

Kivitelezésben szerzett tapasztalatok nagyobb romániai projekteken – talajjavítás és talaj stabilizáció

Field Experience on Major Projects in Romania – Soil Improvement and Stabilization

FÜLÖP Balázs-Csaba, drd építőmérnök

S.C. Inreco Remix S.r.l.
Str. Călimanului, Nr. 26, Marosvásárhely,
Maros megye, www.inreco.ro

ABSTRACT

Recycling, reusing is becoming an increasingly important issue today. We engineers are responsible to our society for choosing the most suitable technology. The executed works greatly influences the environment and thereby the future of our own and our children. After the economical crisis, the designers and engineers started to think more and more ECO= Economic & Ecologic. Comparison the soil stabilization with changing the bad soil with a better one or with a gravel layer the conclusion is:

- Less execution time
- Less material transported
- Less energy consumed
- Less impact on the environment

KIVONAT

Napjainkban egyre nagyobb szerepet kap az újra felhasználás, újrahasznosítás. Mi mérnökök, felelősséggel tartozunk a közösségünknek, azáltal, hogy a legmegfelelőbb technológiákat választjuk. Az elvégzett munkálatok nagyban befolyásolják környezetünket, ezáltal a mi és gyerekeink jövőjét is. A gazdasági válság után úgy az építészek, mint a mérnökök egyre jobban kezdtek ECO= Economic & Ecologic (Gazdaságos & Ökológikus) módon gondolkodni. Összehasonlítva a talaj stabilizációt a gyenge talaj jobb minőségűre vagy homokos-kavicsra cserélésével a következőket vonhatjuk le:

- Kevesebb kivitelezési idő
- Kevesebb szállítás
- Kevesebb felhasznált energia
- Kevesebb hatás a környezetre

Kulcsszavak: talajkezelés, talajstabilizáció, recycling, ECO, jövő

1. TALAJ KEZELÉS TÍPUSAI

Az érvényben lévő földmunkára vonatkozó európai szabvány [11] szerint, egy anyag (esetünkben talaj) kötőanyaggal való kezelése az a folyamat, amely során az anyagot összekeverjük mésszel vagy hidraulikus kötőanyaggal és szükség esetén hozzáadott vízzel. A beavatkozás lényege a gyenge minőségű anyagok (talajok) mechanikai tulajdonságának a javítása földmunkákba való beépítés esetén.

A talaj kezelésnek az elvárt eredmények típusainak és időtartamának függvényében két típusát különböztethetjük meg:

1.1. Talaj javítás

Talaj javítás esetén a hozzáadott kötőanyag feladata a talaj mechanikai tulajdonságainak a javítása (rövid távon). A hozzáadott kötőanyag mennyiség valószínűleg nem elegendő hosszú távú eredmények, nagy és

maradandó minőségbeli különbségek biztosítására. A technológiának ezen változatától elvárható rövid távú javulások:

- víztartalom csökkenés
- plasztikus index csökkenés
- fagy- és vízerzékenység csökkenés
- tömöríthetőség javulás



1. ábra
*Tömörség mérés talajjavítás után:
Aeroport Transilvania Târgu Mureș / Hala NTN Sibiu*

1.2. Talaj stabilizáció

Talaj stabilizációról akkor beszélhetünk, amikor a talaj és kötőanyag homogén keverékéből (szükség esetén hozzáadott vízzel), megfelelően tömörítve, egy minőségileg messzemenően magasabb mechanikai jellemzőkkel bíró anyagot kapunk. Ezen jellemzők hosszú időtartamra megmaradnak, az így létrejött anyag stabil marad még víz vagy fagy hatására is. Ezen anyagok megváltozott mechanikai tulajdonságai mérhetőek úgy laboratóriumban, mint munkaterületen.



2. ábra
Helyszíni CBR vizsgálat stabilizált talajon: Aeroport Transilvania Târgu Mureș

2. ALKALMAZÁSI TERÜLETEK:

2.1. Magas víztartalom

Amennyiben a talajok víztartalma meghaladja a tömörödéshez szükséges optimális szintet (W_{opt}), annak mechanikai tulajdonságai negatívan változnak, nem tömörödnek. Szélsőséges esetben annyira megnőhet víztartalmuk, hogy már a felületről sem képesek elnyelni az összegyűlt vizet (W_{sat}). Ezekben az esetekben, ha megtörtént a vízelvezetés, akkor az újabb optimális víztartalom beállása a száraz, csapadékmentes időszaktól és annak hőmérsékletétől függ. Ezen folyamat felgyorsítására bevált gyakorlat a talajok meszes kezelése, szárítása. Amint a talajba kevert mész reakcióba lép az abban raktározódott vízzel, a talaj órákon belül, hőtermelés mellett száradni kezd: $CaO + H_2O = Ca(OH)_2 + Q$ (égetett mész + víz = oltott mész + hő). A megfelelő mésztartalom próbaszakasszal állapítható meg és általában 2-4 %.



3. ábra

Talaj javítás: Zollner, Szatmárnémeti

2.2. Talajminőség javítása

Azon talajok melyeknek agyagtartalma nagyon magas és homoktartalma meg kicsi, rendszerint érzékenyek a víz hatásaira: magas víztartalomnál kitágulnak és alacsony víztartalom esetén összehúzódnak (PUCM). Ez a jelenség nagy veszéllyel bír minden építkezésre, hisz a folytonos szintváltozás meggyengítheti az alapokat és az egész rendszerben károkat okozhat. Az ilyen típusú talajokra való alapozást szabványok írják elő. Ezen nagy tágulások csökkenését (UL) a meszes talajkezeléssel érhetjük el, így a magasabb plasztikus indexű talajokból ($I_p > 12$) egy könnyebben kezelhető talajt hozunk létre, amelynek vízérzékenysége jelentősen csökkent. A megfelelő mésztartalom megállapításához javasolt laborban több receptet készíteni és követni a plasztikus index (I_p) valamint a víz hatására létrejött térfogat változását (UL) tanulmányozni.

2.3. Talaj teherbírás növelése

2.3.1. Földmunka: töltés

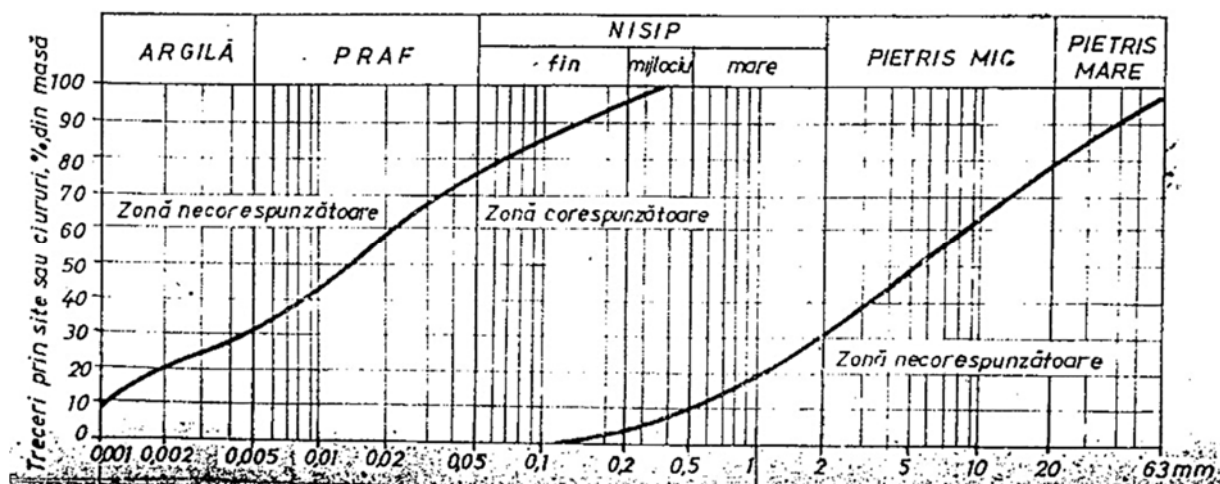
Minden építmény valamilyen szinten az alatta levő földmunkára támaszkodik. Annak minősége és teherbírása kihat az egész építmény szerkezetére. Az itt felhasználható talajtípusokat szabvány rangsorolja és a gyenge talajokat (4d, 4e, 4f) csak stabilizálva engedi földtöltésben felhasználni. Legelterjedtebb felhasználási terület az olyan építkezések, amelyek nagy földmunkával rendelkeznek, mint például autópályák és nagyobb gyárak. A megfelelő hidraulikus kötőanyag tartalma (mész, cement és keverékeik) próbaszakasszal állapítható meg, nyomon követve a földmunka teherbírásának és tömörségének növekedését [10].



4. ábra
Talajstabilizálás: A10-es autópálya Lot4

2.3.2. Javító réteg (strat de formă)

Az érvényben levő szabványok, úgy a rugalmas, mint a merev pályaszerkezetnél, az út alapozásban csak a szemcsés anyagokat (homokos kavics, stabilizált homokos kavics, kő, zúzott kő) és mechanikailag stabilizált talajt enged használni. A hidraulikus kötőanyaggal stabilizált talajt, a földmunka felső rétegén kialakított javító rétegnek (strat de formă) lehet alkalmazni. Előállítását és minőségi követelményeit a CKT-vel közös szabvány írja elő. Ezen szabványok nem kezelik külön a talaj és homokos kavics stabilizációját, így az elvárásokat sem sikerül elhatárolni.



5. ábra
Stabilizálható szemcsés anyagok, STAS 10473-1, tabel 2.

Továbbá minőségbeli kritériumokat csak a beépítettendő réteg függvényében határoznak meg, ennek fő követelménye a 7 és 28 napos törési eredmények (Rc7, Rc28):

Nr. crt.	Denumirea stratului și al lucrării	Rezistența la compresie la vîrsta de 7 și 28 zile, N/mm ²		Stabilitatea la apă, %, max.			Pierdere de masă, %, max	
		R _{c7}	R _{c28}	Scăderea rezistenței la compresie ΔR _{rel}	Umflare volumică U _f	Absorbție de apă A _f	Saturare, P _{su}	Jughet-dezghet P _{tu}
1	Strat de bază pentru sisteme rutiere nerigide, platforme și locuri de parcare	1,5...2,2	2,2...5,0	20	2	5	7	7
2	Strat de fundație pentru sisteme rutiere nerigide sau rigide; consolidarea benzilor de incalzire și a acostamentelor	1,2...1,8	1,8...3,0	25	5	10	10	10
3	Strat de foină	0,8...1,2	1,2...2,0	-	-	-	-	-

6. ábra

Minőségbeli kritériumok, STAS 10473-1, tabel 3.

3. LABORVIZSGÁLATOK FONTOSÁGA

3.1. Talaj meghatározás és megfelelő kötőanyag

Több szabvány is előírja a talajok stabilizációját, annak fontosságát és alkalmazási területeit. A felhasználandó hidraulikus kötőanyagokat tekintve két csoportot különböztethetünk meg:

- Meszes talaj kezelés: magas agyag tartalmú, magas plasztikus indexel és térfogat növekedésre hajlamos talajoknál (PUCM) alkalmazandó.
- Cementes talaj stabilizálás: kis agyagtartalmú talajok esetében használható.

Annak érdekében, hogy bármilyen típusú talajt stabilizálni tudjunk, a talaj összetételének függvényében használhatunk mész-cement keverékeket. Ezen kötőanyagok lehetnek például a Doroport, Dorosol, Viacalco, Soilfix, Roadmix és mindegyik alkalmazható valamely típusú talajra a mész-cement arányainak függvényében. Amennyiben a különböző kötőanyagok összetétele hasonló arányokban tartalmaz meszet és cementet, hasonló eredményeket fognak produkálni.

Locul fabricării	Laborator TLI ROM		
Calitatea prescrisă a betonului	Pământ natural stabilizat		
Apă (l/mc)			
Liant -Tip / Proveniență	DOROSOL C30		
Dozaj liant (kg/mc)	48		
Natura și proveniența	pământ natural		
Granulozitate	-		
D max (mm)	-		

Rezultate obținute: conform STAS 10473/1-87

Nr. epruvetel	359/a	359/b	359/c	-
Densitatea aparentă a epruvetei saturate				
$\rho_{app} = \frac{m}{V_p}$	1,920	1,929	1,919	
Media rezultatelor	1,923			
Ária suprafeței de referință (mm ²)	2242	2242	2242	-
Vârsta de încercare (zile)	7			-
Starea suprafeței	-	-	-	-
Forța de rupere la compresie (N)	2508	2500	2506	-
Rezistența de rupere la compresie (N/mm ²)	1,12	1,12	1,12	-
Media (N/mm ²)	1,12			

Locul fabricării	Laborator TLI ROM		
Calitatea prescrisă a betonului	Pământ natural stabilizat		
Apă (l/mc)			
Liant -Tip / Proveniență	VIACALCO F		
Dozaj liant (kg/mc)	48		
Natura și proveniența	pământ natural		
Granulozitate	-		
D max (mm)	-		

Rezultate obținute: conform STAS 10473/1-87

Nr. epruvetel	359/d	359/e	359/f	-
Densitatea aparentă a epruvetei saturate				
$\rho_{app} = \frac{m}{V_p}$	1,919	1,920	1,921	
Media rezultatelor	1,920			
Ária suprafeței de referință (mm ²)	2242	2242	2242	-
Vârsta de încercare (zile)	7			-
Starea suprafeței	-	-	-	-
Forța de rupere la compresie (N)	2900	2902	2890	-
Rezistența de rupere la compresie (N/mm ²)	1,29	1,29	1,29	-
Media (N/mm ²)	1,29			

7. ábra

7 napos törési eredmények (R_{c7}), Shopping City, Târgu Mureș;
Talajtípus: Agyag 11,24%, Iszap 56,21%, Homok 32,55%

3.2. Optimális kötőanyag felhasználás

A recept készítésének folyamatát és a szükséges anyagmennyiségeket előíró szabványok az adatokat nagyon általánosan adják meg: cement 3-10% és mész 2-4%. Amennyiben ellenőrzött körülmények között mérjük le az Rc7 és Rc28 változását több, egymást követő százalékból adagolt hidraulikus kötőanyag esetén, megtalálhatjuk azt a megfelelő mennyiséget, amelynél a számunkra tökéletes eredményeket kapjuk. A szükséges kötőanyag mennyiség ugyanazon Rc7 és Rc28 eléréséhez legnagyobb részt a talaj összetételétől függ:

Tip material Argila +2,5% Dorosol C30

Nr. crt.	Indicativ proba	Data		Varsta de incercare	Dozaj liant %	Greutate cilindru	Volum	Caract. optime de compactare		Rc 7 N/mm ²	Medie N/mm ²
		conf.	incercarii					pd g/cm ³	W opt %		
1	PS -35-1	16.04.2019	23.04.2019	7	2,5	301,4	150,4	1,848	15,3	2.100	2,118
2	PS -35-2	16.04.2019	23.04.2019	7	2,5	300,9	150,2	1,848	15,3	2.141	
3	PS- 35-3	16.04.2019	23.04.2019	7	2,5	301,9	150,2	1,848	15,3	2.113	

8. ábra

7 napos törési eredmények (Rc7), WDP Ștefăneștii de Jos;
Talajtípus: Agyag 57%, Iszap 41%, Homok 2%

Tip material:

Pamant + 3,4 % Dorosol C 30

Nr. crt.	Indicativ proba	Data		Varsta de incercare	Dozaj liant %	Greutate cilindru g	Volum cilindru cm ³	Caract. de compactare		Rc N/mm ²	Medie N/mm ²
		conf.	incercarii					pd g/cm ³	W opt %		
1	01-P-VPS-1	05.04.2019	12.04.2019	7 zile	3,4	280,6	151,1	1,770	17,32	1,43	1,42
2	01-P-VPS-2	05.04.2019	12.04.2019	7 zile	3,4	279,8	150,5	1,770	17,32	1,38	
3	01-P-VPS-3	05.04.2019	12.04.2019	7 zile	3,4	281,6	151,5	1,770	17,32	1,45	

9. ábra

7 napos törési eredmények (Rc7), DC Giula;
Talajtípus: Agyag 44,7%, Iszap 42,3%, Homok 13%

4. JÖVŐBELI FELHASZNÁLÁS

Annak ellenére, hogy létezik stabilizált talaj útalap készítésére helyi szabványunk, az érvényben lévő tervezési és minőségellenőrzési szabványok, nem támogatják az útalapban való felhasználást, azonban elfogadják a mechanikailag stabilizált talajt vagy a hidraulikus kötőanyaggal stabilizált homokos kavicsot. Ugyanakkor a legelterjedtebb, alapozásban használt, építőanyag a homokos kavics (balast, nisip cu pietriș), ami minden építkezésen többlet ásást, szállítást és töltési munkát igényel. Ez a folyamat úgy gazdaságilag, mint ökológiailag kifejti hatását az építkezésre és környezetre.



10. ábra
Homokos kavics útalap, E60

Meglátásaim szerint, sikerül bizonyítani, hogy a stabilizált talaj úgy a laboratóriumi körülmények között mért mechanikai jellemzőiben, mint a terepen elvárt teherbírásában hasonló vagy jobb eredményeket képes teremteni az elfogadott építőanyagokhoz viszonyítva. Ezen esetben igen javasolt volna gazdasági és ökológiai okokból bevezetni az útalapban használható építőanyagok listájába.

SZAKIRODALOM

- [1]. „NP 126-2010: Normativ privind fundarea constructiilor pe pamanturi cu umflari si contractii mari”.
- [2]. „STAS 1243-88 : Clasificarea si identificarea pamanturilor”.
- [3]. „STAS 2914-84: Lucrari de drumuri: Terasamente”.
- [4]. „PD 177-2001: Normativ pentru dimensionarea sistemelor rutiere suple si semirigide”.
- [5]. „NP 081-2002 - Normativ de dimensionare a structurilor rutiere rigide”.
- [6]. „STAS 6400-84: Lucrari de drumuri: Stratari de baza si de fundatie”.
- [7]. „STAS 10473/1-87: Stratari din agregate natural sau pamanturi stabilizate cu ciment”.
- [8]. „• STAS 10473/2-86: Stratari rutiere din agregate naturale sau pamanturi stabilizate cu lianti hidraulici sau puzzolanic”.
- [9]. „CD 29-1979 - Instructiuni tehnice departamentale pentru proiectarea și executarea fundațiilor pentru lucrările de drumuri din pământuri stabilizate cu ciment”.
- [10]. „STAS 9850-89 - Verificarea Compactării Terasamentelor,” Institutul Român de Standardizare.
- [11]. „EN 16907 - Earthworks”.

Bontott útépítési anyagok „in situ” újrahasznosítása – Románia területén érvényes előírások és személyes tapasztalatok

Recycling „in-place” of Milled Road Construction Materials – Normatives on the Territory of Romania and Personal Experience

FÜLÖP Balázs-Csaba, drd építőmérnök

S.C. Inreco Remix S.r.l.
Str. Călimanului, Nr. 26.
Marosvásárhely, Maros megye
www.inreco.ro

ABSTRACT

Recycling, reusing is becoming an increasingly important issue today. We engineers are responsible to our society for choosing the most suitable technology. The executed works greatly influences the environment and thereby the future of our own and our children. After the economical crisis, the designers and engineers started to think more and more ECO= Economic & Ecologic. Comparing the cold recycling „in-place” with cold recycling „in-plant” or changing the complete structure of the road, the conclusion is:

- Less execution time
- Less material transported
- Less energy consumed
- Less negative impact on the environment

KIVONAT

Napjainkban egyre nagyobb szerepet kap az újra felhasználás, újrahasznosítás. Mi mérnökök, felelősséggel tartozunk a közösségünknek, azáltal, hogy a legmegfelelőbb technológiákat választjuk. Az elvégzett munkálatok nagyban befolyásolják környezetünket, ezáltal a mi és gyerekeink jövőjét is. A gazdasági válság után úgy az építészek, mint a mérnökök egyre jobban kezdtek ECO= Economic & Ecologic (Gazdaságos & Ökológikus) módon gondolkodni. Összehasonlítva a helyszíni hideg remixet a telepen történő hideg remixel vagy a teljes szerkezet cseréjével a következőket vonhatjuk le:

- Kevesebb kivitelezési idő
- Kevesebb szállítás
- Kevesebb felhasznált energia
- Kevesebb negatív hatás a környezetre

Kulcsszavak: recycling, ECO, jövő

1. TÍPUSAI ÉS ALKALMAZÁSI TERÜLETEK

Az útépítési anyagok újrahasznosítását röviden Remix vagy Recycling néven használjuk. A remixeket két főcsoportba osztjuk az előállításuk során felhasznált hő függvényében, így beszélünk meleg (hot) és hideg (cold) remixről. Habár a megnevezése csak az előállításában felhasznált hőn alapul, de ez a két technológia több mindenben is eltér:

- Meleg (Hot) Remix:
 - Előállítása: hozzáadott hő igényel
 - Felhasználható anyagok: csak aszfalt útburkolat
 - Felhasználási terület: útburkolati hibák, felületi sérülések, bitumen öregedés stb. javítása
 - Végeredmény: kötő- vagy kopó réteg



1. ábra
Helyszíni meleg remix

- Hideg (Cold) Remix:
 - Előállítása: nem igényel hozzáadott hőt
 - Felhasználható anyagok: aszfalt, beton burkolat és a szerkezetből származó szemcsés anyagok
 - Felhasználási terület: szerkezeti hibák javítása és teherbírás növelés
 - Végeredmény: teherhordó réteg



2. ábra
Helyszíni hideg remix

A kivitelezés helyszínét tekintve mindkét technológiának van helyszíni és keverőtelepi változata. A helyszíni vagy “in situ” eljárás az elbontott anyag elszállítása nélkül, a helyszínen történik, speciálisan erre a munkafázisra kialakított gépsorral.

A keverőtelepi eljárás magába foglalja az ezt megelőző műveleteket: burkolat felmarás, keverőtelepre való szállítás, valamint a remixelést követő műveleteket: helyszínre való szállítást, a remixelt anyag elterítését. Továbbá a keverőtelepi újrahasznosítás során a felmarrt/elbontott burkolatot nem szükségszerűen az elbontás helyszínén, időpontjában kell remixelni. A bontásból származó anyagok depo-ban tárolhatók, majd később újrahasználatosak. A keverőtelepi eljárás előnyei közé tartozik még, hogy a burkolat eltávolítása után lehetőség nyílik az altalaj, védőréteg cseréjére vagy javítására stabilizációs technológiával.

2. HELYSZÍNI HIDEG REMIX

A meglevő útszerkezetek helyszíni újrahasonosításával próbáljuk előtérbe helyezni az ECO irányelvet (telepen történő remixhez vagy teljes szerkezetcserehez hasonlóan):

- *ECOnomic* / Gazdaság: rövidebb kivitelezési idő, kevesebb nyersanyag és szállítás
- *ECologic* / Környezetkímélő: a rövidebb kivitelezési idővel és a kevesebb nyersanyagszükséglettel próbáljuk az ökoszisztéma megzavarását minimálisra csökkenteni.

A meleg remix eljárás alkalmazásával nem a tönkrement burkolat javítására, hanem a burkolat tönkremenetele előtt (kb 5-8 éves) burkolat felfrissítésére van lehetőség, így kitolva az üzemeltethetőségi időszakot. Mivel ezen technológia használatához elengedhetetlen a teherbíró, elegendő vastagságú szerkezet és aszfalt réteg, ez Románia területén nagyon kevés helyen alkalmazható. Ennek fő oka, hogy a legtöbb út több mint 30 éves és nem a mai forgalom terhelésére voltak tervezve. Amennyiben csak az útburkolatot remixelnénk, az új réteg nem oldaná meg a gyenge teherbírás problémáját.



3. ábra

Gyenge teherbírású útalap miatt sérült útburkolat

Ezen esetekben célszerű a hideg remix használata. A teherbírás növelhető a szükséges rétegvastagság létrehozásával. A szükséges réteg vastagsága elérhető a következő módokon:

1. Az útburkolat és a pályaszerkezet felhasználásával

- *Pro:*
 - minimálisat emelkedik az út szintje: az utólag ráhúzott aszfalt rétegek vastagságával, ezáltal nem zavarja a meglevő becsatlakozásokat
 - nem szükséges hozzáadott homokos kavics/zúzott kő
- *Kontra:*
 - a hiányos tervek miatt keveset tudunk arról, hogy mi található az útburkolat alatt. A túl nagy átmérőjű kövek, betonok kárt okozhatnak a gépben
 - a magasan elhelyezkedő vezetékeket és csöveket tönkreteheti a gép
 - a szerkezet vastagsága csak minimálisat növekszik

2. Az útburkolat és egy hozzáadott szemcsés anyag felhasználásával

- *Pro:*
 - nem veszélyezteti a gép és az útburkolat alatti rendszer állapotát
 - növekszik a szerkezet vastagsága, ami hasznos a fagyvédelem szempontjából
 - a hozzáadott szemcsés anyag javítja a keverék állagát
- *Kontra:*
 - plusz költség a hozzáadott homokos kavics/zúzott kő
 - a megemelkedett végső szint zavarhatja az útba való bekötéseket

A végső megoldás kiválasztása előtt mérlegelni kell a két lehetőség pozitívumait és negatívumait a helyi adottságok és a pályaszerkezet főbb hibáinak függvényében.

A hideg remixelt szemcsés anyagoknak nincs koezivitása, amennyiben volt is bitumen tartalma, az előregedett és nincs kötőhatása. Ahhoz, hogy az újrahasonított anyagnak megnöveljük a nyomószilárdságát és létrehozzunk egy valamilyen szintű szakító szilárdságot, kötőanyagot adunk hozzá:

1. Hidraulikus kötőanyag [1], [7], [8], [9] (Cement vagy cement alapú kötőanyag) –a remixelésre szánt felületre szórjuk és a keverés alatt a kötés létrejöttéhez szükséges vizet folyamatosan adagoljuk



4. ábra
Hidraulikus kötőanyag szórása

2. Habosított bitumen [2], [3] – a bitumen magas hőmérsékleten érkezik az expanziós kamrában, a habosítás az itt hozzáadott víztől és magas nyomású levegő befúvásától jön létre. A habosított bitumen innen a keverő kamrába kerül. A technológiához szükséges hidraulikus kötőanyag fillerként működik. A tömörséghez szükséges vízmennyiséget elő- és utólocsolással adjuk hozzá.



5. ábra
Habosított bitumenes hidegremixhez használt géplánc

3. Bitumen emulzió [4], [5], [6] – a bitumen emulzió nem túl magas hőmérsékleten érkezik a keverő kamrában. A technológiához szükséges hidraulikus kötőanyag katalizátorként működik, segíti az emulzió törését. A tömörséghez szükséges vízmennyiséget a második vízhid segítségével lehet a keverőtérbe juttatni vagy elő- és utólocsolással adjuk hozzá. Kivitelezése kevésbé érzékeny a habosított bitumenhez képest.



6. ábra
Bitumenemulziós hidegremixhez használt géplánc

3. REFERENCIA MUNKÁK

1. Hidraulikus kötőanyaggal:
 - DJ 109 F (MM)
 - DJ 173 A (BN)
 - DJ 109 V (CJ)
 - Sânpetru Mic (TM) utcái
2. Hidraulikus kötőanyag + habosított bitumen:
 - DN 66 (GJ)
3. Hidraulikus kötőanyag +bitumen emulzió:
 - DN 1 F (SJ)
 - DN 17 D (BN)
 - DN 17 C (BN)
 - DC 33 (TM)
 - DN 18 (MM)

4. ELŐÍRÁSOK ÉS SZABVÁNYOK

1. Útszerkezetek rétegeinek az újrahasznosítást leíró szabvány [10] a következőket tartalmazza:
 - Felmart rétegek bevizsgálása, összetételének meghatározása
 - Kötőanyag típusának kiválasztása és mennyiségének meghatározása (recept)
 - Remixelt anyag minőségének ellenőrzése

Ez a szabvány a telepi hideg remix készítésére íródott. Nem tartalmazza, vagy csak részlegesen tárgyalja annak beépítését az útszerkezetbe. Ennek végrehajtását és ellenőrzését az útépítésben érvényes szabványok alapján végezzük. [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18]

SORT	Dozaj final		Dozaj m ³
	%	kg	
doroport	3,88	85	85
material frezat	69,84	1315	1315
sort 0-31	23,28	511	511
Emulsie	3,00	66	66
Σ	100	1977	Apa 95
			Total 2006

Caracteristici	Rezultate obtinute	Conditii
Rc 7 zile	1,69 N/mm ²	1,5 - 2,2
Rc 28 zile	3,15 N/mm ²	2,1 - 5,0
Fct 7 zile	0,46 N/mm ²	mín. 0,4
Fct 28 zile	0,65 N/mm ²	mín. 0,6

7. ábra

Előzetes recept és laboratóriumi mérési eredmények

2. Annak érdekében, hogy a helyszíni hideg remixet használni lehessen egy AGREMENT Tehnic-et Keltett létrehozni erre a típusú munkára [12]. Ez a helyszíni hidegremix teljes kivitelezésének leírását tartalmazza és garantálja úgy az elkészült anyag minőségét, mint annak beépítési paramétereit a pályaszerkezetbe.



8. ábra

Helyszíni mintavétel az "in situ" hideg remixelt rétegből és aszfalt rétegből

5. A BONTOTT ÚTÉPÍTÉSI ANYAGOK “IN SITU” ÚJRAHASZNOSÍTÁSA LÉPÉSEKBEN:

1. Előmarás – ha szükséges: a beton és vastagabb aszfalt útburkolatokat a remixer nem képes elmarni és homogén halmazállapotba hozni. Ilyen esetekben a felületet nagy teljesítményű marókkal elő kell marni.
2. Hozzáadott szemcsés anyag előterítése – ha szükséges
3. Hidraulikus kötőanyag szórása
4. Remixelés WR típusú remixerrel és hozzáadott vízzel, bitumenemulzióval vagy habosított bitumen-nel
5. Előtömörítés: nagy amplitudó és kis frekvencia
6. Szükséges profil elkészítése
7. Utőtömörítés: kisebb amplitudó és nagyobb frekvencia az előtömörítéshez képest
8. Utókezelés vízzel és felület megvédése emulzióval



9. ábra

Helyszíni hideg remixhez használt géplánc a munkafolyamat sorrendjében

Szakirodalom

- [1] SR EN 13282 – Lianti hidraulici rutieri
- [2] SR EN 14023 – Bitum si lianti bituminosi. Cadru pentru specificatiile bitumurilor modificate cu polimeri
- [3] SR EN12591– Bitum si lianti bituminosi. Specificatii pentru bitumuri rutieri
- [4] SR EN 1428 – Bitum si lianti bituminosi. Determinarea continutului de apa din emulsiile bituminoase
- [5] SR EN 1429 – Bitum si lianti bituminosi. Determinarea rezidualului pe sita al emulsiilor bituminoase si determinarea stabilitatii la depozitare prin cernere
- [6] SR EN 13808 – Bitum si lianti bituminosi. Cadru pentru specificatiile pentru emulsiilor bituminoase cationice
- [7] STAS 10473/1 – Lucrari de drumuri. Starturi din agregate naturale sau pamanturi stabilizate cu liant hidraulic. Conditii tehnice generale de calitate.
- [8] STAS 10473/1 – Lucrari de drumuri. Starturi rutiere din agregate naturale sau pamanturi stabilizate cu lianti hidraulici sau puzzolanici. Metode de determinare si incercare
- [9] SR EN 13242 +A1 2008 –Agregate din materiale nelegate sau legate hidraulic pentru utilizare în inginerie civilă și în construcții de drumuri
- [10] AND 532 – Normativ privind reciclarea la rece a straturilor rutiere
- [11] AGREMENT Tehnic 004–07/1583–2018 – Procedeu de reciclare in situ a straturilor cu adaos de liant bituminous si/sau liant hidraulic rutier
- [12] AND 530-2012 – 'Indicativ control calitatii terasamentelor'
- [13] CD 31-2002 – Normativ pentru determinarea prin deflectografie si deflectometrie a capacitatii portante
- [14] DIN-18134 – Determining the deformation and strength characteristics of soli by plate loading test
- [15] STAS 2914-4 – Determinarea modulului de deformatie liniara – Lucrari de drumuri si de cale ferata
- [16] SR EN 13286-2 – Amestecuri de agregate netratate si tratate cu lianti hiraulici – Compactare PROCTOR
- [17] STAS 6400-84 – Lucrari de drumuri, Straturi de baza si de fundatie
- [18] PD 177-2001 – Dimensionarea sistemelor rutiere suple si semirigide

Egy energiahatékony oktatási épület primerenergia-fogyasztása

Primary Energy Consumption of an Energy Efficient Educational Building

KARDA Szilárd¹, BOROS József¹, dr. NAGY-GYÖRGY Tamás¹

¹ Temesvári Műszaki Egyetem, Építőmérnöki Kar
Románia, 300223 - Temesvár, T. Lalescu u. 2, Tel/fax: +40 256 403935
e-mail: szilard.karda@student.upt.ro, iosif.boros@student.upt.ro,
tamas.nagy-gyorgy@upt.ro
www.ct.upt.ro

ABSTRACT

According to the Romanian building energy regulations, the total energy consumption of buildings must be expressed in primary energy, which defines the energy classification of the studied facilities. This paper presents a new high school building energy demand, computing the primary energy consumption for two types of heating and hot water production systems, by name the electric heat pump and the gas condensing boiler. In order to find out which equipment can be considered an ideal solution, the variation of the primary energy conversion factors was determined based on a life cycle analysis.

KIVONAT

A hazai épületenergetikai rendeletek alapján az épületek összes energiafogyasztását primer energiában kell kifejezni, amely behatárolja a tanulmányozott létesítmények energetikai osztályozását. A dolgozat a nagyszalontai Arany János Elméleti Líceum új szárnyának energiaszükségletét taglalja, amely során két típusú fűtési és melegvíz-előállítású rendszert, vagyis elektromos hőszivattyúkat és gáztüzelésű kondenzációs kazánokat alkalmazva kiszámolásra kerülnek az épület primerenergia-fogyasztásai. Annak érdekében, hogy kiderüljön, melyik berendezés tekinthető ideális megoldásnak, a primerenergia-átalakítási tényezők variációja életciklus-elemzés alapján került meghatározásra.

Kulcsszavak: energiahatékony, primerenergia, oktatási épület, primerenergia átalakítási tényezők, hőszivattyú, életciklus-elemzés

1. BEVEZETŐ

A globális energiafogyasztás és az üvegház hatású gázok kibocsátása a 18. század óta fokozatosan növekedik, amelynek következtében az emberiség olyan kihívásokkal kell szembenézzen, mint a radikális éghajlatváltozás, a tengerszint növekedése és az ökoszisztémák eltűnése. Ezen negatív hatások visszafogásának érdekében határozott lépések szükségesek. Mérsékelve a termelési folyamatok és az energiafelhasználás hatékonyságát, illetve előtérbe helyezve a megújuló energiaforrások felhasználását a globális széndioxid-kibocsátás jelentősen csökkenthető. Az utóbbi években az Európai Unió és az Amerikai Egyesült Államok voltak az egyetlen régiók, ahol sikerült lefele elmozdítaniuk az energiafogyasztás és a CO₂ kibocsátás mutatóját [1], megerősítve ezáltal, hogy az energiahatékony célkitűzése nem leheletlen feladat.

Az Európai Parlament és Tanács (EU) 2018/842-es rendeletében [2] leszögezi az energiahatékony előmozdításának fontosságát és a tagállamok számára 2030-ig egy legalább 32,5%-os javítást határoz meg a 2005-ös szinthez viszonyítva. Egy épület energiahatékonyt a szokásos használatához és fenntartásához szükséges évente fogyasztott kiszámított vagy tényleges primerenergia és szén-dioxid kibocsátás határozza meg. Ezeknek az energiahatékony mutatóknak a minimumkövetelményeit a tagállamok szabják meg, figyelembe véve az épületek funkcióját, élettartamukat, a költség-megtakarításukat, a földrajzi elhelyezkedésüket, illetve a külső és belső klimatikus feltételeket.

Romániában az épületek átlagos primer energiafogyasztása majdnem 25%-kal meghaladja az EU középértékét, köszönhetően az éghajlati viszonyoknak és túlnyomó részt az épületek elavult és alacsony hatásfokának. A legmagasabb energiafogyasztások a tanintézmények épületeinél vannak, meghaladva az évi 354 kWh/m² energiaszükségletet [3], mely közel a kétszerese a közel nulla energiaigényű létesítmények számára meghatározott primerenergia-fogyasztással, ami területi éghajlattól függően 100-185 kWh/m²év közötti értéket vehet fel.

Az épületek energiahatékonyságát és primer energiafogyasztását jelentős mértékben befolyásolják az épületelemek hőtechnikai jellemzői, az épület elhelyezése és tájolása, a beltéri klimatikus körülmények, de nem utolsósorban a fűtési és a légkondicionáló rendszerek, a melegvíz-előállító berendezések, a természetes és gépi szellőztetés és a beépített világítóberendezések.

2. PRIMERENERGIA-ÁTVÁLTÁSI TÉNYEZŐK

A primerenergia-átváltási tényező az épületek végső energiafogyasztáshoz szükséges primerenergia mennyiségét határozza meg, figyelembe véve az előállítási folyamathoz szükséges energiát, amely végtermékként eljut a fogyasztóhoz. Ez a folyamat tartalmazza az energiatermelést, -tárolást, illetve -szállítást és minden egyes energiahordozó esetén külön kerül meghatározásra.

Ezeket a váltószámokat különböző módszertanok alapján lehet meghatározni és minden EU-tagállam szabadon választhatja meg az ideális metódust [4]. A módszerek funkcionális összefüggéseken alapulnak és olyan befolyásoló tényezőket tartalmaznak, mint a földrajzi elhelyezkedés, a területi energiaelosztó rendszer, az időbeli érvényesség, a feldolgozási folyamat és az energiaforrás alapértéke. A politikai stratégiák, illetve az erőforrások rendelkezésre álló mennyisége ugyanakkor fokozzák az ebből fakadó tényezők értékének szubjektívitasát.

2016-ban a Fraunhofer Intézet által készített egyik tanulmány [4] több életciklus-elemzés alapján bemutatja az Európai Unió elektromos áramra jellemző átlagos primer energiatartalmának alakulását a következő években. A dolgozat célja a tagállamok átlagos 2,50-es primerenergia-átváltási tényezőjének újraértékelése volt, amely alapján a becslések szerint 2020 és 2030 között a villamosenergia primer energiatartalma 7,4 – 17,7%-kal redukálódhat (1. táblázat), köszönhetően a nem megújuló primer energiatartalom csökkenő tendenciájának és a megújuló primer energiatartalom növekedésének.

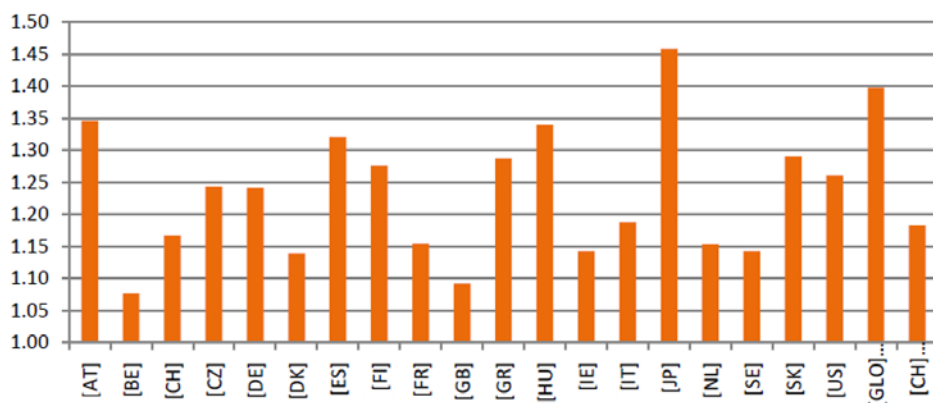
A villamos energia primerenergia-tényezőinek változása különböző életciklus-módszerek alkalmazásával [4]

1. táblázat

Módszer	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1. módszer	2,41	2,37	2,26	2,08	1,87	1,79	1,74
2. módszer	2,41	2,36	2,14	1,90	1,59	1,46	1,35
3. módszer	2,52	2,49	2,38	2,21	2,01	1,93	1,87
4. módszer	2,65	2,61	2,49	2,30	2,09	2,00	1,93

Ugyanez a tanulmány az életciklus-módszerrel számolva meghatározza az EU-tagállamok által alkalmazott primerenergia váltószámokat a fosszilis tüzelőanyagok, a szén, tüzelőolaj és a földgáz esetén is. Ahogy az 2.-es ábrán is látható a földgáz teljes életciklus alapon meghatározott primerenergia-tényezői között jelentős eltérések vannak az országok között, köszönhetően az eltérő politikai és stratégiai ideológiáknak. Ugyanakkor az államoknak ezáltal lehetőségük nyílik előmozdítani a megújuló energiaforrások általi alternatívát, és egy olyan nemzeti stratégiát kialakítani, amelyben fokozatosan visszaszorítják a földgáz és más fosszilis energiaforrások használatát [5].

Romániában a primerenergia-átváltási tényezők értékeit az energiaforrás típusának függvényében az MC 001/2006-os módszertan határozza meg [6], így az elektromos áram primerenergia váltószáma 2,62 és a földgáz együtthatója pedig 1,17.



2. ábra

A földgáz teljes életciklus alapon meghatározott primerenergia-tényezője különböző országokban [4]

A villamos energia és a földgáz primerenergia-átalakítási tényezőinek aránya 2,24 és döntő tényezőként bír a tanulmányozott oktatási épület fűtésére és melegvíz-előállítására szolgáló rendszer típusának meghatározásához. A választás az elektromos hőszivattyúk és a gáztüzelésű kondenzációs kazánok közül nem utolsó sorban ezek hatékonyságától is függ. A primer energiafogyasztás szempontjából tehát a hőszivattyúk használata akkor válik előnyössé, ha az átlagos teljesítmény-együtthatójuk meghaladja a két típusú átalakítási tényezőinek az arányát.

A nem lakóépületeknél, jelenleg az oktatási épület esetében a fűtés maximális fajlagos primer energiaigénye 123 kWh/m²év lehet.

3. AZ ENERGIAHATÉKONY OKTATÁSI ÉPÜLET

A nagyszalontai Arany János Elméleti Líceum új épületszárnya (3. ábra) egy négy szintes, 3496 m² hasznos felülettel rendelkező létesítmény, amelynek az egyik meghatározó tulajdonsága a magas energiahatékonysága, vagyis meglehetősen alacsony energiaszükséglettel bír, minimálisra csökkentve ezáltal a működtetéséhez szükséges anyagi költségeket. Annak érdekében, hogy az épület megfelelő energiahatékonysági mutatókkal rendelkezzen a passzív házak [7] által előírt követelményei, illetve a közel nulla energiaigényű (KNE) épületek [8] energetikai jellemzői voltak alkalmazva.



3. ábra

A nagyszalontai Arany János elméleti liceum új épületszárnya

Az épület függőleges térelhatároló elemeit egy 25 cm vastag pórusbeton téglafal és 15 cm vastag közetgyapot alkotja, a hőszigetelő búrok kialakítása biztosítja a folytonosságot és a további térelhatároló elemekkel való megfelelő csatlakozást. A nyílászárók túlnyomó többségében 6 kamrás 92 mm-es műanyag profilokból, illetve 52 mm vastag 3 rétegű üvegszerkezetből állnak. A talajon fekvő 13 cm vastag vasbeton padló szigetelése egy 20 cm-es XPS polisztirollal és egy 3 cm vastag EPS polisztirollal történt. A padlásfödém, illetve a főbejárat földszinti beugró esetén 25 cm vastag közetgyapot volt használva, úgy, hogy a termikus burok folytonossága a vasbeton tartógerendák körül is biztosítva legyen. Mivel a hőhidak megszüntetése és limitálása pozitív hatással van az épület energiavesztésére, azon megoldások és részletek, amelyek előre mozdítják a hőhidmentes épületszerkezet kialakítására prioritást élveztek a tervezésében.

A fűtéshez, hűtéshez és melegvíz-előállításához szükséges energiaforrás két integrált reverzibilis hőszivattyú használatával történik (4. ábra), amelyek magas teljesítményegyütthatójuknak (COP) köszönhetően megfelelő technikai megoldást biztosítanak az energiaszükséglet előállításában [9]. A két típusú hőszivattyú működtetése elektromos árammal történik és úgy a víz-víz, mint a talaj-víz berendezés 75 kW-os teljesínnel rendelkezik. A szivattyúk COP értéke a téli időszakban 3,20 amikor az energiahordozó hőfoka 45°C, a talaj hőmérséklete pedig 10°C; a nyári hónapokban amikor a hőfok csupán 10°C-os a teljesítményegyüttható eléri az 5,40-et. Abban az esetben amikor a hőszivattyúk 55°C-os melegvizet állítanak elő a COP értéke 2,82.



4. ábra

A hőszivattyúk osztó-gyűjtő pontjai és fővezetékei

A víz-víz típusú hőszivattyúk működési elve magába foglalja a mélyfűrésben található magas hőmérsékletű víz extrakcióját a talajból, a hőcserélőket, amelyek segítségével a víz energiáját továbbítani lehet a fűtés- vagy hűtésrendszerbe, és egy további fűrészt, amin keresztül az elhasznált víz visszakérül a talajba. A talaj-víz típusú hőszivattyúk esetében a megfelelő mélységben levő fűrészeket eszközölnék, amikbe U formájú polietilén csöveket helyeznek be, biztosítva ezáltal geotermikus energia továbbítását a hőcserélőkhöz.

A friss levegő biztosítása érdekében mechanikus hővisszanyerő szellőzés rendszer működik, ahol keresztáramú hőcserélő előmelegíti vagy előhűti a befűjandó friss levegőt, csökkentve ezáltal a szellőztetéshez szükséges energiát, és növelve az épület hatékonyságát. A beltéri világításhoz szükséges energia redukálása érdekében az épület teljes világítóberendezéseit LED fényforrások adják.

4. VÉGSŐ- ÉS PRIMERENERGIA-FOGYASZTÁS

Az iskola által felhasznált primerenergiát (E_p) az energiaforrásoknak megfelelően a végsőenergia szükséglet és a primerenergia-átváltási tényezők (f_p) szorzata adja.

Annak érdekében, hogy az épület technikai megoldása, amelyben a fűtéshez és a melegvíz-előállításához használt hőszivattyúk bizonyosságot nyerjenek, egy alternatív lehetőség került szóba. Ebben az esetben a fűtés és melegvíz-előállítására gáztüzelésű kondenzációs kazánok szolgáltak, a hűtéshez, mechanikus szellőztetéshez, illetve a világítási berendezésekhez pedig, hasonlóan az első variánshoz, villamosenergia szolgál.

Az épület végső energiafogyasztása különböző energiaforrások esetén

2. táblázat

Energiaforrás	Fűtés	Melegvíz előállítás	Hűtés	Szellőzés	Világítás	Végső energiafogyasztás
	[kWh/m ² év]					
Hőszivattyúk	17,85	13,12	4,35	9,07	3,61	48,02
Gázkazánok	43,79	37,51	6,50	34,00	3,61	125,41

Az épület primer energiafogyasztása különböző energiaforrások esetén

3. táblázat

f_p Fűtés + Melegvíz	f_p - Hűtés + Szellőzés + Világítás	Végső energiafogyasztás [kWh/m ² év]	Primer energiafogyasztás [kWh/m ² év]
2,62	2,62	48,02	125,81
1,17	2,62	125,41	210,69

Az épület energiafogyasztásának döntő hányadát a fűtés és a melegvíz előállítása képviseli. A légttechnikai berendezés magas fogyasztása az állandó használatának, illetve az előfűtő és -hűtő rendszer időszakos alkalmazásának köszönhető.

A végső és primerenergia fogyasztás a hőszivattyúk esetében lényegesen alacsonyabb, mint a gáztüzelésű kazánoké, elsősorban a berendezések magas hatékonysága következtében. Ebben az esetben az épület a kezdeti változatban kevésbé függ a felhasznált primerenergia mennyiségétől, annak ellenére, hogy a villamos áram primerenergia-tényezője, amely 2,62 lényegesen magasabb a földgáz 1,17-es váltószámához képest.

5. A PRIMER ENERGIAFOGYASZTÁS IDŐBELI ALAKULÁSA

Az oktatási épület primer energiafogyasztásának időbeli alakulását a villamos energia ($f_{p,el}$) és a földgáz ($f_{p,gaz}$) primerenergia váltószámai szabják meg. Ezen tényezők variációja a Fraunhofer Intézet által végzett tanulmány [4] eredményeire támaszkodnak.

A figyelembe vett villamos energia váltószámok ($f_{p,el}$) éves csökkenését a 2020 és 2030 közötti négy számítási módszer szélsőséges különbségei határozták meg, és az így kapott éves százalékos csökkenés értékei 0,70%, illetve 1,50%. A földgáz váltószáma ($f_{p,gaz}$) 0,25%-os növekedésben lett megszabva, amely a megújuló energiaforrások folyamatos kiaknázásának és globális elmozdításának, illetve a meglévő fosszilis energiaforrások korlátozott mennyiségének a számlájára írható.

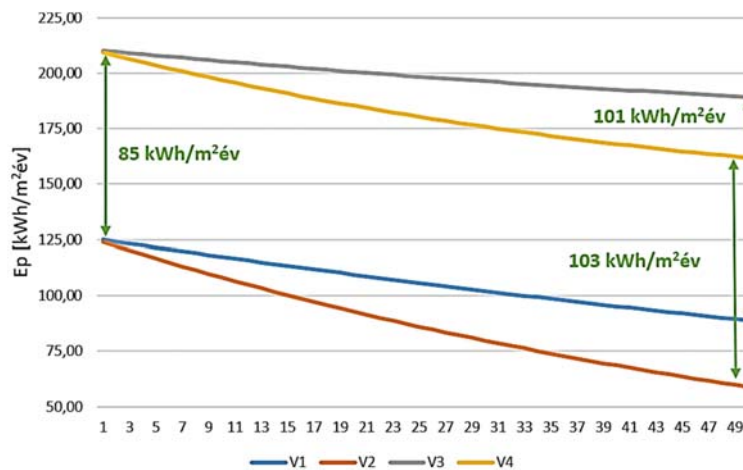
A primerenergia fogyasztás időbeli alakulásához négy épület típus került elemzés alá: az első egy pesszimista, 0,7%-os csökkenéssel számol, ahol az épület fűtése és melegvíz-előállítása a hőszivattyúk segítségével történik; a V2-es elemzés a hőszivattyúkat megtartva egy optimista primerenergia-átváltási tényező csökkenéssel kalkulál, a V3 és V4-es esetekben megtartva egy pesszimista és egy optimista százalékos csökkenést a váltószámoknál, a hőszivattyúkat a gázkazánok váltják le.

A számításoknál használt energiafogyasztások és paraméterek értékei a 4. táblázatban találhatóak. Az elemzés során minden esetben a végső energiaszükséglet értéke változatlan maradt, és az így kapott primer energiafogyasztások 50 éves időbeli változása a 4. ábrán található.

A négy esettanulmány beviteli értékei az energiafogyasztás időbeli alakulásához

4. táblázat

Variáns	Energiaforrás	Villamos energiafogyasztás [kWh/m ² év]	Gázfogyasztás [kWh/m ² év]	Százalékos csökkenés $f_{p,el}$ [%]	Százalékos növekedés $f_{p,gaz}$ [%]
V1	Hőszivattyúk	48,02	-	0,70%	-
V2	Hőszivattyúk	48,02	-	1,50%	-
V3	Gázkazánok	44,11	81,30	0,70%	0,25%
V4	Gázkazánok	44,11	81,30	1,50%	0,25%



4. ábra

A primer energiafogyasztás időbeli alakulása

Az átváltási tényezők időbeli variációja folytán a kezdeti 85 kWh/m²év primer energiafogyasztás különbség a hőszivattyúk és a gázkazánok között az 50 éves időintervallum alatt 101-103 kWh/m²év-re gyarapodott. Habár a földgáz primerenergia-átváltási tényezője folyamatosan nő, abban az esetben is csökken a primerenergia fogyasztás amikor az épületek fűtéséhez és melegvíz-előállításához gázkazánokat használnak, mivel a végső energiafelhasználás egy része (a hűtés, szellőzés és világítás) ugyancsak a villamosenergiától függ, amelynek a váltószáma évente redukálódik. Mind a négy változat esetében a primer energiafogyasztás folytonos csökkenésével kell számolni, köszönhető ez a villamos energia előállításában egyre nagyobb teret nyerő megújuló energiahordozóknak, felborítva ezáltal a fosszilis energia és a nem fosszilis energia közötti arányokat.

6. KONKLÚZIÓK

Az olyan energiahatékony épületek, melyeknek az energiaforrásai magas hozammal rendelkeznek és a földgáz helyett a villamosenergiára támaszkodnak, mint energiahordozó, ideális megoldást jelentenek a létesítmények végső- és primer energiafogyasztásának csökkentésére.

Tekintettel arra, hogy a jelenlegi irányelvek az épületek energetikai osztályozását a primer energiafogyasztás alapján határozza meg, a primerenergia-átváltási tényezők és ezek számításai fontos szerepet játszanak az energiahatékonyság konstruktív megoldásainak érvényesítésében.

HIVATKOZÁSOK

- [1] European Commission (EC), EU energy in figures, Statistical pocketbook 2018
- [2] Regulation (EU) 2018/842 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on binding annual greenhouse gas emission reductions by Member States from 2021 to 2030 contributing to climate action to meet commitments under the Paris Agreement and amending Regulation (EU) No 525/2013
- [3] Radu Dudău, Creșterea eficienței energetice în clădiri în România: provocări, oportunități și recomandări de politici, Energy Policy Group, September 2018
- [4] Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Review of the default primary energy factor (PEF) reflecting the estimated average EU generation efficiency referred to in Annex IV of Directive 2012/27/EU and possible extension of the approach to other energy carriers, May 2016
- [5] Boros I., Tănasă C., Stoian V., Dan D., „Life cycle assessment and life cycle cost analysis of a nearly zero energy residential building, a case study”, Environmental Engineering and Management Journal, Vol. 16, No. 3, pp. 695-704
- [6] Mc001/1–2006: Methodology for calculation of energy performance of building. The building envelope.
- [7] Passipedia – The Passive House Resource. <https://passipedia.org/> (letöltve: 2020. december 20.).
- [8] The Buildings Performance Institute Europe (BPIE), Nearly Zero-Energy Buildings Definitions Across Europe, April 2015
- [9] Boros I., Stoian D., Stoian V., Nagy-György T., „Energy efficient school building HVAC systems monitoring plan”, Journal of Applied Engineering Sciences, vol. 6 (19), issue 2/2016, pp. 15-20, 2016

A vasúti sín acélminőség kiválasztási kritériumai a hatályban lévő európai szabványok szerint

The Selection Criterias of the Railway Rail Steel Grade According to the Prescriptions of the European Standards in Force

Dr. ORBÁN Zsolt László¹, Dr. KÖLLŐ Gábor¹, Drd. GOCICĂ Marius¹

¹Kolozsvári Műszaki Egyetem
Observatorului utca, 72-74 sz., 400363 Kolozsvár

ABSTRACT

Increasingly stringent railway operating requirements and the trend towards increasing travel speeds necessitate significant modernization of railway lines.

As the rail is one of the most important parts of the railway superstructure, it was essential to develop a European standard that would address the quality requirements of the railway rail and at the same time introduce new performance requirements for the steel quality of the railway rail.

In the present dissertation, we will deal with the selection criteria for the steel quality of railway rails, as well as the requirements related to rail quality assurance and control.

Keywords: railway rail, steel quality, railway rail quality assurance and control, rail steel grades, criteria for choice.

KIVONAT

Az egyre szigorúbb vasúti üzemeltetési követelmények, valamint az utazási sebesség növelésének tendenciája a vasúti vonalak jelentős korszerűsítését teszi szükségessé.

Mivel a sín a vasútfelépítmény egyik legfontosabb része, elengedhetetlen volt egy olyan európai szabványt kidolgozni, amely a vasúti sín minőségi követelményeivel foglalkozzon és ugyanakkor új teljesítménykövetelményeket vezessen be a vasúti sín acél minősége tekintetében.

A jelen dolgozatban a vasúti sín acélminőségének kiválasztási kritériumaival, valamint a sín minőségbiztosításával és ellenőrzésével kapcsolatos követelményeivel fogunk foglalkozni.

Kulcsszavak: vasúti sín, acélminőség, sín minőségbiztosítása és ellenőrzése, sín acélminősége, megválasztási kritérium.

1. BEVEZETÉS

Az európai vasutak üzemeltetésének jelenlegi folyamatát a járművek sebességére és tengelyterhelésére vonatkozó követelmények folyamatos növekedése jellemzi, valamint a vágány teherbíró képességének biztosítását a mozgásban lévő járművek által okozott terhelésekkel szemben. Ebből a szempontból Romániának igazodnia kell a jelenlegi tendenciákhoz azáltal, hogy megközelíti a nemzeti vasúti hálózat integrálását a meglévő európai hálózatba.

E követelmények alapján országunkban több vasút-rehabilitációs munka indult, melyek magukba foglalják a vasúti infrastruktúra helyreállítását / korszerűsítését és fő céljuk az, hogy lehetővé tegyék a személyszállító vonatok sebességnövekedését 160 km/h-ra, valamint a tehervonatok sebességnövekedését 120 km/h-ra. A finanszírozást az Európai Bizottság 85%-ban biztosítja kohéziós alapon, a megmaradt 15%-ot pedig a Román Állam biztosítja az állami költségvetésből származó pénzzel. E projektek célkitűzései a következők:

- a forgalmi kapacitás növelése és az utazási idők csökkentése;
- egy modern, interoperabilis infrastruktúra kialakítása az európai szabványoknak megfelelően;
- a román vasúti hálózat integrálása az európai közlekedési hálózatba. [1]

Mivel a sín a vasút fontos eleme a mozgó járművek irányításában és fentartásában, a jelen dolgozatban a vasúti sín acélminőségének kiválasztási kritériumaival, valamint a sín minőségbiztosításával és ellenőrzésével kapcsolatos követelményeivel fogunk foglalkozni.

2. AZ ÚJ EURÓPAI SZABVÁNY KÖVETELMÉNYEI

A korszerű vasúti sínek gyártási technológiája és üzemeltetése egy új megközelítést, illetve új javaslatokat igényeltek a vasúti sínek gyártásával és kiszállításával foglalkozó európai szabványok tartalmával kapcsolatosan. Ekképpen az EN 13674 szabványsorozat áttekintést ad az új minősítési kritériumok és az elfogadási tesztek követelményeiről. Hazánkban e szabványsorozat a következő részekből áll:

- SR EN 13674-1+A1:2017 -Vasúti alkalmazások. Vasúti pálya. Sín. 1. rész: Legalább 46 kg/m-es nagyvasúti sín.
- SR EN 13674-2:2020 - Vasúti alkalmazások. Vasúti pálya. Sín. 2. rész: A 46 kg/m-es és e fölötti folyómétersúlyú Vignole-sínrendszerű pályák kitérőiben és vágányátszeléseiben használt sínek.
- SR EN 13674-3+A1:2011 - Vasúti alkalmazások. Vágányfektetés. Sín. 3. rész: Vezetősínek.
- SR EN 13674-4:2019 - Vasúti alkalmazások. Vasúti pálya. Sín. 4. rész: A 27 kg/m-es és e fölötti, de a 46 kg/m-esnél kisebb nagyvasúti sínek. [2]

Az SR EN 13674-1+A1:2017 szabvány két fő megosztottságát a minősítő és az elfogadási tesztek jelképezik. A korábbi nemzeti szabványokhoz képest, a minősítőtesztek új teljesítménykövetelményeket vezetnek be mint például a törésállóság. A vasúti vágányok elfogadására vonatkozó vizsgálatokat a szabvány által meghatározott gyakorisággal, speciális laboratóriumokban végzik. A legfontosabb elvégzendő vizsgálat a folyékony acél kémiai összetételének meghatározása. További vizsgálatok a sín mikrostruktúrájának ellenőrzésével, széntelenítéssel, keménységmérésével foglalkoznak.

Az átvételi tesztek fontos kritériuma a keménységmérés a sín futófelületének tengelyében mivel ez a jellemző határozza meg a sín acéljelének megnevezését, amint a következő táblázatból is kiderül.

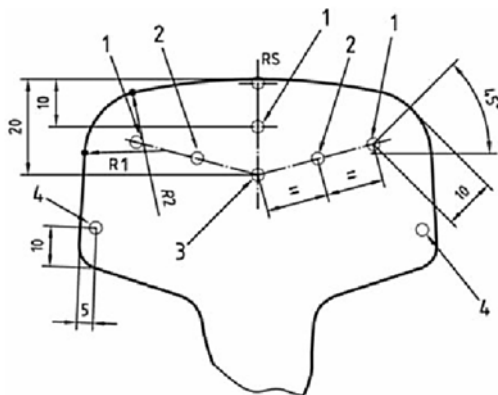
Vasúti sínek acélminősége

1. táblázat

Acéljel megnevezése	Futófelület HBW keménysége	Leírás	Törésállóság minimális értéke K_{Ic} [MPa m ^{1/2}]		Jelölés	Szakítószilárdság Rm Min. [MPa]	Nyúlás A5 Min. [%]
			Egyéni	Átlag			
R200	200-240	Nem ötvözött (C-Mn) Kezelt	30	35	Nincs jelölés	680	14
R220	220-260	Nem ötvözött (C-Mn) Kezelt	30	35	-----	770	12
R260	260-300	Nem ötvözött (C-Mn) Kezelt	26	29	-- -----	880	10
R260Mn	260-300	Nem ötvözött (C-Mn) Kezelt	26	29	----- -----	880	10
R320Cr	320-360	Ötvözött (1%Cr) Nem kezelt	24	26	----- ----- -----	1080	9
R350HT	350-390	Nem ötvözött (C-Mn) Hőkezelt	30	32	-- -----	1175	9
R350LHT	350-390	Nem ötvözött (C-Mn) Hőkezelt	26	29	-- -----	1175	9
R370CrHT	370-410	Ötvözött (C-Mn) Hőkezelt	26	29	-- ----- -----	1280	9
R400HT	400-440	Nem ötvözött (C-Mn) Hőkezelt	26	29	----- -----	1280	9

Amint a táblázatban is látható, a sínacélok krómmal történő ötvözése során a nagyobb keménységű króm-karbid megjelenése, növeli a sínanyag keménységét, illetve kopásállóságát [3].

A sínacélok keménységének, valamint szilárdságának növelése hőkezeléssel is elérhető. Az SR EN 13674-1+A1:2017 szabványban feltüntetett sínacéloknak a keménysége 200 és 400 HBW közötti értékek, ellenben a 350 HBW fölötti előírt keménység értékeket csak hőkezeléssel lehet elérni. A hőkezelt sínek esetében nem ajánlott meghaladni az előírt keménység maximális határát, ha pedig ez mégis megtörténik, a sín elfogadásra kerül azzal a feltétellel, hogy a mikrostruktúrája perlitese legyen és a keménysége ne haladja meg 15 HBW-vel a maximális előírt értéket. Ugyanakkor a szabvány előírásának megfelelően, a hőkezelt síneknél a keménység mérése négyvel több pontban történik amint az alábbi ábrában látható.



1. ábra
Keménységmérési pontok [4]

RS – keménység mérési pont a sín futófelületén, érvényes minden típusú sínre
1, 2, 3 és 4 – további keménység mérési pontok a hőkezelt sínek esetében.

A sínprofiloknak, méreteknek, tulajdonságoknak és lineáris tömegeknek meg kell felelniük az SR EN 13674-1+A1:2017 szabvány előírásainak. A szabvány 24 különböző profilú vasúti sint tartalmaz, amelynek lineáris tömege 46-60 kg/m között van, feltüntetve a sínprofilok régi megnevezését is, amint az alábbi táblázatban szemlélhető.

Vasúti sínprofilok

2. táblázat

Sínprofil	Előző sínprofil
46E1	SBB I
46E2	U33
46E3	NP 46
46E4	46 UNI
49E1	DIN S49
49E2	S49 T
49E5	-
50E1	U50E

Sínprofil	Előző sínprofil
50E2	50EB-T
50E3	BV 50
50E4	UIC 50
50E5	50 UNI
50E6	U 50
52E1	52 RATP
54E1	UIC 54
54E2	UIC 54 E

Sínprofil	Előző sínprofil
54E3	DIN S54
54E4	-
54E5	54E1AHC
54E6	-
55E1	U55
56E1	BS 113lb BR
60E1	UIC 60
60E2	-

3. A VASÚTI SÍN ACÉLMINŐSÉG KIVÁLASZTÁSI KRITÉRIUMAI

Napjainkban a forgalom növekedése, a tengelyterhelések és a forgalmi sebesség szükségessé teszi az acél olyan minőségének kiválasztását, amely megfelelően reagál a követelményekre. De az acél minőségének megválasztásának kritériumait nemcsak a helyi viszonyok (igények) fényében kell elemezni, hanem a fenntartási költségek és a megfelelően elvégzett gazdasági értékelés szempontjából is.

A romániai vasút-rehabilitációs munkák többségében a vasúti vágányok leggyakrabban használt acélminőség az R260 acél mint alapfelszereltség, illetve az R350HT acél a bizonyos igényekkel jellemezhető vasútpályákon.

Ekképpen az acél bizonyos minőségét helyi paraméterek szabják meg, amelyek befolyásolják a vasúti sín kopását, illetve egyéb hibák kialakulását. Ezek a paraméterek a következőkhöz kapcsolódnak:

- a vasúti körívek sugara (oldalirányú kopás szempontjából, futófelület hiba kialakulási szempontból stb.). A romániai vasúti rehabilitációs munkálatokon belül a 60E1 típusú, R260 acélból készült sín kerül beépítésre az 500 m-nél nagyobb sugarú íveknél, valamint az 500 m alatti sugarakhoz a 60E1 típusú R350 HT hőkezelt sínt alkalmazzák;
- a pályaszakasz éves forgalma;
- a vasút hosszanti lejtése;
- a maximális megengedett sebesség vasúti ívekben, illetve a túlemelés értéke;
- a vonalat használó járműtípusok és a tengelyterhelések.

A vasúti karbantartási módszerek fontos szerepet játszanak a vasúti acél minőségének megválasztásában. A sínek bizonyos acélminőségének megválasztásával járó költségek jelentősen csökkenthetők, ha ezeket a karbantartási munkákat helyesen és időben hajtják végre. A pálya kenése kis sugarú körívekben gyakran alkalmazott módszer az oldalirányú kopás megelőzésére. Egy másik módszer, amellyel meghosszabbítható a sín élettartama, az a polírozása, megakadályozva a hibák megjelenését és késleltetve azok kialakulását, amelyek a kerék-sín kölcsönhatás eredményeként már megjelentek.

Az acélminőségének megválasztásában kulcsfontosságú tényező a beszerzési költség, valamint a karbantartási költség. Nagyon fontos elemezni, hogy a hőkezelt vagy krómozott sín beszerzési költségét ellensúlyozza-e a hosszabb élettartam vagy az alacsonyabb karbantartási költség. Kis sugarú körívekben vagy nagy terhelésnek kitett vonalakon a vasúti sínek hosszabb élettartamot, tehát magasabb jövedelmezőséget érnek el, ha 350 HT vagy 350 LHT minőségű hőkezelt síneket, vagy az acéltövezetben króm hozzáadásával gyártott 320 Cr síneket használunk [5].

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Az egyre szigorúbb vasúti üzemeltetési követelmények, valamint az utazási sebesség növelésének tendenciája a vasúti vonalak jelentős korszerűsítését teszi szükségessé. Ez volt az alapja a vasúti sínek minőségére vonatkozó új európai szabvány kidolgozásának is, amely új teljesítménykövetelményeket vezet be a vasúti sín acél minősége tekintetében, a vasúti forgalom fokozott biztonságának elérése érdekében.

A szabvány két jelentős részt mutat be, nevezetesen a vasúti sínek minősítési és elfogadására vonatkozó tesztjeit. A vasúti sínek elfogadására vonatkozó tesztjeivel ellenőrizni kell az acél előírt tulajdonságait. Ennek az európai szabványnak az a sajátossága, hogy az acéljelek nevét megváltoztatták, és a referencia már nem az acél szakítószilárdsága, hanem a futófelület minimális keménysége.

Az acélminőség meghatározásának kritériumai olyan szempontok szerint vannak csoportosítva, amelyek figyelembe veszik a helyi viszonyokat, a pályafenntartási munkálatokat, valamint a sín teljes műszaki élettartamát gazdasági és biztonsági feltételeket figyelembe véve. Következtetésképpen állíthatjuk, hogy mind a műszaki, mind a gazdasági szempontokat mérlegelni kell a döntés meghozatalakor.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Proiect Măsura ISPA 2003/RO/P/PT/007 „Reabilitarea liniei de cale ferată București – Braşov, secţiunea Câmpina – Predeal” - <http://www.cfr.ro/files/proiecte/ISPA>
- [2] Organismul Naţional de Standardizare ASRO
- [3] Bollobás J, Nagyvasúti sínek gyártása (3. rész) – Korszerű sínminőségek előállításának technológiája, Sínek világa, 2016 / 2.szám.
- [4] SR EN 13674-1+A1:2017 - Vasúti alkalmazások. Vasúti pálya. Sín. 1. rész: Legalább 46 kg/m-es nagyvasúti sín.
- [5] I. Vitez, D. Krumes, B. Vitez – UIC Recommendations for the use of rail steel grades – Metalurgija 44 (2005) 2

Hagyományos- és feszített öszvérszerkezetű hidak számítása L=45m

Calculation of conventional- and prestressed composite bridges L = 45m

MOLNÁR Lajos, doktorandusz

Kolozsvári Műszaki Egyetem – Közlekedésépítő szak

ABSTRACT

The material describes the theoretical approach to the calculation of conventional- and prestressed composite bridge structures and its use through practical examples

Keywords: civil engineering, steel-concrete composite bridges, tensioning

KIVONAT

Az anyag ismerteti a hagyományos- és feszített öszvérszerkezetű hidak számításának elméleti megközelítését és ezen felhasználását gyakorlati példákon keresztül

Kulcsszavak: közlekedésépítés, öszvérszerkezetű hidak, feszítések

1. BEVEZETÉS

Célunk a hagyományos acél-beton öszvérszerkezetű hidak fel-szerkezete súlyának és magasságának csökkentése, ezáltal csökkentve az alapok méretét valamint a felhajtók töltés magasságát, kábel, rúd felhasználásával külső feszültségeket vezetve az öszvérszerkezet szerkezeti acél elemébe.

A következőkben a hagyományos, minimális költségekkel legyártott hengerelt I tartókat felhasználva, mutatjuk be a szerkezeti elemek legyártásával és a híd építésével kibocsájtott szén-dioxid mennyiség csökkenését az új technológia felhasználásával.

2. AZ ÖSZVÉRSZERKEZETŰ TARTÓK SZÁMÍTÁSÁHOZ HASZNÁLT MÓDSZEREK BEMUTATÁSA

A számítási módszerek kialakításakor a következő lépéseket veszik figyelembe:

a). meghatározzuk a karakterisztikus és a számítási hatásokat:

- közvetlen hatások: a karakterisztikus hatások értéke megegyezik a terhelések névleges értékeivel a szabványok figyelembevételével;
- közvetett hatások: hosszú ideig tartó állandó vagy ideiglenes alakváltozások - a támaszok elmozdulásai, az acélgerenda előhajlításának deformációi, a beton összehúzódása, a beton lassú folyása- illetve ideiglenesen, rövid ideig tartó hőmérsékletváltozások.

b). módszer:

- A kompozit szerkezetű hidakhoz ajánlott, a Megengedett Szilárdság Módszere, a felhasznált anyagok rugalmas viselkedésén alapul, és ezt a következő módon hajtják végre:
 - a normál egység feszültségek ellenőrzése rövid, illetve hosszú távú hatásokra
 - a tangenciális egység feszültségek ellenőrzése,
 - ismételt terhelések ellenőrzése,
 - kiszámítják a hajlítási alakváltozásokat.
- A polgári és ipari építményekhez ajánlott, a Határállapot Módszer, a felhasznált anyagok rugalmas-plasztikus viselkedésén alapul, és a következőket végzik:
 - ellenőrzés a teherbírás határállapotánál - ellenállás, alakstabilitás, fáradtság-
 - hitelesítés a működési határállapotnál - lehajlás, specifikus kritikus alakváltozás-

3. A FESZÍTÉS ALKALMAZÁSA AZ EUROCODE SZERINT

A modern európai tervezési keretben az EUROCODE, nevezetesen az EC4 - öszvér acél / beton kompozit szerkezetek, nem utal az előfeszítés vagy az utófeszítés lehetőségének alkalmazására. Az egyetlen mód az EC3.1.11 – feszítés alatt álló elemekkel ellátott (fém) szerkezetek tervezése – figyelembevétele, ezek a követelmények főleg a feszített kábelekre / rudakra vonatkoznak, amelyeket fém vagy vegyes / kompozit szerkezetű hidakhoz használnak a pályalemez alátámasztására (függesztett vagy ferdekábeles hidak esetében).

A feszített kábeleket a következők szerint ellenőrzik:

3.1. Teherbírási határállapot (ULS)

3.1.1. Húzott rudas rendszerek

A húzott rudas rendszereket teherbírási határállapotra általában a felhasznált acél típusától függően az EN 1993-1-1 vagy az EN 1993-1-4 szerint kell megtervezni.

3.1.2. Feszítőrudak, valamint B és C osztályú elemek

(1) P Teherbírási határállapotban a következőt kell igazolni:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} < 1 \quad (3.1)$$

ahol:

F_{Ed} a kötélben fellépő húzóerő tervezési értéke;

F_{Rd} a húzási ellenállás tervezési értéke.

(2) A húzási ellenállás F_{Rd} tervezési értékét általában a következőképpen kell felvenni:

$$F_{Rd} = \min \left\{ \frac{F_{uk}}{1,5 \gamma_R}; \frac{F_k}{\gamma_R} \right\} \quad (3.2)$$

ahol:

F_{uk} a szakítóerő karakterisztikus értéke;

F_k a húzott elem névleges folyáshatárához tartozó erő karakterisztikus értéket;

γ_R a parciális tényező.

1. Megjegyzés: Az F_{uk} a húzószilárdság karakterisztikus értékéhez tartozó erő.

2. Megjegyzés: Az F_k figyelembevételével végzett ellenőrzés biztosítja, hogy az elem rugalmas marad, ha a hatások elérik a tervezési értéküket. Az olyan elemek (pl. zárt spirális kötelek) esetén, melyekre $F_k \geq F_{uk}/1,5$, ezt az ellenőrzést nem szükséges elvégezni.

3. Megjegyzés: Az átvételi vizsgálatok során azt igazolják, hogy az F_{uke} és az F_{ke} mért értékek kielégítik-e a következő követelményeket:

$$F_{uke} > F_{uk}, \quad F_{ke} > F_k.$$

4. Megjegyzés: A γ_R parciális tényező értéke a nemzeti mellékletben írható elő. Az érték attól függ, hogy a kötélvégeknél alkalmaznak-e a kábel elfordulásából származó hajlítónyomatékokat csökkentő be rendezéseket,

(3) Feszítőrudak és C osztályú húzott elemek esetén a szakítóerő karakterisztikus értéke általában a következőképpen határozható meg:

$$F_{uk} = A_m f_{uk} \quad (3.3)$$

ahol:

A_m a fémkeresztmetszet;

f_{uk} a feszítőrúd, a huzal vagy a (feszítő) pászma húzószilárdságának karakterisztikus értéke a vonatkozó szabvány szerint.

(4) A B osztályú húzott elemek esetén az F_{uk} általában a következőképpen határozható meg:

$$F_{uk} = F_{min} k_e \quad (3.4)$$

ahol:

F_{min} értéke az EN 12385-2 szerint a következő:

$$F_{min} = \frac{K d^2 R_r}{1000} [kN] \quad (3.5)$$

ahol:

K a sodrási veszteséget figyelembe vevő minimális szakítóerő tényező;

d a kötélnévleges átmérője [mm];

R_r a kötélzilárdsági osztály [N/mm^2];

k_e a veszteségtényező.

3.2. Használhatósági határállapot (SLS)

3.2.1. Használhatósági követelmények

(1) A következő használhatósági követelményeket kell figyelembe venni:

1. Alakváltozások vagy rezgések;

2. Rugalmas állapot üzemi körülmények esetén.

1. MEGJEGYZÉS: Az alakváltozásokra és rezgésekre vonatkozó korlátozások egy olyan merevségi követelményt eredményezhetnek, mely a szerkezeti rendszertől, a méretektől, a nagyszilárdságú húzott elemek előterhelésének mértékétől és a csatlakozások megcsúszással szembeni ellenállásától függ.

2. MEGJEGYZÉS: A rugalmas állapot fenntartására és a tartósságra vonatkozó korlátozások a használhatósági teherkombinációkból számított feszültségek legkisebb és legnagyobb értékeivel kapcsolatosak.

(2) A kábel hajlítása miatt a lehorgonyzásban fellépő feszültségek megfelelő eszközökkel (pl. a keresztirányú terhelés felvételére alkalmazott neopren zsámolyokkal) csökkenthetők.

3.2.2. Feszültségkorlátok

(1) Feszültségkorlátok a karakterisztikus teherkombinációra vonatkozóan írhatók elő a következők okokból:

- a feszültségek rugalmas tartományban tartása a vonatkozó tervezési állapotokban az építés vagy az üzemszerű működés során;
- az alakváltozások korlátozása olyan mértékűre, hogy túlzott korróziós veszélyeztetettség, pl. védőcsövek, szilárd kitöltő anyagok megrepedése, hézagok megnyílása stb. miatti intézkedésekre ne legyen szükség, továbbá, hogy korlátozza a bizonytalanságok kedvezőtlen hatásait a fáradásra való tervezés során;
- rugalmas és rugalmashoz közeli szerkezeti válaszokra vonatkozó igazolások teherbírési határállapotban.

(2) A feszültségkorlátokat általában a szakítószilárdság bizonyos hányadában kell megadni, a következők szerint:

$$\sigma_{uk} = \frac{F_{uk}}{A_m} \quad (3.6)$$

lásd a 3.3 összefüggést

1. Megjegyzés: Az f_{const} és f_{SLS} feszültségkorlátok értékeit a nemzeti mellékletben lehet megadni

2. Megjegyzés: A feszültségkorlát a következő összefüggésből származik:

$$f_{const} = \frac{\sigma_{uk}}{1,5 \gamma_r \gamma_f} = \frac{0,66 \sigma_{uk}}{\gamma_r \gamma_f} \quad (3.7)$$

ahol:

$$\gamma_R \times \gamma_F = 1,0 \times 1,1 = 1,1 \text{ rövid időtartamú esetekre;}$$

$$\gamma_R \times \gamma_F = 1,0 \times 1,2 = 1,2 \text{ hosszú időtartamú esetekre.}$$

3. Megjegyzés: A feszültségkorlát a következő összefüggésből származik:

$$f_{SLS} = \frac{\sigma_{uk}}{1,5 \gamma_r \gamma_f} = \frac{0,66 \sigma_{uk}}{\gamma_r \gamma_f} \quad (3.8)$$

ahol:

$$\gamma_R \times \gamma_F = 0,9 \times 1,48 = 1,33 \text{ a hajlításból származó feszültségek figyelembevételével;}$$

$$\gamma_R \times \gamma_F = 1,0 \times 1,48 = 1,48 \text{ a hajlításból származó feszültségek figyelmen kívül hagyásával.}$$

$$\gamma_F \approx \gamma_Q = 1,50 \approx 1,48.$$

4. Megjegyzés: Kísérletek végrehajtása során $f_{SLS} = 0,45 \sigma_{uk}$ feszültségkorlátot alkalmazunk.

3.3. Az erőtani követelmények - EUROCODE 0 szerint

Az erőtani (teherbírési, használhatósági) követelmény teljesülésének vizsgálatára szolgáló kiinduló adatok

a). a teherbírás ellenőrzéséhez (3.1 ábra)

- a hatás F_k , illetve az ellenállás R_k karakterisztikus értékeiből számítható $E_d(ME_d, NE_d, VE_d, TE_d)$ igénybevételek, továbbá a szilárdsági, vagy a másodrendű hatásokból származó stabilitásvesztési ellenállás $R_d(MR_d, NR_d, VR_d, TR_d)$ tervezési értéke,
- a szerkezet helyzeti állékonyságát (elcsúszását, felborulását, felúszását) destabilizáló (E_d, d_{st}), illetve stabilizáló (E_d, stb) állapotjellemzők,
- a fáradás következtében kialakuló törési állapothoz tartozó D_d tönkremeneteli állapotjellemző,
- a tűzállósággal kapcsolatban a TR ellenállás-megmaradási és TE értékmentési idő.

A teherbírési követelmények teljesülnek, ha az

$$E_d(ME_d, NE_d, VE_d, TE_d) \leq R_d(MR_d, NR_d, VR_d, TR_d), \quad (3.9)$$

$$E_d, d_{st} \leq E_d, stb, \quad (3.10)$$

$$D_d \leq 1,0, \quad (3.11)$$

$$TE \leq TR, \quad (3.12) \text{ feltételek teljesülnek.}$$

Megjegyzés: 1) Az MR_d , NR_d , VR_d és TR_d (hajlító nyomaték, normálerő, nyírási erő, csavaró nyomaték) ellenállások képzésének módját a vonatkozó anyagszabványok tartalmazzák.

2) A helyzeti állékonyságra, a fáradási és tűzállósági vizsgálatokra a továbbiakban nem térünk ki, e feladatokkal más kiadványok és az egyes anyagszabványokkal foglalkozó dolgozatok tárgyalják.

b). a használhatóság ellenőrzéséhez

A tehercsoportosítások szerint számítható hatások:

$\sigma E, ser$ - normálfeszültségek,

$y E, ser$ - alakváltozások, eltolódások és

$w E, ser$ - repedésmentességi, repedészáródási vagy repedésmegnyílási állapotjellemzők.

A használhatósági követelmények teljesülnek, ha az állapotjellemzők nem nagyobbak, mint a vonatkozó előírásokban található esztétikai, üzemeltetési, vagy korrózióvédelmi szempontból előírt, a tartós használhatóságot biztosító vonatkozó (σ_{adm} , y_{adm} , w_{adm}) korlátértékek, azaz

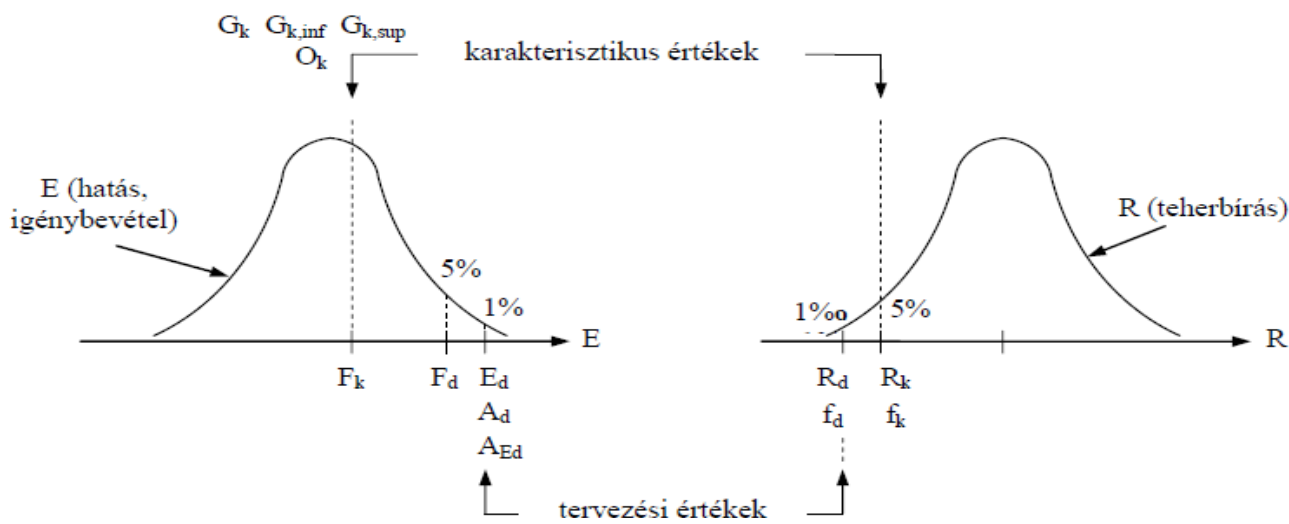
$$\sigma E, ser \leq \sigma_{adm}, \quad (3.13)$$

$$y E, ser \leq y_{adm}, \quad (3.14)$$

$$w E, ser \leq w_{adm},$$

(3.15) feltételek, teljesülnek.

Megjegyzés: A $\sigma E, ser$, $y E, ser$ és $w E, ser$ (a normálfeszültség, alakváltozás, repedéstágasság)



3.1 ábra
A méretezés alapelve

Az ábrában, a fentiekben nem szereplőkön kívüli jelölések:

G_k , - az állandó teher karakterisztikus értéke (50%-os valószínűségi (átlag) érték),

Q_k - a esetleges teher karakterisztikus értéke (adott referencia időszakra vonatkoztatott adott %-os küszöbérték),

F_k - az egyedi hatás karakterisztikus értéke,

F_d (G_d , Q_d) - az egyedi hatás tervezési értéke ($\approx 5\%$),

E_d - a hatás-, vagy teher-csoport tervezési értéke ($\approx 99\%$),

A_d - a rendkívüli hatás (pl. ütközés, rendkívüli meteorológiai hatás (pl. hóteher) tervezési értéke,

A_{Ed} - a földrengési hatás tervezési értéke,

R_k , f_k - a teherbírás, a szilárdság karakterisztikus értéke (5%)

R_d , f_d - a teherbírás, a szilárdság tervezési értéke ($\approx 1\%$)

3.4. Lehajlások

a). Követelmények

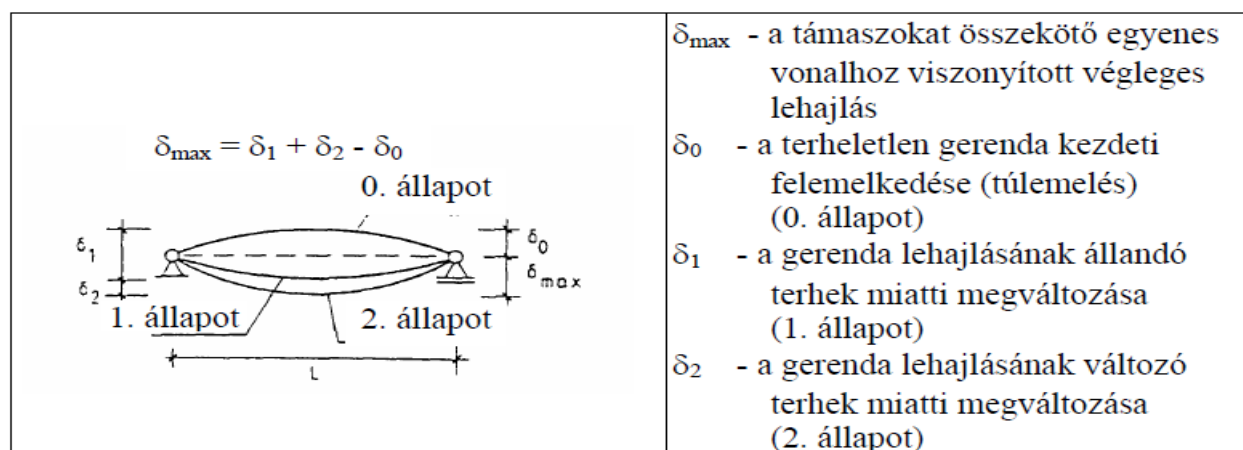
(1) Az acélszerkezeteket és alkotóelemeiket úgy kell kialakítani, hogy a lehajlások azon határon belül legyenek, amelyben a megbízó, a tervező és az illetékes hatóságmegegyezett, és amely megfelel az épület tervezett használatának és használóinak, továbbá az alátámasztott anyagok természetének.

(2) A szabályzatban lévő adatok tapasztalati értékek. Ezek a számítási eredményekkel való összevetés céljára alkalmazandók, így nem értelmezhetők erőtani követelményként.

(3) A lehajlásokat a másodrendű hatásokra és a lehetséges képlékeny alakváltozásokra vonatkozóan tett megfelelő közelítésekkel kell számolni.

b). Határértékek

A függőleges lehajlások alakulását a 3.2 Ábra mutatja.



3.2 ábra

Figyelembe vett függőleges lehajlások

3.5. Kiegyenlítési tényezők / együtthatók

A kiegyenlítési (ekvivalencia) együtthatók megállapításához az EUROCODE 0-ban megadott variációs együtthatókat és variabilitási indexeket kell használni valószínűségi megfogalmazásban.

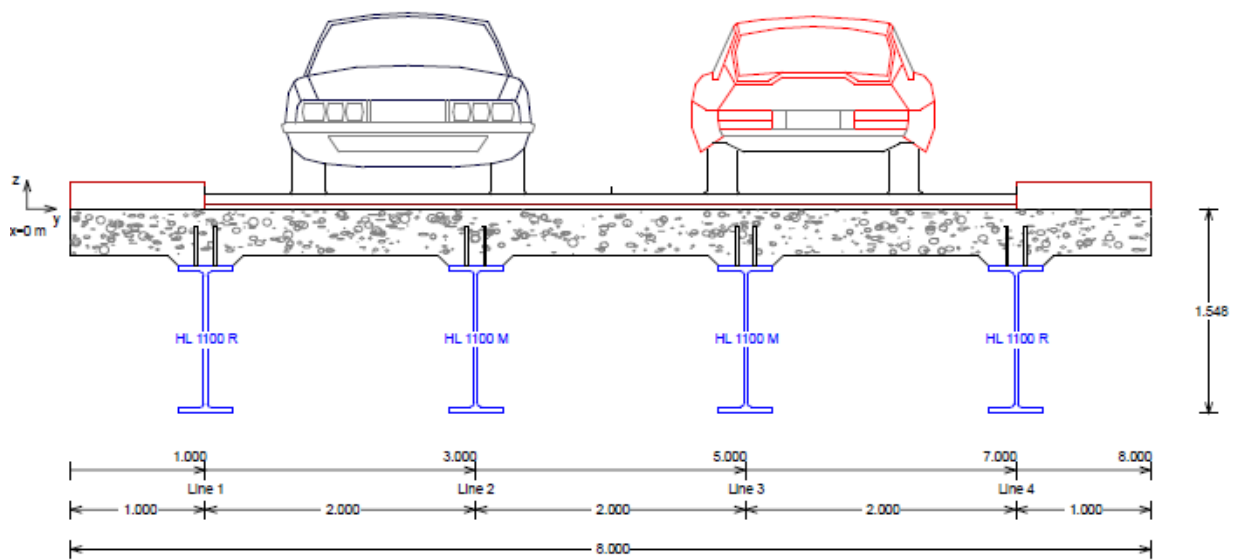
Biztonsági ellenőrzésekre van szükség ahhoz, hogy jelteni lehessen a cselekvések teljes hatását (amely magában foglalja az állandó tevékenységeket is). A biztonsági ellenőrzéseket a következő hipotézisek elfogadásával lehet végrehajtani:

- Gauss eloszlás az ellenálló képesség esetében;
- Gauss eloszlás az állandó terhek esetében;
- Gumble-Max eloszlás változó (hasznos) terhek esetében;
- Ellenálló képesség változási együtthatói 15%
- Szerkezeti súly változási együttható: 10%
- A nem szerkezeti súly változási együttható: 15%;
- Hasznos terhek variációs együtthatója: 25%;
- Biztonsági modell: különbségmodell;
- Megbízhatósági index $\beta = 3,80$ az Eurocode-ban;
- A meghibásodás valószínűsége (Eurocode 0), $P_f = 10^{-4}$.

4. ÖSZVÉRSZERKEZETŰ HIDAK FELSZERKEZETÉNEK IGÉNYBEVÉTELE

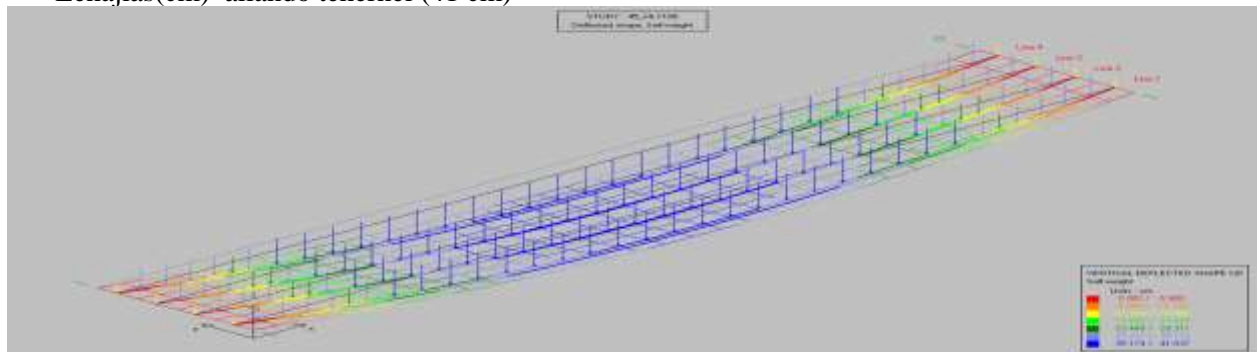
4.1. 4 db. acéltartós hagyományos öszvérszerkezetű híd

Az - $L=45,0$ m $B= 8,0$ m, 2x HL1100R(külső) + 2x HL1100M(belső) tartó, $L=35$ m, 380x45 mm acél alsó talp vastagítással Histar S460 (ArcelorMittal) minőséggel ($\varnothing 22 \times 250$ mm függőleges csapolással) valamint C40/50, 35 cm vastag ($\varnothing 20$ mm vasalással) öntött beton lemez 8 cm ékeléssel - felszerkezetű híd előméretezéséhez az ACOBRI 5.08 előméretező programot használtuk.:



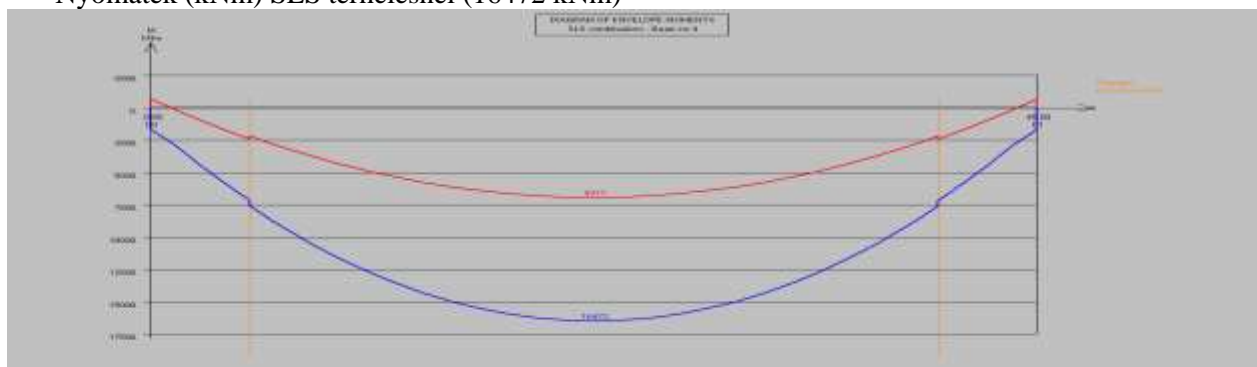
4.1 ábra
ACOBRI program felület, szerkezet keresztmetszet

Lehajlás(cm) állandó tehernél (41 cm)



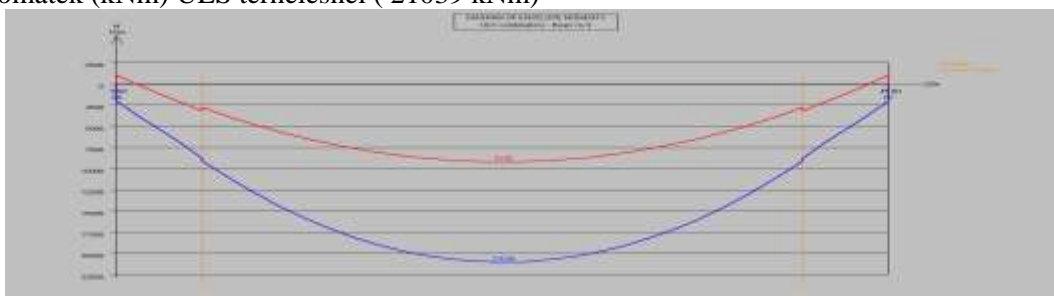
4.2 ábra
Lehajlási ábra

Nyomaték (kNm) SLS terhelésnél (16472 kNm)



4.3 ábra
Nyomaték ábra SLS

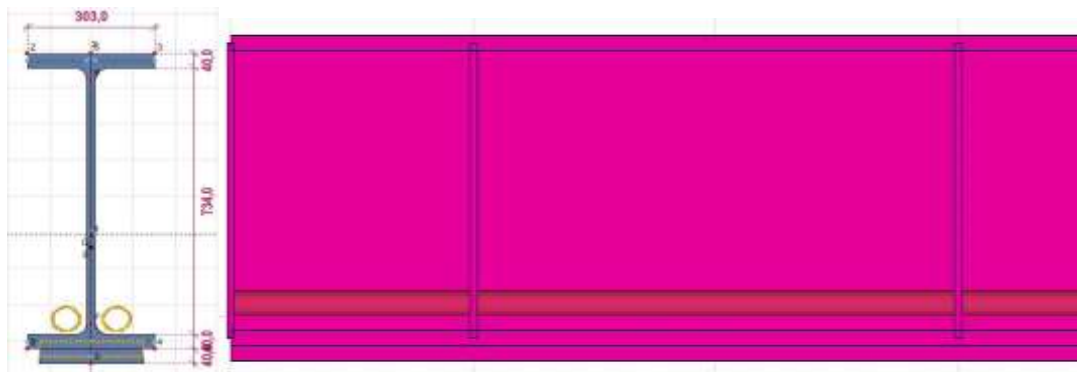
Nyomaték (kNm) ULS terhelésnél (21039 kNm)



4.4 ábra
Nyomaték ábra ULS

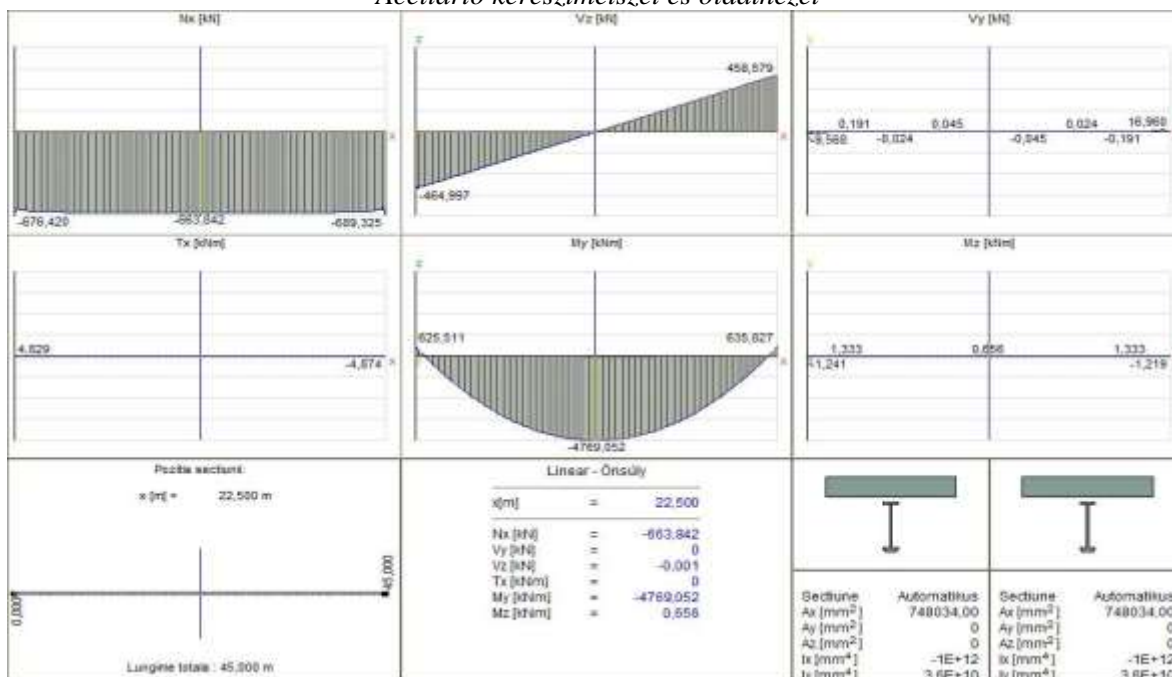
4.2. 4 db. acéltartós feszített öszvérszerkezetű híd

A híd felszerkezete a következő paraméterekkel rendelkezik - $L=45,0$ m $B= 8,0$ m, 4x HE800M tartó, $L=35$ m, 250x40 mm acél alsó talp vastagítással Histar S460 (ArcelorMittal) minőséggel ($\varnothing 22 \times 250$ mm függőleges csapolással) valamint C40/50, 35 cm vastag ($\varnothing 20$ mm vasalással) öntött beton lemez 8 cm ékeléssel. Feszítéshez BBR-VT CONA 24T15S pászmákat (CME n016-150 kábelekkel) használtunk tartónként két darabot az alsó talpak felső felületére helyezve és ezzel párhuzamosan a tartó teljes hosszában, pászmánként 3700 KN feszítő erővel. Méretezéséhez az InterCad Kft AXIS VM X5 végeelem méretező programot használtuk. Az alábbiakban néhány kiemelt adat grafikus ábrázolása:



4.5 ábra

Acéltartó keresztmetszet és oldalnézet

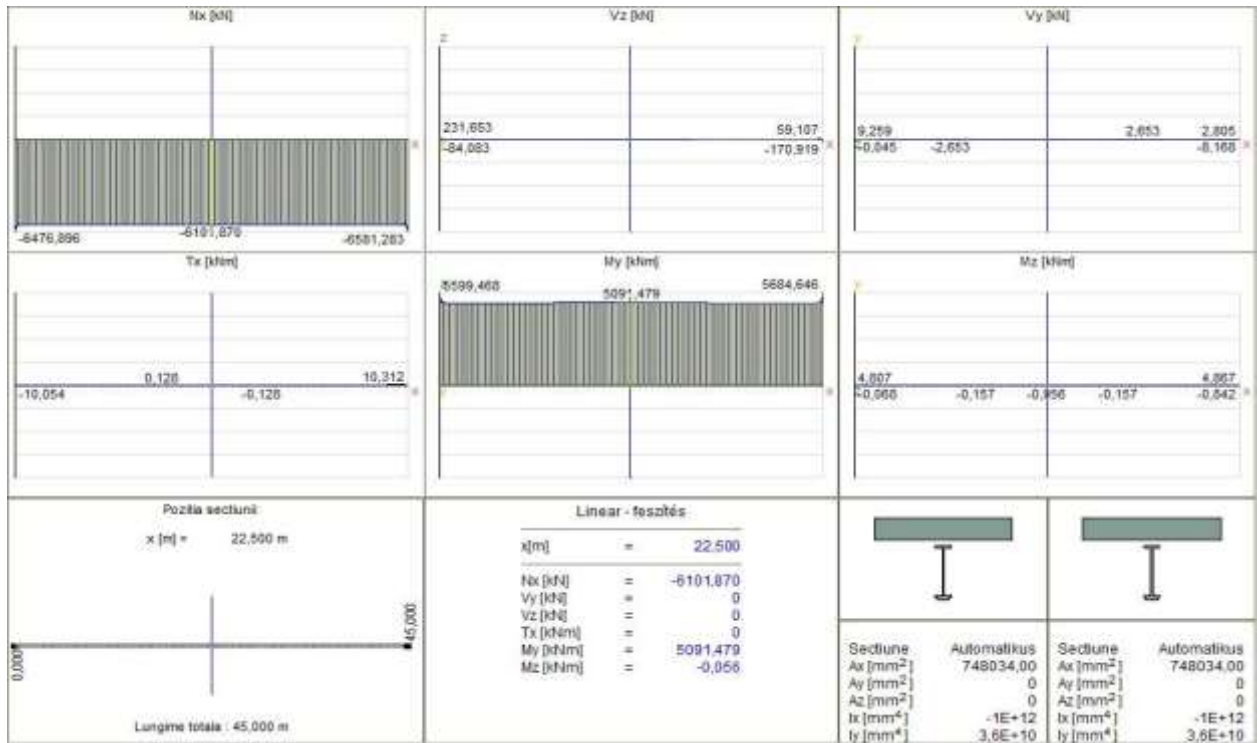


4.6 ábra

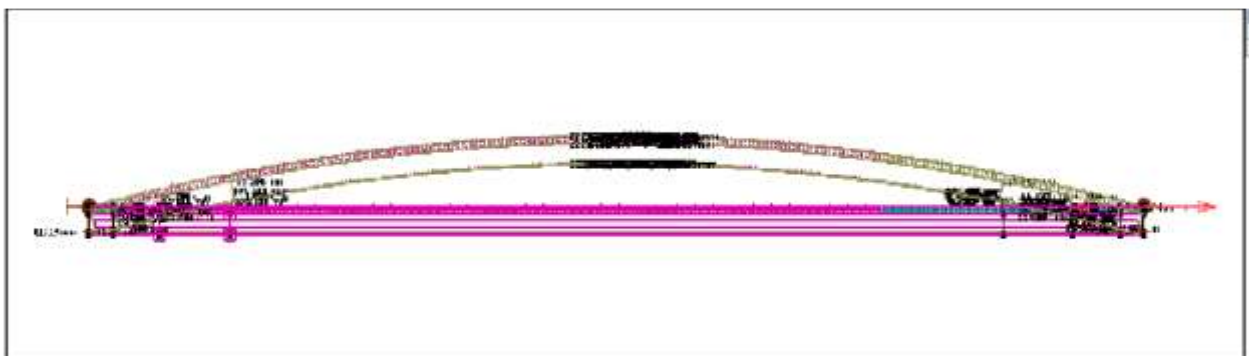
Szerkezet megterhelés önsúlyból



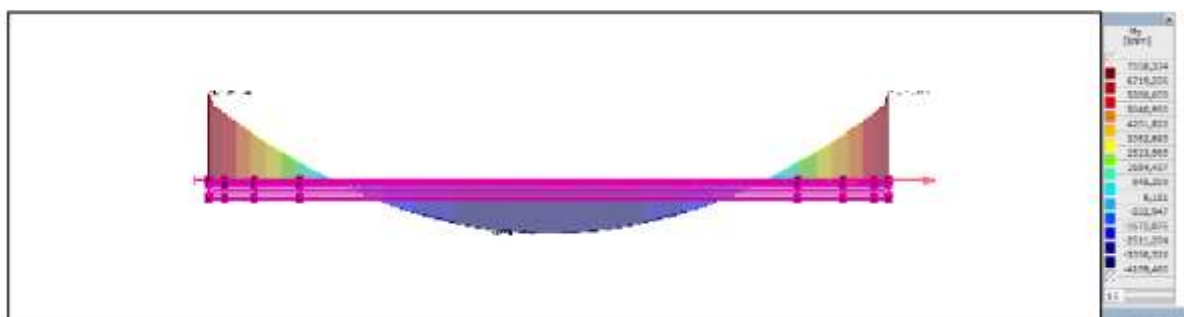
4.7 ábra
Lehajlás önsúlyból, 19,7 cm



4.8 ábra
Szerkezet megterhelés feszítésből



4.9 ábra Fe
szítési kihajlás 22,5 cm



4.10 ábra

Nyomaték ábra (- 4189,4 KNm / 7558,2 KNm)

4.3. Adatok elemzése

A fenti példákban nyert adatok alapján megállapíthatjuk, hogy feszítéssel, külső erő bevezetésével a rendszerbe, megváltoztatható a szerkezet mérete, súlya, időbeni viselkedése

	HL1100 R/M	HE800 M	HE/HL %
Szerkezet magassága (mm) – ebből acél tartók (mm)	1 703 (1 158)	1 394 (854)	82 (74)
Szerkezet súlya (to) – ebből acél tartók (to)	487,3 (103,1)	463,6 (79,3)	95 (77)
Szerkezet lehajlás SLS terhelésnél (mm)	89	87,1	97
Terhelésből adódó nyomaték a 22,5 m metszetben (KNm)			
önsúly (SW)	-6 420,7	-4 769,1	
hasznos (1 UDL)	-2 814,8	-2 614,2	
használhatósági határállapot (SLS)	-13 689,0	-2 450,8	
teherbírási határállapot (ULS)	-21 038,9	-4 189,4	
Terhelésből adódó nyomaték a 0 és a 45 m metszetben, a támaszokon (KNm)			
önsúly (SW)	0	635,8	
hasznos (1 UDL)	0	348,4	
használhatósági határállapot (SLS)	0	6 690,1	
teherbírási határállapot (ULS)	0	7 558,2	

4.1 Táblázat Összehasonlító adatok

Az első lépésben végzett számításokból nyert eredmények alapján sikerült elérni egy 18 % felszerkezet magasság csökkentést (309 mm) az acél tartók, egyenként, 2x3700 kN megfeszítésével. SLS terhelés alatt a tartók 89/87 mm függőleges elmozdulással teljesítették a max. L/500 (90 mm) lehajlási korlátot – az acéltartók gyártása közben, túlelemeléssel, kiküszöbölhető az önsúly által okozott lehajlást.

A HL 1100 R/M tartókat HE800M tartókkal helyettesítve a felszerkezet súlyát sikerült 5%-al míg a szerkezeti acél súlyát 23%-al csökkenteni. A tervezett ökológiai lábnyom csökkentés elérése érdekében további számításokat tervezünk végezni.

SZAKIRODALOM

- [1] Structuri compuse otel-beton, Stefan I. Gutiu, Catalin Moga - Editura UT Press 2014
- [2] Metodologie de evaluare a aptitudinii de exploatare a podurilor rutiere corespunzatoare cerintelor clasei „E” de incarcare conform Eurocod-ului - Redactarea II / Betarmex 2017
- [3] Együttműködő acél-beton öszvérhídszerkezetek, Dr. Köllő Gábor Kolozsvári Műszaki Egyetem, Műszaki Szemle 9-10, 2000
- [4] Hidak utófeszítése csúszópásmás kábelekkkel – tervezési elvek, Dr. Kovács Tamás BME, Tatabánya, 2017
- [5] Acélszerkezetek tervezése az EUROCODE szerint, Dr. Iványi Miklós
- [6] A Tartószerkezeti tervezés alapjai az EUROCODE szerint, Farkas György, Lovas Anta, Szalai Kálmán
- [7] ArcelorMittal - Long Carbon Europe - Sections and Merchant Bars – Bridges with rolled sections, Dennis Rademacher, bridge development leader
- [8] ArcelorMittal - Acobri 5.08 – User Manual, 2020
- [9] InterCAD Kft – AxisVM Statikai méretező és számító programrendszer, Deim Tamás, ügyvezető
- [10] Inter-CAD Kft – Axis VM X5 R3 e2 – Felhasználói Kézikönyv, 2020
- [11] EUROCODE EC0, EC3, EC4