \sigma_{My.Sd}^{c.max}}{\chi_{bc}} + \sigma_{Mz.Sd}^{c.max} + \sigma_{B.Sd}^{c.max} \leq K_{bc} f_{yd}$$

(2)

ahol  $\sigma_{i.Sd}^{c.max}$  a mértékadó keresztmetszet legjobban nyomott pontjában a normálfeszültség az axiális erőből (N), az erős tengely körüli hajlításból (My), a gyenge tengely körüli hajlításból (Mz) és a gátolt

csavarásból (B). Ezeket a feszültségeket a teljes másodrendűség elve alapján számítja a program, minden csomóponti keresztmetszetben. Az  $f_{yd}$  az anyagfüggő tervezési szilárdság,  $K_{bc}$  a képlékeny többletteherbírással rendelkező keresztmetszetek esetén az általánosított képlékenységi tényező,

$$K_{bc} = 1 + (K - 1)(1 - \bar{\lambda}_{bc}^2) \geq 1.0 \quad (3)$$

amely függ a  $K$  tényleges keresztmetszeti képlékenységi tényezőtől, illetve a  $\bar{\lambda}_{bc}$  mértékadó tervezési karcsúságtól. Az olvasó a kifejezés elméleti hátterét megtalálja az [5]-ben. Az általánosított csökkentő tényező számítása a nemzetközileg elfogadott Rondal-Maquoi formulával történik,

$$\chi_{bc} = \frac{1}{\phi_{bc} + \sqrt{\phi_{bc}^2 - \bar{\lambda}_{bc}^2}}$$

$$\phi_{bc} = 0.5(1 + \alpha_{bc}(\bar{\lambda}_{bc} - 0.2) + \bar{\lambda}_{bc}^2) \quad (4)$$

ahol az általánosított karcsúság

$$\bar{\lambda}_{bc} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} \quad (5)$$

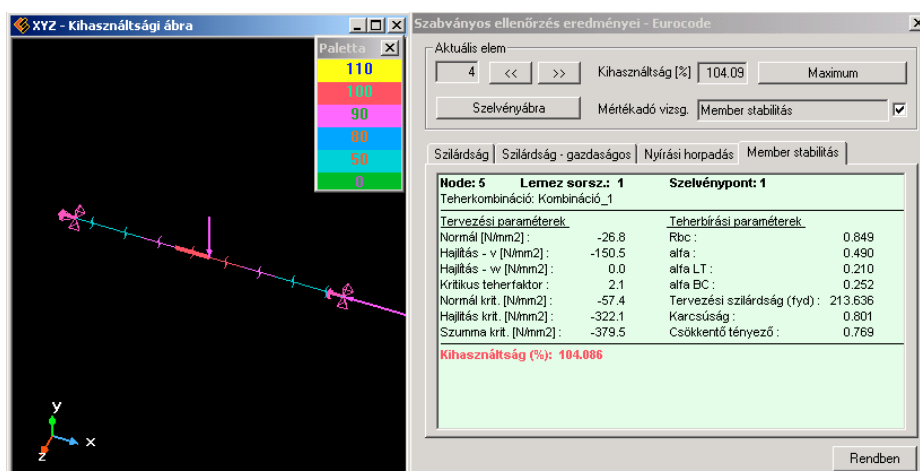
Az (5)-ben  $\sigma_{cr}$  a mértékadó keresztmetszet legjobban nyomott pontjában a globális rugalmas stabilitási analízisből számított kritikus nyomófeszültség. Az általánosított tökéletlenségi tényezőt az alapesetekhez (kihajlás esetén  $\alpha$ , kifordulás esetén  $\alpha_{LT}$ ) tartozó - nemzetközileg elfogadott – szabványos értékekből interpolációval határozzák meg:

$$\alpha_{bc} = \alpha + r(\alpha_{LT} - \alpha) \quad (6)$$

ahol

$$r = \frac{\sigma_{My,cr}^{c,max}}{\sigma_{My,cr}^{c,max} + \sigma_{N,cr}^{c,max}} \quad (7)$$

Könnyen belátható, hogy a (2)-(7) kifejezések alkotta eljárás a szerkezeti modell másodrendű feszültséganalízise és globális stabilitási analízise során létrejött feszültségi adatbázison automatikus keresztmetszeti vizsgálatra vezet. Ennek eredményét mutatja a 5. ábra, ahol a 4. ábrán látható gerenda közepén függőleges erővel hajlított és a végen nyomott.



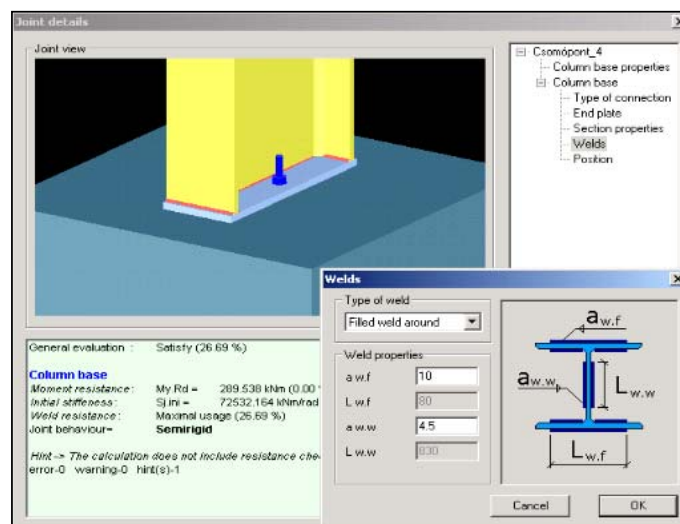
5. ábra

*Nyomott-hajlított szerkezeti elem stabilitási méretezése*

Természetesen, az automatikus méretezés nagyméretű, összetett szerkezet esetén is hasonló módon történik.

### 5.3. Kapcsolatok méretezése

A szerkezet elemei optimális méreteinek megválasztása után kiemelt mérnöki feladat a megfelelő kapcsolatok megtervezése. Az Eurocode 3 szabványrendszer ún. komponens módszere megnyitotta az utat az erőtan tervező programok számára nagy hatékonyságú kapcsolattervező modulok fejlesztésére. A ConSteel fejlesztők a cseh FINE céggel kötötték fejlesztési együttműködési szerződést, amelynek keretében a JOINT nevű kapcsolattervező program számítási eljárásait átvették. A ConSteel/JOINT integrált programmodul hatékonyan támogatja a szerkezet csomópontjainak tervezését. Lehetőséget ad az ún. „félmerev” kapcsolatok hatásának figyelembe vételére a globális szerkezeti számításokban is. A 6. ábra egy félmerev oszloptalp 3D-s grafikával támogatott tervezését mutatja.



6. ábra

*Félmerev oszloptalp interaktív tervezése a ConSteel/JOINT rendszerben*

## 6. Összefoglalás

A ConSteel program egy új generációs mérnöki rendszer, amely acélszerkezetek hatékony és optimális tervezését végzi el magas szintű automatizálással. Azonban fontos megjegyezni, hogy az „automatizálás” egyáltalán nem jelenti azt, hogy a mérnök kezéből kikerül a tervezés irányítása. Sokkal inkább azt jelenti, hogy a magas elméleti felkészültségű mérnök – a sok „kézi” számítás helyett – a tényleges alkotó mérnöki munkára tud koncentrálni.

### Hivatkozások

- [1] Iványi-Papp: Acél CAD, Acélszerkezetek számítógéppel segített tervezése, Műegyetemi Kiadó, egyetemi tankönyv, Budapest, 1998.
- [2] Chen-Atsuta: Theory of Beam-Columns: Space behaviour and design, Vol.2., McGraw-Hill, 1977., pp. 539-608 (szerző: Rajasekaran)
- [3] Papp Ferenc: „Simulation based design methodology of steel structure members”, The 6th International Conference on Computational Structures Technology, CIVIL-COMP Press 2002, pp. 227-228, CD ROM
- [4] Papp Ferenc, Iványi Miklós és Jármay Károly: „Unified Object-Oriented Definition of the Thin Walled Steel Beam-Column Cross-Sections”, Computers & Structures 79 (2001), pp. 839-852
- [5] Papp Ferenc, Iványi Miklós: “Developments in structural design of beam-columns: a review from CAD point of view”, SDSS 2002 Proceedings, pp. 13-22, Budapest, Hungary

---

## **Útkeresés a virtuális világba**

### **Internet bázisú projektmanagement**

SERCHING THE WAY TO THE VIRTUAL WORLD,  
PROJECT-MANAGEMENT BASED ON INTERNET

Polgár László

ASA Építőipari Kft., Budapest

1. Mai világunknak két olyan meghatározó tényezője van, mely a következő években alapvetően átalakítja életünket.

Az EU tagságunk elvisz a határok nélküli Európába, melynek összes következményét ma még nem is ismerjük. A globalizáció már ma is jelen van életünkben, de a határok nélküli Európa új lehetőségeket ad, a társadalmi munkamegosztás új dimenziókba kerül, ahol a magyar cégek is egyre több külföldi céggel dolgozik együtt.

A másik tényező az információtechnikai fejlődés, mely olyan új technikai lehetőségeket biztosít, melyekről még 10 éve is csak óvatosan álmodhattunk. Ma már nem kell otthonunkból eltávozni ahhoz, hogy bejárjuk a világot (virtuálisan), közvetlenül társaloghassunk, levelezhessünk tőlünk több ezer km-re tartózkodókkal, a távolság, mint tényező szinte kivonult életünkéből. Naprakészek lehetünk a világ történéseiben, de ami sokkal fontosabb, úgy tudunk együtt dolgozni a világban tőlünk távol tartózkodókkal, mintha egymás mellett ülnénk. Miközben a termelést egyre inkább robotok vagy legalábbis olyan gépek segítik, melyek az emberi munkaerő szükségletet jelentősen csökkenthetővé teszik, a mási oldalon a szolgáltatások, többek között a mérnöki szolgáltatások jelentősége növekszik. Az információtechnika fejlődése ma már azt is lehetővé tette, hogy távolról irányítsunk rendszereket. Az iraki háború ugyan csak a nem kívánt háborún keresztül mutatta be a lehetőségeket, mi mérnökök azon fáradozunk, hogy a békés építő munkánkhoz is minél inkább bevetethetők legyenek az információtechnika nyújtotta lehetőségek.

2. Az építőipar sajátosságai, mint különös kihívás a virtuális irodák működtetésére.

Az építőipar, más iparágaktól eltérően, mivel nem állít elő nagy sorozatokat, az építmény nem szállítható árú, termelése szervezetei sok vonatkozásban eltér más iparágaktól. Egy-egy építmény megvalósításában résztvevő szereplők:

- építtető, alkalmasint távol a megvalósítás helyétől, mint pl. Metro áruházlánc, az építtető valahol a nagy világban, az építtető irodája Düsseldorfban, ahonnan irányítják a beruházásokat, legyenek azok Európában vagy Kínában, vagy bárhol a világon.
- tervező: bár általában azon országban, ahol a létesítmény megvalósul, csupán azért, mert az építési folyamatokban a nemzeti érdekek ma még korlátozzák a nagyobb fokú globalizáció érvényesülését, de egyre többször a tervezés is idegen országban történik.
- kivitelező: ha az építés helyén vagy legalább abban az országban van a telephely, képviselő, az anyavállalat nagyon sokszor egész más országban van. A kivitelezésben sok vállalat dolgozik együtt, melyek fizikai dolgozói ugyan az építés az építés helyszínén vannak, de az irányítók jó esetben egy-két órán keresztül az építés helyszínén, leginkább azonban távol az építéstől tartózkodnak.
- üzemelő: sok esetben nem azonos az építtetővel, pl. lakásokat épít befektető, majd azokat bérbeadja.

A multinacionális nagy cégek, mint Strabag (termelése megközelíti a teljes magyar építőipar termelését), már évekkkel előbb kiépítették információs belső hálózatukat a világ sok helyén működő egységeik között. Ezek a vállalatok belső életében hatékony rendszerek nehezen kapcsolódnak a kis cégek olykor alig észrevehető rendszereihez (a tíz fős cég ügyvezetőjének notesza hogyan kapcsolódik a sokezer főt foglalkoztató nagyvállalat rendszeréhez?).

Újabban, főleg az Internet tömeges elterjedésével új lehetőség adódott, a hálózatra a legkisebb egység is gond nélkül csatlakozhat, virtuális projekt csapatokat lehet rövid idő alatt létrehozni egy-egy építési projekt megvalósítására.

---

A Plan 31 Mérnök Kft-nél és az ASA Építőipari Kft-nél az elmúlt fél évben már sikeresen működtek ilyen virtuális projekt teamek, ezekből mutatunk be néhányat, az előnyök és gondok bemutatásával.

### 3. Online Projekt management

A kijevi Metro áruház tervezésekor – Plan 31 a gyártmánytervező – már megoldhatatlan volt a feladat hagyományos módszerekkel. Össze kellett kapcsolni, együtt kellett dolgozni.

- Metro Düsseldorf zentrale Banabteilung
- Fridrich & Lucas Düsseldorf építész tervező iroda, gen. statikus iroda
- Metro Kijev az építettő kijevi kirendeltsége
- Kijevmiskbud Kijev generál kivitelező
- Elemgyár Kijev gyártóüzem
- Plan 31 H Budapest
- Plan 31 Ro Kolozsvár
- Plan 31 Ua Lemberg

mind ez néhány hónapon keresztül intenzív együttműködés, ahol a szereplők közül többen egymással sohasem találkoztak, de munkájuk szorosan kapcsolódik egymáshoz. A nagy távolságok eleve lehetetlenné teszik a találkozásokat, Düsseldorf – Kijev még légvonalban is ca. 2000 km, nem is szólva budapesti vagy kolozsvári kitérőkről.

A nagyvilágban különösen az utolsó 5 évben terjednek az Internet bázisú munkaplattformok. Különösen az északi országok járnak az élen, így svéd, ír, angol cégek, különösen a bérelhető projekttervek területén:

[www.projektplace.de](http://www.projektplace.de)  
[www.teamspace.de](http://www.teamspace.de)  
[www.intranets.com](http://www.intranets.com)  
[www.webforum.com](http://www.webforum.com)  
[www.buildonline.de](http://www.buildonline.de)

Mi ezek közül a webforum lehetőséget választottuk a német terjesztő civilserve-n keresztül. Az ilyen webforumok bérelésének nagy előnye, hogy szinte azonnal (24 órán belül) működőképesen rendelkezésre áll, egyaránt működtethető Internet (bárki által látható) és enternet (csak a jogosultak részére hozzáférhető) résszel, vagy csak az utóbbival. Nem kell hozzá számítástechnikai ismeret (vagy csak minimális), az építőipar vegyes felkészültségű résztvevői mind tudják használni.

Az a tény, hogy maga a szerver valahol svédországban található, teljesen indifferens. A lényeg, hogy a résztvevők felhatalmazásaik szerint hozzáférhetnek a fórumra feltett anyagokhoz és maguk feltehetik anyagaikat. Függetlenül attól, hogy hol tartózkodnak a világban, mindig láthatják, mi történt az adott objektumnál, mit tettek az egyes résztvevők.

A „régiben” az építettő, generál kivitelező, tervező, stb. hívtak össze egy-egy megbeszélést. Már az időpontok egyeztetése is sok időt és fáradságot igényelt, olyan időpont szinte nem is létezett, mely mindenkinek jó lett volna. Az alkalmasint hosszú utazási idő nagyon megdrágította az ilyen kooperációk önköltségét. Ma ugyanezt utazás nélkül is elérjük, sőt a nagy távolságok miatt szóba sem jöhetnek a közvetlen személyes találkozások.

A konkrét esetek bemutatása hozzásegítheti azokat, akik eddig még nem vettek részt Internet bázisú projekt teamekben, hogy jobban megértsék az új idők módszereit.

### 4. Metro Kijev tervezés

A Metro Kijev tervezésekor az egyes cégek viszonyát a diagram mutatja

A Metro Kijev áruház tervezésénél, építésénél jellemzően megjelennek mai világunk ellentmondásai, a globális világ és a nemzeti világ érdekeinek különbözőségei. A Metro nagykereskedelmi hálózat svájci hivatalos működési székhellyel (adózás), németországi tényleges központtal ca. 500 áruházat üzemeltet a világ 40 országában. Ezek közül a kifejezetten Metro áruház ca. 200; érthető törekvése az áruházláncolatnak, hogy a világon mindenütt közel azonosak legyenek áruházai.

A Metro áruházláncnak az lenne az ideális, ha egyetlen típus tervdokumentáció szerint építhetné áruházait. Mivel ma még az egyes országokban eltérőek az előírások, építési kultúrák, alkalmasint nagyon nehéz az építettő elvárásainak eleget tenni.

A Metro Kijev áruház tervezésekor a düsseldorfi F&L tervező iroda által készített általános tervekkel kellett olyan, a vasbeton vázhoz szükséges gyártmányterveket készíteni, melyek kielégítik az

---

ukrán előírásokat is, megfelelnek a kijevi gyártási lehetőségeknek, de egyben az EU élet-és vagyonbiztonsági követelményeit is kielégítik.

A feladatra – tekintettel a Plan 31 csoport által eddig 5 országba tervezett 36 áruházra – Plan 31 H vállalkozott, a Plan 31 Ro és Plan 31 Ua-ra támaszkodva. A feladat döntő részét Kolozsváron a Plan 31 Ro végezte el, mely rendkívül nehéz volt, mert a két világ – Düsseldorf és Kijev – között kellett kompromisszumot találni. Némi segítséget a közös szabvány, az Eurocode bázis jelentett ugyan, de Kijevben még nem használják az 500 N/mm<sup>2</sup> folyáshatárú betonacélokat, más feszítési eljárással dolgoznak, mint amit Németországban, Magyarországon megszoktunk.

Az egyik legnagyobb gondot az okozta, hogy a vállalkozó Kijevmiskbud több helyen a monolitikus megoldást erőltette volna, Metro pedig ragaszkodott az előregyártott megoldásokhoz (több országban szerzett tapasztalata szerint, mivel csakis az előregyártott megoldások tudják a Metro által kívánt ütemeket tartani).

A sok résztvevő közötti információáramlást a web platform tudta biztosítani, mert így mindenkinek csak egy helyre kellett feltenni az anyagát.

Sajnos, az egyes résztvevők információtechnikai kulturáltsága eltérő szinteken volt, így, miközben az egyes useroknak semmi nehézséget nem okozott a platform használata, mások idegenkedtek tőle.

Volt, aki ragaszkodott a megszokott úthoz, a faxok küldéséhez.

A kezdeti nehézségek ellenére a web platform használata annyi előnyt nyújtott, hogy az ASA Építőipari Kft. további objektumoknál is ezt a módszert választotta:

- KIKA Budaörs
- Tesco Debrecen
- Cora Budakalász
- Suzuki Esztergom
- Procter & Gamble Csömör.

Az ilyen építmények esetében a legfontosabb partnerek – építető, tervező, kivitelező, mindegyik több alvállalkozóval, megbízottal – távol vannak földrajzilag egymástól. Kooperációs értekezleteket tartani egyre körülményesebb, egyre költségesebb, az utazás, idő, mindenkinek megfelelő időpont biztosítása szinte lehetetlen. Az építés helyén az iroda kiépítettsége nem éri el a központok kiépítettségét. Az építésvezetés legfontosabb eszköze a laptop és a mobiltelefon, ezen két készülék segítségével már az egész világgal kapcsolatban lehet lenni (remélhetőleg hamarosan megjelennek a laptopba beépített mobil telefonok is és akkor egyetlen készülék minden kapcsolatot biztosít).

A tervezők ezek után már csak a tervjegyzékeket teszik mindig fel a platformra, maguk a tervek a tervező vállalat szerverén maradnak, ahol az építkezésben érdekeltek felhatalmazások szerint (jelszó) hozzáférnek a tervekhez, azokat maguknak letölthetik, nézhetik (hogy ezután hány példány tervlap készül, azt már senki nem tudja ellenőrizni, de talán szükségtelen is az ellenőrzés).

Az ilyen rendszerek természetesen új problémákat is felvetnek. Ma az egyik ilyen nagy probléma az elektronikus aláírás hiánya, így az ilyen digitalizált rajzok ma aláírások nélkül kóborolhatnak a világban. Már a Metro Kijev épület terveinél is gondot okozott az aláírás, pecsét biztosítása. Miközben már minden résztvevő megkapta, ellenőrizhette a terveket, az aláírt, lepecsételt tervek csak késve érkezhettek (pl. autó hozta a tervet Kolozsvárról Debrecenbe, onnan a kalauz a Tisza expresszrel tovább Lembergbe, ott aláírás, pecsét, majd a következő vonattal tovább Kijevbe. A leggondosabb szervezéssel is 48 órát vett igénybe az aláírt, lepecsételt tervek biztosítása, mindez gyakorlati tartalom nélkül, csupán a bürokrácia ostoba résztvevői hobbijáért, mert a bürokrácia nem tud tervet olvasni, nem ért semmi máshoz, mint aláírások, pecsétek ellenőrzéséhez).

Minden nehézség ellenére kezd kirajzolódni a jövő. A projekt résztvevői bárhol tartózkodhatnak (kedvenc városukban, hétvégi telkükön, lakásukban vagy irodájukban), a fontos csak egy-egy név az E-mail címmel. Az userek dolga, hogy megadott E-mail címükre érkezett híradásokat elérjék.

Az Internet biztosítja az adatbázisok elérését. Az ilyen virtuális irodák összehangolt működtetése jelentősen meg fogja változtatni életünket (pl. nem szükséges a továbbiakban a munkaerőnek a nagyvárosokba tömörödni, sőt, kifejezetten kellemesebb munkakörülményeket biztosítanak a csendes vidéki helyek). Gyakorolnia kell mindenkinek, hogy minél előbb megtörténhessen a teljes átállás a 21. század munkamódszereire.

---

# Önfúró csavarok nyírási teherbírása

## SHEAR CAPACITY OF LAP JOINTS WITH SELF-DRILLING SCREWS

Ruff Ágnes, Nagy Zsolt, Fülöp Ludovic

Temesvári Műszaki Egyetem, Építőmérnöki és Építészeti Kar,  
Acélszerkezetek Tanszék

*Within the last few decades the popularity of light gauge steel structures had an enormous grow. Self-drilling screws, mostly subjected to shear, are the most commonly used fasteners for light gauge structural elements. Due to the diversity of screws and joints calculation methods given in the codes are unsuitable in many cases, and according to the design codes, the characteristics of joints may be determined by testing. After the review of the design methods their applicability is investigated.*

*During our work two types of self-drilling screws are studied in 20 joint types, with 5 specimens of each type. By analyzing the numerical characteristics and the typical and atypical failure modes of the joints, different conclusions can be drawn referring to the utilization of the screws.*

Az utóbbi évtizedekben egyre nagyobb teret hódítanak a vékonyfalú szelvényes könnyűszerkezeti kialakítások.

A vékonyfalú teherhordó szerkezeti elemek illesztésére a legegyszerűbb és legelterjedtebb az önfúró csavarok használata, amelyek meghatározó terhelése általában a nyírás. A csavar- és kapcsolattípusok sokféleségének köszönhetően azonban nem minden esetben használhatóak a szabályzatokban található számítási módszerek, így a kapcsolatok tulajdonságai, az előírások szerint, kísérleti úton is meghatározhatóak. A kapcsolatok fellelhető számítási módszereinek áttekintése után azok alkalmazhatóságát tanulmányoztuk.

Munkánk során, két típusú önfúró csavart vizsgáltunk összesen 20 kapcsolattípusban, minden típuson belül öt-öt próbatesttel. A számszerű jellemzőket, valamint a kapcsolatok tipikus és atipikus tönkremeneteli módokat elemezve, különböző következtetések vonhatóak le a csavarok felhasználhatóságára vonatkozóan.

### 1. Vékonyfalú szerkezetek kapcsolatai

Napjainkban a mérnöki tartószerkezetek jelentős hányada 0,5-5 mm vastag acélszalagokból hidegen hengerelt vagy hajlított vékonyfalú elemekből készül. A falvastagságnak köszönhetően a hagyományos anyás csavaros és ívhegesztéses acélszerkezeti kapcsolások kevésbé elterjedtek. A használatos kapcsolóelemek közül a leggyakoribbak az önmetsző csavarok, önfúró csavarok, vakszegecsek, ponthegek, ragasztásos vagy kapocsrögzítés megoldások. A vékonyfalú szerkezetek tervezéséhez elengedhetetlen a kapcsolatok tulajdonságainak ismerete. Jelen dolgozat témáját az önfúró csavarok jellemzőinek meghatározása képezi.

A meghatározóan nyírással terhelt önfúró csavarok teherbírása nagy mértékben függ a kapcsolat tönkremeneteli módjától. Ezek a következők lehetnek: (1) a csavarorsó elnyíródása – *rideg*; (2) a csavar eldőlése és kihúzódnása az alsó lemezből – *képlékeny*; (3) a csavarfej kiszakadása a felső lemezből – *képlékeny*; (4) a vékonyabbik lemez megfolyása – *képlékeny*; (5) az alapanyag elszakadása – *rideg*.

### 2. A kapcsolatok számítási módszerei

Az önfúró csavaros kapcsolatok esetében észlelhető tipikus tönkremeneteli módok közül a csavar elnyíródása, valamint az alapanyag elszakadása nem vonatkoznak kimondottan az illesztésre. Ezek kiküszöbölhetőek, ha a megfelelő tulajdonságú csavarokkal, lemezekkel és az előírt minimális távolságok betartásával dolgozunk. Tulajdonképpen kapcsolat-tönkremenetelnek a csavar eldőlése és az alsó lemezből való kihúzódnása, valamint a lemez megfolyása tekinthető, így a továbbiakban ezen teherbírás-számítási képleteket mutatjuk be.

## 2.1. Számítások az Eurocode 3 szerint

Az Eurocode 3 teherbírási számítási képletei csak olyan kapcsolatokra vonatkoznak, amelyekben vagy egyenlő vastagságúak az összefogott lemezek, vagy a felső lemez vékonyabb, mint az alsó. Ez esetben a kapcsolatok teherbírása függ a vékonyabbik lemez vastagságától ( $t$ ), az önfűró csavar átmérőjétől ( $d$ ), valamint az összefogott lemezek szakítószilárdságától ( $f_u$ ), és a következő képlettel számítható:

$$F_{b,Rd} = \frac{\alpha \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \quad (1)$$

ahol az  $\alpha$  együttható a két összefogott lemez vastagságának és a csavar átmérőjének függvénye,  $\gamma_{M2}$  pedig biztonsági tényező (értéke 1,25). A teherbírási képletekben a lemezek névleges vastagsága, a csavarok névleges átmérője és a lemezek anyagának névleges szakítószilárdsága szerepel.

Az Eurocode 3 számítási módszerének fő *hiányosságai* a következők: (1) csak a kapcsolatok határerejének számítására léteznek képletek, a merevség számítására nincs előírás; (2) egyáltalán nem számolható határerő azokban az esetekben, amikor az összefogott lemezek közül a felső a vastagabbik.

## 2.2. A Fan Lixin által javasolt módszer

1996-ban, egy belga kutatócsoport javaslatot dolgozott ki az Eurocode számításainak kiegészítésére. Analitikus képleteket javasoltak nemcsak a teherbírási számítására, hanem a kapcsolatok merevségének felbecsülésére is. Természetesen, a vékonyfalú szerkezetek esetében is a kapcsolatmerevség nagy mértékben befolyásolja a szerkezet viselkedését, így meghatározása legalább olyan fontos, mint a határerőké.

A képletek alapjául nyírókísérletek szolgáltak (300 db statikus teherrel és 58 db dinamikussal), melyek révén a határerő számítására két képletet javasoltak, a lemezvastagság függvényében:

$$\begin{aligned} F_n &= t_{thin} \cdot d \cdot f_{u,thin} \cdot f_1 & \text{ha } t_m/t_s \leq 1 \\ F_n &= t_{thin} \cdot d \cdot f_{u,thin} \cdot f_1 \cdot f_2 & \text{ha } t_m/t_s > 1 \end{aligned} \quad (2)$$

ahol  $t_m$  az alsó lemez vastagsága (a csavar fejtől távolabb eső);  $t_s$  a felső lemez vastagsága (a fej mellett);  $t_{thin}$  a vékonyabb lemez vastagsága;  $f_1$  és  $f_2$  pedig a következő képletekkel számítandó:

$$\begin{aligned} f_1 &= -6 \cdot \left( \frac{t_{thin}}{d} \right)^2 + 5,7 \cdot \frac{t_{thin}}{d} + 0,7 \\ f_2 &= \left( \frac{t_m}{t_s} - 1 \right) \cdot (0,25 \cdot t_s^2 - t_s + 1,4) + 1 & \text{ha } t_m/t_s \leq 2,4 \\ f_2 &= 0,35 \cdot t_s^2 - 1,4 \cdot t_s + 2,96 & \text{ha } t_m/t_s > 2,4 \end{aligned} \quad (3)$$

A kapcsolatmerevség meghatározására javasolt képlet olyan korlátozás bevezetésén alapul, amely a használati erőt a kapcsolat határerejének 50%-ára csökkenti:

$$K_{serv,sc} = 1,3 \cdot S_1 \cdot S_2 \quad (\text{kN/mm}) \quad (4)$$

$$S_1 = 3,74 \cdot t_s - 1,24$$

ahol:

$$S_2 = 0,4 \cdot \frac{t_m}{t_s} + 0,63 < 1,83 \quad (5)$$

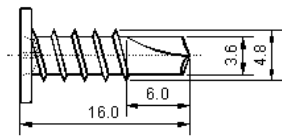
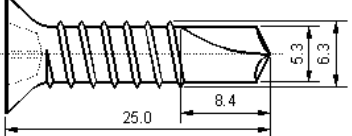
A Fan Lixin által javasolt számítási módszer két fő *hiányossága*, hogy: (1) az illesztések merevsége csak abban az esetben számítható, ha egyenlő a lemezvastagság vagy ha a felső lemez a vékonyabb. Ellenkező esetre nincs javaslata; (2) a számítási képletek a szerző által lemért próbatestek alapján készültek, így azok jellegzetesen csak bizonyos lemezvastagságokra és csavarátmérőkre érvényesek.

## 3. A kísérletek leírása és értékelése

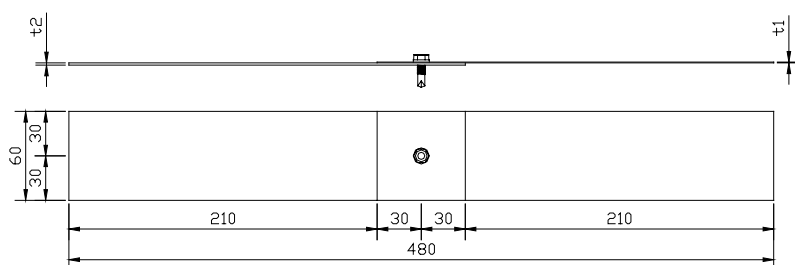
Kétféle önfűró csavarral (1. táblázat) létrehozott illesztések számítási jellemzőinek kísérleti úton történő meghatározására volt szükség, mivel gazdaságossági indokokból ezekkel az új csavarokkal lehetne egyes, már ismert viselkedésű csavarokat helyettesíteni.



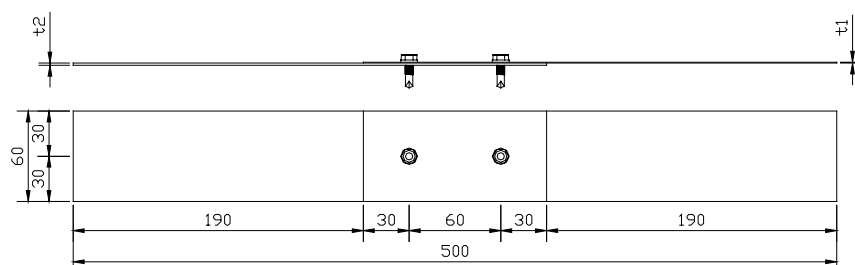
1. táblázat A felhasznált csavarok és jellemzőik

1. típusú vagy D3	2. típusú vagy D6
	
Lapos fejű önfúró- önmetsző csavar.	Kúpos fejű önfúró- önmetsző csavar.
$d_{n\acute{e}vleges}$ 4,8 mm	$d_{n\acute{e}vleges}$ 6,3 mm
$d_{belső}$ 3,5 mm	$d_{belső}$ 4,8 mm
Használható (a gyártó szerint) 1-től 3 mm-ig	Használható (a gyártó szerint) 3-tól 6 mm-ig

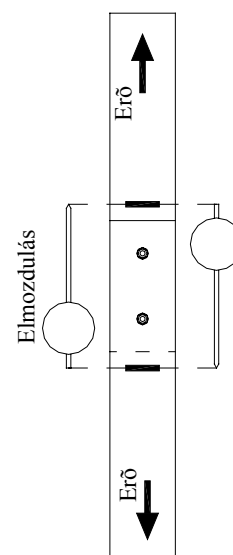
A gyakrabban előforduló lemezvastagság–csavarátmérő kombinációkból összesen 110 próbatestet állítottunk össze. A kapcsolatokban használt lemezvastagságok a szokványos vékonyfalú szerkezetekre jellemzőek, 1 és 3 mm közöttiek, anyagjellemzők: folyáshatár –  $f_y=350$  N/mm<sup>2</sup>, szakítószilárdság –  $f_u=420$  N/mm<sup>2</sup>. Ezekkel a csavarokkal és a nekik megfelelő lemezvastagságokkal összeállított próbatestek vázlata az 1. illetve 2. ábrán, míg a kísérletek során használt erő- és elmozdulásmérők elhelyezése a 3. ábrán látható.



1. ábra  
Egy csavaros próbatestek méretei (mm-ben)



2. ábra  
Két csavaros próbatestek méretei (mm-ben)

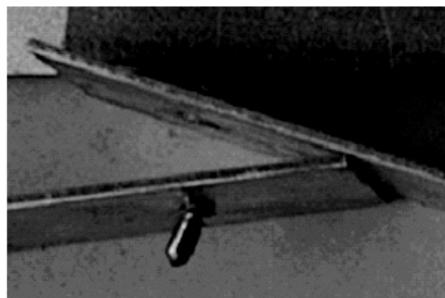
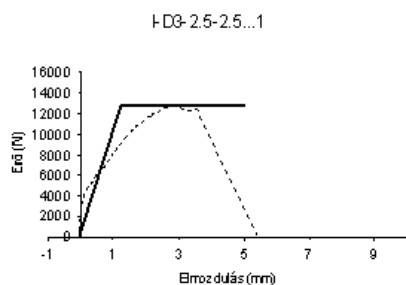


3. ábra  
Az elmozdulásmérők vázlata

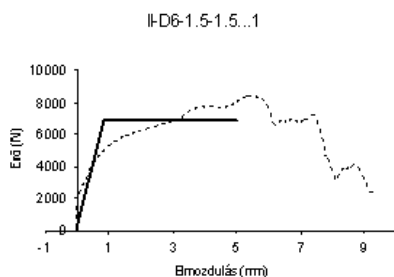
A kísérletek a Temesvári Műszaki Egyetem Építőmérnöki Karának laboratóriumában lettek végrehajtva a *Testwell* berendezéssel. A készülék számítógép-vezérelt, így beállítható a terhelési sebesség. A próbatestek két oldalukon egymástól 150 mm-re álló elmozdulásmérővel voltak ellátva (3. ábra), amelyek méréseit szintén számítógép tárolta.

### 3.1. A próbatestek tönkremenetele

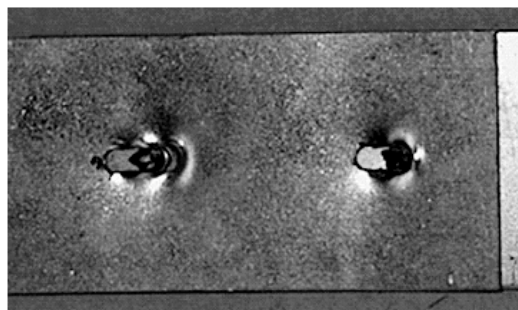
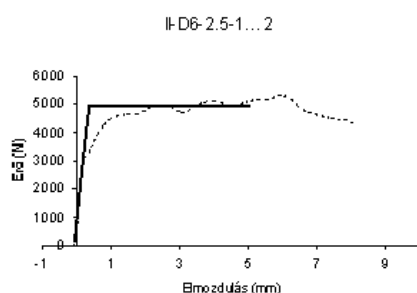
A kísérletek elvégzése után, elsődleges megfigyelésként a próbatestek tönkremenetelét tanulmányoztuk. A már említett öt lehetséges tipikus tönkremeneteli mód közül próbatesteink esetében hármat észleltünk. A 4, 5, 6 ábrák egy-egy tipikus tönkremenetelt mutatnak be, a nekik megfelelő erő-elmozdulás diagrammal.



4. ábra  
*A csavar orsójának elnyíródása*



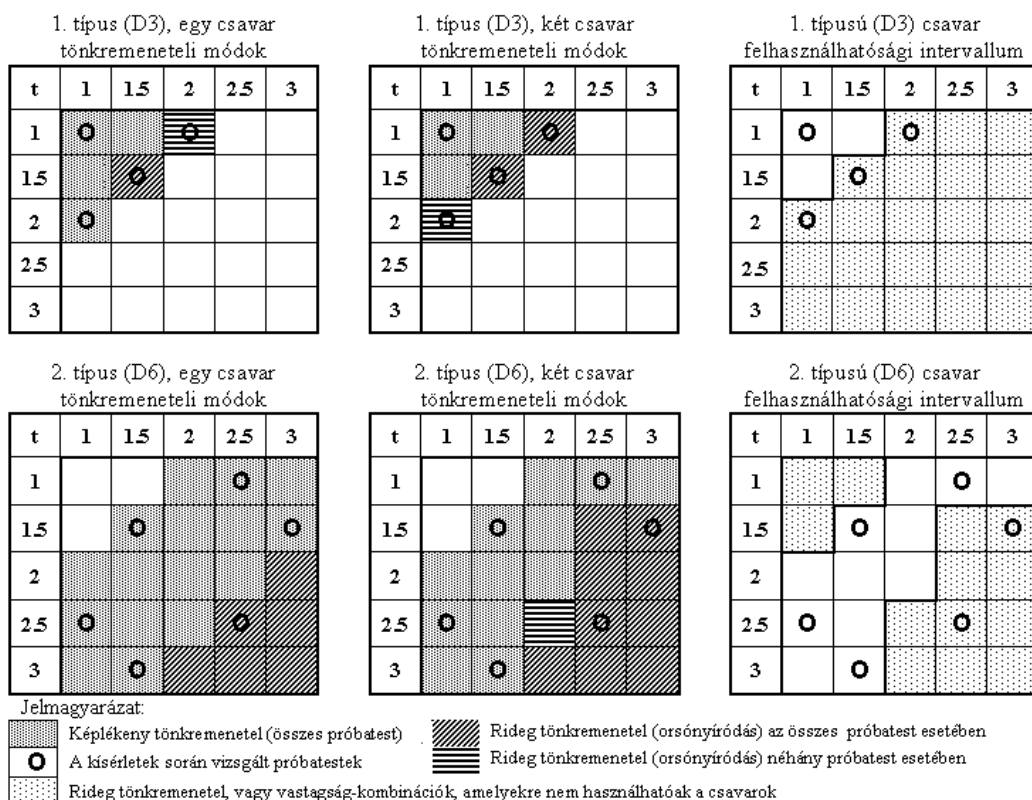
5. ábra  
*A csavar megdőlése és kihúzódása az alsó lemezből*



6. ábra  
*A vékonyabbik lemez megfolyása*

A csavarorsó elnyíródása (4. ábra) *rideg* tönkremenetelnek számít, és elkerülendő a tervezés során, mivel ez esetben a szerkezeti kapcsolatok kiszámíthatatlanul, hirtelen törnek. A következő megfigyelt tönkremeneteli mód, mely a csavar megdőléséből és az alsó lemezből való kihúzóadásából áll (5. ábra), már *képlékeny* jellegű. Szintén *képlékeny* jelleget mutatnak azok a kapcsolatok, amelyek esetében a csavar elfordulása elhanyagolható, a tönkremenetel a vékonyabbik lemez megfolyásával történik (6. ábra). A tervezés során az utóbbi két tönkremeneteli módot figyelembe véve úgy kell méretezni a kapcsolatokat, hogy ne legyen lehetőségük *rideg* tönkremenetelre.

A sorokban a felső lemez vastagságát, az oszlopokban az alsó lemez vastagságát ábrázolva a fent említett tönkremeneteli módok alapján a csavarok használhatósága a 7. ábrán bemutatottak szerint oszlik el.



7. ábra  
A tönkremeneteli módok eloszlása

### 3.4. A kísérleti eredmények összegzése

A kapcsolatok számítási határereje a kísérleti eredmények alapján a következő képlettel számítható:

$$F_K = F_m - s \cdot c \quad (6)$$

ahol

$$s = \sqrt{\frac{\sum (F_u - F_m)^2}{n - 1}} \quad (7)$$

valamint:  $F_m$  a határteher ( $F_u$  – a 3 mm elmozdulásig mért maximális erő) átlaga egy sorozaton belül;  $s$  – szórás ( $n$  a kísérletek számát jelöli);  $c$  – statisztikai együttható, amely figyelembe veszi az  $F_m$  meghatározására használt próbatestek számát.

A kapcsolat nyírási rugalmassága ugyanakkor:

$$c_h = \frac{1}{F_k} \cdot \frac{\sum a_h}{n} \quad (8)$$

ahol:  $F_k/\gamma_1$  – a merevség számítására figyelembe vett határerő,  $1/\gamma_1=0,6$ ;  $a_h$  – a  $0,6F_k$  erőnek megfelelő elmozdulás értéke.

A fenti statisztikai számításokat az összes sorozatra elvégezve, a számítási határerő és nyírási rugalmasság értékei a 2. és 3. táblázatokban találhatók.

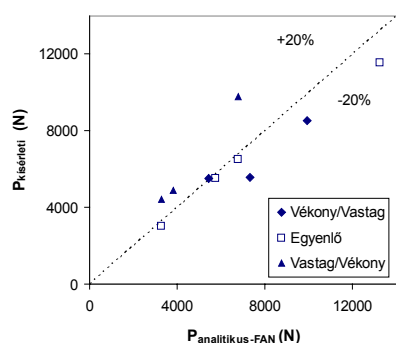
2. táblázat I. sorozat – az eredmények összesítése

	I-D3 1-1	I-D3 1-2	I-D3 2-1	I-D3 1.5-1.5	I-D6 1.5-1.5	I-D6 1-2.5	I-D6 2.5-1	I-D6 1.5-3	I-D6 3-1.5	I-D6 2.5-2.5
$F_m$	3618	5293	4361	5245	5551	5217	4363	8671	8906	12124
$s$	311,2	157,3	503,8	724,1	470,6	490,3	411,9	1004,4	498,3	629,7
$F_k$ (N)	2955	4958	3288	3703	4548	4172	3485	6532	7845	10782
$K$ (kN/mm)	7,64	13,18	9,28	12,92	12,06	27,07	2,69	16,65	7,68	9,60
$C_h$ (mm/kN)	0,131	0,076	0,108	0,077	0,083	0,037	0,372	0,060	0,130	0,104

3. táblázat II. sorozat – az eredmények összesítése

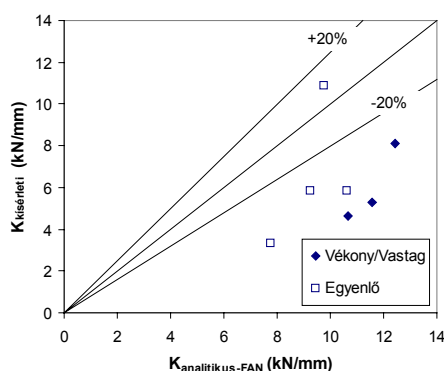
	II-D3 1-1	II-D3 1-2	II-D3 2-1	II-D3 1.5-1.5	II-D6 1.5-1.5	II-D6 1-2.5	II-D6 2.5-1	II-D6 1.5-3	II-D6 3-1.5	II-D6 2.5-2.5
$F_m$	3497	6102	4795	5919	6929	6184	4964	9533	10504	12442
$s$	224,3	269,9	186,3	187,9	187,7	278,5	22,8	475,5	347,5	419,5
$F_k$ (N)	3020	5527	4399	5518	6529	5591	4916	8520	9764	11548
$K$ (kN/mm)	7,78	10,67	6,61	9,26	10,62	11,55	7,12	12,43	7,03	9,77
$C_h$ (mm/kN)	0,128	0,094	0,151	0,108	0,094	0,087	0,141	0,080	0,142	0,102

#### 4. A kísérleti eredmények összehasonlítása az analitikus számításokkal



8. ábra

A kísérleti és analitikusan számított határ-  
erők összehasonlítása



9. ábra

A kísérleti és analitikusan számított kap-  
csolatmerevségek összehasonlítása

Mivel az Eurocode számítási előírásai korlátozottak, és a 20 várt eredményből csak 7 lenne számítható (nem vehető figyelembe a vastag-vékony lemezkombináció, valamint nincs merevségi számításra előírása), ezért a továbbiakban a másik már ismertetett analitikus módszerhez folyamodunk.

Határerőkre nézve, a FAN Lixin által javasolt számítási módszer révén kapott eredmények elég jól megközelítik a kísérleti úton meghatározottakat (8. ábra).

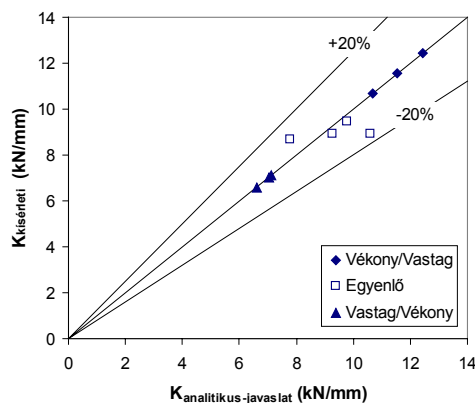
A kapcsolatok merevségének szempontjából viszont már eltérő eredményeket kaptunk (9. ábra). Ez egyrészt azért történhetett meg, mivel a kutató által javasolt képletek korlátozottak bizonyos lemezvastagságokra és csavarátmérőkre, kísérleteink pedig ezen intervallumokon kívül (is) esnek.

Másrészt észrevételeink szerint a csavarfej formája is befolyásolja a számításokat, viszont sem a számítási, sem a kísérleti előírások nem tesznek említést erről a véleményünk szerint lényeges vonatkozásról.

Holott Fan Lixin direkt számítási képleteket ad meg, abból a tényből kiindulva, hogy ő is kísérletek révén jutott el az illető képletekhez, megvizsgáltuk a kísérleti eredmények feldolgozásában és a képletek megadásában követett módszerét. Ugyanarra a struktúrára építve, újraértékeljük a kísérleti eredményeinket, azonos megközelítéseket használva a kapcsolatmerevség együththatóinak újraszámolásában.

$$S1 = 0,5 \cdot t_{\max} + 8,2$$

$$S2 = \frac{K}{S1} = 0,26 \cdot \frac{t_{\text{alsó}}}{t_{\text{felső}}} + 0,68 \quad (9)$$



10. ábra

*A kapcsolatmerevség analitikus számítására tett javaslat összehasonlítása a kísérleti eredményekkel*

Amint a 9. képletet az 5. képlettel összehasonlítva kitűnik, az S1 együttható számításánál az eredeti képletben meghatározó tényező a felső, a csavarfej melletti lemez vastagsága. Az általunk feldolgozott kísérleti eredmények alapján a kapcsolat merevségét inkább a vastagabb lemez vastagsága határozza meg, mivel az akadályozza meg a csavar elfordulását. Ezért a kalibrált képletben (9. képlet) már a nagyobbik lemeztvastagság ( $t_{\max}$ ) szerepel.

Az így meghatározott együtthatókkal ismét elvégeztük a kísérleti eredmények összevetését az új analitikus eredményekkel, és láthatóan jó megközelítésre jutottunk, amint azt a 10. ábra is mutatja.

## 5. Következtetések

Vizsgálataink alapján az Eurocode 3 számítási módszernek jelentős hiányosságai vannak és szükséges lenne ezek általánosítása, mivel sok, a gyakorlatban előforduló esetben nem használhatóak. Úgy az Eurocode 3 (ha alkalmazható), mint Fan Lixin képletei jó megközelítést nyújtanak a *teherbírás* meghatározására.

Míg az Eurocode 3-nak egyáltalán nincsenek előírásai a *kapcsolatmerevség* számítására, erre Fan Lixin képletei sem bizonyultak használhatónak. Vizsgált azon eljárás követésével, amellyel kísérleti eredményei révén meghatározza képleteit, megbízhatóbb összefüggéseket sikerült nyernünk. Az általa használt struktúrára építve, újraértékeljük a kísérleti eredményeinket, azonos megközelítéseket alkalmazva a kapcsolatmerevség együtthatóinak újraszámolásában. A kapcsolatmerevség kísérleti eredményeinek összevetése az új analitikus eredményekkel láthatóan jó megközelítést mutat.

Fontos gyakorlati eredmény ugyanakkor a kapcsolatok merevségének és teherbírásának kísérleti úton történő meghatározása, valamint, hogy sikerült behatárolni a kapcsolatok felhasználhatóságát. Ennek alapján megfigyelhető, hogy mindkét típusú csavar viszonylag kevés lemeztvastagság-kombinációban használható fel, mivel egyébként rideg tönkremenetelt mutatnak.

## 6. Irodalomjegyzék

- [1] ECCS P21, European Recommendation for Steel Construction: The Design and Testing of Connections in Steel Sheeting and Sections, Publication No. 21, European Convention for Constructional Steelwork, Brussels, May 1993
- [2] EUROCODE 3, Part 1.3: General rules. Supplementary rules for cold-formed thin gauge members and sheeting, Brussels, 20 July 2001
- [3] Fan L., Contributions to Steel Sheet Connections of Screws, Blind Rivets and Cartridge Fired Pins, PhD. Thesis, University of Liege, 1996

---

## Különleges műszaki igények – különleges műszaki megoldások, azaz levegőben lebegő orosz iskola

SPECIAL TECHNICAL NEEDS – SPECIAL TECHNICAL  
AND TECHNOLOGICAL ANSWERS; SOVIET SCHOOL IN THE AIR

Sata Loránd

Hídépítő-Soletanche Bachy Mélyalapozó Kft., Budapest

*The goal of this paper to show an example of a special deep foundation combined with demolition works is based on the special needs and requirements of the owners and the special technological solutions given by the contractors. This is not an easy task all the more the building is a historical one. The paper shows one of the pioneer works in this field in Hungary.*

A cikk célja egy olyan – Magyarországon egyedülálló - mélyalapozási megoldás bemutatása, amely a beruházó különleges elvárásaira adott különleges műszaki és technológiai “válaszok” összessége. Az épület műemlék jellegéből eredően is ez egy nehéz feladatnak bizonyult.

A tavalyi év nyári hónapjaiban, Budapest belvárosában, a Városligeti fasor 34-36. számú ingatlan környékén járók elé az egykori orosz iskola oszlopokon álló épületének képe tárult.

### Előzmények, az eredeti épület

Az 1911-1912-ben gróf Andrássy Sándor részére épült palota a második világháború után a szovjet állam tulajdonába került. Ekkor hozták létre benne, igen rosszul és igénytelenül kivitelezett belső átalakítással, a közeli szovjet követségen dolgozók gyermekeinek tanítására szolgáló iskolát. Az épület a rendszerváltás óta lakatlanul, kihasználatlanul állt, állapota az időjárási és emberi hatások miatt általánosan romlott, mígnem 2002 tavaszán az Általános Értékforgalmi Bank Rt. (ÁÉB) tulajdonába került. Mivel az ÁÉB régi székházát kinőtte, ezért ezen az ingatlanon tervezte új, minden igényt kielégítő bankközpont felépítését. Az egykori palota maga nem áll műemléki védelem alatt, de a tömb, amelyben található városképi helyi védelem élvezetét, ezért bontását a hatóságok nem engedélyezték. Ebből adódóan egy olyan átépítés vált szükségessé, amely megőrzi az épület eredeti arculatát, amellyel, hogy egy modern bankközpont szükségleteit is kielégíti. Az eredeti épület egy szimmetrikus kialakítású, barokkos jellegű városi palota volt. A hátsó főszárny részlegesen alapincézett, földszint + két emelet + magastető kialakítású, míg a két utcai pavilon földszint + emelet + magastető szintosztású volt. Ezeket két, földszint + emelet szintosztású oldalszárny kötötte össze. Az épület szerkezeti jellemzők az építési időszakra: a falak kisméretű téglából falazottak, a födémek acélgerendák közötti poroszszüveg téglalaboltozat, illetve vasbeton anyagai, a zárófödémek a tetőszerkezettel egybeépített fa szerkezetűek voltak. A II. világháború utáni átépítések során több szakszerűtlen befalazás, átalakítás történt, ami tovább gyengítette a szerkezetet. Az átépítés során a legnagyobb kihívást a beruházó azon igénye jelentette, miszerint az egész épület alá tervezett pincésinten, egy légterű mélygarázs kialakítása vált szükségessé.

### A jet-grouting eljárás

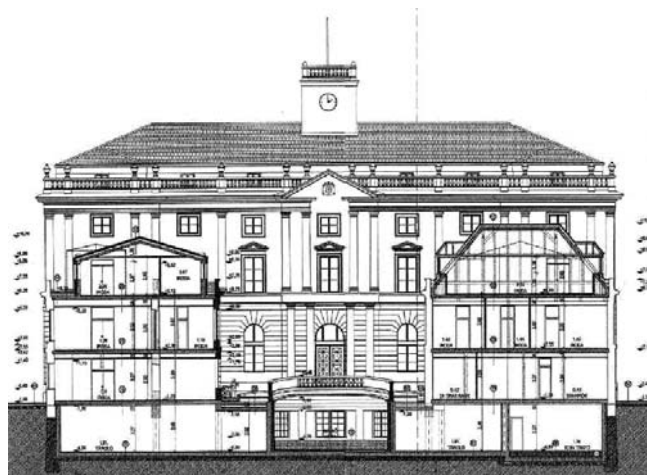
A jet-grouting egy széles körben alkalmazott mélyépítési eljárás, amely nagy kinetikus energiájú folyadéksugarat alkalmaz a talaj felaprítására és kötőanyaggal való összekeverésére. Az esetek többségében a felaprítást végző folyadék egyben a kötőanyag, ami általában víz-cement keverék. Az eljárás alkalmazása során, a helyszínen található talaj szerkezetét roncsolják szét és keverik össze az injektáló habarccsal annak érdekében, hogy egy kedvezőbb tulajdonságokkal bíró szerkezeti anyagot hozzanak létre. A jet-grouting technológia két egymástól jól elkülöníthető fázisból áll, a fúrásból és az injektálásból. A fúrás során 100-200 mm átmérőjű lyukat fúrnak a kívánt mélységig, fúrófolyadék segítségével. A talaj minőségétől függ a fúrófej (monitor) kialakítása és a nyomás nagysága. Az injektálás során a fúrás talpától kezdve, a monitoron található 2-5 mm átmérőjű fúvókákon keresztül, 400-

---

600 bar nyomással kötőanyagot jutatnak a talajba, a fúrórúd lassú forgatása és visszahúzása mellett. Az így kialakult hengeres talajhabarcs oszlopot hívják jet cölöpnek. A jetelés során biztosítani kell a fölösleges zagy szabad kiáramlását a fúrólyukból, mivel ennek akadályoztatása esetén fennáll a hidraulikus talajtörés veszélye, szélső esetben a környezet ill. az épület megemelése. A jet cölöp alakja, mérete, szilárdsága függ a talaj mechanikai tulajdonságaitól, az injektált kötőanyag típusától és az injektálás módjától. Legelterjedtebb módszer a szimpla jet, amikor a kötőanyag végzi a talaj szétroncsolását az injektálás során. A dupla jetnél levegősugár veszi körül a nagynyomású kötőanyagot, míg a tripla jetnél nagynyomású víz és levegő roncsolja a talajt a kisebb (50-60 bar) nyomású injektáló anyag előtt.

### **A „lábakon álló ház”**

Az ÁÉB új székházának kialakítása során a legkomolyabb műszaki kihívást a meglévő épület alá építendő mélygarázs megvalósításának problémája okozta. A Mérték Építészeti Stúdió Kft. által készített építésztervek szerint a részben alapincézet, néhol közműfolyosókkal ellátott 850 m<sup>2</sup>-es épület alá a befoglaló méreteit meghaladó alapterületű pinceszintet terveztek. Ez az elképzelés azt az igényt vetette fel, hogy a meglévő épület terheit egy ideiglenes szerkezetnek kell viselni addig, amíg a pinceszint vasbeton födémei elkészülnek. A generálkivitelezést elnyerő Magyar Építő Rt. ennek a feladatnak a megvalósításával a HBM. Kft.-t bízta meg, amely egy nem mindennapi megoldással állt elő. A HBM Kft. által kidolgozott koncepció alapján a mélyépítési terveket a Taupe Kft. készítette. Az épület bontási munkáival párhuzamosan – válaszfalak, lépcsőházak, födémelek részbeni elbontása - kezdődött el a két hosszanti külső főfal és a pavilonok utcafronti részén az alapozási sík lesüllyesztése. A változó kiosztású  $\phi$  80 cm-es jetekből álló cölöpfallal a –9,50 mR ill. –10,0 mR szintre került az alapozási sík. Ekkor készültek el a pincefalon majdan – az építés alatti és végleges gépjárműforgalomból adódóan – jelentkező földnyomás felvételére tervezett jet cölöpök. Ezzel a belülről fűrt horgonyjetekeket lehetett kiváltani. A bontási munkák befejezése után kezdődhetett el az egységes lavírsík kialakítása az épületen belül. Ezzel egy időben végezték a kiváltandó falakon, a majdani vb. födémelek síkjában a hosszirányú I240-es gerendapárok fészkeinek vésését és a keresztartók helyének átfúrását. Az épületen belül készített jetcölöpök három csoportra bonthatók funkciójukat tekintve. Az egyik fajtára csak a falkiváltás elkészítéséhez volt szükség, ezek a végleges szerkezet elkészülte után elvesztették szerepüket. A második csoportba tartozó jetcölöpök a megépítésre kerülő vasbeton pilléreket gyámlóítják, míg voltak olyan jetekek amelyek mindkét funkciót betöltik. Az ideiglenes támaszok jetekeinek talpsíkja –9,50 mR és –10,0 mR, míg a végleges teherviselésben is részt vevőké –13,50 mR ill. –14,0 mR. A ”falkiváltó” jetcölöpökbe közvetlenül azok elkészülte után helyezték el a  $\phi$  219 mm átmérőjű 7,0 m hosszú vastag falú acél csöveket úgy, hogy azok felső vége elérje a hosszirányú kiváltógerendák felső síkját. Ezzel párhuzamosan kerültek helyükre az I 240-es gerendapárok  $\phi$  20 mm-es Dywidag átkötéssel, a hézagok duzzadó habarccsal történő kiinjektálásával. A gerendapárok alátámasztása oszloppáronként, terheléstől függően 2 db HE-B 160 ill. 2 db U180 acéltartóval történt. Ezeket az acélcsövekhez való hegesztés előtt hidraulikus sajttal előfeszítették a kiváltógerendákhoz, ezzel is csökkentve az esetleges későbbi süllyedések bekövetkezésének esélyét. A keresztartók elkészülte után kezdődött el az alapok kézi bontása – az acélcsövek folyamatos andrásolása mellett – és a végleges földmunkaszint kialakítása. A -5,91 mR szintre történő kiemelés során a vártnál rosszabb talaj és talajvízviszonyok miatt, az eredetileg tervezett homokos kavics ágyazat helyett geotextília és C<sub>kt</sub> terítésre került a vasbeton alaplemez. Mivel a pince PVC anyagú teknőszigetelést kapott, ezért a körítő falak alatti jet cölöpfalon simított löttbetonos felületképzést alkalmaztak a megfelelő aljzat kialakításához. A vasbeton szerkezetek elkészülte után megtörténhet a födémelekre és a pillérelekre a visszaterhelés, ami egyben azt is jelenti, hogy az acélszerkezetek zöme visszanyerhető. Az építés során végzett folyamatos geodéziai méréselele nem mutattak ki süllyedéseleket, a falakon nem alakultak ki repedéselele, ami egy merőben új, jól előkészített és kivitelezett megoldásnak köszönhető.



*Építész metszet*



*„Sok jó gép kis helyen is elfér”*



*Kereszttartó*



*Földkihordás az épület alól*





*Oszlopokon a középső főfal*



*Az utcafronti pavilon „alulnézetben”*



*A földmunka utolsó simításai*



*Kiindulási állapot*



*Utcafronti látkép*

---

# A közúti forgalmi körülmények javítása videokamerás forgalomfigyelő rendszer segítségével

IMPROVING THE LEVEL OF SERVICE  
BY USING VIDEO-BASED TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM

Schuchmann Gábor

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Út és Vasútépítési Tanszék

Témakör: kutatás, tervezés, informatizálás

## Bevezetés

Az információ-technológia fejlődésével a közlekedési problémák megoldásának is megjelentek új módszerei. Ezek lényege, hogy a megfelelő információk időben megfelelő helyre történő eljuttatásával esetenként komoly előnyökhöz juttathatjuk az utazókat, megkímélve ezzel őket a várakozástól, valamint elkerülve ezzel egyes hálózat-részek átmeneti használhatatlanságát.

Az információ gyűjtésének, szállításának és feldolgozásának módja szerint különböztetjük meg ezeket a rendszereket, amelyek közül a videokamerás forgalomfigyelés, mint információgyűjtési mód a legelterjedtebb a világon. A videokamera legnagyobb előnye, hogy sok más alkalmazás számára is hasznos a kép, amit közvetít: a rendszer legdrágább elemét így elég minden alkalmazás számára (forgalomirányítás, térfigyelés, szabályszegők kiszűrése, stb.) egyszer, közös erővel megépíteni.

E videokamerás forgalomfigyelő rendszernek egy olyan, speciális kiépítését próbáltuk megtervezni és megépíteni kísérleti jelleggel, ami *egyedi* információk igényeket képes kielégíteni utazás előtt és *közben* egyaránt. Itt tehát nem csak a forgalom megfigyelése volt a cél, hanem a beérkező adatok olyan feldolgozása, amelyből aztán minden felhasználó a maga igénye szerint nyerhet információt. A kutatás jelenlegi állapotában az utazás előtti információ-szolgáltatás fejlesztése zajlik.

A rendszer megépítését a BME Út és Vasútépítési Tanszék az Irányítástechnika és Informatika tanszékkel közösen végezte, a szoftvereket Kispélyi Balázs fejlesztette.

## A kísérleti rendszer felépítése (1. ábra)

A forgalmat egy az Iteris által gyártott különleges kamera figyeli meg, amely éjszaka, sötétben és zord időjárási körülmények között is (például köd vagy eső) kiváló képminőséget biztosít. A videojel rézvezetéken az oszlopban kialakított kábelvezető üregek és a felszíni burkolatok alatt húzódó kábelcsövezéseken keresztül a felszínre szerelt vagy a felszín alatt kialakított forgalomirányító elektromos szekrénybe kerül továbbításra. Ebben a szekrényben található az Iteris cég által szállított Vantage Plus fantázianévre hallgató képfeldolgozó egység. Ez a berendezés egy beépített mikroszámitógép segítségével a bejövő videojelet digitalizálja, majd a képen virtuálisan berajzolt hurkok segítségével meghatározza a hurkokon keresztülhaladó járművek sebességét, kategóriáját (3 különböző járműosztály megkülönböztetésével).

A rögzített adatok a Vantage Plus eszközből RS232 szabványnak megfelelő soros porton keresztül tölthetők át bármilyen más olyan eszközbe, amely a vonalat kezelni tudja. Esetünkben egy Advantech PCA 6179 típusú egykártyás ipari PC látja el az adatgyűjtő, adattovábbító és kommunikációs-vonal kezelőjének szerepkörét. A kártya egyik RS232 portja a Vantage Plus képfeldolgozó egységhez csatlakozik, amelyen keresztül tölti le az elő-feldolgozott forgalmi információkat. Egy USB (Universal Serial Bus) csatolón keresztül a PC egy képdigitalizáló egységhez csatlakozik, amely a kamera képét digitalizálja be a webes megjelenítés számára. A PC a gyűjtött forgalmi információkat, továbbá a kamera digitalizált képeit csomagkapcsolt GSM (GPRS – General Packet Radio System) vonal segítségével továbbítja az Interneten keresztül a forgalmi információs központba. A GSM vonalat egy SIEMENS MC35T típusú modem terminál vezérli.

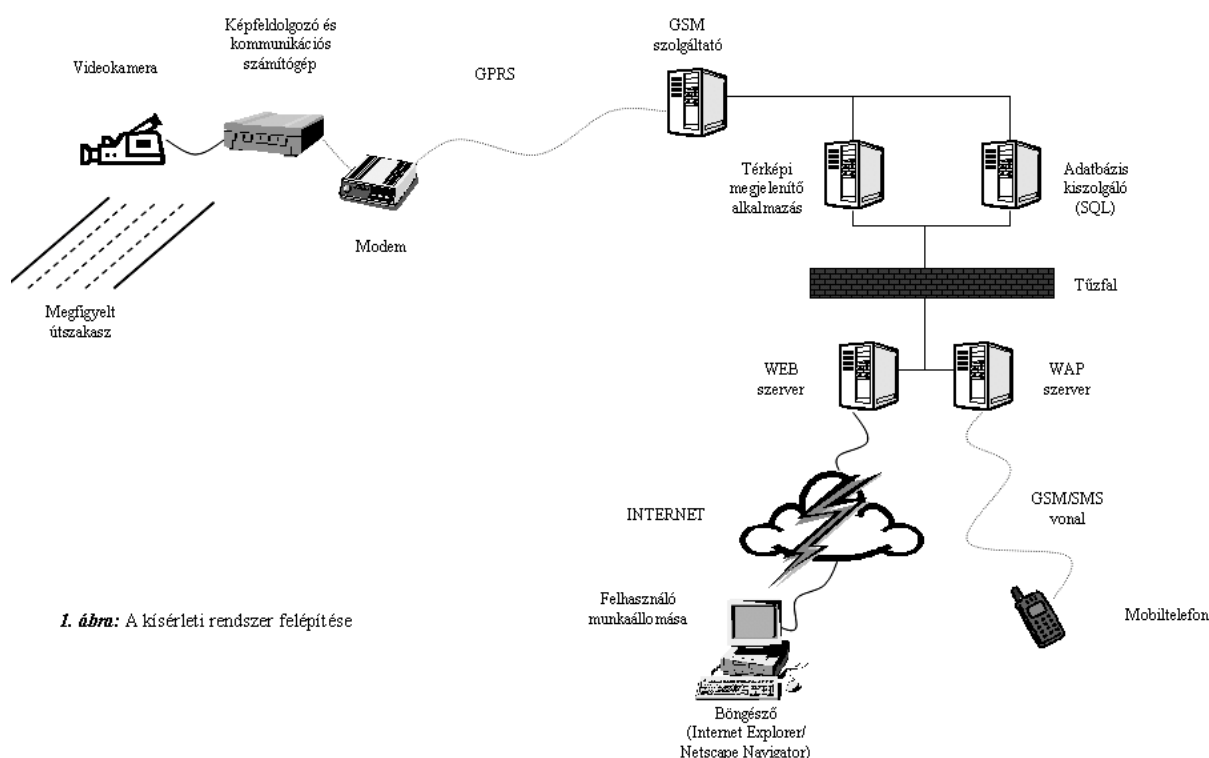
Az Interneten keresztül a külső mérőállomás adatai a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Irányítástechnika és Informatika Tanszékén üzemelő Forgalmi Információs Központba

áramlanak. A szerver és a munkaállomás közötti adatkommunikáció menedzselését valamint a külső egység működéséhez szükséges egyéb feladatokat egy forgalmi információk továbbítására alkalmas SQL alapú adatkommunikációs programcsomag látja el. A forgalmi adatok a feldolgozást követően egy SQL adatbázisba kerülnek csakúgy, mint a kamera által készített pillanatfelvételek.

Az SQL adatbázisból egy webes felületen keresztül férhetnek hozzá a felhasználók a gyűjtött információkhoz. Grafikonos, táblázatos, szöveges és térképi megjelenítési formák állnak rendelkezésre, amelyekből többféle lekérdezési szempont szerint választhat az érdeklődő. A real-time információk mellett igény szerint historikus jellegű adatok is megjeleníthetők. A felhasználó előre definiált és saját maga által összeállított statisztikai kimutatásokat tekinthet meg.

Az úton lévők számára mobil kommunikációs eszközökkel is hozzá lehet férni az adatbázishoz. Egyrészt SMS-ek formájában, másrészt WAP-os felületen keresztül, gépkocsiba építhető térképes navigációs berendezések segítségével stb.

Az útvonal-ajánlási és forgalom-előrejelző algoritmusok egyfelől a kamera által szolgáltatott információk alapján dolgoznak, de más adatforrások és szimulációs adatbázisok is segítik a minél hatékonyabb működést.



1. ábra: A kísérleti rendszer felépítése

1. ábra  
A kísérleti rendszer felépítése

### A kísérleti rendszer szoftverei

A kísérleti rendszer három alapvető szoftvere a GPRS Traffic Manager, a Forgalmi Információs Adatbázis és a Webes Kliens.

A *GPRS Traffic Manager* program egy Windows NT Service, amely a terepi PC-n fut a háttérben. Ez az alkalmazás felelős a Vantage Plus forgalomszámláló berendezésből az adatok gyűjtéséért, a Hauppauge WinTV képdigitalizáló vezérléséért, az adatbázis-kapcsolatért és az adatok továbbításáért, továbbá a GPRS vonal és az Internet-kapcsolat kezeléséért.

---

A GPRS Traffic Manager a rendszer bootolását követően automatikusan elindul, majd rögtön felveszi a kapcsolatot a modemmel, és kialakítja a GPRS vonalon keresztül megvalósított Internet-kapcsolatot. Kiolvassa a konfigurációs paramétereket, majd felveszi a kapcsolatot a Forgalmi Információs Központ adatbázisával. Ezt követően a Config táblából lekérdezi a frissítési időket, majd az időzítőket beállítja a megfelelő időintervallumokra. Amint valamelyik időzítő lejár, végrehajtja a kívánt feladatot. Ez lehet egy kép szkennelése a kameráról, vagy a forgalomszámláló lekérdezése, a konfigurációs paraméterek kiolvasása, illetve a naplóadatok továbbítása.

A terepi PC felől érkező adatok a BME Irányítástechnika és Informatika Tanszéken található *Forgalmi Információs Adatbázis*ába kerülnek. Ez az adatbázis felel az adatok strukturált formában történő tárolásáért, és a rögzített adatok igény szerinti lekérdezéseinek kiszolgálásáért.

Az adatbázisban a rendszertáblák mellett 4 további felhasználói tábla található: a LoopData, a PicData, a Config és az Events táblák.

A Vantage Plus forgalomszámláló berendezésből soros vonalon a terepi számítógépbe érkező forgalmi adatok GPRS csatornán keresztül a LoopData táblába kerülnek. Minden egyes rekord egyedi azonosítóval és időbélyeggel rendelkezik, továbbá tartalmazza a forgalomszámláló által szolgáltatott adatmezőket. A LoopData rekordjai nem kerülnek törlésre, folyamatosan gyűjtjük az adatokat, amelyek szükség esetén archiválásra kerülnek.

A Hauppauge WinTV USB képdigitalizáló által készített képfelvételeket a GPRS Traffic Manager a PicData táblában tárolja el. A webes kliens ennek a tartalmát olvassa ki minden egyes felhasználói kéérésre. Az új képek minden esetben új rekordként kerülnek rögzítésre. A képek méretéből és a frissítési gyakoriságból adódóan a képek egy részét megfelelő gyakorisággal törölni kell.

A GPRS Traffic Manager a forgalmi adatgyűjtést, a képfelvételek ütemezését, a naplóesemények elküldését, valamint a konfigurációs paraméterek kiolvasását megfelelő ütemezéssel végzi. Ezek az ütemezések a Config táblából kiolvasott paraméterek alapján történnek. A Config táblába új rekordok nem kerülnek bejegyzésre, és törlés sem lesz a táblából.

A GPRS Traffic Manager működése során olyan fontos események következhetnek be, amely a program működését alapvetően befolyásolja. Ezáltal a terepi PC távolról felügyelhetővé válik. Az Events tábla rekordjai nem kerülnek törlésre, folyamatosan gyűjtjük az adatokat, amelyek szükség esetén archiválásra kerülnek.

A rendszer egyik (jelenleg egyetlen) megjelenítő felülete a *Webes Kliens*, amelyen keresztül a világ bármely pontjáról bármikor elérhetőek a rendszer által szolgáltatott információk egy tetszőleges böngészőn keresztül (Internet Explorer 5.x ajánlott).

Ebben a projektszakaszban mindössze egy olyan felület kialakítása volt a cél, amelyen keresztül a rendszer működése demonstrálható, tesztelhető. Mindez azt jelenti, hogy lényegében a terepi PC által szolgáltatott elő-feldolgozott adatokat jelenítjük meg. Egyfelől a képdigitalizálás révén előállított pillanatfelvételeket, másrészt a forgalomszámláló által biztosított forgalmi adatokat ábrázoljuk a Web-oldalakon.

A képdigitalizálás során készített felvételek a PicData SQL táblába kerülnek. A táblában az új képek mindig új bejegyzést hoznak létre, amely az éppen aktuális legnagyobb értékű azonosítóval rendelkezik. Az Active Server Pages (ASP) technológiával készült Webes Kliens a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Irányítástechnika és Informatika Tanszékén üzemelő Forgalmi Információs Adatbázisból mindig a legfrissebb képet hozza fel, valahányszor a felhasználó frissíti az oldalt. A kép alatt megtalálható a felvétel készítésének időpontja is, amely szintén az adatbázisból kerül lekérdezésre (2. ábra).



2. ábra  
A Webes Kliens kezdőképe

A képfelvétel mellett a 10 legfrissebb forgalmi mérési eredmény is szerepel a Web-oldalon, táblázatos formában. A táblázat — egyelőre — a terepi PC által Interneten átküldött adatokat tartalmazza, amelyeket a Weboldal — az ASP technológiának köszönhetően — közvetlenül az adatbázisból ér el, folyamatosan biztosítva ezzel a legfrissebb információkhoz való hozzájutást.

### Eredmények, kitekintés

A rendszer jelenleg üzemképes része a tervezett céloknak megfelelően működik. A rendszer pontosságát párhuzamos kézi számlálással ellenőrizve átlagosan 5-6 % eltérést tapasztaltunk, de egyes szerencsétlen esetekben ez 11 % is volt. Ezt 2 kamera párhuzamos működtetésével elvileg 2 %-ra lehet szorítani, de alapvetően a kamerához „járó” szoftver fejlesztése lenne a megoldás.

A GPRS adatátvitelt több kamera üzeme esetén valószínűleg valamilyen kötöttebb, de nagyobb sebességű (pl ADSL kábel) kapcsolatra kell cserélni (ami ugyan nem engedi meg mobil a mérőállomásként történő alkalmazást, ami kísérleti üzemnél szempont volt, de ez állandó üzemű, végleges helyére telepített kamerák esetén nem hátrány).

A közeli jövőben várható az Interneten keresztül elérhető oldal további fejlesztése (térkép-szerver üzembe állítása), valamint az SMS és a WAP-szerverek szoftvereinek fejlesztése, amelyek segítségével várhatóan 1 éven belül a teljes kísérleti rendszer működőképes lesz.

Jól érzékelhető még a rohamos fejlődés a kamerás megfigyelés feldolgozóegységeinek új generációjánál is, amelyek már nem az általunk is használt, legfeljebb 2-3 % pontosságú virtuális hurok-detektorokkal dolgoznak, hanem úgynevezett éldetektálással követik a járműveket, és nem jönnek zavarba egy-egy sávváltástól vagy szabálytalanul, a menetiránnyal szemben közlekedő (előzést végrehajtó) járművektől sem.

### Irodalom

- [1] Dr. Fi István-Schuchmann Gábor: A közúti forgalmi körülmények javítása videokamerás megfigyelőrendszer segítségével, 1. részjelentés, 2002. november (bonyolító: BME-Innotech kft., megrendelő: ÁKMI kht.)

---

# A betonfelület durvaságának hatása a beton-beton együttdolgozására

## EFFECT OF SURFACE ROUGHNESS ON CONCRETE CONCRETE BOND

Simon K. Tamás

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

### Summary

*The task of evaluating concrete to concrete bond is the is the scope in case of construction joints. In order to be able to decide to what extent the old and young concretes are able to work together the regulations give provision based only on observations. If some other circumstances are satisfied simultaneously, the most important influencing property is the surface roughness of the old concrete. In our studies we have adapted the so called sand patch method – used earlier in road construction – and as a first step of the evaluation presented the correlation between the so measured surface roughness and resistance against shear.*

### 1. Összefoglalás

A beton – beton együttdolgozása eltérő időben készült, egymással érintkező betonfelületek esetén kerül előtérbe. Annak eldöntésére, hogy a régi és az új beton milyen mértékben tud együttdolgozni, a szabályzatok csak emberi érzékszervekre hagyatkozó leírások alapján adnak útmutatást. Több más körülmény teljesülése mellett a legfontosabb az öreg beton felületének durvasága, mely meghatározó szerepet tölt be. Az útépítésben használatos, a külföldi szakirodalomban „homokfolt módszernek”, a magyar szabványban „homokmélység meghatározásának” nevezett eljárást adaptáltuk, és ábrázoltunk összefüggést az így kapott eredmények és a beton – beton kapcsolat nyírási teherbírása között.

### 2. Bevezetés

Munkahézag képzésének számos oka lehet. Ilyenkor a betonozás abbamarad, majd később folytatódik. Az egyik, legáltalánosabban ismert eset az előre gyártott vízszintes felületelemeknél fordul elő, amikor is vékony, vasbeton kéregpaneleket gyártanak, melyekre elhelyezésük után rábetonoznak. A nyomott öv általában a rábetonozásban alakul ki, míg a húzott öv a kéregpanelben ébred. A kapcsolat teherviselő képességével összefüggésben több kérdés felvetődik.

Míg a beton, és a betonacél tulajdonságait számszerűsíteni tudjuk, a felület durvaságára csupán szóbeli leírást (mint pld. sima, vagy durva) szoktunk adni. A fogalmak még nincsenek számszerűsítve, így a felület egyenetlenségét minősíteni csak az emberi érzékszervekre hagyatkozva lehet, bár az a teherviselésben részt vesz.

A két betonréteg közötti kapcsolat csúsztatóerőkkel szembeni teherviselő képességét az eltérő szabályozások eltérő módon határozzák meg.

A teherviselés szempontjából konzervatívnak tekinthető a Magyar Szabvány vonatkozó fejezete [1], mely a felületek közötti megengedett nyíróerőt a beton húzó-határfeszültségének, és felületi durvaságának függvényében számítja, bár az utóbbit csak felületesen definiálja, és minimális vasaláshoz is köti. Az EC2-re épülő szabályozások már a beton nyírószilárdságának függvényében számítják a csúsztatóerőkkel szembeni ellenállását, bár a felület durvaságát részletesen egyikben sem definiálják.

Az ÉPKO 2002 konferencián bemutattuk a felületi durvaság mérésére vonatkozó előkísérleteinket [2], melyek felhasználásával a méréseket kb. 80 mm vastag, és 300x300 mm oldalhosszúságú próbatesteken végeztük. 2002 őszén a *fib* Magyar Tagozata által Budapesten rendezett Bond in Concrete konferencián bemutattuk [3] a módszer alkalmasságát. Három különböző képen kialakított felülettel készített rábetonozást nyírásnak tettük ki a csatlakozási felülettel párhuzamosan, és vizsgáltuk az SCD szám, és a felületek nyírással szemben tanúsított ellenállásának összefüggését.

### 3. Szabvány előírások eltéréseinek bemutatása

Elsőként szeretnénk tárgyalni a Magyar Szabvány [1] vonatkozó fejezetét, mely az elmúlt évek során sok kritikát váltott ki. Az előírás a következőket mondja: Az előre gyártott és a helyszíni beton csatlakozó felületén átadódó, a felülettel párhuzamos nyíróerők határértéke (eredeti jelölésekkel)

$$T_H = T_{H1} + T_{H2} + T_{H3}$$

Itt  $T_{H1}$  a felületet keresztező betonfogak által felvett nyíróerő, mely nem tárgya ennek a dolgozatnak. A csatlakozó felületet keresztező acélbetétek által felvett nyíróerőt adja meg a  $T_{H2}$ -vel, ezt sem kívánjuk most tárgyalni. A  $T_{H3}$  komponens a felületeken átadódó súrlódási vagy tapadási határerő, melyekről a szabvány a következő módon rendelkezik: „melyet csak abban az esetben szabad számításba venni, ha a szerkezeti elemek csatlakozó felületén a felületeket eltávolító erő nem működik. A súrlódási és tapadási határerők közül csak az egyik vehető számításba.” Később, a tapadási (adhézióból eredő) erővel kapcsolatban az előírás azt mondja: „Tapadási erő akkor vehető számításba, ha fázrasztó igénybevétel nem működik és a csatlakozó felületeket vasalás fogja össze, aminek a betonfelülethez ( $A_b$ ) viszonyított fajlagos felülete legalább 0,1%.” Vagyis, az adhéziós teherviselést vasaláshoz köti. A súrlódásból eredő határerővel most nem foglalkozunk, a tapadási határerőre viszont az előírás a következőket adja:

$$T_{H3} = A_b \cdot \sigma_{hH} \cdot \alpha_f$$

ahol  $A_b$  a számításba vett csatlakozó betonfelület

$\sigma_{hH}$  a beton húzóhatárfeszültsége

$\alpha_f$  súrlódási együttható, melynek értéke

- csúszóréteg esetén: 0;
- zsaluzott tiszta felület esetén: 0.5;
- érdes felületnél: 0.8.

A  $\sigma_{hH}$  értékeit a szabvány [3] a következőképpen adja meg:

1. táblázat: a  $\sigma_{hH}$  feszültségek értékei (MSZ 15022/1-86)

A beton szilárdsági jele	C10	C12	C16	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55
Húzási határfeszültség $\sigma_{hH}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	0,7	0,9	1,1	1,4	1,6	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7

Az EC2 [5] a kapcsolat nyírási teherbírására a következő előírást tartalmazza:

$$\tau_{Rdj} = k_T \cdot \tau_{Rd} + \mu \cdot \sigma_N + \rho \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0.5 \cdot v \cdot f_{cd}$$

A fenti összefüggésben a  $\mu \cdot \sigma_N$  és a  $\rho \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha)$  összetevők felelnek a felületekre merőlegesen ható normálerőből, illetve az átmenő vasalásból eredő nyírási teherbírásért. A  $k_T \cdot \tau_{Rd}$  tag az adhézióból következő együttdolgozási képességet fejezi ki. A  $k_T$  értékeket a következő táblázatból kaphatjuk meg.

2. táblázat: a  $k_T$  tényezők értékei (MSZ ENV 1992-1-3:1999)

A felület típusa	$k_T$
Érdes	1,8
Sima	1,4
Nagyon sima	0

Természetesen, ha a kapcsolat húzásra van igénybe véve, akkor a  $k_T = 0$  értékű. A  $\tau_{Rd}$  értékeit a szabvány a következőképpen adja meg:

1. táblázat: különböző betonszilárdsági osztályok  $\tau_{Rd}$  (N/mm<sup>2</sup>) értékei  $\gamma_c = 1,5$  esetén (MSZ ENV 1992-1-3:1999)

$f_{ck}$	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60
$\tau_{Rd}$	0,18	0,22	0,26	0,30	0,34	0,37	0,41	0,44	0,48	0,48	0,48

Esetünkre hatással van még a  $v$ , hatékonysági tényező értéke, melyet a következő szerint kell felvenni:

$$v = 0,7 - f_{ck} / 200 \geq 0,4$$

Látható, hogy a felület durvaságát az EC2 is érzékekre hagyatkozva, számszerűsítés nélkül kezeli. Itt kell megemlíteni még, hogy a szabványhoz tervezett Magyar NAD (Nemzeti Alkalmazási Dokumentum) [6] még egy megszorítást tartalmaz, bár ez nem az adhézióból származó teherbírást befolyásolja. Ez a megszorítás azt mondja ki, hogy a  $\sigma_N$  – es tényezőben a rábetonozás súlya nem vehető figyelembe.

#### 4. A homokfolt módszer (sand patch method)

Az öreg beton felületi durvaságának definiálására leginkább az útépitésben használatos eljárás mutatkozott a legmegfelelőbbnek. Mivel a méretezési szabványok közül is az elsőként bemutatott az MSZ volt, most is ezzel kezdjük [7]. Az előírásban megadott módszer lényegében a következő:

5, 10 vagy 25 cm<sup>3</sup> homokot (0,06-0,09 mm vagy 0,09-0,2 mm szemmagyságú, a mérőedényt 3-szor a burkolathoz ütogetve kimérve) a burkolatra öntünk. A homokmélység (a homok térfogatának megválasztásának szempontja, hogy a felület mélyedéseibe dörzsölt homokfelület átmérője legalább 10, de legfeljebb 30-35 cm legyen. A szétterített homokfolt átmérőjét  $\pm 0,5$  cm pontossággal kell mérni a négy főirányban, melyek átlagából a kör területét számolni kell. A szabvány a mellékletben adja meg a homokmélységet (h mm) táblázatos formában, az átmérő és az alkalmazott homoktérfogot függvényében. Nyilvánvaló, hogy a szabvány a  $h = V/(D^2 \cdot \pi/4)$  összefüggést használja a h mérőszám meghatározásakor, ahol V az alkalmazott homoktérfogot, D pedig a homokfolt átmérők átlaga. Megjegyzésként szerepel a mellékletben, hogy a kisebb szemcseátmérőjű homokot legfeljebb 0,30 mm-es homokmélységig, míg a nagyobbat legfeljebb 0,10 mm-es homokmélységig célszerű használni. *Megjegyezzük, hogy mind a homok szemcseátmérőjének, mind pedig a térfogatának mérésében és kiválasztásában több bizonytalanság van.*

Mivel az EC2 ebben a tekintetben semmit sem tartalmaz, összehasonlításként hozzuk fel az Amerikai Egyesült államokban honos módszert [8]. Az eljárás pontosan megadja az alkalmazandó homok szemmegoszlását, sőt, érdekes módon még a származási helyét is, mely Ottavában, Illinoisban van. A homok szemmegoszlására a következő előírás van:

0%	maradjon fenn a 420 $\mu$ m-es szitán,
0 – 4%	maradjon fenn a 300 $\mu$ m-es szitán, és
96-100%	maradjon fenn a 150 $\mu$ m-es szitán.

A vizsgálóhomok térfogata 24,6 m<sup>3</sup> (1,5 in<sup>3</sup>), melyet szintén háromszori ütogetéssel kell a mérőedénybe tömöríteni és kimérni. 300 mm-nél nagyobb mért homokfolt esetén javasolt kevesebb, ismert térfogatú homokkal végezni a mérést. A homokmélység meghatározására a korábban, az MSZ-nél is ismertetett képlet van megadva

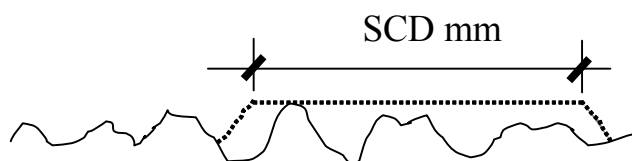
*Megjegyezzük, hogy mind a homok szemcseátmérőjének, mind pedig a térfogatának mérésében és kiválasztásában több bizonytalanság van.*

Látható, hogy mindkét esetben az alkalmazott homok nagyon finom szemszerkezetű, ami érthető, mivel az útépitésben előforduló felületdurvaság jóval kisebb a munkahézagtól megkívánt durvaságnak. Mi, a fenti illetve más hasonló vizsgálat átgondolása és kipróbálása után a következő módszerrel mértük a betonfelületek durvaságát. Nem a homok térfogatát, hanem a tömegét mértük. 100 g száraz homok térfogata kb. 60 – 65 m<sup>3</sup>-re adódott, annak a függvényében, hogy milyen erősen ütogettük a mérőedényt az aljathoz. Ezzel ki tudtuk küszöbölni a térfogatmérésnek, az ütogetésből származó bizonytalanságát.



Egy másik eltérést a homok szemmegoszlásában vezettünk be. Mivel a betonfelületek durvasága jóval nagyobb az utak durvaságánál, ezért nem szükséges olyan finom szemszerkezetű mérőhomokot használni, melyet helyszíni méréskor a szél könnyen elhord. Az általunk választott homok 0% - ban maradt fenn az 1 mm-es szitán, és nem frakcionáltuk a finomabb részeket.

A harmadik eltérés a vizsgálataink során az volt, hogy nem határoztuk meg a homok mélységét, mivel a mélység számításakor a homokfolt átmérők átlagát négyzetre kell emelni, és ezzel egy nem lineáris összefüggést kapunk. A durva betonfelületek esetében pedig a homok csonka kúp alakot formált, melynek felső átmérőjét mértük, itt a homokmélységet a csonka kúp térfogatának számításából kellene visszavezetni, ami tovább bonyolítaná a mérést. (1. ábra) A négy irányban mért átmérők átlagát homokfolt átmérőnek neveztük el, és az így kapott SCD (Sand Circle Diameter) számot mm-ben adtuk meg.



1. ábra

*A homokfolt a durva felületen csonka kúp alakot formáz*

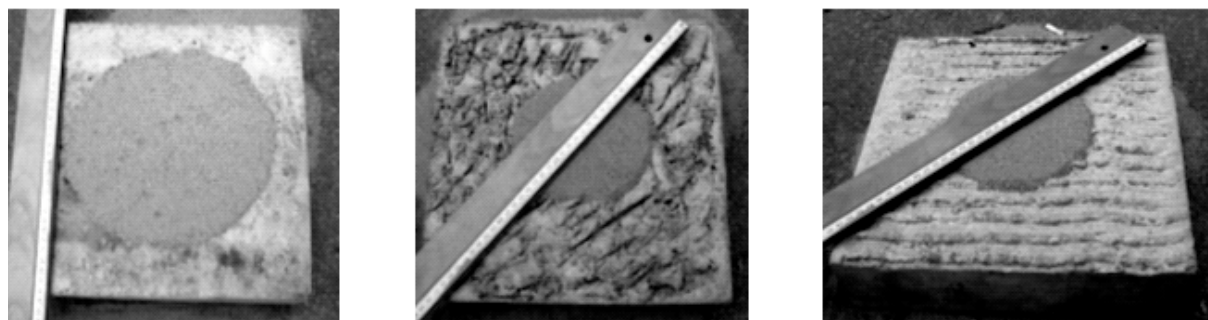
## 5. Vizsgálatok

A mérési eredményeket jelen dolgozatban csak egy sorozaton mutatjuk be a 4. táblázatban annak érzékeltetésére, hogy az SCD szám meghatározásával a felületi durvaság esetünkben jól leképezhető. Összességében azonban  $3 \cdot 3 \cdot 4 = 9 \cdot 4 = 36$  mintadarabot készítettünk, 3 különböző felülettel, 4 különböző betonminőségből a későbbi vizsgálatokhoz.

4. táblázat: Különböző felületekhez tartozó SCD számok

Jel	Felület	SCD1 mm	SCD2 mm	SCD3 mm	SCD4 mm	SCD szám átlaga mm
S1/1	sima	190	205	200	210	201.25
S1/2	sima	215	210	210	220	213.75
S1/3	sima	220	220	220	225	221.25
S1/4	gereblyézett	135	125	133	135	132.00
S1/5	gereblyézett	135	120	130	125	127.50
S1/6	gereblyézett	110	125	115	120	117.50
S1/7	bordázott	135	145	140	145	141.25
S1/8	bordázott	155	150	160	150	153.75
S1/9	bordázott	135	140	140	140	138.75

A különböző felületekhez tartozó SCD számok jobb érzékelhetőségére mutatjuk be a következő, 2. ábrát.



a) *Sima (csak vibrált),*

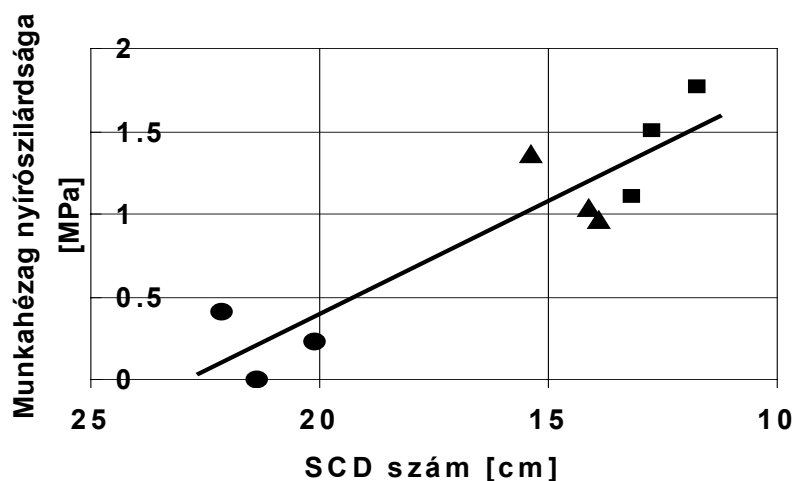
b) *gereblyézett, és*

c) *bordázott „öreg” betonfelület*

2. ábra  
*Felülettípusok*

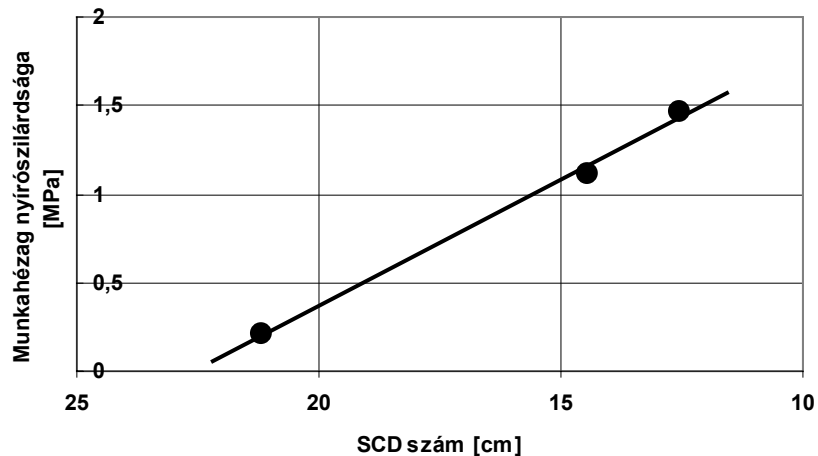
## 6. Összefüggés a felületi durvaság, és a munkahézag nyírási teherbírása között

Az 5 pontban leírt felületű próbatestekre, a felület SCD számának meghatározása után újabb mintegy 80 mm vastag betonréteget betonoztunk. Így egy ismert durvaságú felületen keletkezett munkahézag nyírási teherbírását tudtuk meghatározni a 4. pontban leírt módszerrel. Az így mért nyírószilárdsági értékeket az SCD szám függvényében ábráztuk. A következő, 3. ábrán a C40 szilárdsági osztályú betonból készített próbatestek összefüggéseit láthatjuk. A bekarikázott eredmények azonos felülettípushoz tartoznak.



3. ábra  
*A C40 szilárdsági osztályú betonból, három eltérő felülettel készített munkahézag nyírási teherbírásának és az SCD számnak az összefüggése*

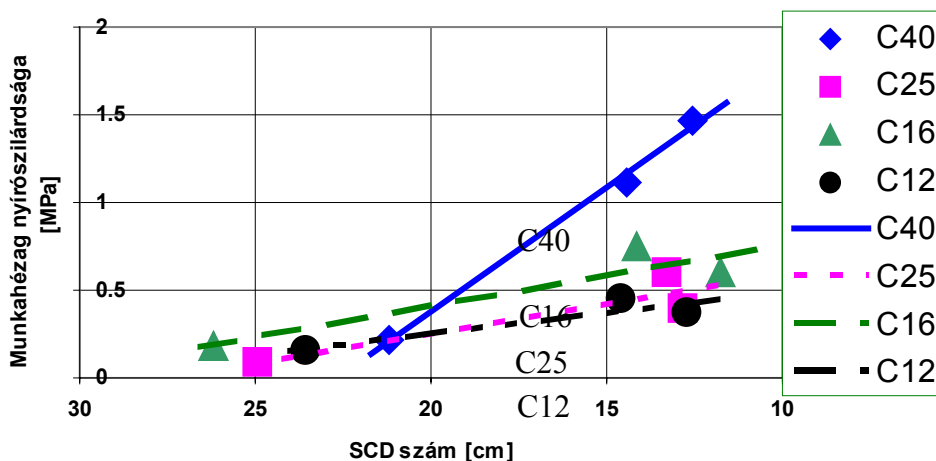
Az azonos felülettípushoz tartozó értékek átlagát képezve, a következő, 4. ábrán látható grafikonhoz jutunk.



4. ábra

*A C40 szilárdsági osztályú betonból, három eltérő felülettel készített munkahézag nyírási teherbírásának és az SCD szám átlagainak az összefüggése*

Hasonló eljárással, a C25, C16 és C12 szilárdsági osztályú betonnal készített munkahézag vizsgálat eredményeinek feldolgozását is elvégeztük. A következő, 5. ábra a négy eltérő szilárdsági osztályú betonból készített, eltérő felületi érdességű munkahézagok nyírási teherbírásainak összefüggését mutatja az SCD szám függvényében. A grafikon a C40 szilárdsági osztály esetén meredek, míg a kisebb szilárdságok esetén egymással közel párhuzamos, és jóval laposabb összefüggést mutat.



5. ábra

*Négy eltérő szilárdsági osztályú betonból készített, eltérő felületi érdességű munkahézagok nyírási teherbírásainak összefüggései az SCD szám függvényében*

Az 5. ábrából kiolvasható, hogy a felületi érdességnek jelentős szerepe főként a nagyobb beton-szilárdsági osztályok esetén van. A kisebb szilárdsági osztályú betonoknál még sima felület esetén (nagy SCD szám) is tapasztalható kötés a két betonréteg között. Ez a jelenség a kisebb szilárdságú betonok nagyobb porozitásával magyarázható, a felületi pórusok a betonrétegek egymáshoz való segí-

---

ti. Ez a magyarázata annak az előkísérletek során tapasztalt jelenségnek is, hogy tapadóhíd alkalmazása a munkahézagoknál elsősorban a sima felület esetén eredményezett nyírószilárdság növekedést.

## 7. Megállapítások

Eltérő szilárdsági osztályú (C12, C16, C25, C40) és eltérő felülettel kialakított beton munkahézagok nyírási teherbírásának vizsgálatából a következő megállapítások tehetők:

- a munkahézag nyírószilárdságára elsődleges hatással az „örege” beton felületi durvasága van,
- a durvaság mérésére bevezettük a homokfolt átmérőjéből számított SCD (Sand Circle Diameter) számot, mely alkalmas a beton felület durvaságának jellemzésére,
- a felületi érdességnek jelentős szerepe főként a C40 betonszilárdsági osztály esetén adódott,
- A C25 és kisebb szilárdsági osztályú betonoknál még sima felület esetén (nagy SCD szám) is tapasztalható volt kötés a két betonréteg között.

## 8. Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet fejezem ki Péter József technikusnak a kísérletekhez szükséges próbatestek elkészítéséért, és a vizsgálatok során nyújtott segítségért.

## Hivatkozások

- [1] MSZ 15022/4-86 „Előregyártott beton, vasbeton és feszítettbeton szerkezetek”, Magyar Szabványügyi Hivatal p. 7.
- [2] Simon K. Tamás; A beton munkahézag nyírási teherbírása – előkísérletek ÉPKO 2002 Nemzetközi Építéstudományi Konferencia, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság – Kolozsvár, ISBN 973-85809-0-0, pp.206-211.
- [3] MSZ 15022/1-86 „Építmények teherhordó szerkezeteinek erőtanai tervezése, vasbeton szerkezetek”, Magyar Szabványügyi Hivatal p. 5.
- [4] Tamás K. Simon; (2002) *fib* Proceedings Bond in concrete „Definition of surface roughness for evaluation of concrete-to-concrete bond” Budapest University of Technology and Economics, ISBN 963 420 7146, pp. 395-403.
- [5] MSZ ENV 1992-1-3:1999 „Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése 1-3. rész: Általános szabályok. Előregyártott betonelemek és szerkezetek”, Magyar Szabványügyi Testület pp. 32-36.
- [6] MSZ ENV 1992-1-3 NAD „Magyar Nemzeti Alkalmazási Dokumentum az Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése 1.3. részéhez: Általános szabályok. Előregyártott betonelemek és szerkezetek”, Tervezet. p.7.
- [7] ÚT-2-2.111/77 „Útburkolatok érdességének mérése kézi eszközökkel 3. pont”, Magyar szabványügyi Hivatal, Útépítési ágazati szabvány, p.3.
- [8] Manual of Testing Procedures, Section 35. Tex-436-A, “measuring Texture Depth by the Sand Patch Method”, Internet: [http://manuals.dot.state.tx.us/dynaweb/colmates/mtp/@Generic\\_BookTextView/102215](http://manuals.dot.state.tx.us/dynaweb/colmates/mtp/@Generic_BookTextView/102215)

# Izoterm légfüggöny számítógépes szimulációja

## CFD MODELING OF AN ISOTHERM AIR CURTAIN

Szikra Csaba

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építésmérnöki Kar,  
Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék

Nagy forgalmú középületeink bejáratainak légforgalma, jelentős energia veszteséget okoz. Egy helyesen tervezett légfüggöny számottevő energia megtakarítást eredményezhet. A légfüggöny alulméretezettsége a hatásosság rovására megy. Egy túlméretezett légfüggöny maga is energiatelítő eszközzé válhat. Számítógépes CFD modell segíti a légfüggöny helyes tervezési paramétereinek megválasztását.

### CFD MODEELL

A sebességmező megoldására síkbeli CFD modellt használtunk. A mozgásegyenlet y és z irányban a következő volt:

$$\begin{aligned}\frac{\partial}{\partial t}(\rho v) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v v) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w v) &= -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial y}\left(\mu_t \frac{\partial v}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\mu_t \frac{\partial w}{\partial z}\right) \\ \frac{\partial}{\partial t}(\rho w) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v w) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w w) &= -\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial y}\left(\mu_t \frac{\partial v}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\mu_t \frac{\partial w}{\partial z}\right)\end{aligned}$$

Izoterm esetet tekintve a z irányú felhajtó erőt elhanyagoltuk. A mozgásegyenlet mellett a mézőn a folytonossági egyenletet is meg kellett oldani.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w) = 0$$

A turbulens esetek vizsgálatához a k-ε modellt használtuk. A kiindulási feltétel a turbulens viszkozitás egyenlete volt:

$$\nu_t = C_\mu k^2 / \varepsilon$$

A modell használata két további egyenletet jelent ε mező, a disszipáció foka:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w \varepsilon) = \frac{\partial}{\partial y}\left(\Gamma_\varepsilon \frac{\partial \varepsilon}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\Gamma_\varepsilon \frac{\partial \varepsilon}{\partial z}\right) + C_1 \frac{\varepsilon}{k} \mu_t \left\{ 2 \left[ \left( \frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 + \left( \frac{\partial w}{\partial z} \right)^2 \right] + \left( \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \right\} - C_2 \rho \frac{\varepsilon^2}{k}$$

mely egyenletben  $\Gamma_\varepsilon = \mu_e / \sigma_\varepsilon$ ,  $\sigma_\varepsilon$  állandó (értékét 1.22-re választottuk),  $C_1 = 1.44$  értéke konstans. A k-ε modell második egyenlete a mozgási energia a síkon:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v k) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w k) = \frac{\partial}{\partial y}\left(\Gamma_k \frac{\partial k}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\Gamma_k \frac{\partial k}{\partial z}\right) + \mu_t \left\{ 2 \left[ \left( \frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial w}{\partial z} \right)^2 \right] + \left( \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \right\} - C_\mu \rho \frac{k^{1.5}}{L}$$

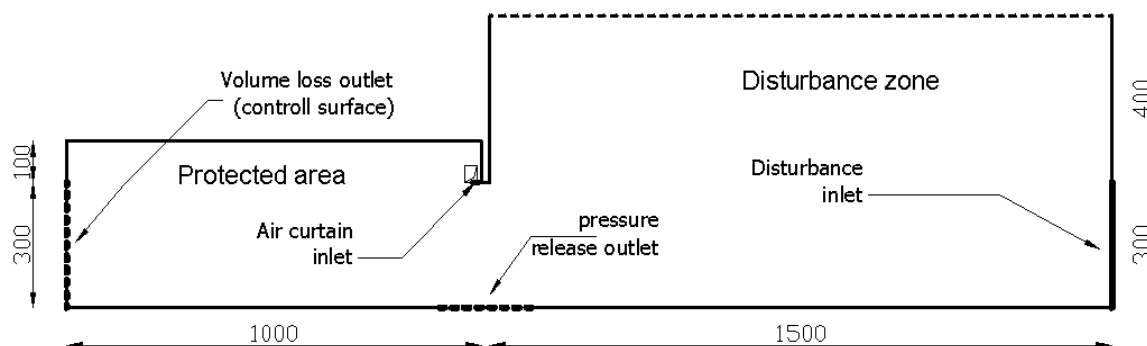
amely egyenletben  $\Gamma_k = \mu_e / \sigma_k$ ,  $\sigma_k \approx 1$  a kinematikus Prandtl szám,  $\sigma_t = 0.5-0.9$  a turbulens Prandtl szám valamint  $C_\mu = 0.09$  konstans. A felhajtó erőt a k-ε modellben szintén elhanyagoltuk. A számítógépes algoritmust az általános transzportegyenletek elmélet segítségével készítettük, a véges differenciák módszerével. A relaxációs eljárást Patankar [1], úgynevezett SIMPLE algoritmusával, illetve a diszkrét pontok között az úgynevezett POWER-LOW interpolációval végeztük. A nyomás korrekció egyenletét a folytonossági tételből származtattuk.

## A légfüggöny

Az alkalmazott CFD modell számára egy függőleges izoterm légfüggőnyt készítettünk. A légfüggöny műszaki megoldásaként egyszerű befúvó jellegű elrendezést választottunk. A levegőt egy csőbe épített ventilátor szolgáltatta. Az izoterm, belső térből szívott levegő nagy sebességgel érkezett a felületre, jelentős impulzust gerjesztve. A légfüggöny modell építésénél a következő szempontokat vettük figyelembe:

- A légfüggöny modelljének hidraulikai stabilitása. Ezért a légfüggőnnel szemben, a padló szintjében, másodfajú peremfeltételt alkalmaztunk. Ezen vezetjük le a keletkezett túlnyomás jelentős részét. Egyéb nyomáslevezető felületeket is terveztünk, mely szintén a folytonossági egyenlet stabilitását szolgálja.
- A modellt két jól meghatározott területre osztottuk. A zavart áramlás területére, illetve a légfüggőnnel védett, vizsgálati területre.
- A zavart áramlás területén tangenciális örvényeket gerjesztettünk, mely pozitív nyomással feszült a légfüggőnnel védett terület ellen.
- A légfüggőnnel védett területen egy ellenőrző felületet hoztunk létre. Ezen a felületen vizsgáltuk a pozitív nyomás által gerjesztett levegő veszteséget. Összenyomhatatlan áramlást feltételezve, az ellenőrző felületen távozó levegő indikálja a légfüggöny hatékonyságát.

Az **1. ábrán** az alkalmazott modell metszete látszik. A CFD analízisben háromféle légsebesség tartományban vizsgáltuk a légfüggőnyt. Az első modellcsoport az alacsony sebességtartományban üzemelő légfüggöny (1m/s befúvási sebesség tartomány). A második modellcsoport a közepes sebességű légfüggöny volt. Végül a harmadik modell csoport a nagysebességű légfüggöny sebesség tartománya volt (10 m/s). A vizsgálatokat 0.1-100cm/s tartományban végeztük. A vizsgálati elv a következő volt: A zavarási területen érintőleges légvezetéssel kör áramot gerjesztettünk. A körben forgó levegő, stabil pozitív nyomással nehezedett a légfüggönyre. A légfüggönyre ható nyomás levegőt szorított a vizsgálati területre, mely levegő, összenyomhatatlanságot feltételezve, elhagyja az ellenőrző felületet.



1. ábra

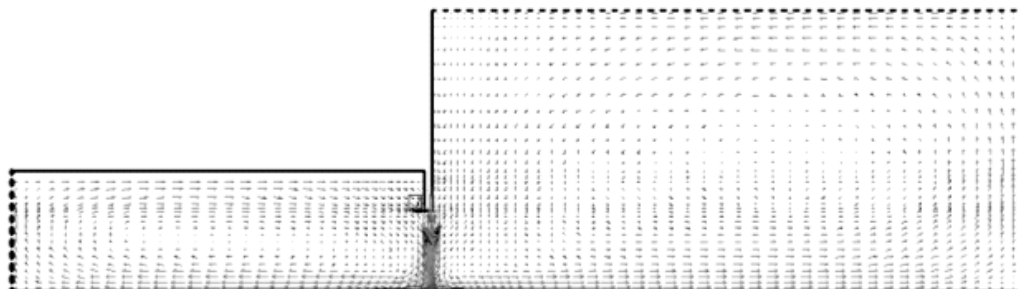
*Az alkalmazott légfüggöny modell (a méretek cm-ben)*

A légfüggőnnel szemben nyomáslevezető, másodfajú peremfeltételt alkalmaztunk. A légfüggönyön érkező levegő nagyobbik része ezen a nyíláson hagyja el a vizsgált teret. A légfüggöny hatásosságát a zavart áramlás sebességének függvényében vizsgáltuk. Az elemzésekből látszik, hogy létezik egy határsebesség, mely után a légfüggöny hatásossága jelentősen csökkenni kezd. A vizsgálat célja az összeomlási határ vizsgálata a befúvási sebesség függvényében volt.

## A CFD vizsgálat

Készítettünk egy alap modellt (**2. ábra**), melyben csak a légfüggöny levegőforgalma által keltett sebességmezőt vizsgáltuk. A légfüggöny befúvási sebessége 10cm/s. Mindkét területen recirkulációs zóna alakul ki. A légfüggöny bemeneti nyílása körül szabadsugár fejlődött. A térbe érkező levegő

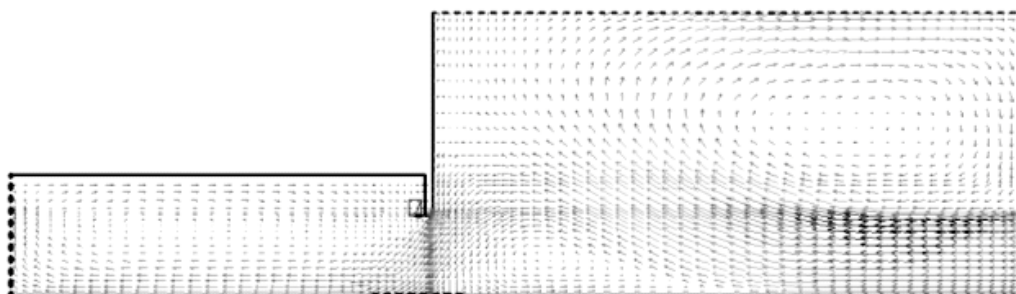
zöme a nyomáslevezető nyíláson távozik. Az alapmodell szerint a felépített CFD modell alkalmas volt a zavaró feltételek hatásának vizsgálatára.



2. ábra

*Az alapmodell. Sebességmező 10 cm/s belépési sebesség hatására.*

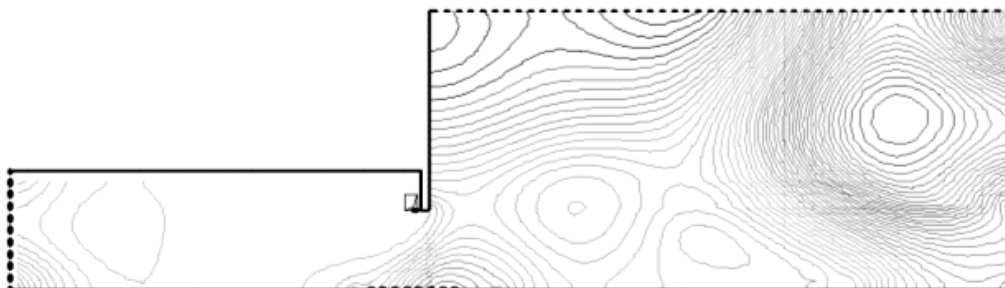
Az ellenőrző felületen elhanyagolható volt a levegőforgalom. Ahogy növeltük a zavaró térben a beáramló légmennyiséget, úgy tört be egyre több levegő a légfüggönnyel védett területre.



3. ábra

*A sebességeloszlás 20 cm/s légfüggöny beáramlási sebesség és 2 cm/s zavarási sebesség esetén.*

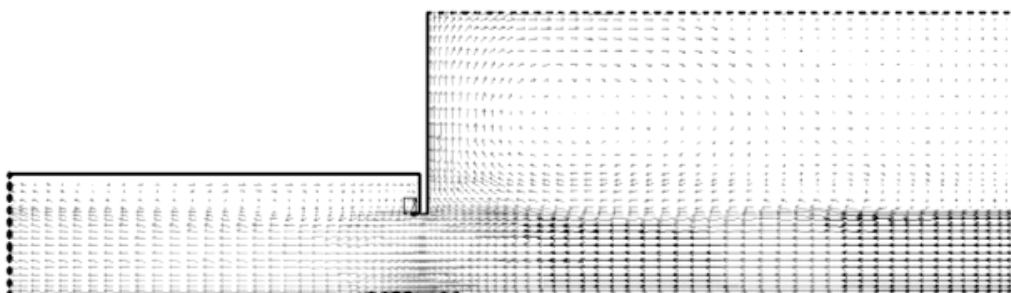
Amennyiben a légfüggöny beáramlási sebessége határozottan nagyobb volt, mint a zavarási sebesség, mindkét oldalon felépült a cirkulációs zóna, ekkor nem volt számottevő légáramlás a zavaró térből a védett térbe, a védett tér nyomása nem emelkedett számottevően. (4. ábra).



4. ábra

*Nyomás állandó vonalak 20 cm/s légfüggöny beáramlási sebesség, 2 cm/s zavaró sebesség hatására.*

Ahogy a zavaró sebesség közelített a légfüggöny beáramlási sebességéhez, úgy kezdett összeomolni a légfüggöny (**6. ábra**). A védett tér nyomása emelkedni kezdett, számottevő levegő mennyiség lépett a védett térbe. A légfüggőnynek feszülő nyomás számottevően meg növekedett. Ez a légfüggöny környezetében meg növekedett nyomás kényszerítette a többlet levegőt a védett térbe.

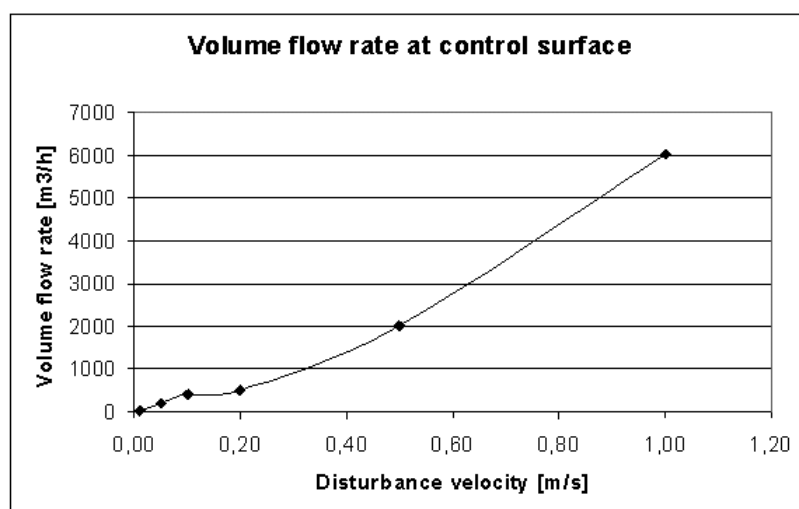


5. ábra

*Sebesség mező 20cm/s légfüggöny sebesség, 10cm/szavaró sebesség hatására.*

## Eredmények

A legfontosabb kérdés, milyen zavarási sebességnek tud a légfüggöny még megfelelő hatékonysággal ellenállni? Készítettünk egy grafikont (**1. grafikon**), melyben a behatoló légmennyiséget ábrázoltuk (összenyomhatatlanságot feltételezve az ellenőrző felületen a légmennyiség megegyezik a légfüggőnyön áthatoló légmennyiséggel) a zavarási sebesség függvényében. Az grafikonon látható, hogy 20cm/s feletti tartományban gyakorlatilag arányosságot találtunk. Ez az eredmény mind az alacsony, mind a közepes, mind pedig a nagy sebességű légfüggönyökre igaz volt.

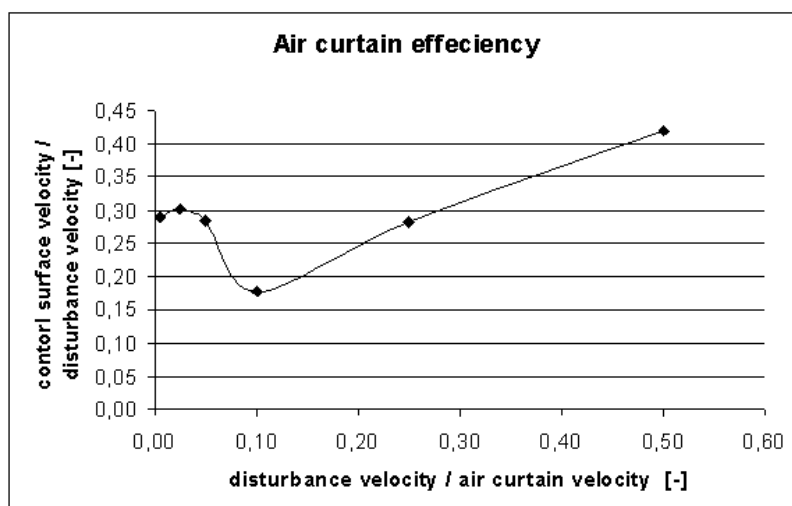


1. grafikon

*A védett területre betörő légmennyiség a zavaró sebesség függvényében, 2m/s légfüggöny sebesség esetén.*

A következő ábrán az ellenőrző felületen távozó légmennyiség és a zavaró sebesség hányadosát ábrázoltuk a zavaró sebesség és a légfüggöny sebesség hányadosának függvényében. A grafikonon látszik, hogy a görbének minimuma adódott (**2.grafikon**). Ez a minimum hely, ahol a légfüggöny optimálisan üzemeltethető.





2. grafikon

*Az ellenőrző felületen távozó légmennyiség és a zavaró sebesség hányadosa  
a zavaró sebesség és a légfüggöny sebesség hányadosának függvényében.  
(légfüggöny sebesség 2m/s)*

Műszaki megoldásként a légfüggönyre ható zavaró nyomás függvényében, akár a légfüggöny beáramlási sebessége változtatható lehet, mellyel jelentős üzemeltetési költség takarítható meg.

### Nomenclatúra

T	[K]	Hőmérséklet
x,y,z	[m]	Koordináta rendszer i
p	[Pa]	Nyomás
v	[m/s]	y irányú sebesség
w	[m/s]	z irányú sebesség
$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	levegő sűrűség
t	[s]	idő
$\Gamma$	[m <sup>2</sup> /s]	Diffúziós együttható
$\varepsilon$	[W/kg]	a turbulens diszkipáció foka
k	[J/kg]	mozgási energia
$\nu_t$	[m <sup>2</sup> /s]	turbulens, kinematikai viszkozitás
$\eta$	[mkg/s]	lamináris dinamikus viszkozitás
$\sigma_t$	[kg/m <sup>3</sup> ]	turbulens Prandtl szám

### Referenciák

- [1] Patankar, S., V.; *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*; Hemisphere Publishing Corporation;
- [2] H. B. Awbi : *Ventilation of Buildings*
- [3] Heinshon, R. J.: *Industrial Ventilation*; Wiley-Interscience Publication; 1991.
- [4] Suhas V. P. : *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*
- [5] Howard Goodfellow, Esko Tahti : *Industrial ventilation design guide book*; 2001

---

## A hidak és a környezetvédelem

### THE BRIDGES AND THE ENVIRONMENTAL PROTECTION

Dr. Tassi Géza, D. Sc.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,  
Hidak és Szerkezetek Tanszéke

#### Abstract

*The presentation approaches from two sides to the problems of environmental protection in field of bridges. The question is dealt with, how the bridges serve the environment and, on the other hand, how bridges can be mostly ecologically compatible. – Of course, a short lecture cannot aspire to completeness and the mentioned two points of view cannot be separated. In the chapters. – The topics which have a part in the presentation are as follows: \* The general role of bridges in environmental protection. \* The aesthetic appearance and the overlook on the road or railway. \* Hydraulic and hydrological aspects. \* The fuel consumption of vehicles and exhausting gas emission. \* The primary energy consumption of the materials. \* Noise protection. \* Decrease of waste material. \* - Some questions are discussed in principle, others connected to a case study. . E. g., numerical data are presented for the related construction costs of bridges in different ground plan and cross section arrangement and concerning the fuel consumption and exhausting gas emission of vehicles crossing the bridge. The problem of the primary energy consumption is discussed in the mirror of the steel and concrete versions of a Danube bridge. – The main target of the lecture is to show that the ecological problems which are nowadays more and more focused in building industry, should be extended to bridges.*

#### 1. Bevezetés

Egyre inkább előtérbe kerül az az igény, hogy létesítményeink megfeleljenek a környezetvédelem elvárásainak. E tekintetben hidak és más építmények között sok közös vonást találhatunk. Vannak olyan körülmények azonban, amelyek egy-egy szerkezetfajtnál eltérően jelentkeznek. Így például épületeknél jelentős szerepet játszik a hőháztartás, ami hidaknál nem merül fel, ott viszont a közúti-vasúti forgalommal összefüggő környezeti hatások kerülnek előtérbe. Az összes körülményt tekintve meggyőződhetünk arról, hogy mindenképpen kell foglalkoznunk a hidak és a természeti környezet kölcsönhatásaival. A rövid csíksomlyói előadás természetesen csak a fő szempontokat villanthatja fel néhány példa kíséretében. Ez a rövidített, ábrák nélküli leírás pedig még éppen csak arra törekedhet, hogy a témakör jelentőségére felhívja a hídépítéssel foglalkozó s a környezet megóvását szívükön viselő szakemberek figyelmét.

#### 2. A híd, mint eredendően környezetbarát létesítmény

Már a Római Birodalom hidászai hangoztatták, hogy a híd az út része – „Pons pars viae”, s ez napjainkban sokszorosán helytálló. Igazságát a környezetbe való illeszkedés mellett leginkább akkor érezzük, amikor egy híd kiesik a forgalomból. Ha háborús károkról, elemi csapásokról nem is beszélünk, csak egy folyami híd rekonstrukciójára gondolunk, érzékeljük a híd környezetvédelmi jelentőségét.

Példaként említhetjük a Budapest körüli M0 autótutat és annak Duna-hídjait. Amíg ezek nem épültek meg. Minden jármű, amely Győrből Kecskemétre, Münchenből Belgrádba vagy Londonból Istanbulba haladt, átment a főváros belterületén felmérhetetlen környezeti kárt okozva. – Jellemző, az előbbivel átmenetileg ellenkező hatású eset a dunaföldvári Duna-híd felújítása. Ez a forgalom időszakos szüneteltetésével járt. A járművek akkor mintegy 80 km-es kerülőútra kényszerültek. Kiszámíthatjuk, mit jelentett ez üzemanyag-felhasználásban, úthasználatban. A szekszárdi Duna-híd küszöbön álló forgalomba helyezése pedig éppen a kerülők lerövidítését szolgálja majd, kedvezve ezzel a környezetnek.

Egy másik magyarországi példa arra mutat, hogy a híd más közlekedéscélpályák létesítményéhez viszonyítva környezetbarát szerkezet. A magyar-szlovén vasútvonal hídja a közelmúltban készült el Nagyrákosnál. A gazdasági elemzések is híd létesítése mellett szóltak. Tekintsük azonban a közvetlen környe-

---

zeti hatásokat. A széles, lapos völgy felett vezető 1400 m hosszú híd szerepét esetleg betölthette volna magas töltés. Ez azonban a völgy természeti adottságait, főként az ott található ősgyepet károsította volna.

Úgy érzem, természetvédő („zöld”) honfitársaink néha túlzásokba bocsátkoznak. A Budapest körüli M0 autótú északi Duna-hídjára ferdekábeles szerkezet terve készült el. Ennek egyes bírálói ezt azért kifogásolták, mert véleményük szerint a híd zavarná a Szentendrei sziget déli csúcsa körül élő madárvilágot, főként a madárrajok vonulását.

Általánosságban megállapíthatjuk, hogy a gondosan tervezett és megvalósított híd eleve környezetbarát létesítmény.

### **3. Az esztétikai megjelenés és a jó kilátás a pályára**

Építmények szépségével számtalan tanulmány foglalkozik. Ezek mondanivalóját nehéz lenne itt összefoglalni. Az esztétikai megjelenés megítélése sok tekintetben szubjektív. Általánosságban elmondhatjuk, hogy szép az a híd, amely jól illeszkedik környezetébe, s amelynek vonalai nem mutatnak rendezetlen töréseket az emberi szem számára. A nyílásbeosztás, a pillérmagasság-hídnyílás arány szerepe közismert.

Általános megállapítás, hogy szép az a hídszerkezet, amelynek formája nincs ellentmondásban az erőjével. Ismerünk kivételeket. Ezek közé tartozik a világ talán legszebb rácsos Gerber-hídja, a budapesti Szabadság-híd befüggesztett nyílása, amelynek tartómagassága a legnagyobb nyomaték helyén a legkisebb. A feszített vasbeton hídszerkezetek előnyei között szoktuk említeni, hogy a feszítés révén természetesen bizonyos korlátokkal – az erőjátékot a szemünknek tetsző alakhoz tudjuk igazítani.

Az ízlés is változik. Régebben emelte a híd fényét az ornamentika. Erre példa a világ 1908-ban legnagyobb nyílású vasbeton gerendahídja, a temesvári Liget-úti híd, összehasonlítva pl. a több mint 50 évvel később épült, hasonló nyílásbeosztású siófoki Sió-híddal. Még beszédesebb az 1903-ban épült eredeti budapesti Erzsébet-híd. Ez akkor a világ legnagyobb lánchídja volt, s a gazdag díszítő elemekkel és szerkezeti vonalaival, rácsos merevítő tartójával valóban szép volt. Szomorú, hogy a Budapest ostroma idején bekövetkezett felrobbantása olyan károkat okozott, hogy eredeti formájában nem volt érdemes helyreállítani. Az 1965-ben átadott új Erzsébet-híd kábelszerkezetű, gerinclemez merevítő tartós konstrukció, s gyönyörködtető minden külön díszítő elem nélkül.

Számtalan esetet említhetnénk a híd természeti környezetbe való jó vagy hibás beillesztésére. Szép példa a magyar 6. sz. főút völgyhídja Mecseknádasdnál, vagy akár egy kis hí, amely az Esztergomból Dobogókőre vezető úton épült, s anyagával illeszkedik harmonikusan a természetbe.

A híd láttatásánál nem kisebb jelentőségű kérdés, hogy hogyan látjuk a hídtól az utat. A súlytámfalszerű hídfő és a rejtett hídfő közötti döntés sokszor gazdasági, s csupán közvetve ökológiai kérdés. Ha viszont azt vizsgáljuk, hogy ennyire látja jól az utat a gépkocsivezető, a probléma környezetvédelmi kérdéssé lép elő. Példaképpen a klasszikus német autópályák hídjának súlytámfalas hídfőjét és a magyar M7-es autópálya nyitott szerkezetét említhetjük.

### **4. Hidraulikai és hidrológiai szempontok**

A vízfolyás a természet része, életébe a hídfőkkel, pillérekkel beavatkozunk. A víznyomás, jégjárás viszont a híd állékonysága szempontjából nem közömbös. E kérdés részletesebb tárgyalása valóban túlmegy e rövid beszámoló keretein, fontosságát azonban feltétlenül hangsúlyoznunk kell. Nem egy példát említhetünk arra, hogy a víz kárt tett a hídszerkezetben, s a nem megfelelően méretezett hídnyílás miatt természeti kár érte a környezetet. A kölcsönhatásra sajnálatos példa hegyoldalak, domboldalak növényzetének kiirtása, lepusztulása. A késleltetési tényező emiatti változása módosítja a völgyfenéken összegyülekező vizek maximális hozamát, ami a hídfők alámosásához vagy/és a völgy károkat okozó elárasztásához vezethet. – Külön tanulmányt érdemel a hídpálya szigetelése és a vízelvezetés is, aminek szintén nem elhanyagolható az ökológiai jelentősége.

---

## **5. Az üzemanyag-felhasználás és az égéstermék mennyiségének csökkentése a híd kedvező alaprajzi elrendezése és keresztmetszeti kialakítása révén**

A híd létesítésekor a szerkezet építési és fenntartási költségén, a környezetbe illesztés és az anyag-felhasználás ökológiai szempontjain túl a forgalom hatásaira is tekintettel kell lennünk. Az üzemanyag-gyártás elsődleges energia-felhasználásával kapcsolatos környezeti hatások mellett nem hanyagolható el az a környezeti kár, amit a kipufogógázok mind a településeken, mind a külsőségeken okoznak.

A közúti hidat az állam vagy az önkormányzat létesíti, használója pedig a közlekedési vagy szállítási intézmény, vállalat vagy magánszemély, vagyis az építési és forgalmi költségek nem ugyanott jelentkeznek. A primer energiaigény és a híd környezetének károsítása azonban a nemzetgazdaságot és a lakosságot is érinti. A vasúti hidat – legalábbis jelenleg Magyarországon – ugyanaz a szervezet építi, amely a vonatforgalmat üzemelteti. A környezeti hatások – akár villamos vontatásnál – ott is jelentkeznek. Mindenesetre az építési és forgalmi költségeket ugyanaz az intézmény érzékeli, így a különböző szempontok egyeztetése inkább kézenfekvő.

Közúti híd esetére tekintsük a merőleges és ferde ill. egyenes és alaprajzban íves tengelyű felszerkezetet. – A XX. század harmincas éveig az országos jármű a lovas fogat volt nálunk. Ennek számára szinte teljesen közömbös volt, hogy egy híd előtt vagy után, esetleg mindkét oldalon S-kanyaron kell-e áthaladnia. Belső égésű motoros, jelentős sebességgel haladó jármű esetén egészen más a helyzet. Ha az áthidalt akadály és az út tengelye nem volt merőleges egymásra, ezt a korai hidaknál általában úgy oldották meg, hogy az olcsóbb merőleges hidat építették meg, s a hídpályát kanyarokkal csatlakoztatták az úthoz. Ha a kanyarokat és a velük járó forgalmi nehézségeket el akarjuk kerülni, ferde hidat építünk.

Példaként korszerű turbó-Diesel tehergépkocsit választottam. Merőleges híd esetén a járműnek egy S-kanyar miatti fékezés majd gyorsítás következtében 330 g többlet üzemanyagot kell fogyasztania. (Ez a többlet ferde hídon egyenes, vagy nagy sugarú ívben vezetett híd esetén nem jelentkezik.) Ha naponta 60 ilyen jármű halad át az S-kanyarral megközelített hídon, az mai árakkal számítva 100 év alatt 600 000 \$ többletet jelent az üzemanyag-költségben. Ez sokkal több, mint egy közepes nyílású ferde ill. merőleges vasbeton híd építési költsége közötti különbség. S ekkor még nem beszéltünk a számszerűen nehezen kifejezhető egészségkárosító hatásról, amit a fékezés és gyorsítás miatti kipufogógáz többlet okoz, ami károsítja az élő világot, s rákkeltő hatása is lehet.

A másik példa egy kb. 20 m nyílású, acélszerkezetű vasúti híd. Síkvidéki vonalaknál vízfolyások keresztezése gyakran jár veszített magassággal. Főtartókra helyezett hídfákkal létesített felsőpályás híd építési költsége a fő-, kereszt- és hossztartós, hídfás alsópályához viszonyítva kisebb, szerkezeti magassága, s ezáltal adott esetben a veszített magasság 1,6 m-rel nagyobb. 80 km/h sebességgel és 2 %-os emelkedővel számoltam. Egy közepes tömeget mozgó vonat Diesel-mozdonya 4,5 kg gázolaj többletet igényel. Ennek költsége összesen 200 000 \$, az alsópályás híd viszont kb. 26 500 \$-ral kerül többbe, mint a felsőpályás. Emellett több mint évi 5000 t égéstermék keletkezik, aminek kb. 1 %-a súlyosan káros lehet az egészségre. Villamos vontatás esetén a helyzet kedvezőbb, de az erőművek környezetkárosító hatása se hanyagolható el.

Az elmondottak egy-egy példát vázoltak. Csupán arra kívántam rámutatni, hogy viszonylag csekély építési többletköltséggel (s mi tagadás, egy igen kicsit több elsődleges energia-felhasználással) az üzemanyag-fogyasztás tekintetében a környezetre végső fokon kedvezőbb hatású hidakat tudunk létesíteni.

## **6. Az elsődleges energia-felhasználás**

Létesítményeinknél, így hidaknál is nagy jelentőségű a környezetvédelem szempontjából a primer energia-fogyasztás. Hidak építőanyagainak előállításához számottevő energiát igényel, s nem hanyagolható el a szállítás és beépítés igénye sem.

Dr. Iványi Miklós, D.Sc. egyetemi tanárral együtt vizsgálatot végeztünk. Általánosságban tanulmányoztuk az építőanyagok előállításának energia-igényét. Nyilvánvaló, hogy az energia-termelés kevés kivétellel környezetkárosító. Részletesen az acél és a beton esetével foglalkoztunk, éspedig csak az elsődleges energia-felhasználással. Úgy ítéltük, hogy a leginkább reális eredményt esettanulmányok révén nyerhetünk. A vizsgálatot egy tipikusnak mondható szerkezet esetére végeztük el konkrétan.

Abban a szerencsés helyzetben voltunk, hogy az említett, közeljövőben elkészülő szekszárdi szekrényes acélszerkezetű, ortotróp pályaszerkezettel készült Duna-híd terve mellett a feszített vasbe-

---

ton szekrényes híd komplett pályázati terv is rendelkezésünkre állt. Ez adta a kellő megbízhatóságú összehasonlítás alapját.

Tekintettel voltunk az acélgyártás energia-igényén kívül a szállítás, leszállás, kapcsolatok, korrózió elleni védelem stb. számára szükséges energiára. Vasbeton szerkezetnél az energia mintegy háromnegyed részét a cementégetés igényli, az őrlés, szállítás, az adalékanyag kitermelése és szállítása, a feszítőacél és a betonacél, a különféle szerek, a zsaluzás, a bedolgozás stb. szinte eltörpül a cementgyártáshoz szükséges energia mellett.

Az összehasonlító elemzésben végül is az acélszerkezetnél 18,70 GJ/t, a vasbetonnál pedig 4,94 GJ/t értékkel számoltunk. Az összehasonlításba csak a modernítlásokat vontuk be, ezek nyílásbeosztása  $80+3 \times 120+80$  m. A híd szélessége 14 m.

Az eredmény a következő: Az acélszerkezetnél a hídpálya egy négyzetméterére eső primer energiafelhasználás 8,05 GJ volt az acélszerkezetnél, a vasbetonnál pedig 5,10 GJ lenne.

Hangsúlyozni kell természetesen, hogy ez ugyan tipikus, de csak egyetlen példa. Áttekintettük a szakirodalomban található eredményeket, azok jellege nem tér el a mi vizsgálati eredményünktől.

Természetesen ez az analízis nem terjedt ki sok más szempontra, így pl. az üvegházhatásra, a hulladékokra, az újrafelhasználás lehetőségére, a terület-felhasználásra, a gyártáskor és építéskor jelentkező környezetszennyezésre.

## **7. A zajártalom és annak csökkentése**

A közúti és vasúti forgalom jelenleg óhatatlanul hanghatással jár. Ez mérési adatok szerint a hidakon fokozódik. Így pl. a folyó vasúti pályához képest a hangfrekvenciától függően 1,3~2,2-szeres hangterhelés mérhető ágyazat nélküli vasúti hídnál. Kavicságy-átvezetés ill. vasbeton szerkezet esetén a helyzet kedvezőbb. Közúti hídnál is gyakran van szükség a hanghatás csökkentésére. Segítségért jelentenek a zajvédő falak, ilyenek pl. a BVM Épelem előregyártott elemeiből épített szerkezetek. - A híd elrendezése is hozzájárulhat a zajcsökkentéshez. Szükséges esetben szükség lehet a hídpálya lefedésére. Ez költséges megoldás, de egyes országokban már felmerült az ezekre való igény.

E rövid pontban csupán arra hívtuk fel a figyelmet, hogy hidak tervezése és építése során a zaj rendkívül hátrányos környezeti hatására tekintettel kell lenni. Lehetőség szerint az út ill. vasút vonalvezetését, a hidak helyét úgy kell megválasztani, hogy legfeljebb csekély zaj zavarja a környezetet, s ha más megoldás nincs, zajvédő falat kell alkalmazni.

## **8. A hulladék anyag korlátozása**

Mint már céloztam rá, a gyártáskor is jelentkezik hulladék anyag, sőt hulladék energia. El kell érni ezek lehetséges csökkentését ill. hasznosítását. Hasonló a helyzet a szállításkor, szereléskor, bedolgozáskor is.

Sajnos elemi csapás – árvíz, földrengés - vagy háborús kár, terrorcselekmény hatására is kell gondolni a híd létesítésekor. Jelentős szempont a roncsok által, pl. a folyóvízben okozott kár lehetséges mérséklése, a roncsok kiemelésének és újrahasznosításának lehetősége.

Acélhidak fenntartásának jelentős mozzanata a korrózió elleni védelem és a felületképző mázolás. A felújításkor fémtiszta felületet kell képezni. Az elhasználódott fedőrétegek eltávolítását általában homok nagy nyomás alatti szórásával végezték. Meglévő szerkezetek felületét általában miniumtól és fedőfestéktől kell megtisztítani. Példaképpen említjük a budapesti Szabadság-hidat. Korábban a felület-négyzetméterenként mintegy 100 kg homokot fújtak a szerkezetre. Mintegy 4000 t hulladék keletkezett, amiben jelentős mennyiségű minium volt, ami mérgező. El kellett hárítani, amennyire csak lehetett, hogy a hulladék a Dunába kerüljön. 4000 t káros anyagot is tartalmazó hulladékot kellett elszállítani, megfelelő lerakóhelyre helyezni. – A legutóbbi felújításkor egy sokkal inkább környezetbarát eljárást alkalmaztak. Homok helyett granulált acélt szórtak hat atmoszféra nyomással a felületre. A lefújt minium és fedőfesték az acélszemcsékkel együtt az állványzatra, az ott elhelyezett fóliafelületre hull, s az acélszemekről eltávolítható 2~5 %-os veszteséggel. A visszanyert acélszemeket ismételtelen fel lehet használni. Az összköltség is sok ezer dollárral kisebb a korábbi eljárásához viszonyítva.

---

## **9. Zárszó**

A hidak szerepét a környezet védelmében, a környezetbarát hidak és hídépítési, hídfenntartási eljárások néhány példáját kívántam bemutatni. Az itt leírtaknak a 2003. évi csíksomlyói konferencián elhangzó előadása ábrákkal illusztrálva remélhetően felhívja a t. kollégák figyelmét a környezetvédelmi kérdésekre, s mind a hidak, mind más mérnöki szerkezetek terén számos hasznos tanulmány lát majd napvilágot. Bízom abban, hogy a környezet védelme a tervezésben és kivitelezésben is mind nagyobb szerepet fog játszani.

## **Köszönetnyilvánítás**

Köszönetet mondok dr. Köllő Gábor Palotás László-díjas egyetemi tanárnak, az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság Építéstudományi Szakosztálya elnökének szervező munkájáért és a szíves meghívásért, dr. Madaras Gábornak, az ÉMI TűV-Bayern ügyvezető igazgatójának, a *fib* Magyar Tagozata alelnökének az anyaországi résztvevők segítségével, Megköszönöm dr. Végh Lajos DrSc. egyetemi tanárnak (Prágai Cseh Műszaki Egyetem) az IASS WG 18, (Környezetbarát Szerkezetek és Anyagok) elnökének a témával kapcsolatos munka kezdeményezését és a munkacsoport tagjainak, közöttük számos magyar résztvevőnek nyújtott sokoldalú támogatást.

---

# **A könnyű ejtősúlyos teherbírásmérés magyarországi tapasztalatai és jelenlegi kutatási területei**

## **HUNGARIAN EXPERIENCES IN THE USE OF THE LIGHT DROP-WEIGHT TESTER AND CURRENT RESEARCH AREAS**

**Tompai Zoltán**

Budapesti Műszaki Egyetem  
Építőmérnöki Kar, Geotechnikai Tanszék

### **Bevezetés**

A Könnyű Ejtősúlyos Teherbírásmérő Berendezés (Light Drop-weight Tester, Leichtes Fallgewichtsgeräte) több, mint 10 éves múltta tekint vissza Magyarországon. Segítségével az út- és vasútépítési földművek, háttöltések, altalajrétegek teherbírása gyorsan és viszonylag egyszerűen meghatározható. Kis méretéből és egyszerű hordozhatóságából adódóan különösen előnyösen alkalmazható közműnyomvonalak esetében.

A földművek teherbírásának és tömörségének építése közbeni ellenőrzése és minősítése előírás, ennek pontos – és lehetőleg gyors – meghatározása a mai felgyorsult világban nagy fontossággal bír. Ehhez nyújt közvetve segítséget az eszköz.

Korábbi külföldi és hazai tapasztalatok alapján megállapítható, hogy a berendezés jól használható az útépítésben legelterjedtebb szemcsés és átmeneti talajok minősítésére a jól ismert statikus teherbírásmérés mellett kiegészítő vizsgálatként.

A dinamikus teherbírásmérés által szolgáltatott teherbírási modulus a forgalom dinamikus hatásától eredően közelebb áll a valósághoz, azonban kapcsolata a korábbi statikus teherbírásmérésből származó modulussal nem egyértelmű és a jelenleg érvényben lévő útpályaszerkezet-méretezési előírások is a statikus teherbírási modulus alkalmazását követelik meg.

### **Történeti áttekintés**

Az első hazai dinamikus teherbírásmérő berendezés fejlesztése az 1970-es években indult Dr. Boromisza Tibor vezetésével [1]. Az eszközzel kedvező és biztató eredményeket értek el, azonban gyártásra végül nem került sor.

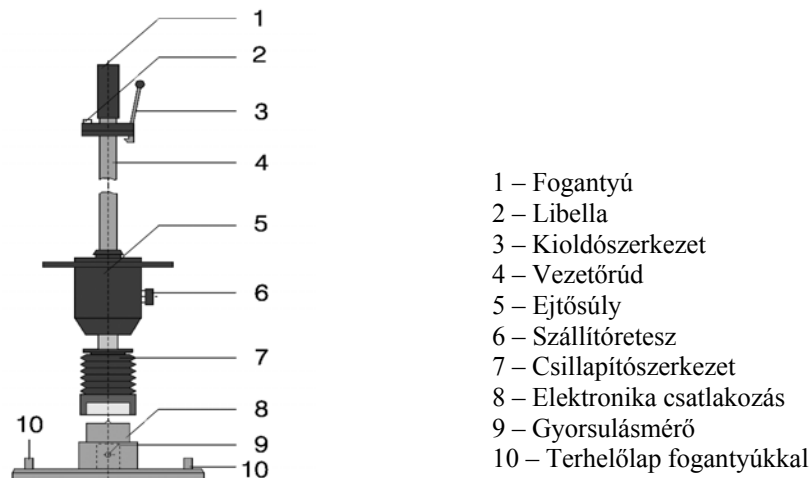
Az 1990-es évek közepén Németországban kifejlesztett, korszerű ejtősúlyos berendezések jelentek meg Magyarországon; alkalmazásuk gyorsan megindult. Ezek már olyan korszerű elektronikával ellátott berendezések, melyek a mért adatok kijelzésére, gyűjtésére, helyszíni nyomtatásra és számítógéppel való összeköttetésre egyaránt képesek.

Az azóta elvégzett nagyszámú mérés szakmai és alkalmazhatósági tapasztalatai általában kedvezőek.

Az újfajta teherbírásmérő készülékek terjedésével megkezdődött a szabványosítási folyamat is, melynek során az alkalmazásáról és a mérési módszerről Útügyi Előírás (ÚT 2-2.119:1998) készült. Ennek átdolgozott változata jelenleg elfogadásra vár. A műszer kalibrálásához elkészült egy kalibráló-berendezés is.

## A könnyű ejtősúlyos teherbírás mérő berendezés

A készülék vázlatát mutatja az **1. ábra**.



1. ábra

*Könnyű Ejtősúlyos Teherbírás mérő Berendezés vázlata*

A berendezés fő szerkezeti eleme a 30 cm átmérőjű acél terhelőlap, amelyre egy 10 kg-os ejtősúlyt kézi kioldószerkezettel, vezetőrúd segítségével ráejtünk. A dinamikus teherátadás rugó segítségével történik, melynek állandója szabályozza a tárcsáról az altalajra átadódó terhelés nagyságát és idejét. A berendezés max. 0,1 MPa dinamikus terhelést ad át az altalajra ~18 ms idő alatt. A berendezés legfontosabb szerkezeti eleme a gyorsulásmérő, melynek segítségével a tárcsa középpontjának elmozdulását mérjük.

A megfelelő ejtési magasság biztosításához a berendezés időszakos kalibrálást igényel.

### A dinamikus teherbírás mérés

A vizsgálat során (**2. ábra**) az altalaj megfelelően előkészített felszínére elhelyezett terhelőtárcsára az előejtési szakasz (3 ejtés) után újabb 3 ejtést végzünk (teherbírás mérési szakasz).

A készülék a teherbírás mérési szakaszban regisztrálja a tárcsa közepének elmozdulásait (s), valamint a tárcsa alatt fellépő legnagyobb feszültségek ( $\sigma_{\max}$ ) értékét.

Az altalaj dinamikus teherbírás modulusa a Boussinesq elmélet egyszerű összefüggése segítségével a 3 mérés átlageredményeiből számítható:

$$E_{vd} = \frac{c}{s} (1 - \nu^2) \cdot \sigma_{\max} \cdot R$$

ahol:

$c = 2$	tárcsamodell-szorzó
$\nu$	Poisson-tényező
$R$	tárcsa sugara





2. ábra  
*Könnyű Ejtősúlyos Teherbírásmérő Berendezés*

A mérés után az eszköz képernyőjén a mért adatok, valamint a számított  $E_{vd}$  érték azonnal megjelenik, és lehetőség van az eredmények azonnali nyomtatására is. A méréseket a berendezés folyamatosan a memóriájában rögzíti, elősegítve ezzel a későbbi irodai feldolgozást.

A vizsgálat nagy előnye, hogy elvégzéséhez egy személy is elegendő, a vizsgálat gyors és – a statikus próbaterheléssel ellentétben – nem igényel nagy tömegű ellensúlyt.

#### **Az elmúlt évek magyarországi tapasztalatai és kutatási eredményei**

A magyarországi alkalmazás megindulásával a Közlekedéstudományi Intézet (KTI) 1996-ban – az akkoriban rendelkezésre álló összes könnyű ejtősúlyos berendezés bevonásával – összehasonlító vizsgálatokat végzett annak eldöntésére, hogy a műszer megfelelő (vagy nem megfelelő) alkalmazása mennyiben befolyásolja az eredmények pontosságát és megismételhetőségét [2].

A vizsgálatot először laboratóriumi körülmények között, etalonok segítségével végezték, ahol a különböző altalaj illetve pályaszerkezeti rétegek  $E_{vd}$  modulustartományát megfelelő anyagú és vastagságú alátétlemezekkel biztosították. Minden készülékkel 2-2 mérést végeztek.

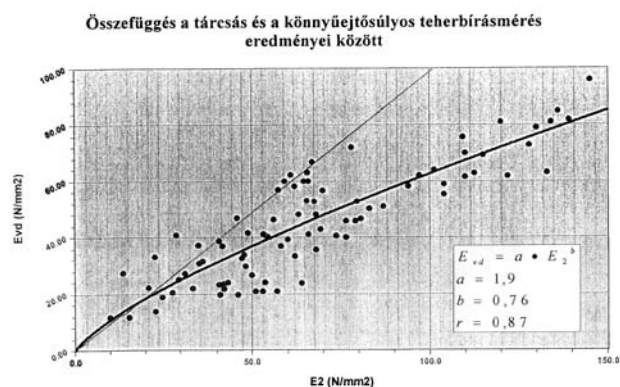
A vizsgálatok során kimutatható volt, hogy a túlzottan nagy szórás miatt kötőanyagossal utópályaszerkezeti rétegek minősítésére a berendezés nem alkalmas.

A vizsgálat második szakaszában helyszíni méréseket végeztek, ahol statikus tárcsás vizsgálat és tömörségmérés is készült. Megállapítást nyert, hogy ellenőrzött készülékkel, megfelelő módon végrehajtott helyszíni vizsgálatok eredményei az etalonon végzett mérések szórási tartományán belül esnek, tehát megfelelőnek tekinthetők.

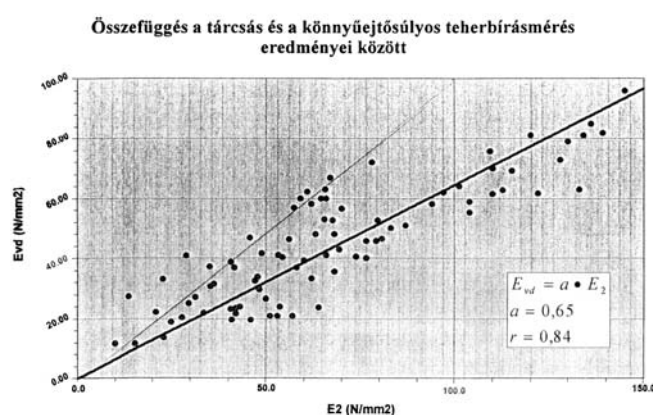
A készülék egyre elterjedtebb alkalmazása során felmerült az igény, hogy az időigényes statikus próbaterhelés kiváltható legyen az említett dinamikus módszerrel.

Ehhez a KTI 1995-ben tanfolyamot szervezett a műszerek kezelőinek, és felkérte őket, hogy 20 mérési helyen, különböző pályaszerkezeti rétegeken és talajfajtákon (szemcsés, átmeneti és kötött talajok, ágyazat, mechanikai stabilizáció) összehasonlító méréseket végezzenek [3][4]. Ugyanezen rétegeken statikus tárcsás próbaterhelés és tömörségmérés is készült. A vizsgálat célja a statikus ( $E_2$ ) és a dinamikus ( $E_{vd}$ ) teherbírási modulus közötti összefüggés felállítása volt.

A mérési eredmények feldolgozása látható a 3. és 4. ábrán. A korrelációs együttható a két esetben 0,87 illetve 0,84 volt. Látható, hogy szoros összefüggést nem sikerült kimutatni.



3. ábra  
Összefüggés  $r = 0,87$  esetén



4. ábra  
Összefüggés  $r = 0,84$  esetén

Egyes német előírások adnak határértékeket egyes talajfajtákra (**1. táblázat**), de egyértelmű összefüggés felállítását ők sem javasolják [5].

1. táblázat

$E_{vd}$  határértékek „Hessisches Landesamt Für Strassen- Und Verkehrswesen” szerint

Bodengruppe	Verdichtungsgrad	Verformungsmodul $E_{v2}$	Verformungsmodul $E_{vd}$
DIN 18 196	%	MN/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>
GW, GI, GU <sub>1</sub> , GT <sub>1</sub> nach ZTVT	≥ 103	≥ 120	≥ 60
GW, GI, GU, GT nach ZTVE	≥ 100	≥ 100	≥ 50
	≥ 98	≥ 80	≥ 40
	≥ 97	≥ 70	≥ 35
GE, SE SW, SI	≥ 100	≥ 80	≥ 40
	≥ 98	≥ 70	≥ 35
	≥ 97	≥ 60	≥ 32
gemischtkörnige Böden GU <sub>2</sub> , GT <sub>2</sub> , SU, ST z.B. Steinerde	≥ 100	≥ 70	≥ 35
	≥ 97	≥ 45	≥ 25
feinkörnige Böden: U, T gemischtkörnige Böden GU*, GT*, SU*, ST*	≥ 97	≥ 45	≥ 25
	≥ 95	≥ 30	≥ 20

1.) GU - / GT-Böden mit ≤ 7 Gew.-% < 0,063 mm (ZTVT-Mineralgemisch im eingebauten Zustand)

2.) GU - / GT-Böden mit 7 - 15 Gew.-% < 0,063 mm

### Jelenlegi főbb kutatási területek

- Poisson-tényező, merev-hajlékony tárcsamodell hatása

Subert István vizsgálatai alapján a Poisson-tényező önkéntes, leegyszerűsített megválasztása (talajoknál  $\nu = 0,4$  közelítő értékkel számolunk)  $E_{vd}$  értékére komoly kihatással van, különösképpen azért, mert a statikus teherbírásméréskor szemcsés talaj esetén 0,3, kötött talaj esetén 0,5 értékkel számolunk [6].

Hasonló eltérést okoz a tárcsa merevségi viszonyainak megválasztása. A Boussinesq elmélet merev tárcsával számol, míg az  $E_{vd}$  képletében szereplő  $c$  tényező hajlékony tárcsára vonatkozik.

- Tárcsaátmérő hatása, egyidejű tömörségmérés

A 0,1 MPa tárcsa alatti terhelés csupán egyharmada a statikus teherbírás-vizsgálat során alkalmazott 0,3 MPa terhelésnek. Emiatt Subert István további kutatásai során arra keresi a választ, hogy a kisebb tárcsaátmérő segítségével kapott  $E_{vd}$  értékek mennyivel jobban jellemzik az adott réteget [6]. Vizsgálatai során arra is kitér, hogy az ejtő súly többszöri leejtésével illetve kisebb tárcsaátmérő alkalmazásával tömörségmérés végezhető. A vizsgálathoz mérőberendezést is készített, melynek tesztelése jelenleg is tart.

- Hatásmélység

A gyakorlatban egyik legfontosabb tényező a hatásmélység. Jelenleg előkészítés alatt van a Magyarországon előforduló, útépítésben jellemzően használt talajok, talajkeverékekkel végzett dinamikus teherbírásmérés hatásmélységének vizsgálata.

### Összefoglalás

A könnyű ejtősúlyos teherbírásmérés fokozatosan terjed Magyarországon, köszönhetően az eszköz könnyű használatának, a mérés gyorsaságának és egyszerű feldolgozhatóságának. Azonban a berendezés korlátainak ismerete elsődleges szempont, és nem lehet figyelmen kívül hagyni.

Korábbi hazai kutatások bebizonyították, hogy a dinamikus teherbírási modulus ( $E_{vd}$ ) nem számítható át egyértelműen a statikus próbaterhelés által szolgáltatott  $E_2$  értékre. A dinamikus mérés hatásmélyége bizonyíthatóan kisebb, mint a statikus vizsgálaté. Megfelelő eredményeket csak szemcsés és gyengén kötött rétegek esetén kaphatunk, kötött rétegek esetén az eredmények nem kielégítőek. Ugyancsak nem alkalmazható a mérés kötőanyaggal rendelkező pályaszerkezeti rétegek teherbírásának vizsgálatára.

A berendezés statikus tárcsás teherbírás-vizsgálattal és tömörségvizsgálattal együtt hatékony és gyors kiegészítő minősítő vizsgálatként alkalmazható, azonban az eredmények tökéletesítéséhez további vizsgálatok szükségesek.

### Irodalomjegyzék

- [1] Dr. Boromisza Tibor: Útpályaszerkezetek dinamikai teherbírásmérésének bevezetése; Közlekedésépítés. és mélyépítéstudományi szemle; 1993. szept.
- [2] Közlekedéstudományi Intézet Rt.: Dinamikus ejtősúlyos teherbírásmérés kutatása könnyű ejtősúlyos készülékkel; Kutatási jelentés; 1996.
- [3] Közlekedéstudományi Intézet Rt.: Dinamikus ejtősúlyos teherbírásmérés kutatása könnyű ejtősúlyos készülékkel; Kutatási részjelentés I.; 1999.
- [4] Közlekedéstudományi Intézet Rt.: Dinamikus ejtősúlyos teherbírásmérés kutatása könnyű ejtősúlyos készülékkel; Kutatási részjelentés II.; 2000.
- [5] Hessisches Landesamt Für Strassen- und Verkehrswesen: Verdichtungskontrolle mit dem leichten Fallgewicht gem. TP BF-StB, Teil B 8.3; 1997.
- [6] MixControl Kft. (Subert István): Tömörség- és teherbírásmérés könnyűejtősúlyos berendezéssel; K+F zárójelentés; 2003. január

# A szolgáltatási szint meghatározása az előzési igény és lehetőség alapján

## DEFINITION OF THE LEVEL OF SERVICE BASED ON THE DEMAND FOR AND THE OPPORTUNITY OF OVERTAKING

Tóth Zsuzsanna

BME Út és Vasútépítési Tanszék, Budapest

### Bevezetés

A települések kialakulásában, fejlődésében és életében egyaránt fontos szerepe van a közlekedésnek. A mindennapi életben betöltött szerepe miatt a közlekedés minősége meghatározó az emberek életében.

Azt, hogy az útépítésben a különböző helyekre és forgalomnagyságokra tervezett utak geometriai jellemzők alapján csoportokba sorolhatók már nagyon régen felismerték a szakemberek. Így alkották meg a tervezési kategóriákat, felismerve, hogy a tervezés folyamatát nagymértékben egyszerűsíti a kategóriáknak meghatározott tervezési paraméterek használata. A tervezési kategóriák meghatározása után felmerült az igény, hogy a megépült közúton bonyolódó forgalom lebonyolódásának minőségét is egységes módon lehessen jellemezni. Ezt az igényt próbálta kielégíteni a szolgáltatási szint fogalma. Azonban a szolgáltatási szint „nem váltotta be” a reményeket, nem sikerült megalkotni egy egységesen elfogadott eljárást, mely segítségével besorolható és minősíthető a forgalom. A ma elterjedt gyakorlatban nem csak a besorolási eljárás különbözik országonként, hanem a minősítés alapjául szolgáló skála is jelentős különbségeket mutat. Joggal merül fel a kérdés, miért van ekkora különbség az egyes országok módszerei között? Miért okoz ennyi ellentmondást ez az egyszerűnek tűnő probléma?

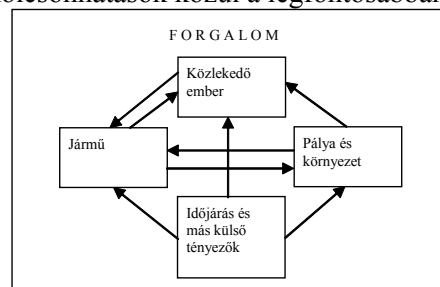
Alapvető ellentmondást rejt már maga a feladat is, hiszen minőségi jellemzőt kell mennyiségekkel kifejezni. De nem ez az egyetlen nehézség. Nem egyszerű eldönteni azt sem, hogy a forgalmi folyamat melyik jellemzője szolgáljon a besorolás alapjául. Ha több jellemzőt használunk, akkor ezek milyen súllyal szerepeljenek? A besorolás alapjául szolgáló skálán hány eltérő állapotot különböztessünk meg?

### A szolgáltatási szint

A szolgáltatási szint a forgalom alkotóelemei között létrejövő kölcsönhatások minőségét fejezi ki. A forgalom legfontosabb alkotóelemei, összetevői a következők:

- a közlekedő ember (a járművezető, a gyalogos, az utas)
- a járművek (a gépjárművek, elsősorban a gépkocsik és a közforgalmú közlekedési járművek)
- a pálya (felszereltséggel és környezetével)
- az időjárás (és más külső tényezők)

Ezeket a forgalom foglalja össze. Vizsgálatához, tervezéséhez tehát az összes alkotóelem forgalmi szempontból fontos jellemzőinek, továbbá az alkotóelemek legfontosabb kölcsönhatásainak ismerete szükséges. A létrejövő kölcsönhatások közül a legfontosabbakat az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra

A forgalom elemei és kölcsönhatásai

---

A szolgáltatási szint használatának célja, a közlekedő ember szemszögéből vizsgálni az utazás minőségét. Erre a kérdésre kielégítő választ kaphatunk, ha csak a közlekedő embert érő kölcsönhatásokat vizsgáljuk.

A szolgáltatási szinttel foglalkozó kutatások lényege egy olyan, többnyire származtatott jellemző meghatározása, mely

- viszonylag könnyen előállítható mérési eredmények alapján
- segítségével jól leírhatók a különböző forgalom- állapotok.

Összehasonlítottam és értékelem a szolgáltatási szint meghatározására jelenleg érvényes hazai és nemzetközi eljárások módszereit az alábbiak felhasználásával:

- Highway Capacity Manual (HCM) 2000. évi kiadása
- A németországi szabvány két eljárása (1994)
- A franciaországi tervezési szabvány (1994)
- A magyar Közutak Tervezése című ÚT 2-1.201. számú 2001-ben megjelent Útügyi Műszaki Előírás

A különböző eljárásokat összevetve megállapítható, hogy jelenleg kétféle gyakorlat terjedt el. A francia és a magyar módszer egy kétfokozatú (megengedett – eltűrhető) skálát használ.

- Egyértelmű előnyeként említhető, hogy a besorolás egzakt mérőszám alapján történik.
- Hátránya azonban, hogy nincs lehetőség a különböző fontosságú hatások mérlegelésére, mivel a besorolás csak a forgalomnagyság alapján történik.

Az amerikai és német területen elterjedt hatfokozatú, több szempontot is figyelembe vevő osztályozási rendszerek esetén mindig elmondható, hogy a létesítmény besorolása egyes minőségi osztályokba sokrétű és összetett feladat, mely széleskörű szakmai és társadalmi konszenzuson kell, hogy alapuljon.

- Előnye, hogy az úthálózat elemein megjelenő forgalom elemenkénti minősítése részletesebben mutatja, hol és mennyire fontos egy-egy beavatkozás, hogy a hálózat egésze magasabb szinten működjön.
- Hátránként kell említeni, hogy a besorolás alapjául szolgáló paraméter gyakran nem mérhető pontosan, és a kiegészítő értékelési eljárások során sem mindig egyértelmű, a létesítmény végső értékelését melyik irányba mozdítja el a többletként figyelembe vett jellemző.

### **A szolgáltatási színvonal meghatározása az előzési igény és lehetőség alapján**

Belátható, hogy a kívánt célt (egyszerűen használható és sok szempontból informatív eredményt adó besorolási rendszert) csak mindkét két eljárás előnyeit ötvözve érhetjük el.

A közlekedésben résztvevő ember komfortérzetét nagymértékben befolyásolja (a gépjármű és az út adottságain kívül) a saját képességeinek, pillanatnyi állapotának helyes ismerete, valamint a jellemző közlekedési szituáció megszokottsága.

Jelentős amerikai kutatások foglalkoztak a járműkövetési készségek kérdésével és az egy forgalmi sávra végzett vizsgálatok kimutatták, hogy

- A járművezetők közepes forgalomsűrűség mellett átlagosan 1,5 s követési időközzel haladnak, és a legkisebb érték 0,8 s.
- A vezetők általában arra töreksenek, hogy minimálisan 2 s követési időközt tartsanak. (Ezt támasztják alá azok az eredmények is, melyek megmutatják, a járművezető csökkenti sebességét, ha a követési idő 2 s alá csökken; ha a követési időköz átlagos értéke 2 s, akkor a sáv forgalma megközelítőleg 1800 J/h/sáv)
- A járműveket zavarja az előttük haladó jármű, ha az tartósan 4 s-nél kisebb követési távolságra halad. Ekkor ugyanis még nem alakul ki az oszlopokban megszokott automatikus követés, de a szabad haladás feltételei már nem teljesülnek (ha az átlagos követési időköz értéke 4 s, akkor a sáv forgalomnagysága hozzávetőleg 900 J/h/sáv)

- A többi járműtől függetlenül megválasztott sebességű, azaz szabad haladás legalább 150 m-es követési távolság mellett, vagy 6 s követési időköznel alakul ki. (Ha a követési időköz átlagos értéke 6 s, akkor a sáv forgalma 600 J/h/sáv körül van)

Az előzés az egyik legveszélyesebb, mégis nagyon gyakori manőver a forgalomban. Mivel az emberi tényező nagyon nagy szerepet játszik benne, az előzési szokások (csakúgy, mint más közlekedési szokások is) minden országra jellemző sajátosságok

A számítási és mérési eredmények alapján feltételezhető, hogy **egy jármű biztonságos előzéséhez**, megfelelő távolságok figyelembe vétele mellett is **elég átlagosan 8 másodperc**.

### Az forgalom előzési igényének meghatározása

Az időegységre eső előzési igény azon járművezetők száma, akiket az előttük haladó jármű olyan mértékben zavar, hogy a jármű megelőzése mellett döntenek. A vizsgálatok szempontjából – és így a definíció szempontjából is – nem lényeges, hogy ez alatt az időegység alatt egy járművezetőben egyszer vagy többször merül fel az előzési igény.

Miután ismertnek tekintem, mennyi idő szükséges átlagosan ahhoz, hogy egy jármű megelőzzön egy másik járművet, adódik a következő kérdés: A forgalom hány százaléka akar előzni? A forgalomban bizonyos időegység alatt megjelenő előzési igény meghatározásához – közlekedési tapasztalataink alapján – az alábbi megfontolásokat tehetjük:

- a forgalomnagysággal együtt növekszik
- a forgalomnagyságtól függetlenül, ha a járművek sebességei között a különbségek nagyok, az értéke (forgalomnagyság %-os arányában kifejezve) magas
- egy országon belül az azonos forgalmi szituációba kerülő járművezetők döntése megbízhatóan előre jelezhető.

Arra a kérdésre adandó válaszomban, hogy mennyi az előzési igény abból indulok ki, hogy az előzési igény megjelenik, ha két jármű változatlan sebességarány mellett egy bizonyos távolságnál közelebb kerül. A járművezető emberi tulajdonságait vizsgáló kísérletek kimutatták, hogy a járművezetőt nem, vagy csak ritkán éri zavaró hatás az előtte haladó jármű felől, ha szabadon halad. Ezt a szabad haladást akkor éri el, ha a követési időköz 7,5 s-nál nagyobb. Ha a másik jármű a megállási látótávolságon belül van (ez nagyjából a 4,5 s követési időköz), a követő jármű vezetőjének sebességét, mozgásának dinamikáját nagyban befolyásolja az előtte haladó jármű. (Akkor, ha a követési időköz értéke 4,5 s - 7,5 s között változik, és haladási sebességük közel egyforma, akkor a vezető figyelmét még nem köti le jelentős mértékben az előtte haladó jármű. Gyakorlatilag megmarad az „érzékelés” szintjén). Feltételezhető, hogy **az előzési igény elméleti értéke megegyezik a vizsgált sávban 4,5 s-nál kisebb követési időközzel haladó járművek számával** (ha a haladási sebesség 90 km/h, akkor 4,5 s követési idő mellett a követési távolság 112,5 m és a megállási látótávolság 140 m).

### Az előzési lehetőségek meghatározása

A forgalmi folyamatban egy előzési manőver létrejöttéhez elengedhetetlen az igény jelenléte, de csak akkor lehet végrehajtani, ha a szembejövő forgalomban éppen van egy megfelelő hosszúságú (és belátható) járműmentes szakasz, vagyis adódik lehetőség az előzésre.

Egy forgalmi folyamat előzési lehetőségeinek meghatározásának első lépése annak megállapítása, hogy egységnyi idő alatt mennyi előzésre alkalmas időköz adódik egy keresztmetszetben, és egy-egy időközben hány jármű tudja végrehajtani a manővert.

Hazai, előzéssel foglalkozó kutatás kimutatta, hogy az előzéshez szükséges idő az esetek közel 50 %-ban 5-8 s közé esik. A számítások szerint is elég 8 s egy jármű biztonságos előzéséhez. Figyelembe véve azonban az „ügyetlen” vezetőket és a nem kihasznált lehetőségeket, az egyes előzésre alkalmasnak ítélt időközökben az alábbi számú végrehajtott előzést feltételezve veszem figyelembe:

- ha a követési időköz 5-7 s = 0,5 db végrehajtott előzés
- ha a követési időköz 8-11 s = 1 db végrehajtott előzés
- ha a követési időköz >12 s = 2,5 db végrehajtott előzés

### Az előzési igény és lehetőség hányadosa, az új forgalmi paraméter

Láttuk, hogy egy adott forgalmi folyam érzékelt szolgáltatási szintje magasabb, ha van előzési lehetőség. Ha a szolgáltatási szintek gyakorlatának megfelelően egyetlen paraméterrel szeretném jellemezni a kialakult forgalmi helyzetet, akkor erre (az előző pontokban elmondottak figyelembe vételével) az előzési igények és lehetőségek hányadosa a legalkalmasabb. Ez a paraméter azonban nem a keresztmetszeti, hanem a vizsgált sávban haladó forgalmat sorolja be a szembesáv előzési lehetőségei és a vizsgált sávban megjelenő előzési igény alapján. Az 1. táblázat mutatja a sávonként mért forgalomnagyságok mellett adódó előzési igény/lehetőség hányadosok, és a hányadosok alapján meghatározott szolgáltatási szint kapcsolatát is.

1. táblázat - Az előzési igény és előzési lehetőség kapcsolata a szolgáltatási szintekkel

Forgalom		Igény	Lehetőség	Hányados	Szolg. szint
Vizsgált sávban	Szembe sávban				
nagy	nagy	magas	kevés	>1	alacsony
nagy	kicsi	magas	sok	1 körül	közepes
kicsi	kicsi	alacsony	sok	<1	magas
közepes	közepes	közepes	közepes	1 körül	közepes

Tehát az előzési igény/lehetőség hányados alkalmas arra, hogy kifejezze az azonos forgalomnagyság mellett, különböző előzési lehetőséggel haladó forgalom eltérő szolgáltatási szintjeit.

### A forgalmi szituációk definíciói

Az összehasonlításnál értékelt módszerek közös jellemzője hogy az eljárásnál felhasznált jellemzők egyikét sem közvetlenül érzékeli a járművezető. A járműpszichológiai vizsgálatok alapján a járművezetők az utazási sebesség megválasztásának szabadságára a legérzékenyebbek.

A paraméterként bevezetett előzési igény/lehetőség hányados

- a járművezető számára érthető információ
- az utazási sebesség megválasztásának szabadsága közvetlenül megjelenik benne (ha lehet előzni, akkor lehet haladni)

Tehát az új forgalmi paraméter alkalmas lehet a szolgáltatási szintek meghatározásához. Következő lépésként az egyes forgalmi szituációkat kell megfogalmazni. Alapul véve az egyes szolgáltatási szintek HCM által és a német szabványban meghatározott definícióit, az előzési igény és lehetőség segítségével az alábbi módon definiálhatjuk az A-F szolgáltatási szinteket:

**A:** Az előzési igények és az előzési lehetőségek egyenlők, minden előzés az igény megjelenésekor kielégíthető. A hányados értéke: 0-1,00

**B:** Az igények kissé nagyobbak, mint a lehetőségek, de minden igény kielégíthető a megjelenéstől számított 10-30 s-on belül. A hányados értéke: 1,01- 1,7

**C:** Az igények 100%-a legfeljebb 30-60 s-on belül kielégíthető. A hányados értéke: 1,71-2,5

**D:** Az igények 75 %-a a megjelenéstől számított 60 s-on belül , 15%-a 1-3 perc múlva, 10%-a 3-6 perc múlva elégíthető ki. A hányados értéke: 2,51-3,0

**E:** Az igények 50%-a a megjelenéstől számított 60 s-on belül , 30% 1-3 perc múlva, 20%-a 3-6 perc múlva elégíthető ki. A hányados értéke: >3

**F:** Ebben a forgalmi szituációban az előzési igények csökkennek, mert a kialakult nagymértékű torlódás miatt a járművezetőkben már nem jelenik meg tényleges előzési igény.

A bemutatott A-F szolgáltatási szintek hozzávetőlegesen megfelelnek a szokásosan használt felosztásnak, ahol az egyes osztályok jelentése általánosan az alábbi módon fogalmazható meg:

**A** szint: zavartalanul haladó forgalom,

**B** szint: az enyhén zavart forgalom,

**C** szint: a közepesen zavart forgalom

**D** szint: az erősen korlátozott, de stabil

**E** szint: a kapacitáshatáron működő, instabil

**F** szint: az összeomlott forgalmat jelenti.

---

## A szolgáltatási szint meghatározásának új módszere

Ha az előzési igény és lehetőség hányadosa alapján határozzuk meg a szolgáltatási szintet, figyelembe kell venni, hogy az előzési igény nagyságának meghatározásakor azt a sávot vesszük alapul, amelyben a vizsgált jármű halad, az előzési lehetőségek számát pedig a vizsgált járművel szembe haladó sáv forgalomnagyságának segítségével kell meghatározni. Így a kapott szolgáltatási szint csak arra a haladási sávra vonatkozik, amelyiket vizsgáltuk. Vagyis ha egy útnak a keresztmetszeti forgalmát sávonként ismerjük, lehetőségünk adódik a különböző irányonkénti (például csúcsórában egyoldali, vagy egyenlő kétoldali terhelésű) összetétel mellett is meghatározni a szolgáltatási szintet mindkét haladási irányra.

Saját közlekedési tapasztalatainkból is tudjuk, hogy ugyanazon az úton a közlekedés minősége eltérő az egyes napszakokban. A reggeli és délutáni csúcsórák kis és közepes forgalomnagyság mellett is érezhetőek. Éppen ezért jogos az az igény, hogy a szolgáltatási szint is jelezze ezt a minőségváltozást.

A különböző utakon kialakuló szolgáltatási szintek tartósságának vizsgálata során első lépésként tanulmányoztam, a kiszámolt szolgáltatási színvonalak hányszor és milyen sorrendben fordulnak elő egymás után egy nap alatt. Ennek eredményeként vált egyértelművé, hogy egy „túlnyomórészt” **B** szolgáltatási szintű útvonalon is előfordulnak **A**, **C** és **D** szintű órák is.

Ha a nappali órák szolgáltatási szintje egyforma szolgáltatási osztályba esik, vagy csak kevés kivétel található, akkor nem okoz gondot az út besorolása. Vagyis könnyen megállapítható az az egyetlen osztály, mely jól jellemzi a forgalomáramlást a vizsgált sávon, a nappali órákban. De ha például a nappali forgalomban ugyanannyi **B** szintű óra fordul elő amennyi **C** szintű óra, akkor az egyértelmű osztályba sorolás már nehéz. Ugyanilyen nehéz a döntés, ha a csúcsórák alatt az út szolgáltatási szintje jelentősen romlik, és két vagy több osztállyal gyengébb szint adódik, mint a többi órában. Ezért az összes mérést felhasználva megvizsgáltam az egyes osztályok „tartósságát”.

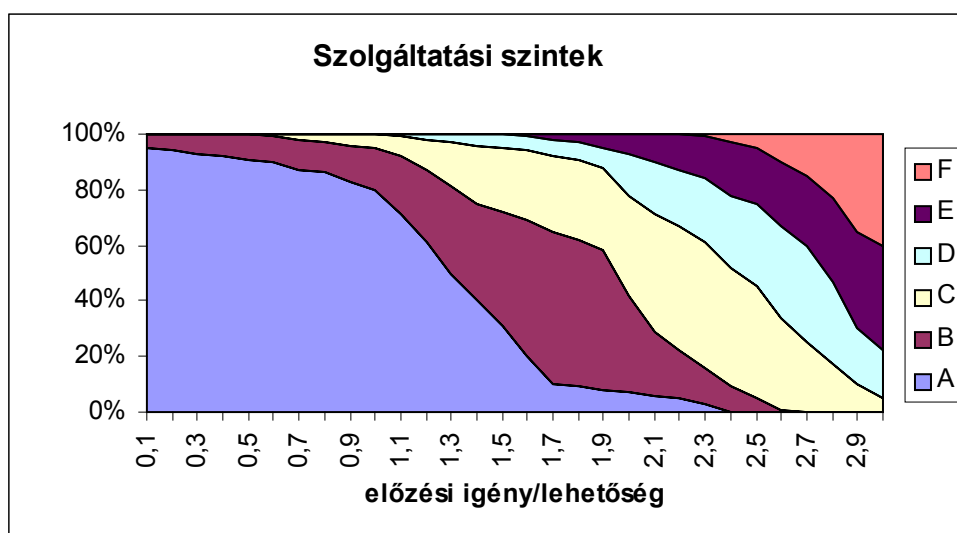
Azt számoltam, hogy az előzési igény/lehetőség hányados függvényében hányszor következik egymás után ugyanaz vagy eltérő osztály (például **A** szolgáltatási szint után újra **A** szint következik, vagy az **A** kategóriába sorolt óra után a következő óra szolgáltatási színvonala más, például **C** szintű). A számítás első lépéseként meghatároztam az összes mérésből azoknak az óráknak a számát, amelyeknél azonos az óraforgalom alapján számolt előzési igény/lehetőség hányados. (Ezek az órák mind egy bizonyos szolgáltatási színhez tartoznak.) Az azonos hányadosú órák számát 100%-nak véve megvizsgáltam, a következő óra szolgáltatási szintje hány esetben azonos vagy különböző. A követő órákban előforduló szolgáltatási szintek százalékos arányát meghatároztam. A kapott eredmény ábrázolásához a vizsgált csoport hányadosértékéhez húzott merőleges egyenesen a szolgáltatási szinteknek megfelelő taományokat a százalékértékeknek megfelelően jelöltem ki.

Például 10 órát alapul véve, ahol az előzési igény/lehetőség hányados értéke 1,6 (tehát **B** szolgáltatási szintű) a követő óra szolgáltatási szintje 3 esetben **A**, 5 esetben **B** és 2 esetben **C**, akkor a vízszintes tengely 1,6 értékéhez húzott merőleges egyenes 30%-a **A**, 50%-a **B** és 20%-a **C** osztályú taományba kerül.

A tényleges mérési eredmények felhasználásával és ábrázolásával kaptam a 2. ábrát.

A 2. ábra megmutatja, hogyha a számítás során például az előzési igény/lehetőség hányados értéke 1,5-re adódik, akkor a vizsgált szakasz 30%-án **A**, 40%-án **B**, 25%-án **C**, 5%-án **D** szolgáltatási szintnek megfelelő körülmények mellett haladhatunk.





2. ábra  
A szolgáltatási szintek tartóssága

Ennek az eljárásnak a felhasználásával már megfelelő mértékben le lehet írni az útvonalon előforduló szolgáltatási szintek előfordulási gyakoriságát. Vagyis egyetlen hányados kiszámításával lehetővé válik az utazás időtartamára vonatkozó minősítés, a járművezető által is egyértelműen érzékelhető jellemző alapján.

A fent bemutatott módszer még számos hiányossággal is rendelkezik. Például a módszer jelen állapotában nem veszi figyelembe

- a tervezési adottságok (emelkedő, kissugarú ívek stb.) és a környezeti körülmények hatásait,
- a nehézgépjármű-arányt,
- nem tudjuk, milyen változtatás mellett használható többsávos utakon.
- magában hordozza az előzési lehetőségek és az előzési igény számítása során elkövetett pontatlanságok hatását is.
- a görbe lefutása az igazán érdekes szakaszon (ahol az előzési igény/lehetőség arány  $>2$ ) mérési adatok hiánya miatt csak becült adatokat tartalmaz

A továbbiakban, ha a módszer létjogosultságot nyer, ezek lesznek a továbbfejlesztés legfontosabb kérdései.

### További felhasználási lehetőségek

Ebből a példából is látszik, hogy a módszer alkalmas mérési eredmények alapján (akár a helyszínen) kiszámítani a szolgáltatási szintet irányonként. A helyi geometriához, a járművezetők szokásaihoz illesztett kiértékelő program jól illeszkedhet a napjainkban egyre dinamikusabban fejlődő összetett intelligens közlekedési rendszerek (ITS) **utastájékoztató, forgalomfigyelő** hálózatába.

Ha a szolgáltatási szint meghatározására szolgáló, fent bemutatott eljárást az **útvonal-ajánló program**ba építik bele, akkor a program addig ajánlja például az '1' útvonalat, amíg azon a C szolgáltatási szint tartóssága 50% fölé nem emelkedik. Ezután a '2' útvonalat ajánlja mindaddig, amíg a szolgáltatási szint ott is eléri a kritikus értéket. A program ezalatt figyelemmel kísérheti az '1' vagy egy '3' útvonal változását, tájékoztatásul közölheti az alternatív útvonal paramétereit.

Felhasználható továbbá a **közlekedés biztonságának növelésére**. Az autóba szerelt érzékelő jelezheti, hogy a szembe jövő jármű sebessége és távolsága lehetővé teszi-e a biztonságos előzést, a jármű aktuális sebessége mellett.

Az új módszer részletesebb kidolgozásával (egy adott országra jellemző egyéni tulajdonságok minél pontosabb meghatározásával) nem csak a hálózat leggyengébb szolgáltatású pontja határozható meg, hanem a biztonság is növelhető az előzési feltételek „manipulálásával”. Az előzési igény csökkentésével vagy növelésével az útszakasz biztonságosabbá tehető. (Természetesen ekkor figyelembe

---

kell venni az előzés geometriai feltételeinek teljesülését is.) A módszer egyik legfontosabb előnye, hogy a szükséges beavatkozást a fenntartható fejlődés alapelveinek megfelelően jelzi, vagyis egy bizonyos helyen az igény megjelenését próbálja módosítani, nem a meglévő úthálózati elemek kapacitásának növelésével minden határon túl kielégíteni a létező igényeket. Éppen ezért a fentiekben bemutatott eljárás beépíthető a modern **forgalom-előrejelző modellek** forgalom leterhelést végző moduljába, a megfelelő paraméterek figyelembe vételével. (Mivel leírja a „bedugulás és meglódulás” jelenségét, az **utazási idő pontosabban** számolható)

### Irodalomjegyzék

- [1] Highway Capacity Manual. Transportation Research Board. 1985.
- [2] Highway Capacity Manual. Transportation Research Board. 1985. Magyarul megjelent: Kapacitásszámítási kézikönyv. 96. Készült a Közlekedési, Hírközlési és Vízügyi Minisztérium megbízásából a BME Út és forgalomtechnikai tanszékén. Minisztériumi szakirányító: Dr. Lányi Péter. Témafelelős: Dr. Fi István.
- [3] Brilon, Großman, Blanke: Verfahren für die Berechnung der Leistungsfähigkeit und Qualität des Verkehrsablaufes aus Straßen. FORSCHUNG, STRAßENBAU UND STRAßENVERKEHRSTECHNIK 1994, Heft 669
- [4] Dr. Bereczki László: A rövid idejű betegállományok és forgami események összefüggéseinek vizsgálata
- [5] Lee, J: The Multilinear Speed-Density Relationship and Its Immediate application. Ph.D. Dissertation, The Ohio State University, Columbus, Ohio, 1971
- [6] Ember-jármű-út. Válogatott tanulmányok, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest 1977
- [7] Dr. Koller Sándor: Forgalomtechnika, egyetemi tankönyv, Budapest, 1979
- [8] Dr. Timár András: Közlekedési létesítmények gazdaságtana, Műegyetemi Kiadó, Budapest 2002
- [9] A közúti szolgáltatási színvonal számítási módszereinek korszerűsítése a folyamatos forgalomszámlálások és rendszeres sebességmérések adatai alapján (szolgáltatási színvonal) 1. Rész (Megbízó: ÁKMI Kht., 3810.7.4/2001 munkaszám, szakmai konzulens Nagy Zoltán ÁKMI Kht., témafelelős Vigh Csaba ÁKMI Kht, Vállalkozó: Biztonságkutató Mérnöki Iroda, 005/2001 munkaszám, témafelelős Dr. Jankó Domokos)
- [10] Dr. Vörös Attila: Az előzések jellemzői a hazai közutakon, Közlekedéstudományi szemle, L. évfolyam 3. szám
- [11] Dr. Fi István: Utak és környezetük tervezése, Műegyetemi kiadó, Budapest, 2000
- [12] Rényi Alfréd: Valószínűségszámítás, Egyetemi tankönyv, Budapest, 1954
- [13] ÚT 2-1.201 Közutak tervezése Útügyi Műszaki Előírás
- [14] Dr. Bényei András: Külterület, jelzőtáblás forgalomirányítású csomópontok kapacitásának meghatározása Közúti csomóponttervezés és üzemeltetés Útügyi konferencia, Balatonföldvár 1988
- [15] Aménagement des routes principales, Guide technique, Aout 1994, SETRA

# Magyarország árvízvédelmi rendszere

## FLOOD MANAGEMENT OF HUNGARY

Varga Gabriella

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,  
Geotechnikai Tanszék

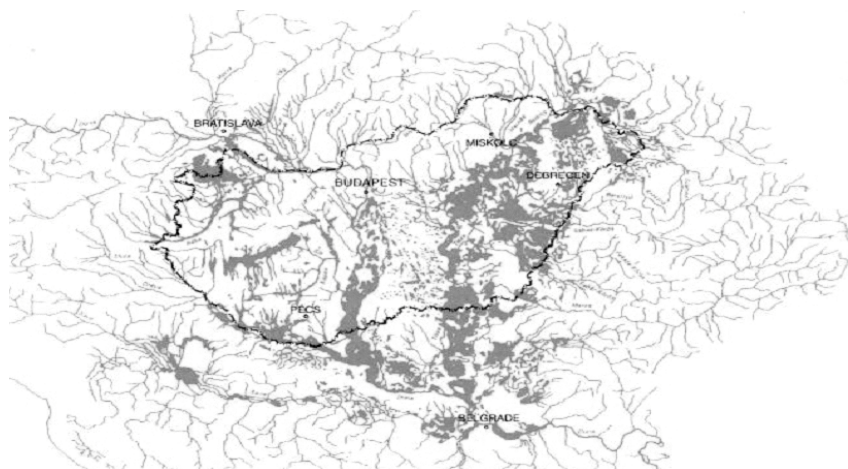
### Összefoglaló

Az árvizek a folyó és állóvizek vízjárásainak elöntést okozó szélsőséges eseményei. Jelenleg a Föld lakosságának mintegy 10 %-át veszélyeztetik rendszeresen árvizek. Magyarország fejlődésében, alvízi ország révén mindig jelentős szerepet játszott az árvíz. Hazai folyóink árterülete 151 ártéri öblözetre tagozódik (amelyből 55 a Duna, 96 pedig a Tisza völgyében fekszik), így hazánk árvízi veszélyeztetettsége –az ártér arányát tekintve- Európában a legnagyobb. A főbb árvízvédelmi védvonalak kialakítása több mint száz évvel ezelőtt megkezdődött, ami bizonyítja, hogy hazánk jelentős hagyományokkal és történelemmel bír az ár elleni védekezés területén. A folyamatosan emelkedő árvízszintek miatt a szakértőknek újabb és újabb kihívásokkal kellett szembenézniük. Az elmúlt évek árvizei sorra döntötték meg a korábbi rekordokat és eddig elképzelhetetlennek tűnő méreteket öltöttek. Fontos azonban tudnunk, hogy az árvizek előfordulása a magyarországi folyókon nem rendkívüli esemény, ez a folyók vízjárásának természetes sajátossága. Ebben a cikkben elsősorban azon műszaki megoldások szerepét tárgyaljuk, amelyek elősegítik Magyarország sikeres árvízi védekezését és amelyek hozzájárulnak az EU keretirányelv fő célkitűzésének eléréséhez.

### 1. Víz- és árvízgazdálkodás

A vízgazdálkodás a víztömegeket érő hatásokkal és a víztömegek állapotát alakító tényezőkkel foglalkozik. Ennek a hatalmas témakörnek csak elenyésző részét alkotja az árvízgazdálkodás amely azonban kiemelkedő fontosságú. Mint ismeretes az árvíz még napjainkban is kiemelkedő okként szerepel a természeti katasztrófák sorában. Magyarországon az árvizek elleni védelemnek jelentős hagyományai és eredményei vannak, de az árvízszintek napjainkban is tapasztalható emelkedése komoly feladatokat jelent a szakemberek számára.

Mint ismeretes Magyarországon a folyók vízgyűjtő területe gyakorlatilag az ország területe, de az ország területének több mint háromszorosáról gyűjtik össze a vizeket [7]. A Kárpát Medence folyamatosan illetve ideiglenesen vízzel borított részeit mutatja az 1. ábra.

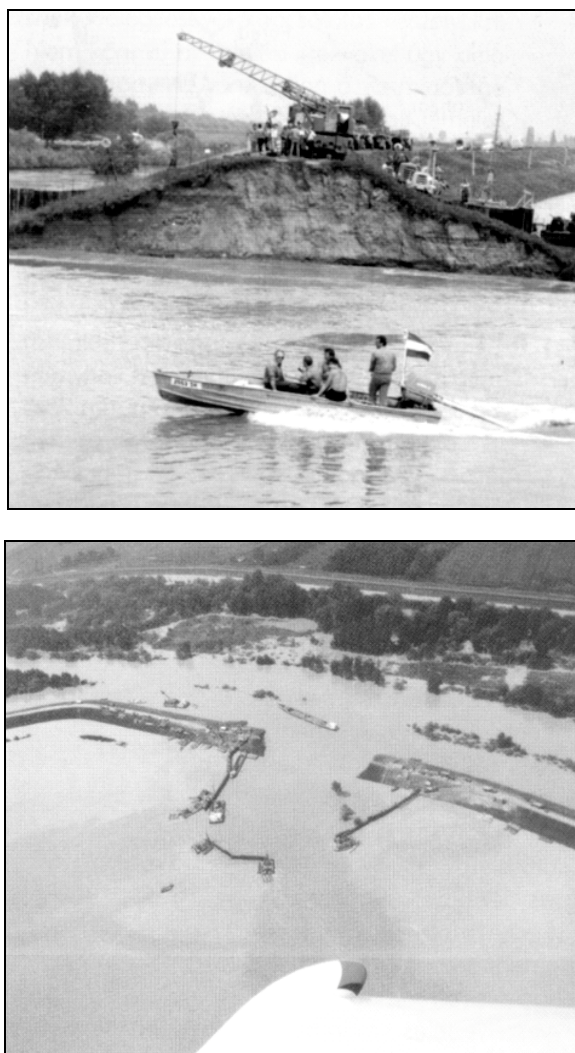


1. ábra

*Állandóan és ideiglenesen víz borította területek a Kárpát Medencében*

A folyók vízjárását éppen ezért döntően nem a hazai, hanem más országok vízgyűjtő területén keletkező vizek alakítják. Ezzel párhuzamosan, a határon túli árvízvédelmi, folyószabályozási rendszerek kiépítése is komoly változásokat eredményez. A hazai árvízvédelem feladatait jelentősen meghatározó tényezők tehát a hegyvidéki vízgyűjtőn folyó gazdasági tevékenységek lefolyást módosító hatásai, a tározók üzemeltetése, a folyók felső szakaszán lévő művek állapota, kezelése és karbantartása. Magyarországnak mint alvízi országnak a nemzetközi együttműködésekben való részvétele elengedhetetlen. A hegyvidéki vízgyűjtőkről levonuló árhullámok még határaink előtt elérik a síkságot. Ennek következtében a határokat alkotó és átmetsző folyók mentén a szomszédos országokkal közös érdekű folyó- és töltésszakaszok kijelölésére került sor. Árvízvédelmi vonalaink egynegyede, 1055 km nemzetközi érdekű [2].

A huszadik század második felében a mellékfolyók határokon túli betöltésével párhuzamosan az árvízszintek folyamatos emelkedése volt tapasztalható, különösen szembetűnően a Körösön. A 2. ábra egy gátszakadás képeit mutatja a Körösön.



2. ábra  
*Gátszakadás a Körösön*

Az elmúlt 80 évben mindegyik vízfolyáson több mint 1 m volt a maximális vízállások emelkedése. Mint a fenti gyakorlati példa is mutatja, a legtöbb vízgazdálkodási probléma nem feltétlenül oldható meg nemzeti szinten. Az EU WFD ennek kiküszöbölésére a következő irányelvet adja: a problémákat mindig a legmegfelelőbb szinten kell megoldani. Ennek megfelelően három alapvető szintet különböztet meg [6]:

- A teljes vízgyűjtő egészének bevonása
- Két ország kétoldali nemzetközi megegyezése
- Egyetlen nemzetet érintő országhatáron belül kezelhető problémák.

A keretirányelv szerint a feladatokat a lehető legalacsonyabb szinten kell elvégezni. Ezen előírásokat követve Magyarországnak is erősítenie kell a két- és többoldalú nemzetközi vízügyi együttműködéseket az ország árvízvédelmi fejlesztése érdekében. Ez megoldható a határvízi egyezmények továbbfejlesztésével, a szomszédos országokkal közös érdekű árvízvédelmi létesítmények megvalósításával, a védekezési együttműködések és a kölcsönös segítségnyújtás továbbfejlesztése útján.

## 2. Ármentesítési módszerek

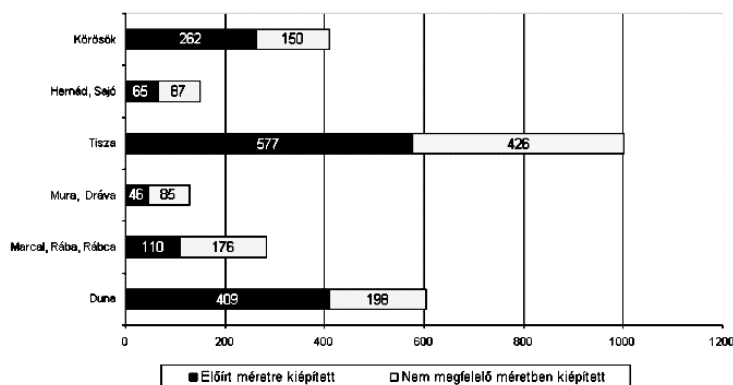
Az ármentesítési módszereket két fő csoportba sorolják. A csoportosítást a következő táblázat mutatja:

1. Táblázat Ármentesítési módszerek

Mérnöki, műszaki létesítmények	Nem műszaki módszerek
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Árvédelmi töltések</li> <li>• Árapasztó csatornák</li> <li>• Árvízi szükségtározók</li> <li>• Nyári gátak</li> <li>• Stb.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Árterek használatának jogi szabályozása</li> <li>• Kárbiztosítások</li> <li>• Építési tilalmak</li> <li>• Földhasználati tilalmak</li> <li>• Stb.</li> </ul>

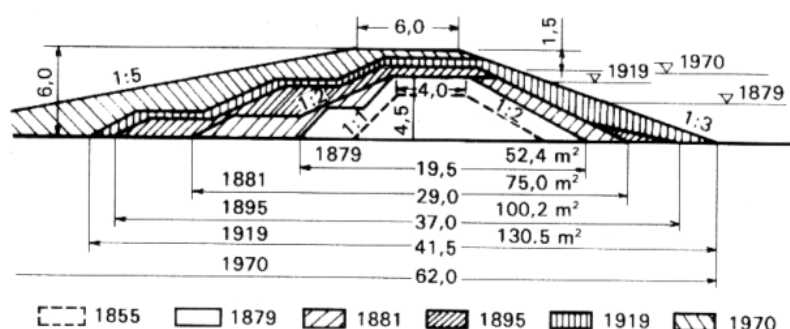
### 2.1 Árvédelmi töltések

Az árvízvédelmi létesítmények jelenleg meglévő rendszere, a folyók mentén épült elsőrendű árvédelmi művek, árapasztó csatornák (pl.: Lajta, Rábca, Répce) és síkvidéki szükségtározók együtteséből áll. Magyarországon az árvízvédelmi rendszer struktúrája nagyrészt adott, a fejlesztéseket a köz-eljövőben ez determinálja. Alapvetően meghatározó, hogy a védelmi rendszer gerincét a közel 4200 km hosszú – Európában a leghosszabb - árvízvédelmi fővonal alkotja (ebből 2421 km felel meg az előírt biztonságnak), amelyet ma már adottságként kezelnek [7]. Ennek kiépítésére törekszünk a töltések magasításával, keresztmetszeti erősítésével és a lokális veszélyes helyek kiiktatásával. A 3. ábra az egyes folyók mentén az árvédelmi töltés hosszát és kiépítettségének mértékét mutatja.



3. ábra  
A magyarországi árvédelmi töltések hossza

A jelenleg meglévő földművek belső magját az ún. östöltések alkotják, amelyeket az újabb részek két oldalról borítva vesznek körül. Az idő múlásával, különösen a Tisza-völgyi kötött talajból készült töltések állékonysága csökkent, mivel a hosszan tartó száraz időszakok hatására jelentősen megrepedeztek [5]. Jelenleg új, korszerű töltésepítésre alkalmas anyagok vizsgálatával is foglalkozunk. A 4. ábra egy tipikus keresztmetszeti kialakítást mutat.



4. ábra  
Jellegzetes keresztmetszeti kialakítás

2000 végére összesen 1816 talajtörést jegyeztek fel a Kárpát- medencében, melyek közül 1174 a magyarországi területen következett be [8].

## 2.2 Árvízi szükségtározók

Egyes folyókon további lehetőséget jelent az árvizek szükségtározása. A szükségtározók műszaki létesítményekkel időszakos tározásra alkalmassá tett területek, amelyeknek igénybevételére csak rendkívüli helyzetben, a fővédvonalak kritikus állapota esetén kerülhet sor. A szükségtározás célja az árhullám szállította vízmennyiség egy részének átmeneti visszatartása és ezzel az árhullám tetőzési magasságának a csökkentése. A szükségtározás csak ott lehet hatékony ahol a folyón érkező és a kivezetésre kerülő vízhozam azonos nagyságrendű.

1966 óta mintegy harminc szükségtározásra került sor a Körösökön, a Lajtán, a Borogon, a Zagyván és mellékvizsein, valamint magyar példa nyomán a Körösök romániai és a Bodrog szlovákiai vízgyűjtőjén. Jelenleg tizenegy kiépített vagy kijelölt szükségtározó van hazánkban, ezek teljes területe 220 km<sup>2</sup>, térfogatuk 383 millió m<sup>3</sup> [7]. Az árvízvédelem fejlesztésében a szükségtározásnak jelentős tartalékai vannak. A 2. Táblázat a szükségtározók méreteinek változását mutatja az alábbi négy évben.

	1997	1998	1999	2000
Szükségtározók száma	8	9	10	10
Terület (hektár)	20,369	20,648	21,228	21,228
Térfogat (millió m <sup>3</sup> )	303	304	330	330
Megvédett területek (hektár)	7,644	7,742	7,739	7,729

## 2.3 Nyári gátak

A nyári gátak a folyó hullámterében az árvízvédelmi fővédvonalnál alacsonyabb töltések, amelyek a nagyobb gyakoriságú, általában közepes nagyságú, a legmagasabb árvízszintet el nem érő árvizek elöntése ellen véd. Magyarországon a nyári gátak hossza több mint 480 km. Ezen műszaki létesítményeket számos szempont együttes betartásával lehet kialakítani. Magyarországon az elmúlt harminc évben a közép-tiszai nyári gátak többségénél a gátak magasságát fokozatosan 0,5-1,5 m-rel az engedélyezett szint fölé emelték [7]. A gátak magasítása a hullámtér jelentős lecsökkenését okozta és így az egész folyószakasz árvízlevezető képességét lecsökkentette. Növekedett az árvizek magassága és tartóssága, nagyobb lett a fővédvonalak terhelése, végeredményben pedig csökkent az ármentesített terület és számos település árvízi biztonsága.

Az említett hazai példák is mutatják, hogy a hagyományos mérnöki szemléletű vízgazdálkodás nem alkalmas a problémák mindenre kiterjedő megoldására.



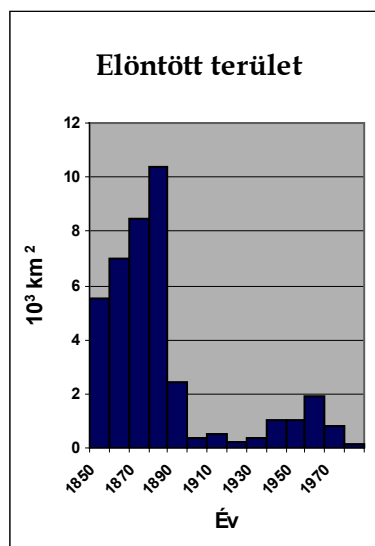
### 3. Árvízvédelem és ökológia

A 19. század elejétől végrehajtott vízszabályozási, árvíz-mentesítési munkák, a kiterjedt mocsaras területek lecsapolása, a maguk korában vitathatatlan jelentőségűek voltak. Ezen mérnöki létesítmények jelentős hatást gyakorolnak a természetre és befolyásolják annak állapotát. Az ökológiai rendszer ilyen mértékű átalakításának hatásaira csak viszonylag későn, a múlt század végén figyeltek fel a természettudósok, így az élővilágra vonatkozó ismeretek mind a mai napig nem elégségesek. Napjainkban tehát az árvízvédelem fogalma jelentősen megváltozott, ökológiai tartalommal bővült.

Kiemelkedően érdekes a hullámterek helyzete, amelyek a mentesített ártérhez képest kevésbé háborított körülményeket biztosítanak az élővilág számára. A nagyfokú biodiverzitás és egyúttal a migrációs lehetőség révén olyan sajátos és megközelítően egységes biorendszert alkot, amelynek védettség iránti igénye mind a szakemberek, mind a társadalom részéről egyre erősebben fogalmazódik meg [1].

A múlt századi folyószabályozásokat követően a korábbi nyílt árterek vizes élőhelyei leszűkültek, és a hullámtereken alakult ki az akkorihoz hasonló élővilág.

Az ármentesítési munkálatok befejeződésével az elöntött területek nagysága egy-egy évtizedben összesen a korábbiak töredékére csökkent amit az 5. ábra szemléltet [7]. A diagramban 1880 és 1900 között egy nagy ugrást láthatunk, ami az elöntött terület 10000 km<sup>2</sup>-tel való csökkenését mutatja.



5. ábra  
*Elöntött területek Magyarországon*

Ezek a jelentős változások számos kérdést vetnek fel: hogyan alakul az ökoszisztéma ezeken a területeken, milyen változást eredményez az ott élő fajok életében és természetesen, hogyan alakított a folyók ár hullámainak levonulását stb.

Ezen kérdések természetesen csak hosszú távú megfigyelések után válaszolhatók meg, de a közeljövő vízgazdálkodási politikáját mégis jelentősen befolyásolják.

Mérnöki tekintetben a hullámtér feladata, hogy biztosítsa az árvízi vízhozamok, jég hozamok károsodás nélküli levezetését. A hullámtéri terepviszonyok és vegetáció ne veszélyeztessék, hanem segítsék elő az árvízvédelmi létesítmények állékonyságának biztonságát.

### 4. Jövőbeni feladatok

A magyar vízgazdálkodásban is követni kell az EU azon előírását, miszerint a vizek állapotát elsősorban a keresztirányban kialakított létesítmények módosítják. Ezen gátak, zsilipek, vízlépcsők drasztikus módon avatkoznak bele a vizek életébe, a vizek ökoszisztémájába. A jövő vízgazdálkodási

---

terveit tehát ezzel a szemlélettel összhangban kell kialakítani, ami számos új kérdést vet fel a kutatók számára.

A továbbiakban fejleszteni kell a két- és többoldalú nemzetközi vízügyi együttműködést, erősíteni kell a társadalom árvíztudatát, át kell értékelni az árvízvédelem PR politikáját. Az árvízvédelem fejlesztési döntéseinek alulról építkezve, az érintettek igényeiből kiindulva, a nyilvánosság bevonásával kell születniük [4].

Az árvízvédelmi módszerek és művek továbbfejlesztése érdekében folytatni kell a kutató, fejlesztő munkát az alkalmazott anyagok, technológiák és eszközök korszerűsítésével. Mielőbb el kell végezni a teljes gátrendszer állapotának felmérését és a lokális problémák kiküszöbölésén túl az előregedő részek stabilizálását meg kell oldani [3].

### Referenciák

- [1] C.I.S. Project 2.1 – Guidance on the Analysis of Pressures and Impacts. Environment Agency of England and Wales, LAWA, May 2001.
- [2] Dr. Szlávik, L. Az árvízvédelmi biztonság elemzése (Szintézis tanulmány.) Magyarország vízgazdálkodási stratégiája az ezredforduló után. MTA Nemzeti Stratégiai Program, Budapest, 1999. Kézirat.
- [3] Dr. Szlávik, L. A XXI. század árvízvédelmi fejlesztéseinek megalapozása (Kutatási program.) Budapest, 2000. Kézirat.
- [4] Implementing the EU Water Framework Directive: A seminar series on water. Synthesis Note Seminar 3: Good Practice in River Basin Planning. WWF, May 2001.
- [5] Nagy, L. Az árvízvédelmi biztonság és kockázat. A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései. MTA Stratégiai Kutatások Programja, Budapest, 1999a.. Kézirat
- [6] Strategic Paper for the Development of a Danube River Basin District Management Plan. International Commission for the Protection of the Danube River (icpdr) document, Jan 2002.
- [7] Dr. Szlávik, L. Árvízvédelem (Szintézis tanulmány.) A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései. MTA Stratégiai Kutatások Programja, Budapest, 2000. Kézirat.
- [8] Nagy, L. Geotechnical Aspects of 200 Years Dike Failures in Carpathian-basin. 12th Danube-European Conference Geotechnical Engineering. Passau, 27-28 May, 2002. pp. 189-192.



# Üvegtetők energetikai és hőérzeti fejlesztése „harmadik” réteggel

## ENERGETIC AND HEATCOMFORT DEVELOPMENT OF GLASS-ROOFINGS BY "THIRD" LAYER

Dr. Várfalvi János, Várfalvi János

BME Höfizikai Laboratórium

Az üvegszerkezetek mind hőérzeti, mind energetikai szempontból leggyengébb részei voltak az épületek tereinek. A hőszigetelő üvegezés  $3\text{W/m}^2\text{K}$  hőátbocsátási tényezőjével egy jól meghatározható hőérzeti, illetve energetikai viszonyokat teremtett. Míg téli viszonyok a legkisebb hőszigetelési teljesítménnyel rendelkező falszerkezetek (pl. 38-as kisméretű téglafal), hőmérséklete  $4\text{--}5^\circ\text{C}$ -kal volt alacsonyabb a belső lég hőmérsékletnél, addig a hőszigetelő üvegszerkezetek belső felületi túl-hőmérséklete  $8\text{--}10^\circ\text{C}$ -kal volt a belső léghőmérséklet alatt.

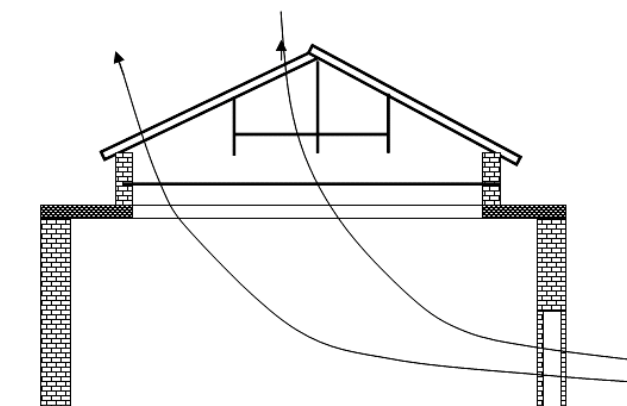
A fenti hőátbocsátási tényező a 38-as kisméretű téglafal hőátbocsátási tényezőjétől 100%-kal alacsonyabb volt. Az alacsony belső felületi hőmérsékletek miatt  $2\text{--}3^\circ\text{C}$ -kal magasabb belső léghőmérsékletek mellett volt biztosítható a megfelelő hőérzet. Bizonyos esetekben az üveg tetőszerkezetek egyéb módon is hatással voltak a hőérzeti viszonyokra, s ez a következőkkel hozható összefüggésbe.

Az üveg tetőszerkezetek számos esetben úgy készültek, hogy a általános mennyezeti síkból kiemelkedve, mint üvegtornyok jelentek meg, amelyek ezzel lényegesen megnövelték a belső tér magasságát. Ebből kifolyólag a belső térben intenzívebb légáramlás alakult ki, amely a hőérzetet kedvezőbb irányba változtatta. Azokban az esetekben, amikor az üvegszerkezet csomópontjain a külső tér irányába filtrációs levegőforgalom kialakulására is volt mód, a külső térből érkező levegő huzatérzetet is okozott. (1. ábra)

A fenti jellemzőkkel számos üveg tetőszerkezet, bevilágító épült, amelyek felújítása napjainkban is időszerű.

Az elmúlt évtizedben jelentőset változtak az építési üvegszerkezetek épületfizika tulajdonságai. A napvédő bevonatok alkalmazásával gyakorlatilag tetszőlegesen lehet korlátozni a napsugárzásból adódó hőterhelést. A LOW-E bevonat, illetve a gáztöltés alkalmazása a téli hőveszteség jelentős csökkenését eredményezi.  $k=1,1\text{W/m}^2\text{K}$  hőátbocsátási tényező, már gyakorlatilag már átlagos üvegtechnológiával előállítható. Ez azt jelenti, hogy az üvegszerkezetek hőszigetelési teljesítménye 2,7-szeresére nőtt.

Első megítélésre úgy tűnik, hogy a korszerű üvegszerkezetek alkalmazásával a fentiekben említett energetikai és hőérzeti problémák egyszerre megoldódni látszanak.



1. ábra  
*Filtráció az üvegszerkezet alatt*

A kérdéskör részletesebb értékelése során az alábbi következtetésekre jutunk:

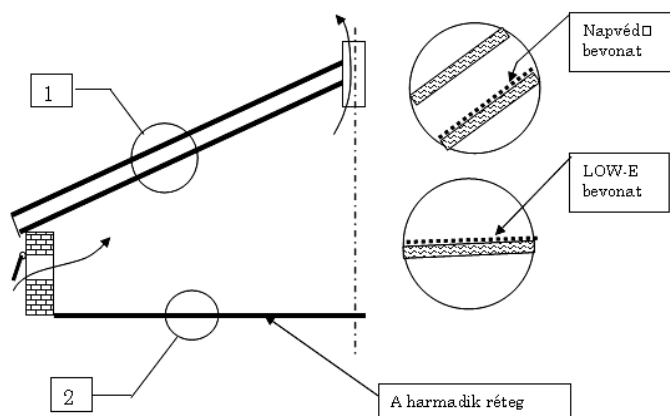
- Ha korszerűbb üvegszerkezettel csökkentjük is a filtrációs levegőforgalmat, -s ezáltal javítjuk a légmozgásból eredő komfortviszonyokat-, a nagy belmagasság miatt, kialakuló belső konvekciós áramok, továbbra is a kedvezőtlen hőérzet irányába hatnak.
- Bár a korszerű üvegszerkezetek lényegesen nagyobb hőszigetelési teljesítménnyel rendelkeznek a hagyományos hőszigetelő üvegezéseknél, azonban a falszerkezetekhez képest, - amelyek hőátbocsátási tényezője  $0,3-0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  - még mindig nagy hőveszteséget jelentenek.
- A nyári hőterhelés jelentős mértékű csökkentése - „erős” napvédő bevonat alkalmazásával- egyrészt a téli hőnyereséget csökkenti, másrészt a belső tér vizuális komfortját veszélyezteti.
- Amennyiben a nyári hőterhelést nem csökkentjük, a belső térben a megfelelő hőkomfort biztosítása érdekében valamilyen beavatkozásra, -általában klimatizálásra-, van szükség. Különösen fontosnak mutatkozik a belső hőérzet szempontjából az a tény, hogy a napvédő bevonat következtében az üveg abszorpciós tulajdonságai megnövekednek, amely a felületek melegedésével a hőkomfort jelentős romlását eredményezheti.

Az előzők alapján fő stratégiai célnak határozható meg olyan üvegszerkezet kialakítása, amely mind téli, mind nyári viszonyok mellett megfelelő hőszigetelést, illetve hővédelmet biztosít, miközben nem romlik a belső tér komfortja.

Az összes, fentiekben említett tényező mérlegelésével a hagyományos üvegszerkezettel kialakított tetőszerkezet energetikai és hőérzeti fejlesztési iránya az alábbi alapokra építhető fel:

- 1] Nyári viszonyok között felmelegedő belső üvegfelület „árnyékolása” biztosítva legyen.
- 2] A belső tér irányába érkező hő egy része elszállítható legyen.
- 3] Téli viszonyok között a hőszigetelési teljesítmény jelentős javulása

A fenti alapoknak megfelelő üvegszerkezeti rendszert kapunk az alábbi, 2. ábrán látható üvegszerkezeti rendszerrel, amely a téli-nyári funkciónak egyaránt megfelel. Az ábrán a rendszer elvi sémája látható.



2. ábra  
*Téli-nyári funkciónak megfelelő rendszer*

Az ábrán látható üvegszerkezeti rendszer főbb jellemzői a következők:

- Megjelenik egy harmadik réteg a „torony” alatt vízszintes síkban.
- A vízszintes üvegszerkezeten LOW-E bevonat
- A vízszintes és a ferde üvegsíkok között légtér, amely kiszellőztethető, esetleg járható is.
- A ferde üvegszerkezet belső üvegrétege napvédő bevonattal van ellátva.

A rendszer épületfizikai működése a következő módon várható:

*Téli viszonyok között:*

A vízszintes üvegréteg LOW-E rétege miatt a ferde üvegréteg irányába csökken a sugárzásos hőleadás. Ezért az üvegfelület felületi hőmérséklete nem csökken, amely kedvező irányba befolyásolja a hőérzeti viszonyokat. A sugárzásos hőleadás csökkenése miatt természetesen javul a szerkezet hőszigetelési teljesítménye is. A belső magasság csökkenésével csökkennek a konvekciós áramok.

*Nyári viszonyok között:*

A napvédő bevonat csökkenti a napsugárzás transzmissziós hányadát. A fokozottabb abszorpciós hányad miatt a napvédő bevonatos üveg felmelegszik. A felmelegedett üveg sugárzással nem tudja felmelegíteni a vízszintes üvegréteget, mert annak bevonata visszaveri a hősugarakat. Konvekciós úton leadott hőt a szellőzés eltávolítja.

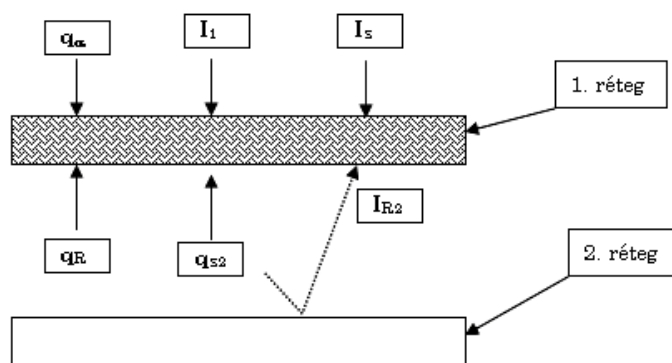
A fentiekben minőségileg jellemzett viszonyokat szükséges számszerűsíteni is, hogy az energetikai viszonyok változását, a hagyományos üvegszerkezeti megoldással összehasonlíthassuk. A számszerűsítést adó hőtechnikai jellemzőket az instacioner hőtechnikai folyamatok numerikus szimulációjával származtathatjuk.

A numerikus szimulációk alapját a mérlegegyenletek jelentik. A következőkbe az üvegszerkezeti rendszer mérlegegyenleteit írjuk fel. A vizsgált esetben az üvegszerkezetet, mint hőtechnikai rendszert a ferde üvegszerkezet külső üvegrétege.

- A ferde üvegszerkezet belső üvegrétege.
- A szellőző légréteg.
- A vízszintes üvegréteg.

*1. réteg . A ferde üvegszerkezet külső rétege*

A mérleg komponenseit a 3. ábrán rajzoltuk meg.



3. ábra

*A ferde üvegszerkezet külső üvegének energetikai mérlege*

Egy  $\Delta\tau$  időlépték tartalma alatt az alábbi mérlegegyenlet írható fel az 1. rétegre.

$$(q_{\alpha} + I_1 \cdot a_n + q_{se} + q_R + q_{s2} + I_{R2} \cdot a_n) \cdot \Delta\tau = \rho_1 c_1 d_1 \cdot \Delta t_1 \quad (1.)$$

ahol

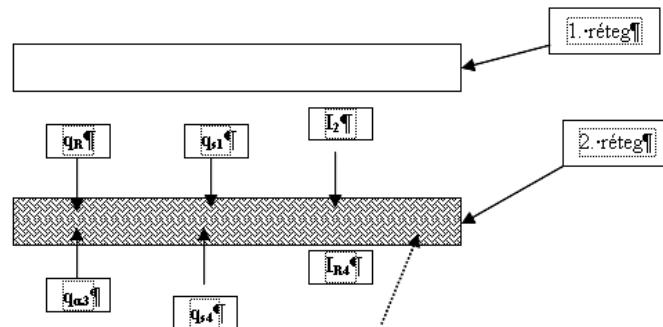
- $\rho$  az első réteg sűrűsége,
- $q_{\alpha}$  a külső tér irányába konvekcióval leadott hőáram,
- $c_1$  az 1. réteg fajhője,
- $I_1$  a napsugárzás intenzitása,
- $a_n$  a napsugárzásra vonatkozó abszorpciós tényező,
- $d_1$  az 1. réteg vastagsága,

- $q_{se}$  a külső tér irányába kialakuló sugárzásos hőcsere,  
 $q_R$  az 1-es és 2-es üvegrétegek között hővezetési ellenálláson keresztül kialakuló hőcsere,  
 $q_{s2}$  az 1-es és 2-es üvegrétegek között kialakuló sugárzásos hőcsere,  
 $I_{R2}$  a 2-es rétegről visszaverődő napsugárzás energiája,

A 1. egyenletből a  $\Delta\tau$  idő alatt bekövetkező  $t_1$  hőmérséklet megváltozása, a  $\Delta t_1$  meghatározható.

### 2. réteg . A ferde üvegszerkezet belső rétege

A mérleg komponenseit a 4. ábrán rajzoltuk meg.



4. ábra

*A ferde üvegszerkezet belső üvegének energetikai mérlege*

Egy  $\Delta\tau$  időlépték tartalma alatt az alábbi mérlegegyenlet írható fel az 2. rétegre.

$$(q_{\alpha 3} + I_2 * a_n + q_{s3} + q_{s1} + q_R + I_{R3} * a_n) * \Delta\tau = \rho_2 c_2 d_2 * \Delta t_2 \quad (2.)$$

ahol

- $\rho_2$  a 2. réteg sűrűsége,  
 $c_2$  a 2. réteg fajhője,  
 $d_2$  a 2. réteg vastagsága,  
 $\Delta t_2$  a 2. réteg hőmérsékletnövekedése,  
 $I_2$  a 2. réteget érő összes szoláris energia,  
 $I_{R4}$  a 4. rétegről visszavert szoláris energia,  
 $q_{s1}$  az 1. réteg irányából érkező sugárzási energia,  
 $q_{\alpha 3}$  a szellőztetett légréteg irányából érkező konvektív energia,  
 $q_{s4}$  a 4. réteg irányából érkező sugárzási energia,

A (2.) egyenletből a 2.réteg hőmérsékletnövekedése számítható.

### 3. réteg

A 3. réteg "kezelése" lényegesen eltér az üvegrétegek mérlegegyenleteitől, mivel a kialakuló szellőzései áramokat is meg kell határozni, amelyek éppen attól a tényezőtől, esetünkben a hőmérséklettől függ, amelyet meg akarunk határozni.

A szellőző légréteg célszerűen választott pontjai között felírva a Bernoulli-egyenletet az átalakításokat elvégezve a szellőző légréteg sebességére az alábbi egyenletet kapjuk:

$$w = \sqrt{\frac{2gh * (\frac{T_e}{T_k} - 1)}{\xi_{be} + \xi_{ki}}} \quad (3.)$$

ahol

- w a levegő sebessége (esetünkben a kilépő keresztmetszetében értelmezzük),
- g a gravitációs gyorsulás,
- h a be- és kilépő nyílások közti magasságkülönbség,
- $T_e$  a szellőző levegő hőmérséklete K-ban,
- $T_K$  a külső léghőmérséklet K-ban,
- $\xi_{be}$  a belépési veszteségtényező,
- $\xi_{ki}$  a kilépési veszteségtényező,

Felírva egy elemi szellőző légréteg mérleg egyenleteit differenciális alakban, majd megoldva a differenciál egyenleteket, a levegő átlaghőmérsékletére az alábbi összefüggést kapjuk:

$$t_{ea} = A + \frac{B}{h * K} (1 - e - K * h) \quad (4)$$

ahol még ismeretlen tényezők:

$$A = \frac{\alpha_4 * t_4 + \alpha_2 * t_2}{\alpha_4 + \alpha_2}$$

ahol

- $\alpha_4$  a légréteg felületén kialakuló konvekciós tényező,
- $\alpha_2$  a 2. réteg felületén kialakuló konvekciós tényező,
- $t_4$  a 4. réteg hőmérséklete,
- $t_2$  a 2. réteg hőmérséklete,

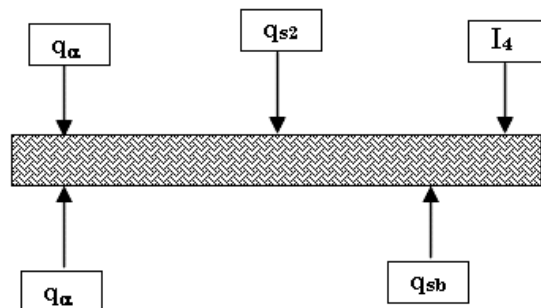
$$K = \frac{\alpha_2 + \alpha_4}{\omega * c_e * A_{ki}}$$

ahol

- $c_l$  a levegő fajhője térfogatra vonatkoztatva
- $A_{ki}$  a kilépési keresztmetszet

$$B = \frac{t_k(\alpha_2 + \alpha_4) - \alpha_4 - t_4 - \alpha_2 - t_2}{\alpha_2 + \alpha_4}$$

A mérleg komponensei az 5. ábrán megrajzolt elvi sémán láthatók.



5. ábra  
A vízszintes üveg hőmérlege

---

Mérlegegyenlet a 4. rétegre az alábbiak szerint írható:

$$(q_{s2} + I_4 + q_{\alpha 3} + q_{\alpha b} + q_{sb}) \cdot \Delta\tau = \rho_4 c_4 d_4 \cdot \Delta t_4 \quad (5.)$$

ahol:

- $\rho_4$  a 4. réteg sűrűsége,
- $c_4$  a 4. réteg fajhője,
- $d_4$  a 4. réteg vastagsága,
- $\Delta t_4$  a 4. réteg hőmérsékletnövekedése,
- $I_4$  a 4. réteget érő összes szoláris energia,
- $q_{\alpha 3}$  a 3. réteg irányából érkező konvektív energia,
- $q_{s2}$  az 2. réteg irányából érkező sugárzási energia,
- $q_{\alpha b}$  a belső tér irányából érkező konvektív energia,
- $q_{sb}$  a belső tér irányából érkező sugárzási energia,

A mérlegegyenletből a 4. réteg hőmérsékletnövekedése meghatározható.

A számítások során figyelembe vett bevonatok sugárzástechnikai jellemzői az alábbiak voltak:

A napvédő bevonattal ellátott üveg vonatkozásában:

Transzmissziós tényező:  $Tr=0,51$

Reflexiós tényező:  $R=0,18$

Abszorpciós tényező:  $An=0,31$

A LOW-E bevonat emissziós tényezője:  $0,1$

A szellőzőnyílások szintkülönbsége:  $h=1,5m$

A szellőzőnyílások keresztmetszete:  $a=0,125m^2$

Az elvégzett számítógépes numerikus szimulációk eredményeit az alábbiakban foglaltuk össze:

### **Téli viszonyok**

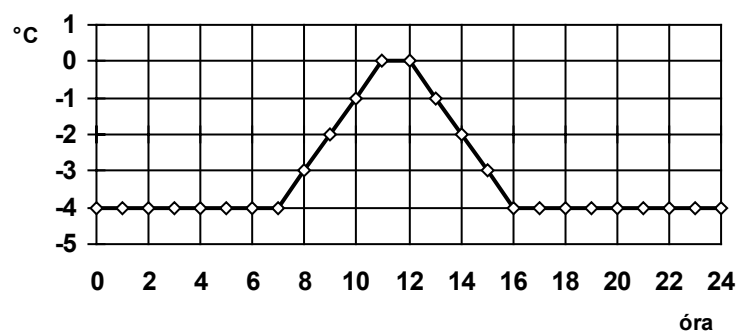
*Peremfeltételek:*

*A belső hőmérséklet:* az idő függvényében állandó volt, amelynek értéke:

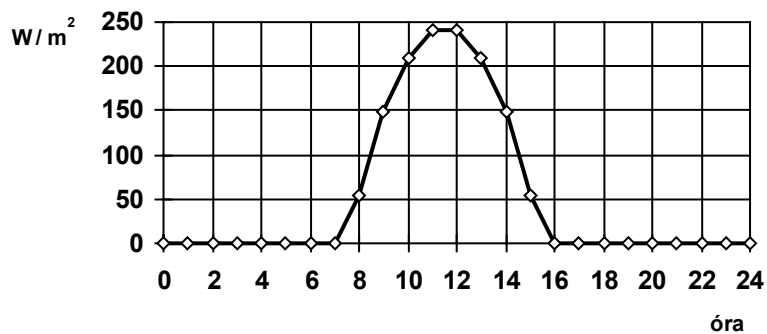
$$t_i=24^{\circ}C$$

*A külső hőmérséklet* : időbeli alakulását az alábbi 5. ábrán rajzoltuk meg. Ez a hőmérséklet lefutás egy januári nap egyik lehetséges hőmérséklet lefutását közelíti. A hőmérséklet értékei  $-4^{\circ}C$  - értékről nőnek fokozatosan a  $0^{\circ}C$  felé, majd ugyanolyan ütemben visszahűlnek.

A külső napsugárzási intenzitások alakulását, az idevonatkozó szabvány szerint vettük figyelembe. A napsugárzás intenzitásának alakulása a 4-4. ábrán látható.



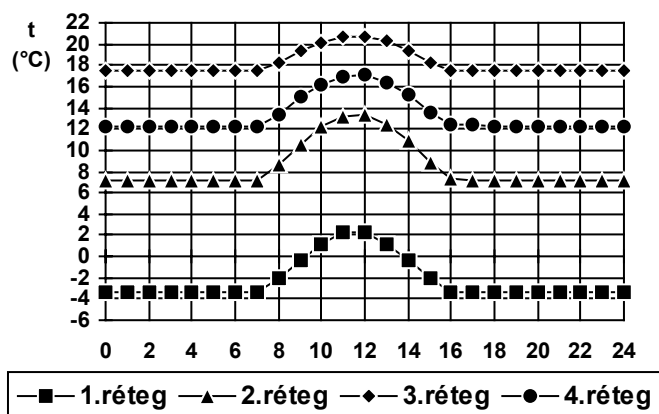
5. ábra  
A külső hőmérséklet alakulása télen



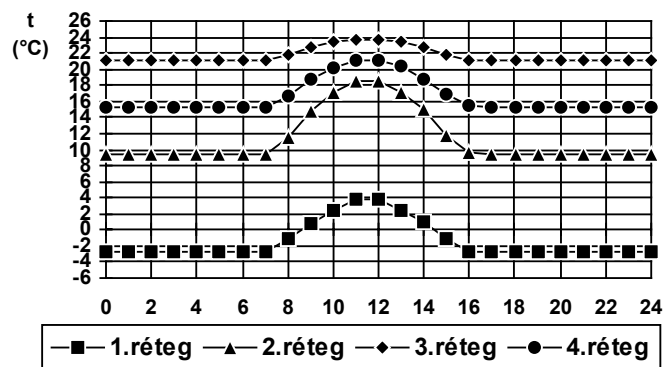
6. ábra  
A napsugárzás intenzitásának alakulása télen

### Eredmények

A hőmérséklet eloszlásokat az alábbi, 7., 8. diagramokban rajzoltuk meg.

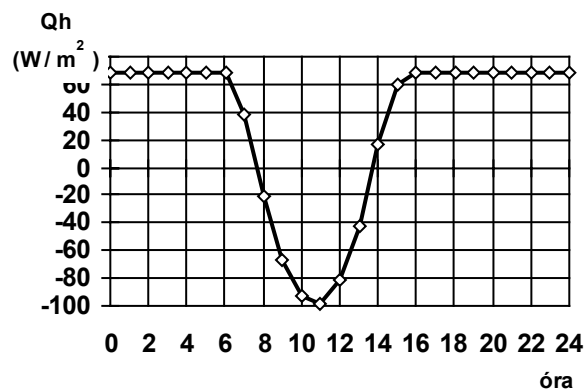


7. ábra  
Hőmérsékletek alakulása télen normál üvegek esetén

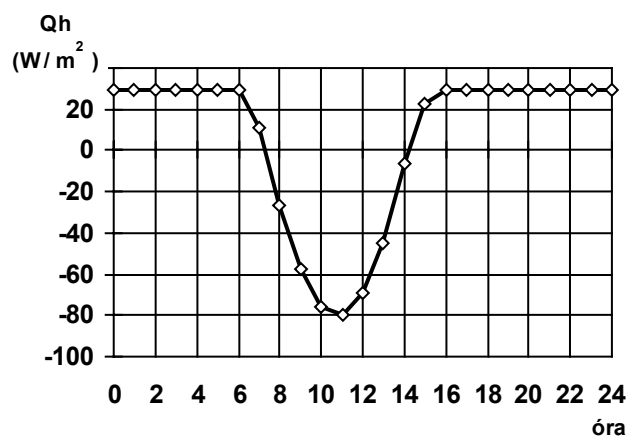


8. ábra  
Hőmérsékletek alakulása télen bevonatos üvegek esetén

A hőveszteségeket az alábbi, 9., 10. ábrákon rajzoltuk meg.



9. ábra  
A hőveszteség alakulása télen normál üvegek esetén



10. ábra  
A hőveszteség alakulása télen bevonatos üvegek esetén



**Értékelés:** fentiekben ismertetett adatok alapján a szerkezet hőszigetelésére vonatkozó adatok határozhatók meg. Ezen adatok közül kettőt emelünk ki, az üvegszerkezetek transzmissziós és a nap-sugárzásból adódó nyereséget is tartalmazó szoláris hőátbocsátási tényezőt.

*Ha hagyományos, kétrétegű hőszigetelő üvegezéssel készült volna el a tetőszerkezet üvegezése:*

Transzmissziós hőátbocsátási tényező:  $k_{tr}=3,0\text{W/m}^2\text{K}$

Szoláris egyenértékű hőátbocsátási tényező:  $k_s=2,2\text{W/m}^2\text{K}$

*Ha szellőző légteres háromrétegű üvegezéssel, bevonatok nélkül készült volna el a tetőszerkezet:*

Transzmissziós hőátbocsátási tényező:  $k_{tr}=2,4\text{W/m}^2\text{K}$

Szoláris egyenértékű hőátbocsátási tényező:  $k_s=1,1\text{W/m}^2\text{K}$

*Ha szellőző légteres háromrétegű üvegezéssel, bevonatok alkalmazásával készült volna el a tetőszerkezet:*

Transzmissziós hőátbocsátási tényező:  $k_{tr}=1,06\text{W/m}^2\text{K}$

Szoláris egyenértékű hőátbocsátási tényező:  $k_s=0,18\text{W/m}^2\text{K}$

A fenti adatok összevetéséből megállapítható, hogy a háromrétegű (két ferde + egy vízszintes) üvegszerkezettel, bevonatok alkalmazásával többszöröse is növelhetők az üvegszerkezet téli hőszigetelési teljesítménye.

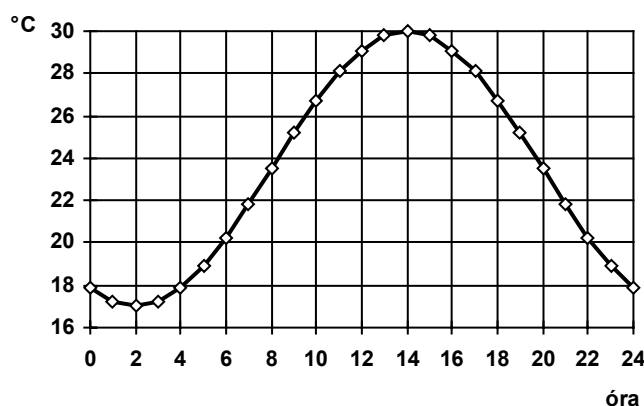
## Nyári viszonyok

*Peremfeltételek:*

A belső hőmérséklet az idő függvényében állandó volt, amelynek értéke:

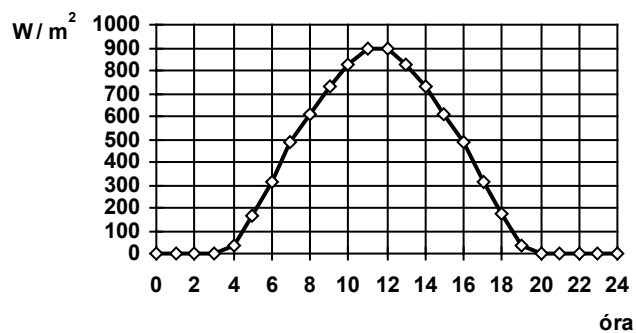
$$t_i=26^\circ\text{C}$$

A külső hőmérséklet időbeli alakulását az alábbi 4-1. ábrán rajzoltuk meg. Ez a hőmérséklet lefutás az idevonatkozó szabványban nyári viszonyokra megadott értékek.



11. ábra

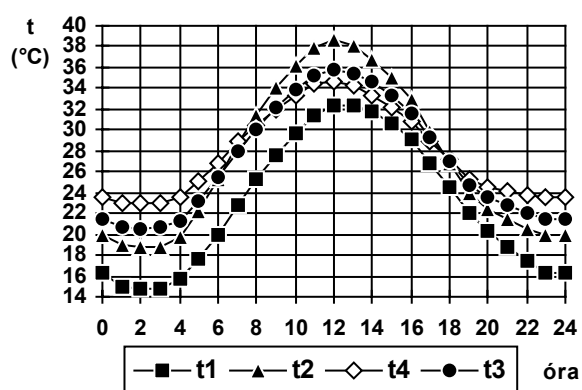
*A külső hőmérséklet alakulása nyáron*



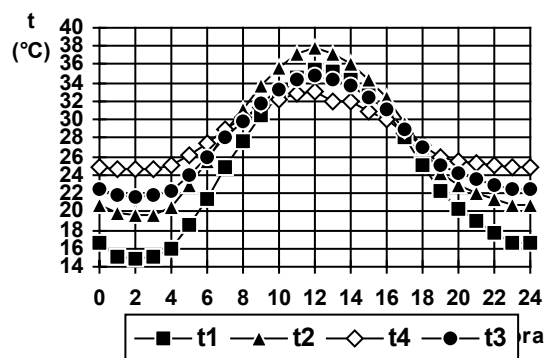
12. ábra  
A napsugárzás intenzitásának alakulása nyáron

Eredmények:

A hőmérséklet eloszlásokat az alábbi, 13., 14. diagramokban rajzoltuk meg.

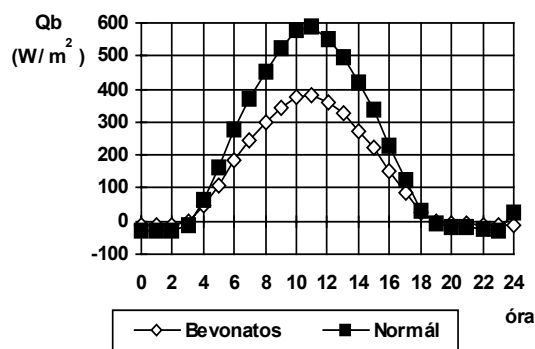


13. ábra  
A hőmérsékletek alakulása nyáron normál üvegek esetén

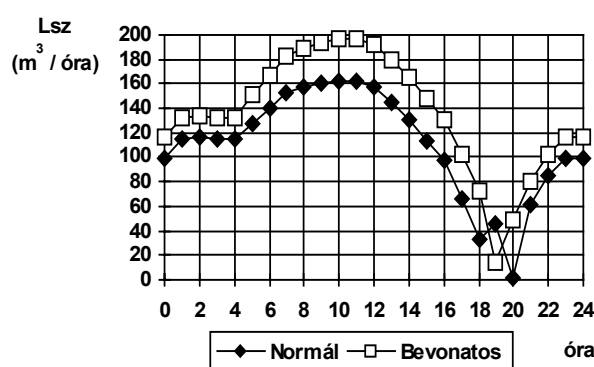


14. ábra  
A hőmérsékletek alakulása nyáron bevonatos üvegek esetén

A hőáramlás és a szellőző levegőforgalom alakulását az alábbi, 15., 16. ábrákon rajzoltuk meg.



15. ábra  
A hőbeáramlás alakulása nyáron



16. ábra  
A szellőző levegőforgalom alakulása nyáron

**Értékelés:** az értékelés során a következőket vizsgáljuk:

- 1] Hány %-ka éri be a térbe a napsugárzás energiájának.
- 2] Összesen mennyi hőenergia éri be a nap folyamán 1m<sup>2</sup> üvegfelületen.
- 3] Hogyan a maximális hőterhelés.

*A napsugárzás energiájának %-os bejutása a belső térbe:*

Kétrétegű szerkezet esetén:	88%
Háromrétegű esetén bevonatok nélkül:	64%
Háromrétegű esetén bevonatokkal:	42%

*Összesen a belső térbe érkező energia:*

Háromrétegű esetén bevonatok nélkül:	4827 Wh/m <sup>2</sup>
Háromrétegű esetén bevonatokkal:	3193 Wh/m <sup>2</sup>

*A maximális hőterhelés:*

Háromrétegű esetén bevonatok nélkül:	588 Wh/m <sup>2</sup>
Háromrétegű esetén bevonatokkal:	384 Wh/m <sup>2</sup>

A fenti adatok is bizonyítják, hogy energiatudatos tervezéssel mind nyári, mind téli viszonyokra vonatkozóan úgy alakíthatók ki üvegszerkezetek, amelyekkel kielégíthetők szigorúbb energetikai és hőérzeti követelmények egyaránt.