

Mechanikai stabilizációs réteg a vasútépítésben

Szengofszky Oszkár

Bük, 2017

Tensar.

Tartalom

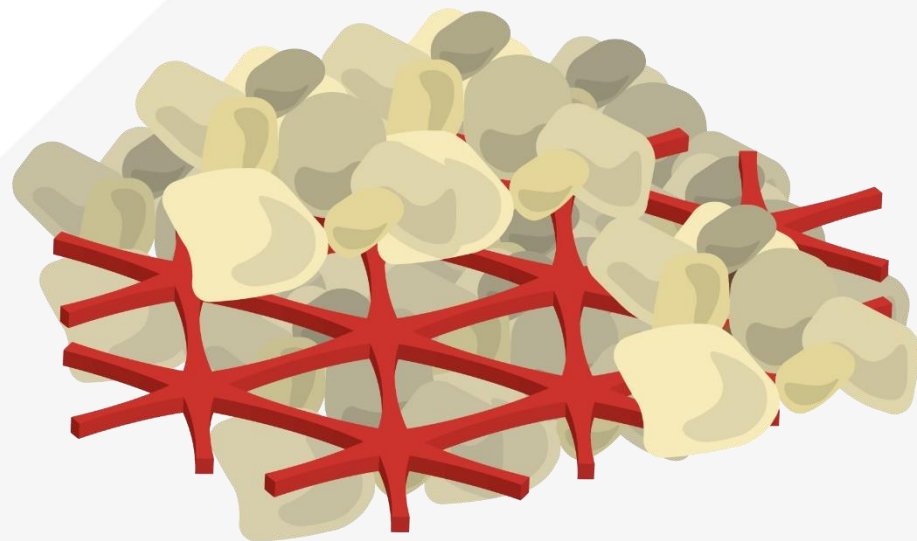
- Rövid történeti áttekintés
- Fejlesztés -> TriAx
- Miért? TriAx
- Stabilizációs réteg TriAx georácscokkal
- Számítási mintapéldák
- Vasúti ágyazat TriAx 190 georácscsal

Georácsos erősítések Magyarországon

- Az első alkalmazás 70' – Netlon háló rendkívül gyenge altalajon
- 1980' – Kétirányú TENSAR georács gyenge altalajon
- 1990' – hegesztett és szőtt rácsok megjelenése
- 2001 –Triax rács fejlesztése

Eddigi tapasztalatok alapján 2001-től fejlesztés

- Nagy merevség
- Nagy csomóponti hatékonyság
- Megfelelő bordakialakítás
- Jól „együttdolgozik” a feltöltés anyagával



TriAx

Erősítés

vagy

Stabilizáció



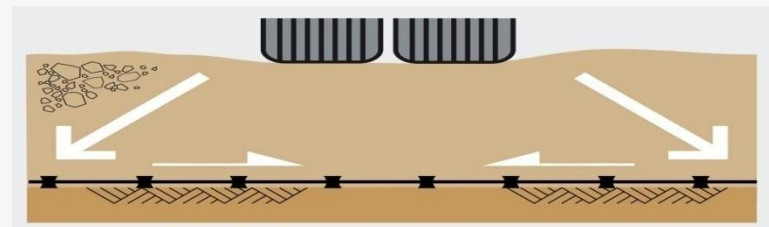
**MSZ EN 13249 - Geotextíliák
georácok és rokon termékeik.
Az utak és más közlekedési
területek**

Előírt jellemzők:

Húzószilárdság [kN/m]

Nyúlás a legnagyobb erőnél [%]

Vizsgálata: EN ISO 10319



**ETA 12/0530 - Kötőanyag nélküli
szemcsés rétegeknek a köőanyag
mechanikus kötésével**

Előírt jellemzők:

Radiális sz. merevség (0,5%) [kN/m]

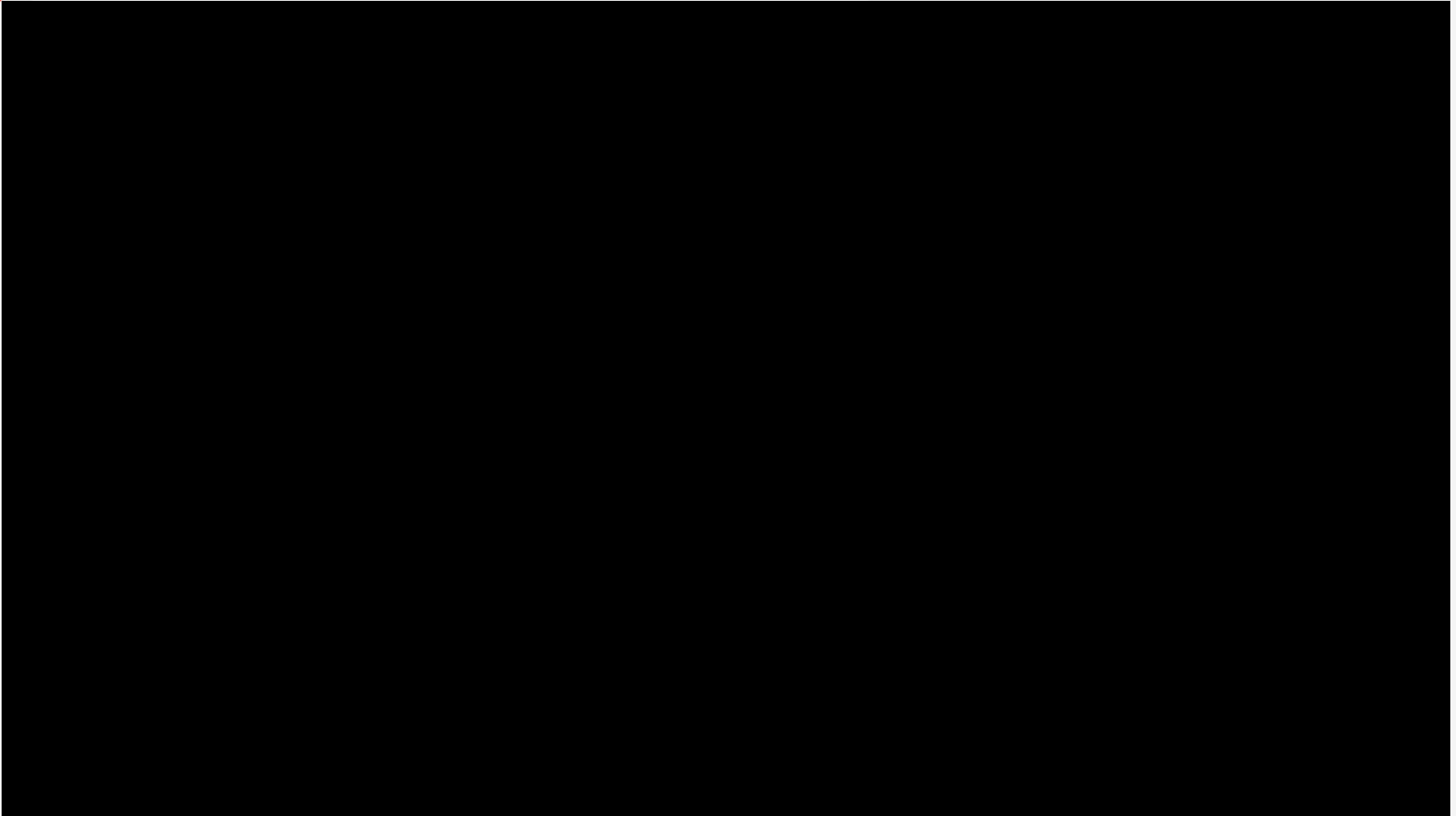
Radiális sz. merevségi arány [-]

Csomópont hatékonyság [%]

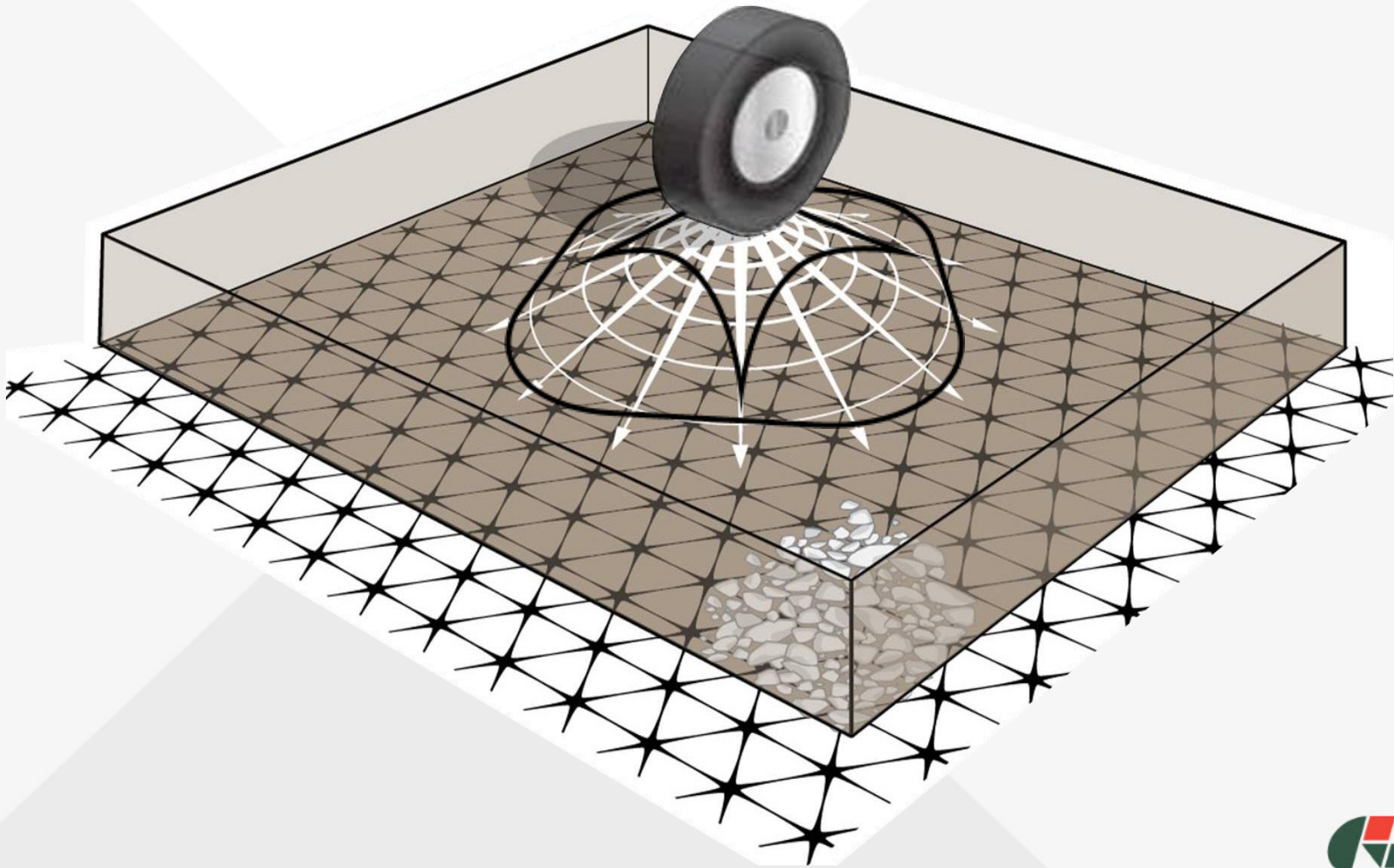
Hatszög oldaltávolság [mm]

Vizsgálata: EOTA TR041

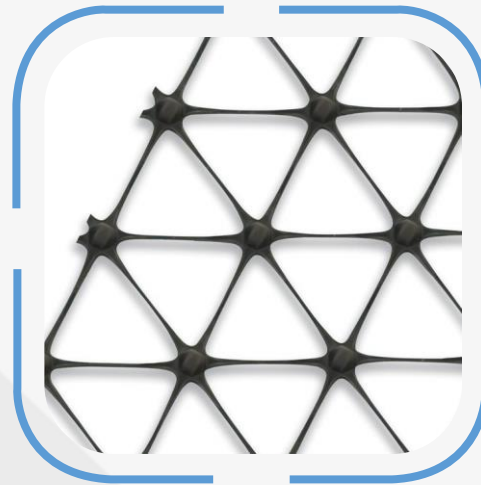
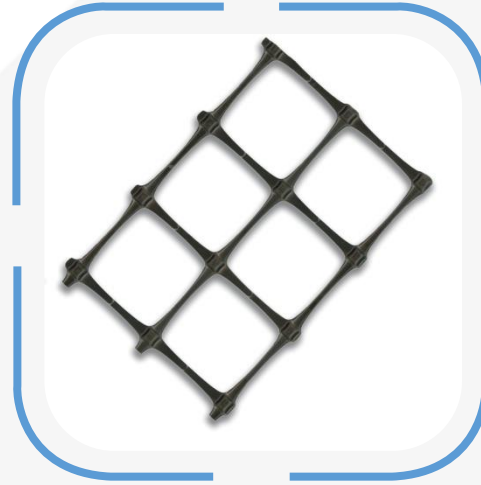
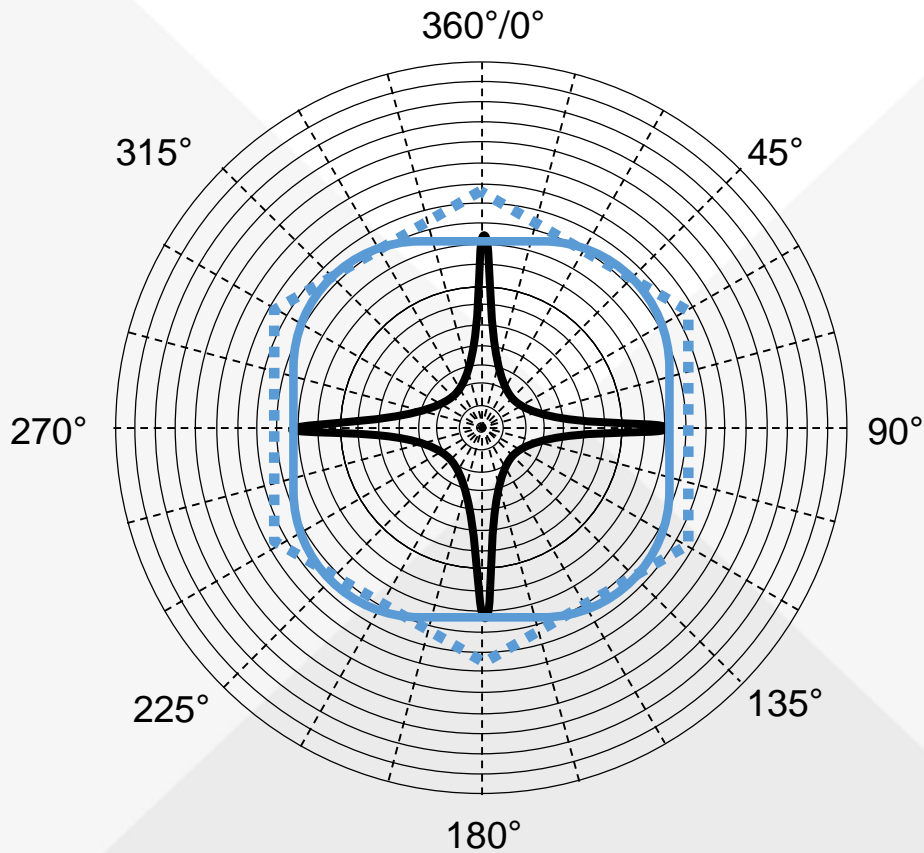
Erősítés helyett stabilizáció



A sugárirányú merevség fogalma



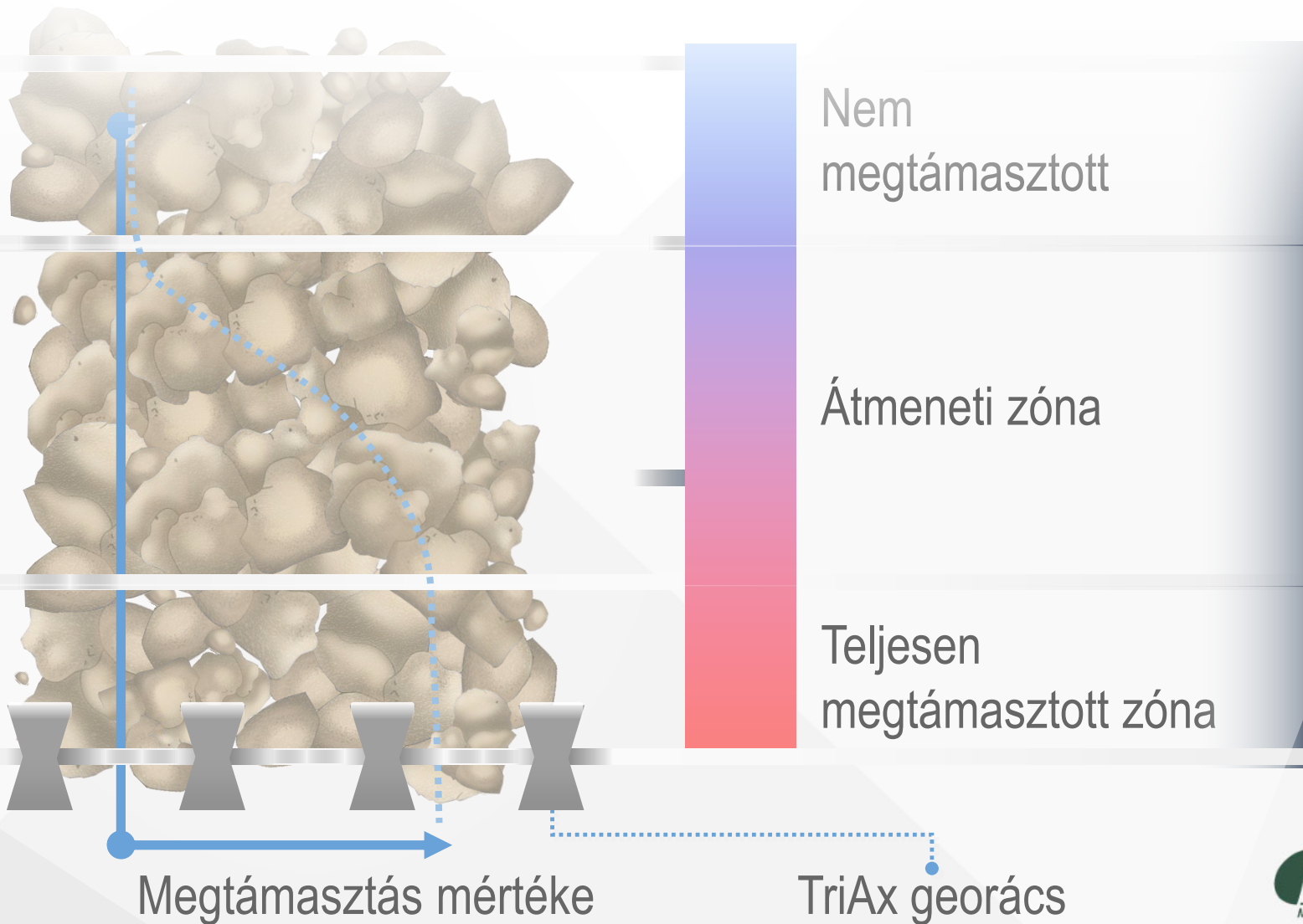
Többsirányú teherelosztás



Interlock hatás (alakkal zárt kötés)



Zárt kötés - megtámasztás mértéke





Alkalmazási
területek

Hosszú távú
érték

Fenntartható
építés

Miért

TriAx[™]

?

Hosszabb
tervezési
élettartam

Építési költség
megtakarítás

Alkalmazási területek



Alkalmazási területek



Alkalmazási területek



Alkalmazási területek



Alkalmazási területek



Alkalmazási területek



Alkalmazási területek



Emberek

Alkalmazási
területek

Hosszú távú
érték

Fenntartható
építés

Miért

TriAxTM

?

Hosszabb
tervezési
élettartam

Építési költség
megtakarítás

Energia megtakarítás CO₂ csökkentés

CO₂ kibocsátás



Erősítetlen
szerkezet

Erősített
szerkezet

Esettanulmány: Ramada Hotel



Alkalmazási
területek

Hosszú távú
érték

Fenntartható
építés

Miért

TriAxTM

?

Hosszabb
tervezési
élettartam

Építési költség
megtakarítás

Kiegészítő réteg megtakarítás

Nincs
elválasztás

480

Geotextília
elválasztás

400
g/t

SS20
Georács

300
SS20

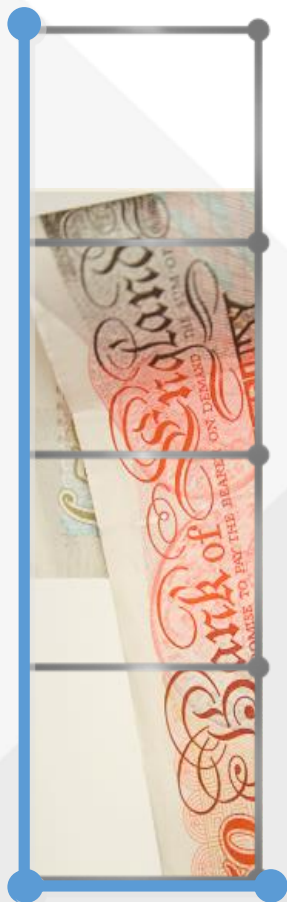
SS30
Georács

280
SS30

TriAx

220
TX 160

Költségmegtakarítás



Költség





Tervezési élettartam összehasonlítás



Tervezési élettartam összehasonlítás

	Tényleges vastagság	Számított vastagság	Szabványos tengelyáthaladás
No Separator	480	400	31,000
Geotextile Separator	400	400	31,000
SS20 Geogrid	400	500	130,000
SS30 Geogrid	400	552	242,000
TriAx	400	576	432,000

Hosszú távú
érték

Alkalmazási
területek

Fenntartható
építés

Miért
TriAx[™]

?

Hosszabb
tervezési
élettartam

Építési költség
megtakarítás

Hosszú távú érték

Fenntartási
költség
csökkentés

Építési
költség
csökkentés

TriAx™



A TriAx georácokra alkalmazott szabvány:

<https://www.eota.eu>

Kiwa Nederland B.V. Sir Winston Churchilllaan 273 2288 EA Rijswijk Postbus 70 2280 AB Rijswijk Tel: 070 - 414 44 00 Fax: 070 - 414 44 20 E-mail: certif@kiwa.nl	 <p>De Europese Unie aanvaardt deze overeenkomst volgens de Richtlijn 89/100/EEG van de Raad van 21 december 1988 betreffende de onderlinge aanpak van de wetgeving en bestuursrechtelijke voorzieningen der lidstaten inzake de technische producties</p>	kiwa Partner for progress Lid van EOTA Member of EOTA
European Technical Approval ETA 12/0530 (original version is in the English language)		
Trade name	TriAx TX100 series	
Holder of the approval	Tensar International Ltd Cunningham Court, Shadsworth Business Park Blackburn, BB1 2QX, United Kingdom Telephone + 44 1254 262431 www.tensar.co.uk	
Generic type and use of construction product	Non-reinforcing hexagonal geogrid for the stabilization of unbound granular layers by way of interlock with the aggregate	
Validity from to	15-12-2012 15-12-2017	
Manufacturing plant	Tensar Manufacturing Ltd Sett End road Shadsworth Business Park Blackburn, Bb1 2PU, United Kingdom Telephone + 44 1254 262431	
Report number	Kiwa K76041	
This European Technical Approval contains	16 pages	

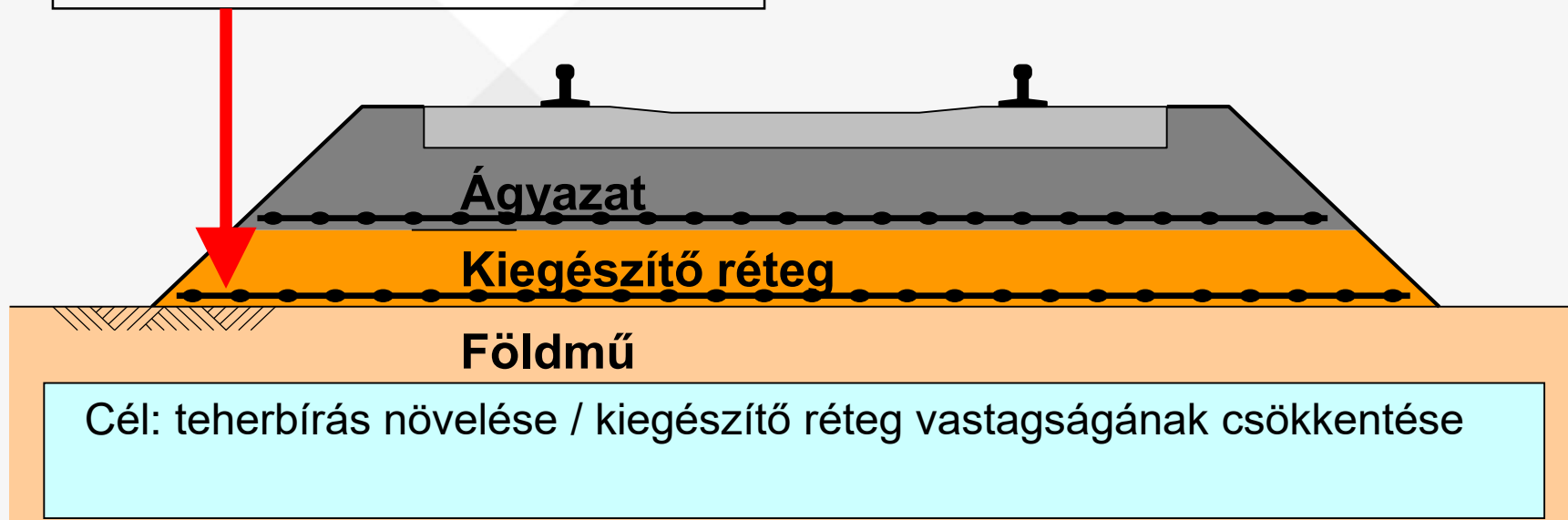
 Europese Organisatie voor Technische Goedkeuringen
European Organisation for Technical Approvals
Europäische Organisation für Technische Zulassungen
Organisation pour l'Agrement Technique Européen

 **IBADEX**
Mérnöki és Szolgáltató Kft.

Vasúti alkalmazás - kiegészítő réteg

Kiegészítő réteg stabilizáció:

Elsődleges funkció a teherbírás növelés

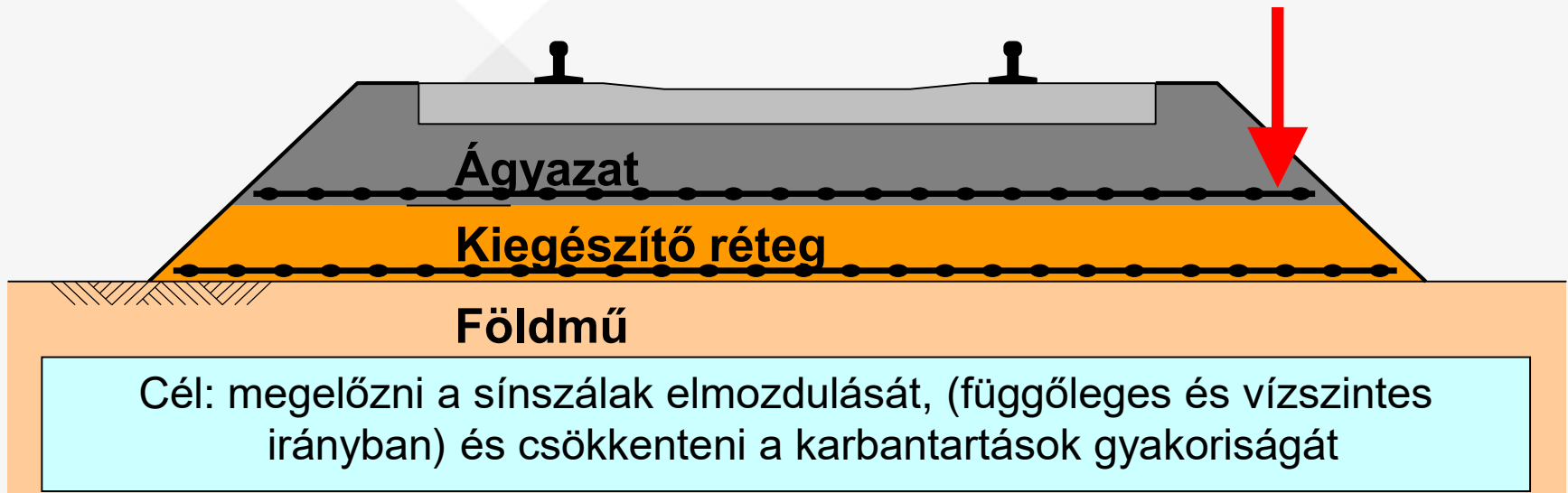


Cél: teherbírás növelése / kiegészítő réteg vastagságának csökkentése

Vasúti alkalmazás - ágyazat

Vasúti ágyazat stabilizáció:

Elsődleges funkció az ágyazat
kőanyagának stabilizációja



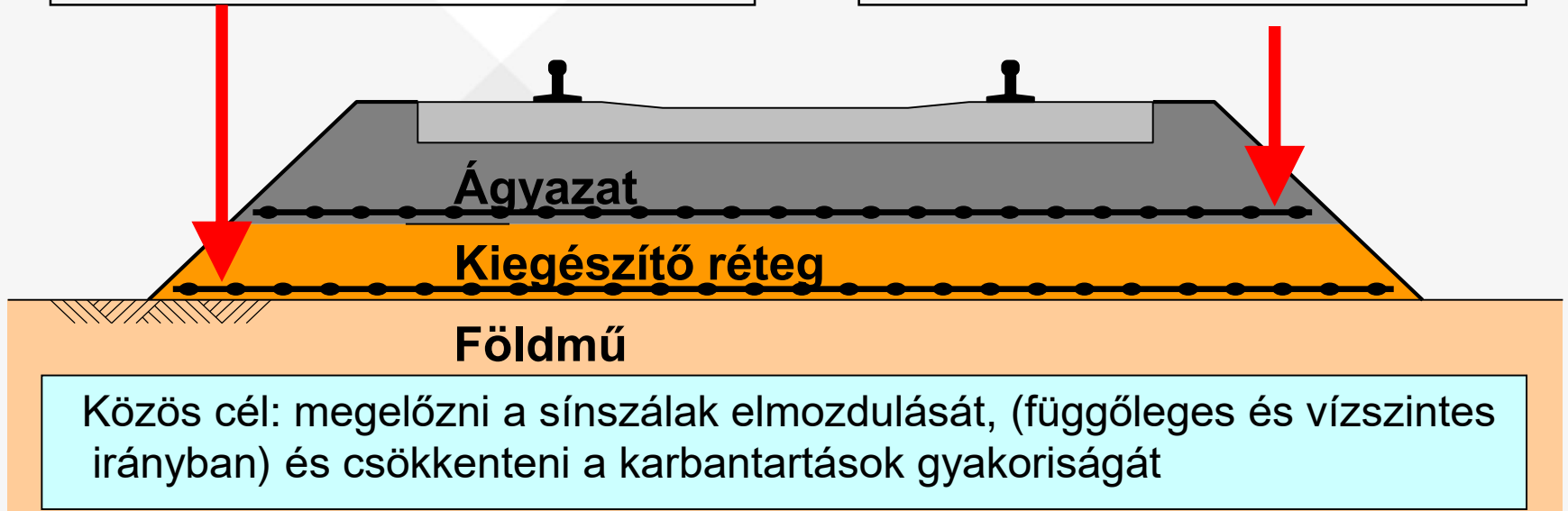
Vasúti komplex alkalmazás

Kiegészítő réteg stabilizáció:

Elsődleges funkció a teherbírás növelés

Vasúti ágyazat stabilizáció:

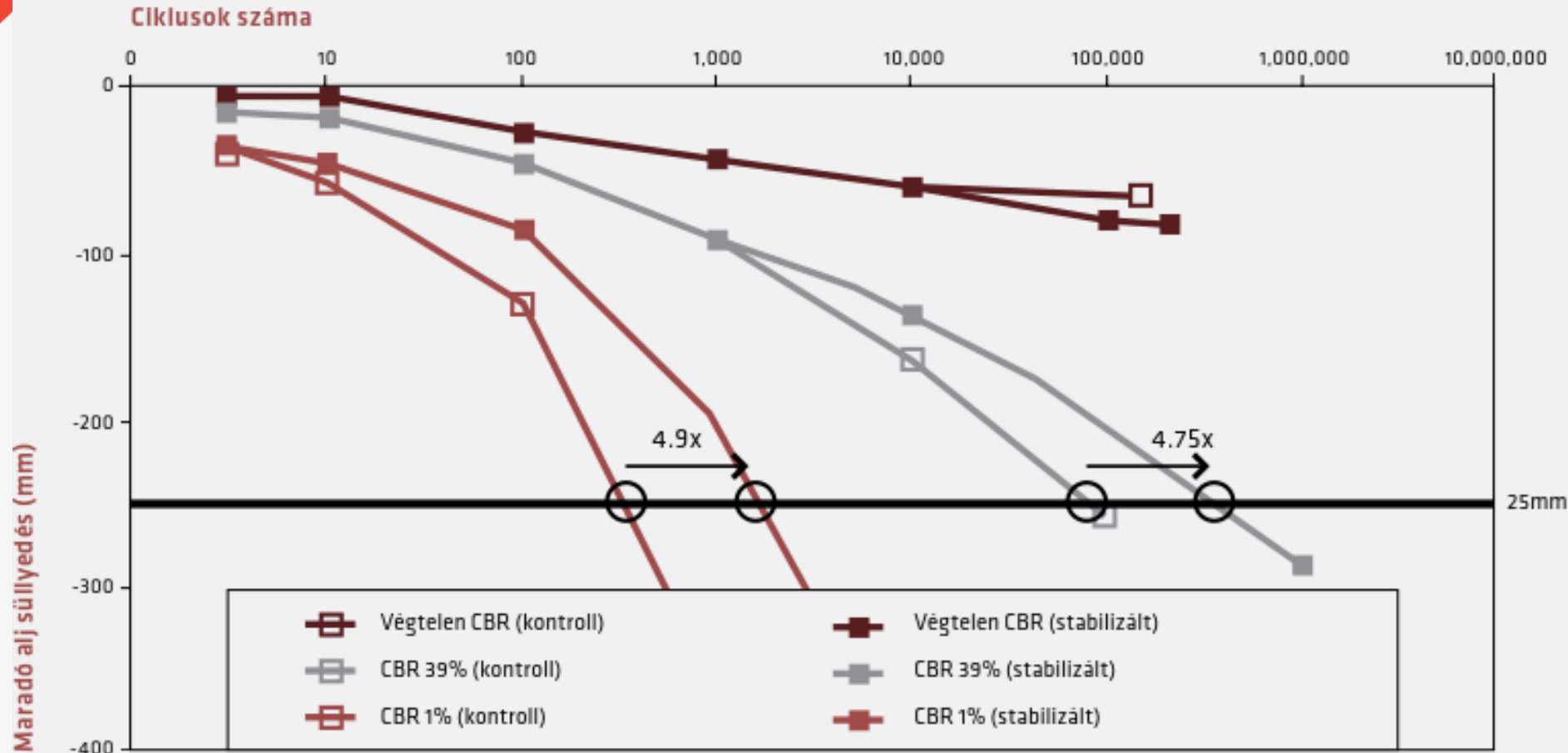
Elsődleges funkció az ágyazat kőanyagának stabilizációja



Alkalmazási célok

- **Stabilizációs réteg vastagságának csökkentése**
- **Deformáció csökkentése**
 - *Csökkentik az ágyazat süllyedési sebességét*
 - *Hosszabb ideig tartják meg a pályageometriát*
- **Zúzottkő ágyazat stabilizációja**
 - *2,5-szeresére növeli a karbantartási ciklus hosszát,*
 - *Több mint 20 évig működnek az ágyazatban*
 - *Csökkentik az ágyazat forgalom okozta állagromlását*

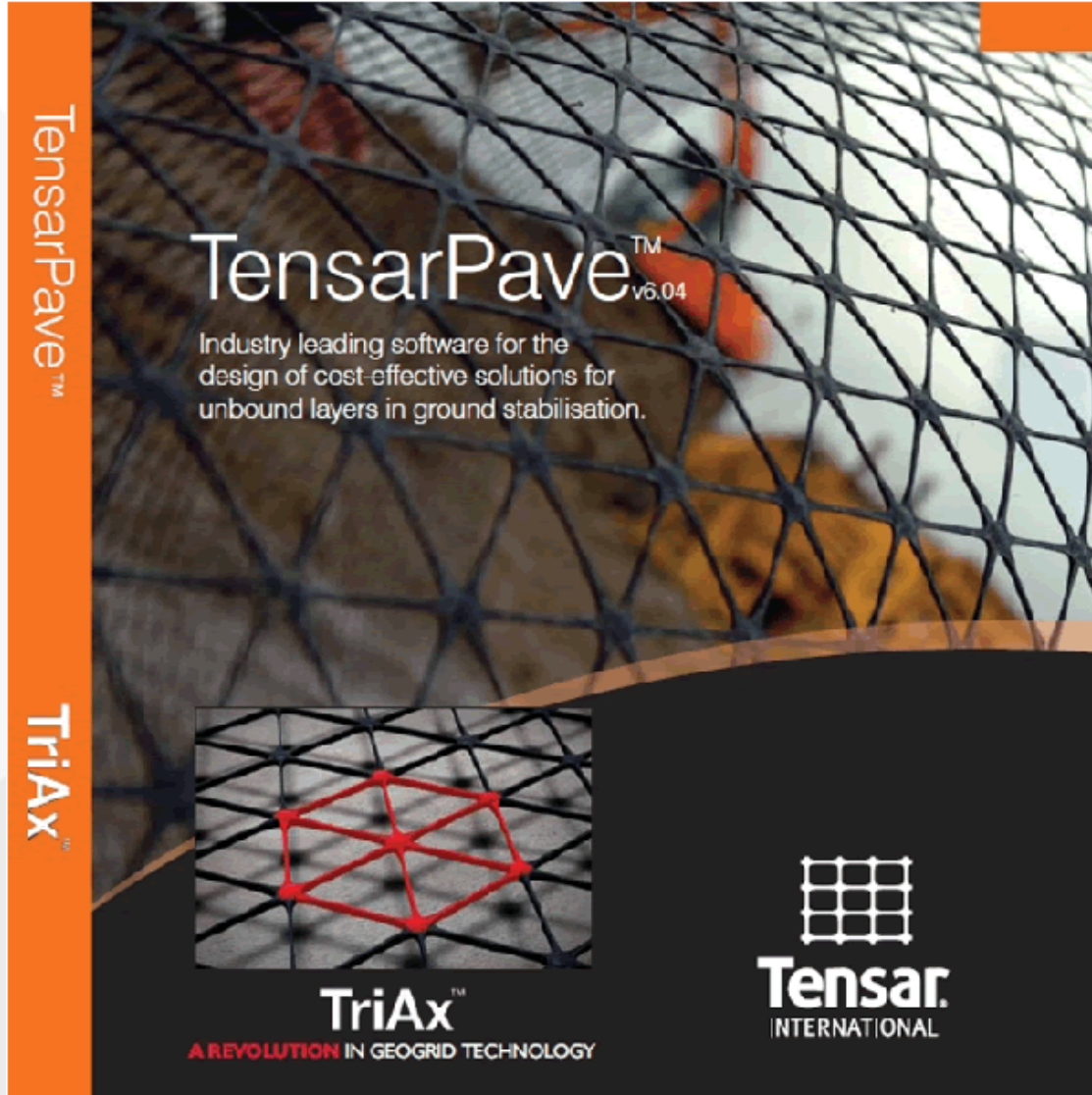
Deformáció csökkentése



A kanadai kutatások azt mutatták, hogy a Tensar georács viszonylag gyenge illetve szilárd alap talajokra való beépítése a karbantartási ciklus hosszát 4,9-szeresére, illetve 4,75-szorosára növelte (Bathurst után, 1986*).

Stabilizációs réteg vastagságának csökkentése

Méretezési szoftver



The image shows the cover of the TensarPave v6.04 software. The background is a close-up of a black geogrid mesh. On the left, there is an orange vertical bar with the text 'TensarPave™' and 'TriAx™' written vertically. The main title 'TensarPave™' is in large white font, with 'v6.04' in smaller white font to its right. Below the title, the text reads: 'Industry leading software for the design of cost-effective solutions for unbound layers in ground stabilisation.' In the bottom left, there is a small inset image showing a red geogrid pattern. At the bottom right, the Tensar International logo is displayed, consisting of a white grid icon above the text 'Tensar INTERNATIONAL'. At the very bottom, the TriAx logo is shown with the tagline 'A REVOLUTION IN GEOGRID TECHNOLOGY'.

TensarPave™

TriAx™

TensarPave™
v6.04

Industry leading software for the design of cost-effective solutions for unbound layers in ground stabilisation.

TriAx™
A REVOLUTION IN GEOGRID TECHNOLOGY

Tensar
INTERNATIONAL

TENSAR PAVE

- Ezzel a módszerrel meghatározható a tervezési teherbíráshoz tartozó szükséges szemcsés réteg vastagsága.
- A program kiszámítja a stabilizált és a stabilizálás nélküli szükséges vastagságot
- Megkülönbözteti az éles szemű és a legömbölyített szemcsés töltőanyagot

Bemenő értékek

- Tárcsás teherbírás vizsgálat (E_2)
- CBR értékekből: $E_2 = 10x(CBR)^{2/3}$
- Plasztikus talajoknál konzisztencia adatokból
- Tapasztalati úton

Paraméter	Vizsgálati szabvány	Értékek									
		0	25	50	75	100	125	150	175	200	
S_u [kPa]		0	25	50	75	100	125	150	175	200	
CBR [%]	MSZ 2509-2:1989	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
E_2 [MPa]	MSZ 2509-3:1989	0	10	16	21	25	29	33	37	40	
E_{v2} [MPa]	DIN 18134	0	5	10	15	20	22,5	25	27,5	30	

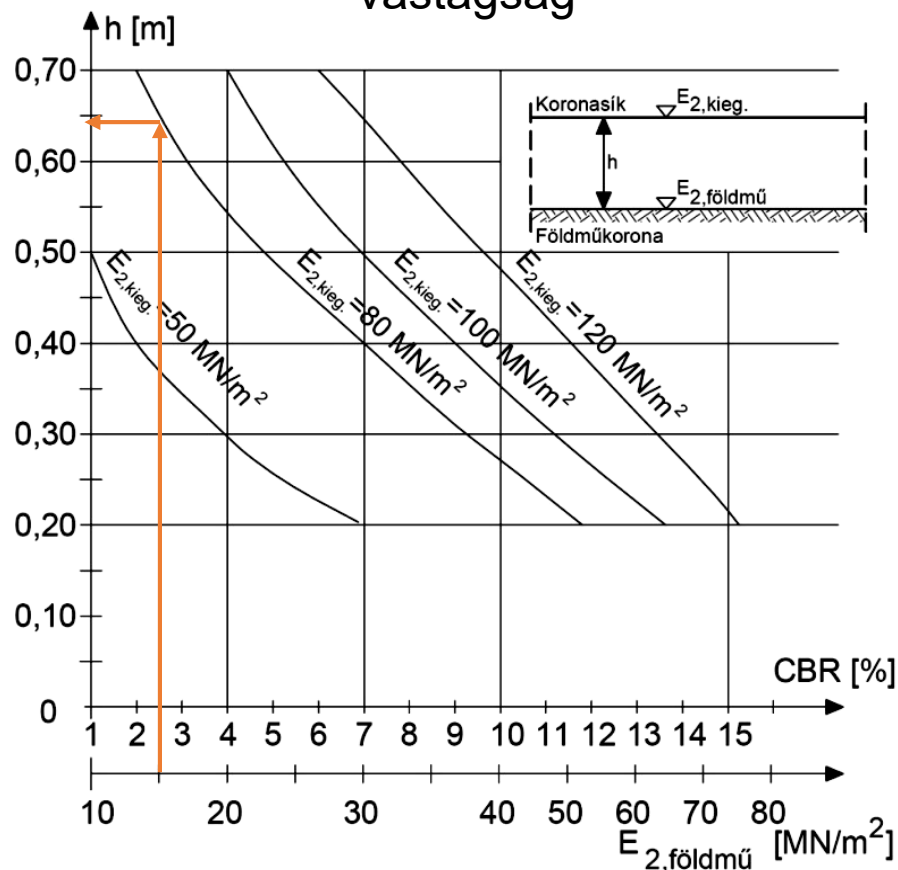
Számítási mintapéldák

Mintapélda

- **Altalaj $E_2=15\text{MPa}$ (CBR = 2,5 %)**
- **Elérni kívánt teherbírás $E_2=80\text{MPa}$ ($80 < V < 120\text{km/h}$)**
- **Zúzottkő keverék tetején $E_2=80\text{MPa}$**

Kiegészítő réteg (D11 utasítás I. kötet)

Altalaj teherbíráshoz tartozó vastagság



Sebesség függvényében előírt teherbírás

Modulus	Sebesség (km/h)				
	V < 40	40 - 80	81 - 120	121 - 160	161 - 250
E_{2stat} (MPa)	50	60	80	100	120

Tensor TriAx ráccsal a kiegészítő réteg

TensorPave™ Verziószám 7.00.08

Fájl Nyomtatás Súgó

Design method: Tensor Generic modulus method

File not saved

Tensor.

Tervezési paraméterek		Select pavement layers		Compensation for weak subgrade	
Non-stabilised		Tensor TriAx design		Particle size: Maximum <40 mm	
80	80	Eo (MPa)		Töltésanyag típusa	
Zúzottkő keverék		Design result		<input checked="" type="radio"/> Zúzottkő keverék <input type="radio"/> Kavicsos homok	
OK	OK	Eo = 80 MN/m ²		Minimum Eo: 80 MPa	
		TX160 (at base)		Minimum thickness (mm): 215 Click box to set	
		Eu = 15 MN/m ²		Maximum thickness (mm): 270 Click box to set	
Eu = 15		Eu = 15		Szükséges vastagság (mm): ? 215	
				Rácselrendezés testreszabása	
				Reference for stabilised material:	

Design for Eo = 80 MPa, Eu = 15 MPa, with fill type = Zúzottkő keverék

Tensor TriAx ráccsal a kiegészítő réteg

TensorPave™ Verziószám 7.00.08

Fájl Nyomtatás Súgó

Design method: Tensor Generic modulus method

File not saved

Tensor.

Tervezési paraméterek	Select pavement layers	Compensation for weak subgrade												
	<p>Non-stabilised</p> <p>Tensor TriAx design</p> <table border="1"> <tr> <td>80</td> <td>80</td> <td>Eo (MPa)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Zúzottkő keverék</td> <td>Töltésanyag típusa</td> </tr> <tr> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>Design result</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>Eo = 80 MN/m²</td> </tr> </table>	80	80	Eo (MPa)	Zúzottkő keverék		Töltésanyag típusa	OK	OK	Design result			Eo = 80 MN/m ²	<p>Particle size: Maximum <40 mm</p> <p>Töltésanyag típusa</p> <p><input checked="" type="radio"/> Zúzottkő keverék</p> <p><input type="radio"/> Kavicsos homok</p> <p>Minimum Eo: 80 MPa</p> <p>Minimum thickness (mm): 215 Click box to set</p> <p>Maximum thickness (mm): 270 Click box to set</p> <p>Szükséges vastagság (mm): ? 270</p> <p>Rácselrendezés testreszabása</p> <p>Reference for stabilised material:</p>
80	80	Eo (MPa)												
Zúzottkő keverék		Töltésanyag típusa												
OK	OK	Design result												
		Eo = 80 MN/m ²												
	<p>460 mm</p> <p>270 mm</p> <p>TX160 (at base)</p> <p>Eu = 15</p> <p>Eu = 15 MN/m²</p> <p>Eu = 15</p>													

Design for Eo = 80 MPa, Eu = 15 MPa, with fill type = Zúzottkő keverék

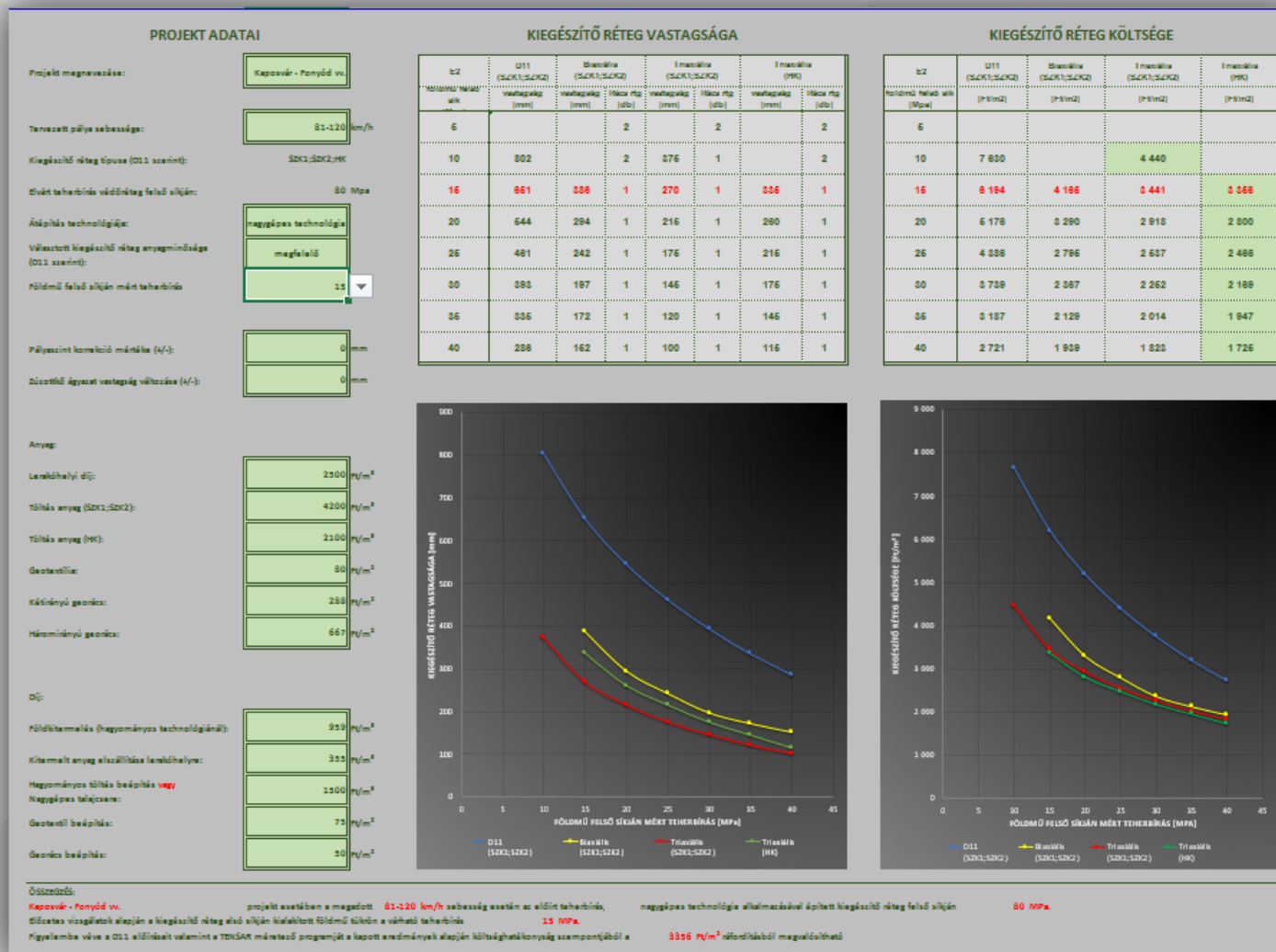
Szükséges kiegészítő réteg vastagság



Szükséges kiegészítő réteg vastagság



TriAx ráccsal a kiegészítő réteg számítása



TriAx ráccsal a kiegészítő réteg bemenő adatok

PROJEKT ADATAI

Projekt megnevezése:

Kaposvár - Fonyód vv.

Tervezett pálya sebessége:

81-120 km/h

Kiegészítő réteg típusa (D11 szerint):

SZK1;SZK2;HK

Elvárt teherbírás védőréteg felső síkján:

80 Mpa

Átépités technológiája:

hagyományos
technológia

Választott kiegészítő réteg anyagminősége
(D11 szerint):

kiváló

Földmű felső síkján mért teherbírás

15 Mpa

Pályaszint korrekció mértéke (+/-):

0 mm

Zúzottkő ágyazat vastagság változása (+/-):

0 mm

KIEGÉSZÍTŐ RÉTEG VASTAGSÁGA

E2 földmű felső sík [Mpa]	D11 (SZK1;SZK2) vastagság [mm]	Biaxiális (SZK1;SZK2)		Triaxiális (SZK1;SZK2)		Triaxiális (HK)	
		vastagság [mm]	Rács rtg [db]	vastagság [mm]	Rács rtg [db]	vastagság [mm]	Rács rtg [db]
5		529	2	385	2	495	2
10	802	420	2	285	1	375	2
15	651	310	1	215	1	270	1
20	544	247	1	170	1	215	1
25	461	202	1	140	1	175	1
30	393	160	1	115	1	145	1
35	335	130	1	100	1	120	1
40	286	118	1	100	1	100	1

TriAx ráccsal a kiegészítő réteg bemenő költségadatok

Lerakóhelyi díj:	2500	Ft/m ³
Töltés anyag (SZK1;SZK2):	4200	Ft/m ³
Töltés anyag (HK):	2100	Ft/m ³
Geotextília:	80	Ft/m ²
Kétirányú georács:	288	Ft/m ²
Háromirányú georács:	667	Ft/m ²
Díj:		
Földkitermelés (hagyományos technológiánál):	959	Ft/m ³
Kitermelt anyag elszállítása lerakóhelyre:	355	Ft/m ³
Hagyományos töltés beépítés vagy Nagygépes talajcsere:	1500	Ft/m ³
Geotextíl beépítés:	75	Ft/m ²
Georács beépítés:	50	Ft/m ²

TriAx ráccsal a kiegészítő réteg táblázatos eredmények

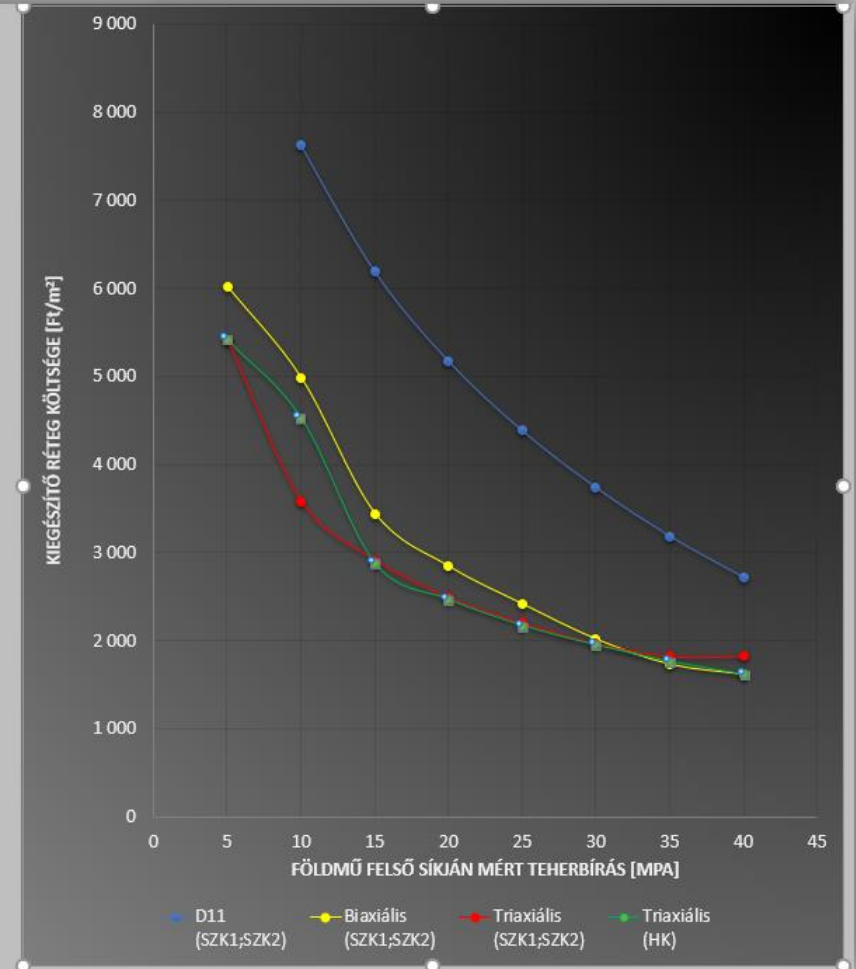
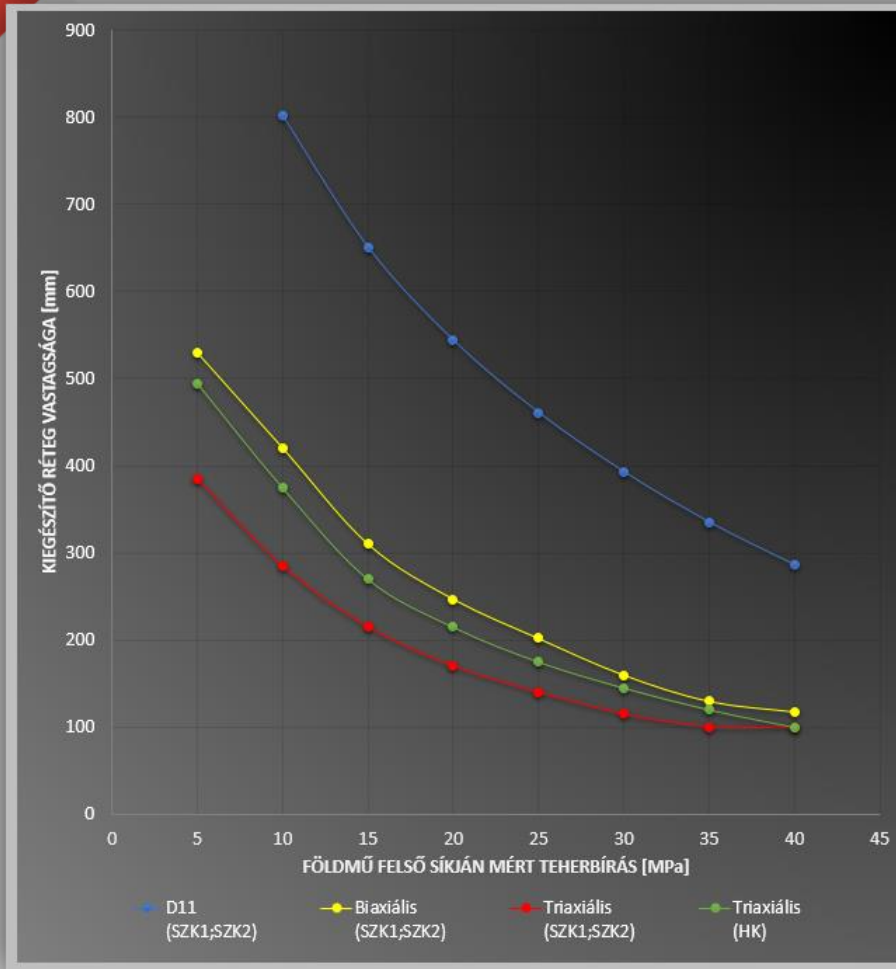
KIEGÉSZÍTŐ RÉTEG VASTAGSÁGA

E2	D11 (SZK1;SZK2)	Biaxiális (SZK1;SZK2)		Triaxiális (SZK1;SZK2)		Triaxiális (HK)	
földmü felső sík [Mpa]	vastagság [mm]	vastagság [mm]	Rács rtg [db]	vastagság [mm]	Rács rtg [db]	vastagság [mm]	Rács rtg [db]
5		529	2	385	2	495	2
10	802	420	2	285	1	375	2
15	651	310	1	215	1	270	1
20	544	247	1	170	1	215	1
25	461	202	1	140	1	175	1
30	393	160	1	115	1	145	1
35	335	130	1	100	1	120	1
40	286	118	1	100	1	100	1

KIEGÉSZÍTŐ RÉTEG KÖLTSÉGE

E2	D11 (SZK1;SZK2)	Biaxiális (SZK1;SZK2)	Triaxiális (SZK1;SZK2)	Triaxiális (HK)
földmü felső sík [Mpa]	[Ft/m2]	[Ft/m2]	[Ft/m2]	[Ft/m2]
5		6 019	5 407	5 414
10	7 630	4 982	3 583	4 524
15	6 194	3 442	2 918	2 874
20	5 176	2 843	2 489	2 466
25	4 386	2 415	2 204	2 169
30	3 739	2 015	1 966	1 947
35	3 187	1 730	1 823	1 762
40	2 721	1 616	1 823	1 613

TriAx ráccsal a kiegészítő réteg grafikus eredmények



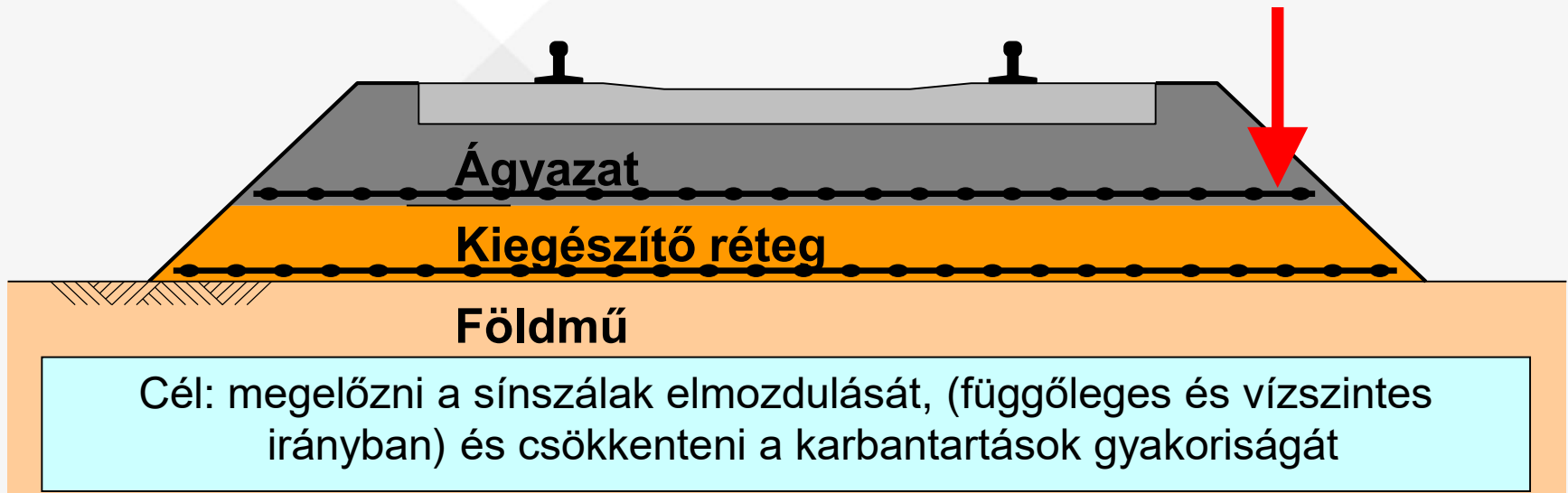
Zúzottkő ágyazat stabilizációja

Tensar Modulus Method

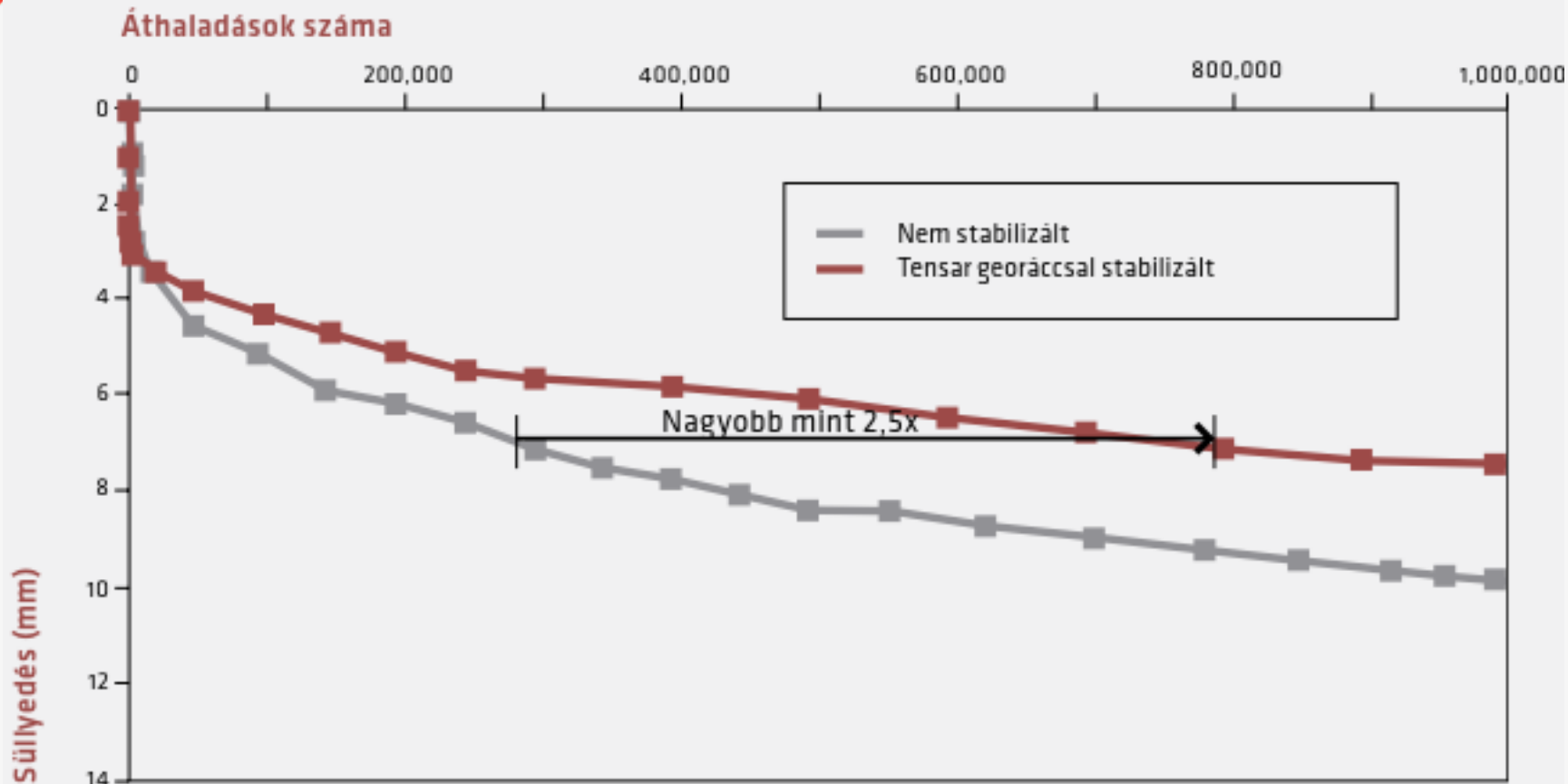
Vasúti alkalmazás - ágyazat

Vasúti ágyazat stabilizáció:

Elsődleges funkció az ágyazat
kőanyagának stabilizációja



Zúzottkő ágyazat stabilizációja



A Nottinghami Egyetem Vasúti Vizsgálóberendezéséről (RTF) származó adatok azt mutatják, hogy a Tensar georácsok körülbelül 2,5-szeres tengelyáthaladási számot engednek meg azonos süllyedésnél (Brown és mások után, 2006*).

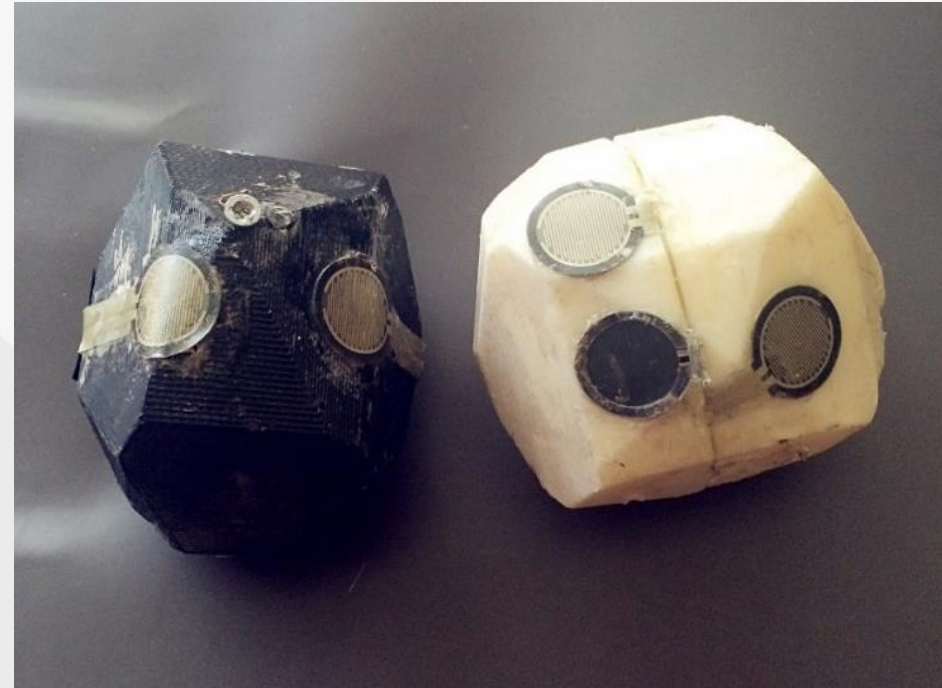
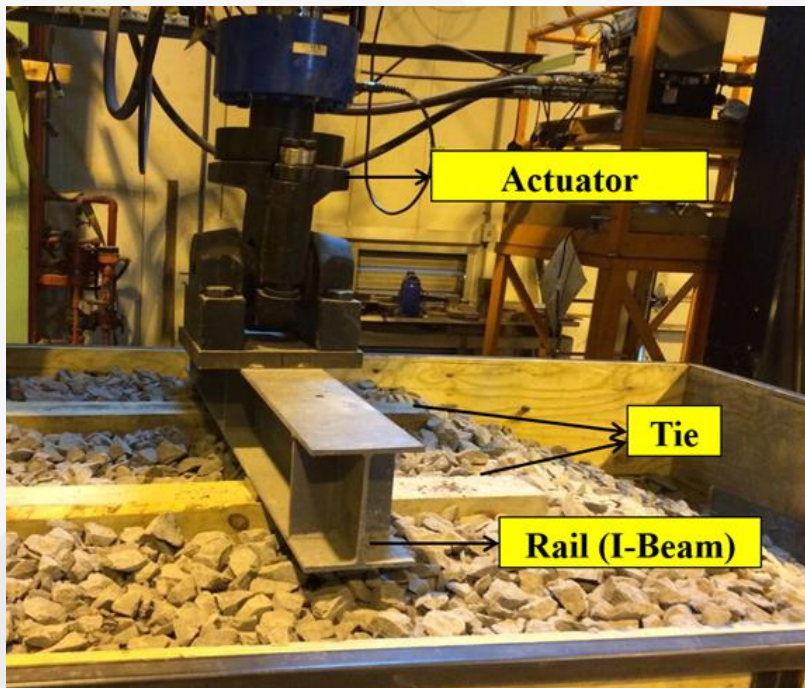
A georács hatásának vizsgálata az
ágyazati kő mozgására a vasúti
ágyazatban ciklikus terhelés alatt
(kutatás bemutatása)

- Háttér

- A vasúti kavicságy nagy méretű kitöltőanyagot egyenletes frakciójú kitöltő anyagot tartalmaz, hogy megkönnyítse a vízelvezetés és a terhelés eloszlását.
- A vasúti pályakarbantartás fő problémája az ágyazat eltömődése. Ennek következtében az éles szélek mechanikai kopása miatt van szükség az ismételt kőpótlásra.
- Kutatási cél: A georács hatásának vizsgálata az ágyazati kő mozgására a vasúti ágyazatban ciklikus terhelés alatt.
- Principal Investigators of Research: Drs. Hai Huang & Tong Qiu, Pennsylvania State University.

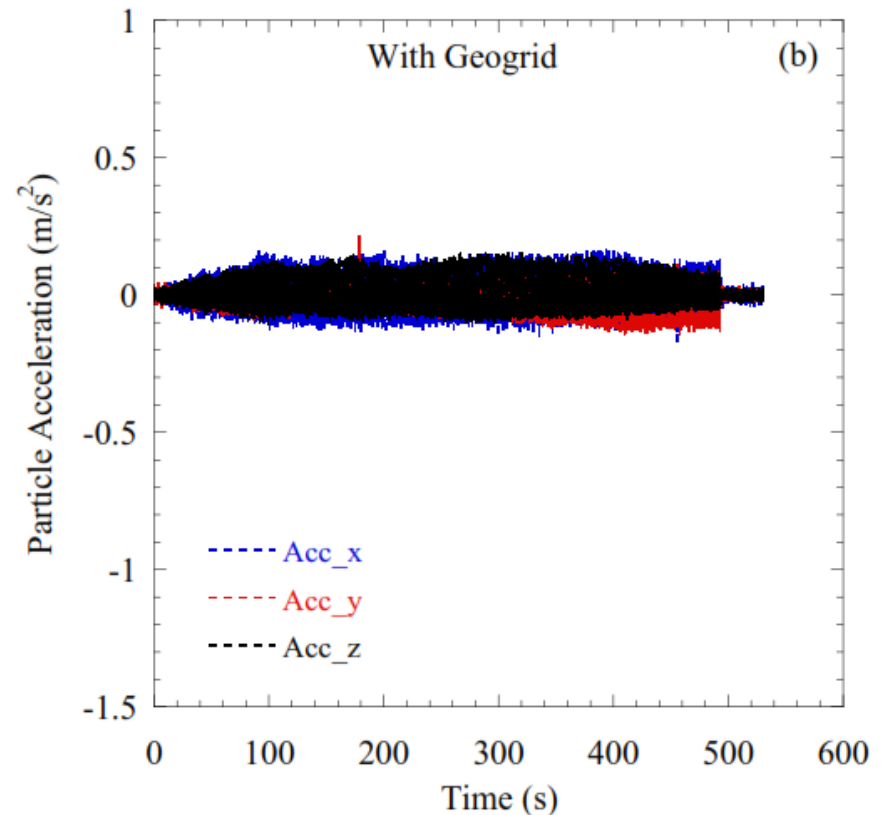
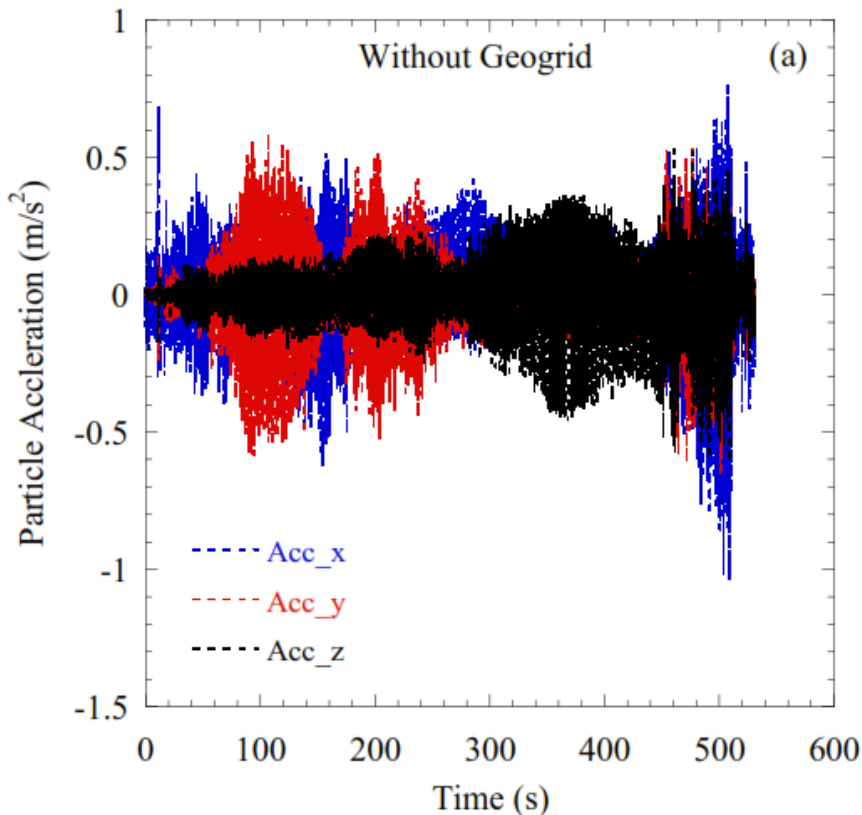


- Egy tipikus vasúti ágyazati szerkezet felét megépítették.
- TX190L-et építettek be az ágyazat teteje alá 25 cm mélységben.
- Az intelligens követ a georács fölé helyezték és feljegyezték a valós idejű mozgását beleértve az elmozdulását és az elfordulását.

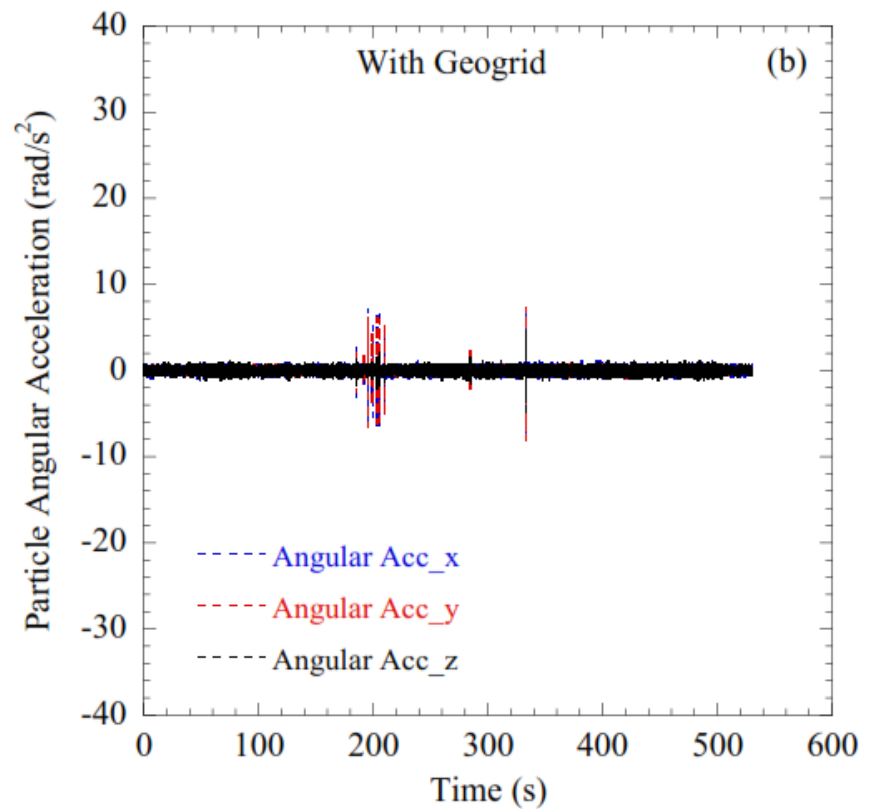
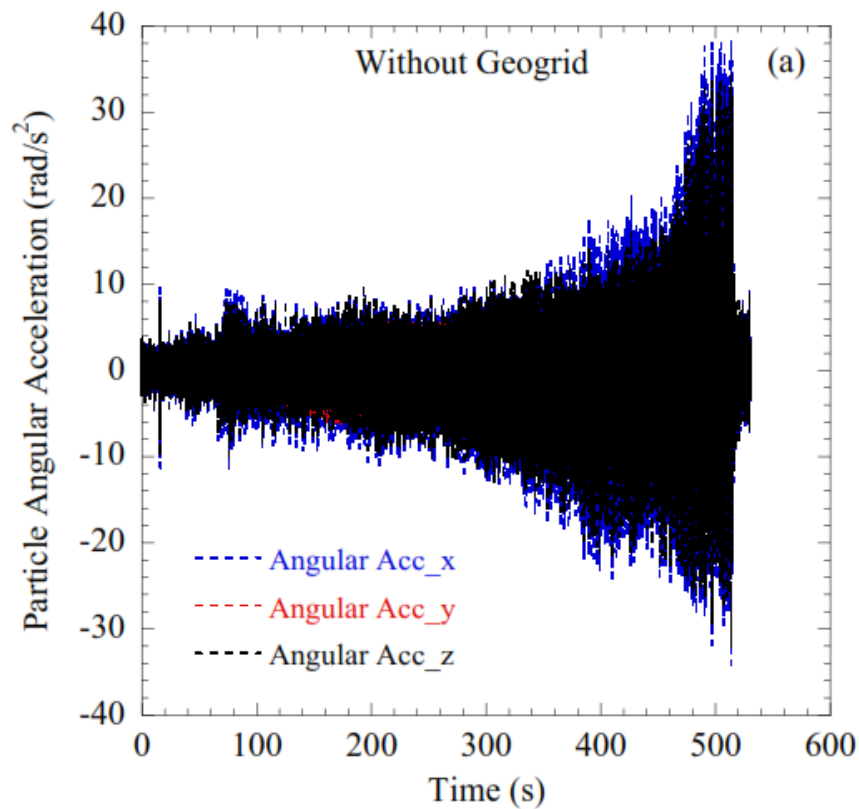


Az ágyazati kő elmozdulási gyorsulása 25 cm-el az alj alatt

- **Az ágyazati kő elmozdulási gyorsulása jelentősen csökken a TX190L georács alkalmazása esetén**

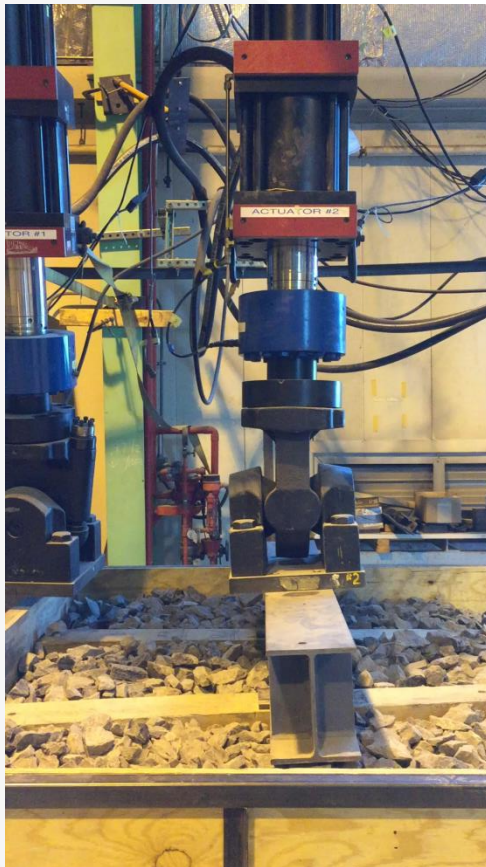


- Az ágyazati kő szöggyorsulása jelentősen csökken a TX190L georács hatására.

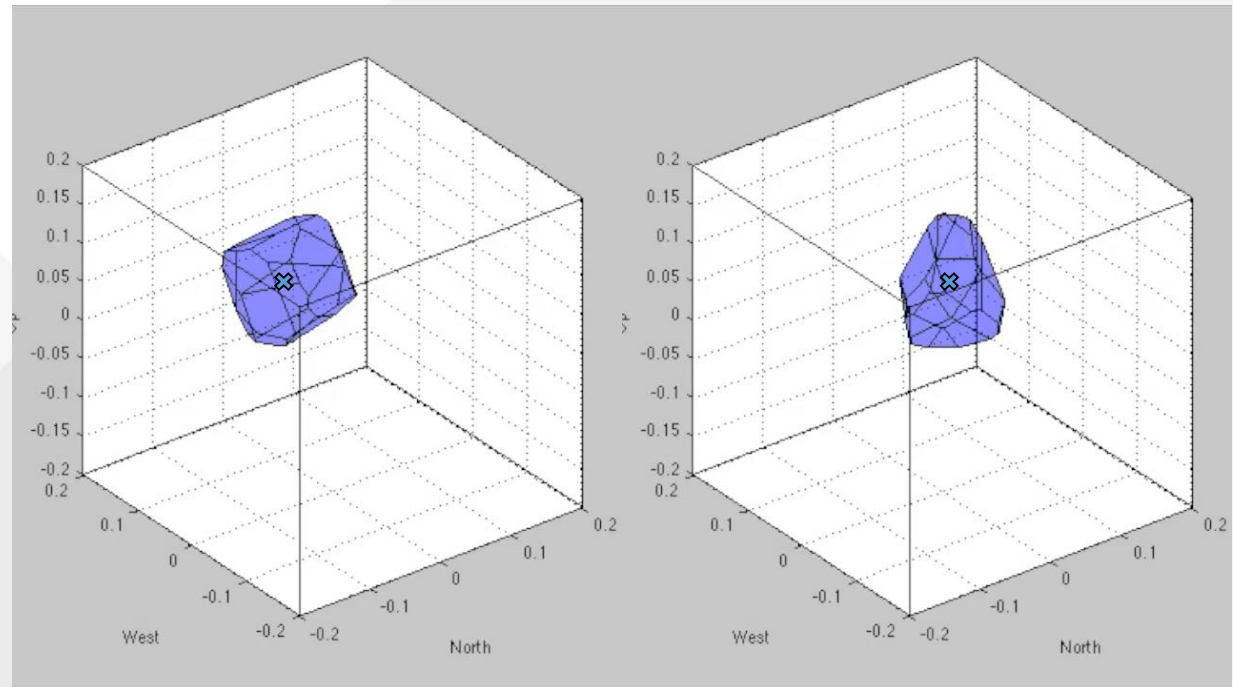


Az intelligens kő mozgása az ágyzatban

TX190L georács nélkül

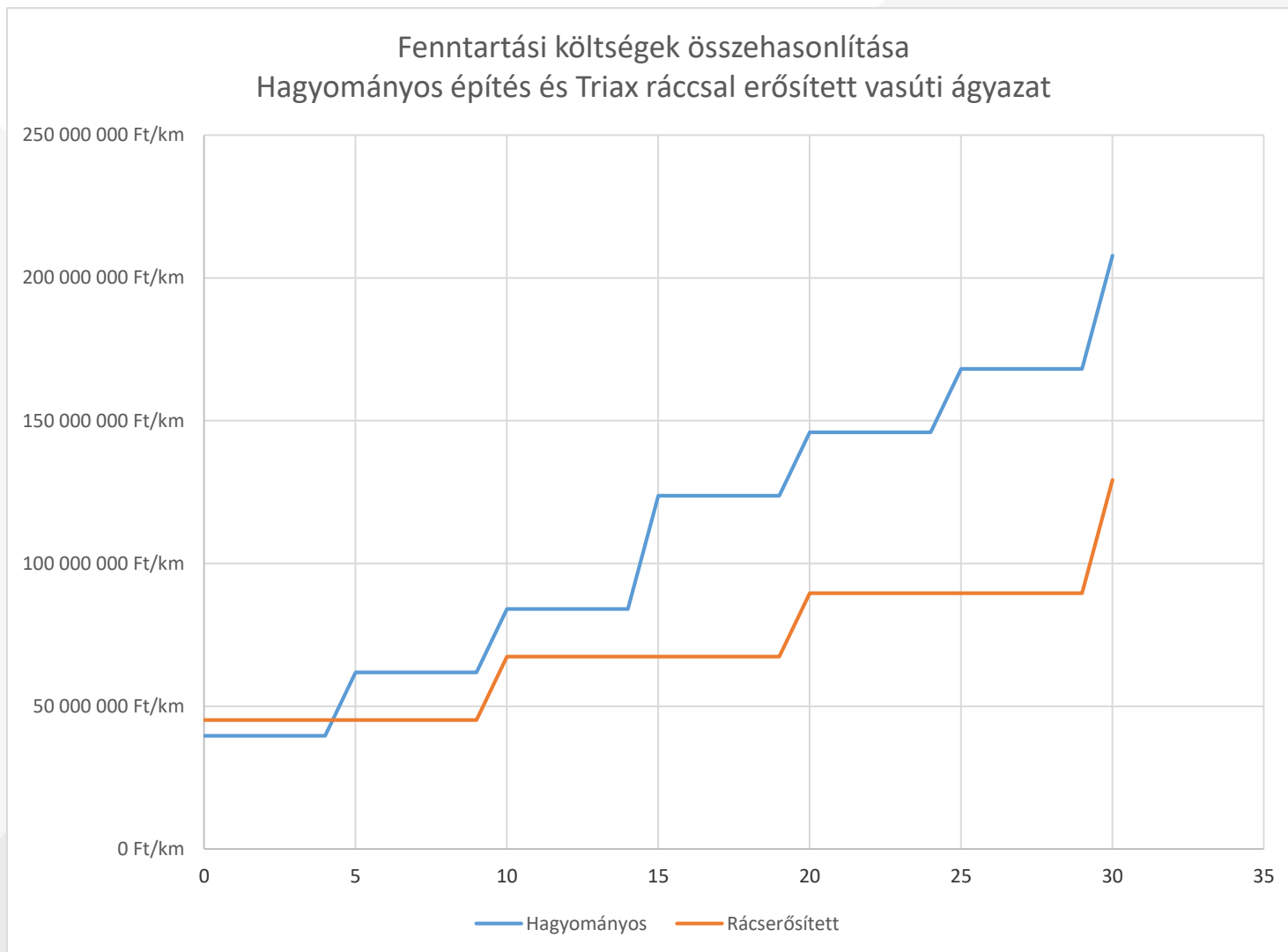


TX190L georáccsal



Presented at TRB2016 conference,
“Effect of Geogrid on Railroad Ballast Studied by SMART ROCK”

TriAx vasúti ágyazat stabilizáció





TRIAX[®] = Azonnali és hosszútávú megtakarítás

Köszönjük a figyelmet!