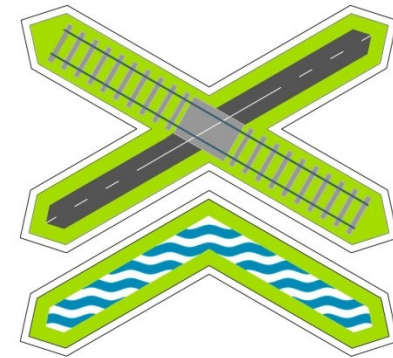




UNIVERSITAS-GYŐR  
NONPROFIT Kft.



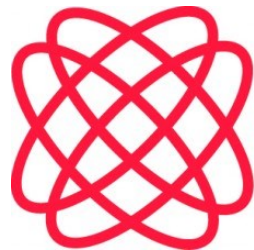
## ÚT- ÉS VASÚTÉPÍTÉSI SZEMCSÉS RÉTEGEK ERŐSÍTÉSE GEOMŰANYAGOKKAL

Dr. Fischer Szabolcs egyetemi adjunktus  
SZE ÉÉKK Közlekedésépítési Tanszék

- Az előadás vázlata
  - Köszönetnyilvánítás
  - Kutatási probléma felvetése
  - Az interlocking hatás jellemzői
  - Laboratóriumi vizsgálatok
  - Mérési eredmények
  - Mérési eredmények értékelése
  - Összefoglaló megállapítások
  - Irodalomjegyzék

- Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk a **Bonar B.V.-nek** és a **Bonar Geosynthetics Kft.-nek** (a vizsgálatok finanszírozása és a georácsok, geoműanyagok biztosítása), illetve a **Colas Északkő Kft.-nek** (szemcsés anyagok biztosítása) a kutatás-fejlesztési munkánk támogatásáért.



**Bonar**  
partners in performance

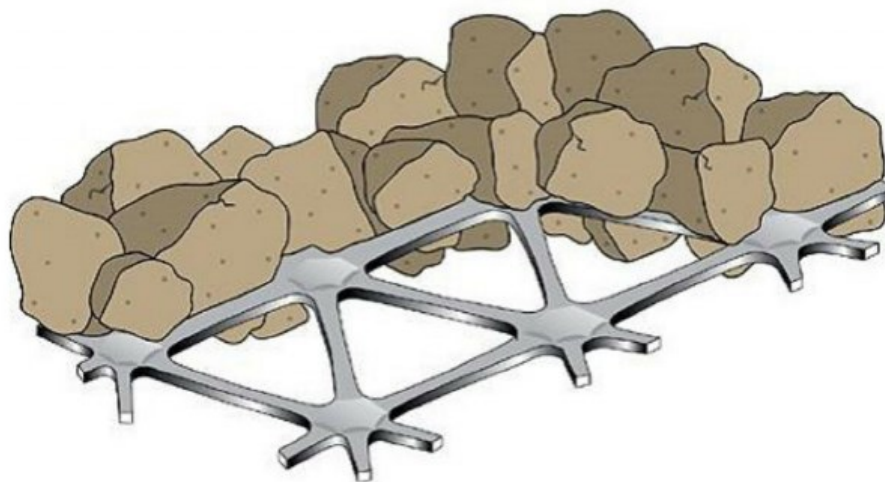
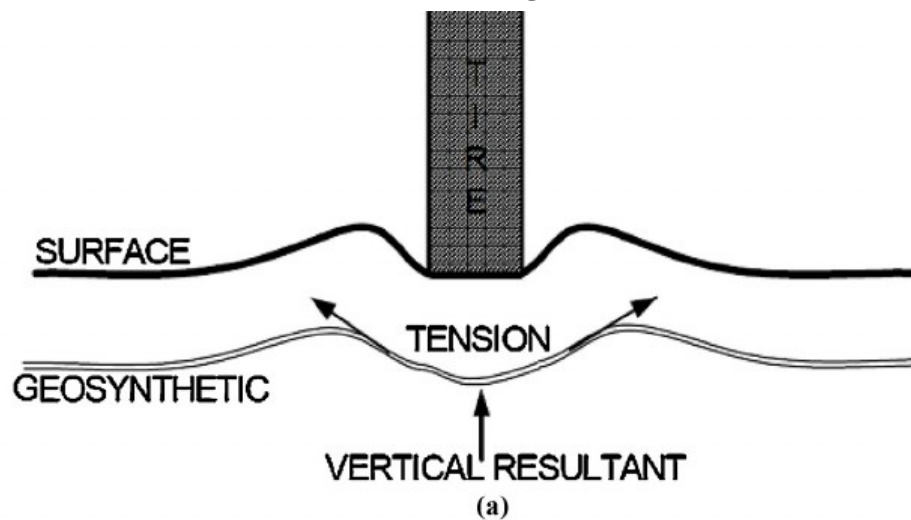


- Kutatási probléma felvetése

- A közlekedési létesítmények építésekor nagy mennyiségben használnak szemcsés rétegeket (pl. kiegészítő réteg, alapréteg, vasúti zúzottkő ágyazat, stb.), amelyekbe gyakran kerül betervezésre geoműanyag (georács, georács+geotextília) réteg erősítő funkcióval.
- A szemcsés anyagokban a geoműanyagok miatti belső nyírási ellenállás-növelő hatás jelenleg nem ismert teljes körűen.
- Laboratóriumi többszintes nyíróladás vizsgálatokkal az ún. interlocking hatás számszerűsíthető. A különböző kialakítású esetek összehasonlíthatók.
- Nem célja az előadásnak és a kutatásnak az egyes geoműanyag gyártók termékeinek ismertetése, a viselkedés összehasonlításának alapja a vizsgált geoműanyagok geometriai-fizikai-mechanikai paramétereire korlátozódik.

- Az interlocking hatás jellemzői

### Az interlocking hatás

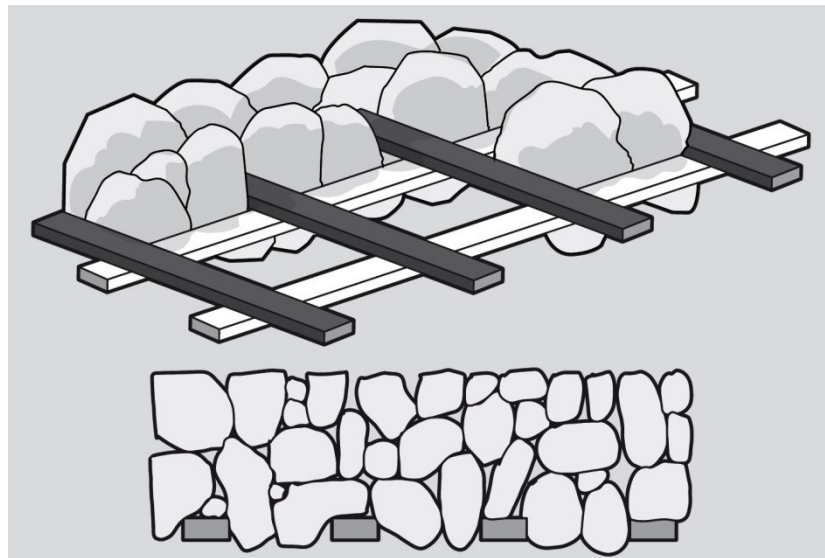


Jie Han&Jitendra K. Thakur (2014)

## Az interlocking hatás



Forrás: [www.geotas.com](http://www.geotas.com)



Forrás: [www.bonar.com](http://www.bonar.com)

## Az interlocking hatás



<http://www.naue.com>



## Az interlocking hatás



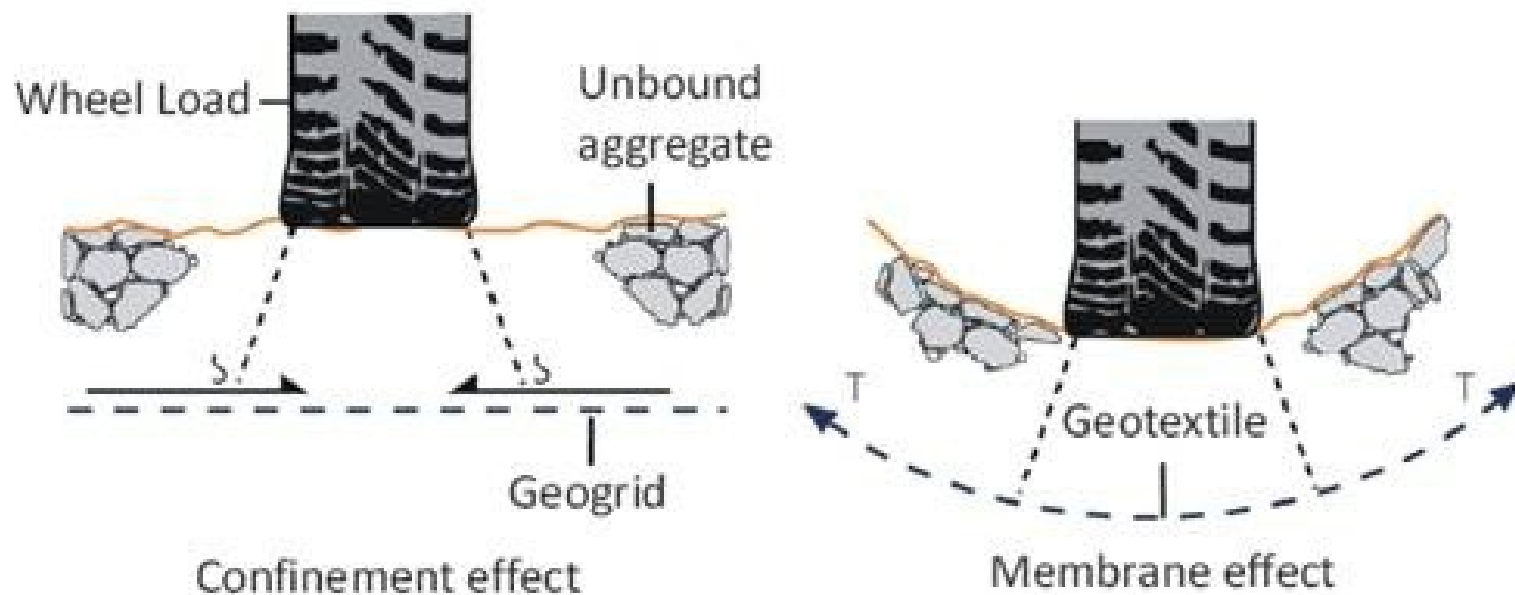
<http://www.naue.com>

## Az interlocking hatás

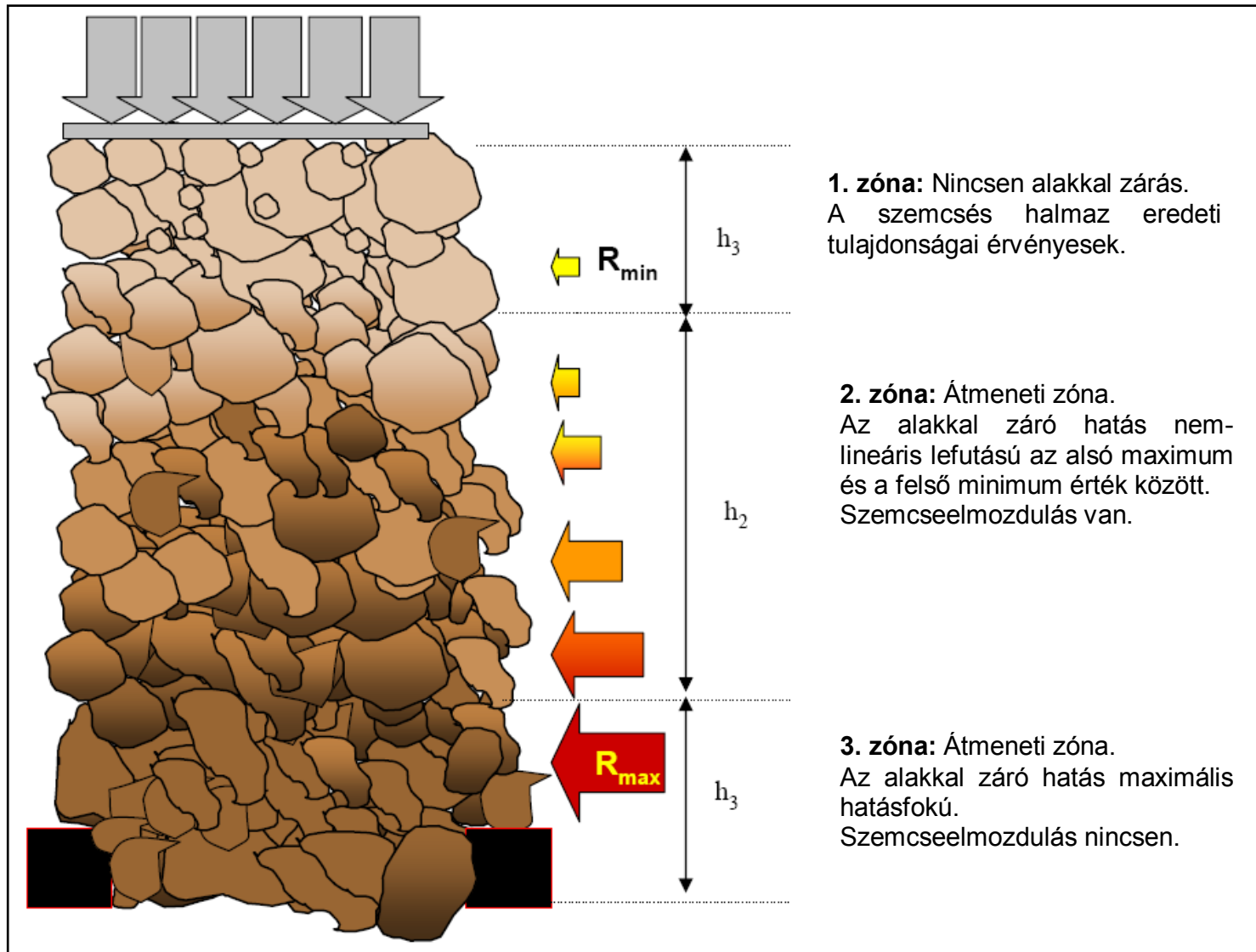


<http://www.naue.com>

## Az interlocking és a membrán hatás

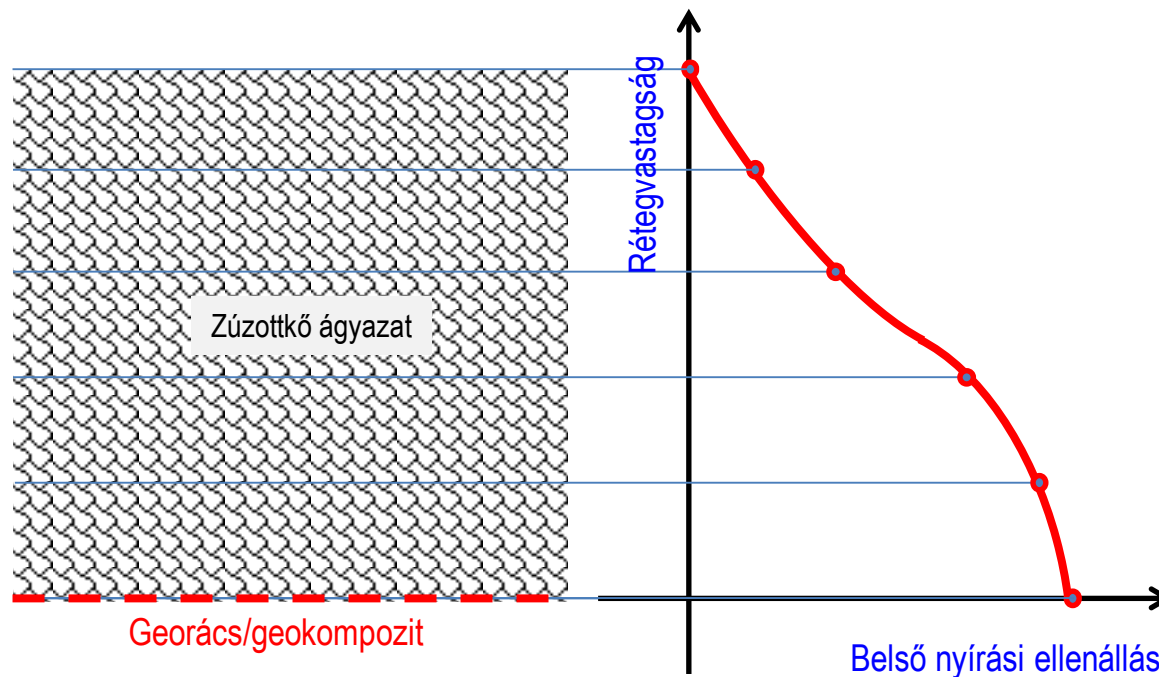


## Az interlocking hatás

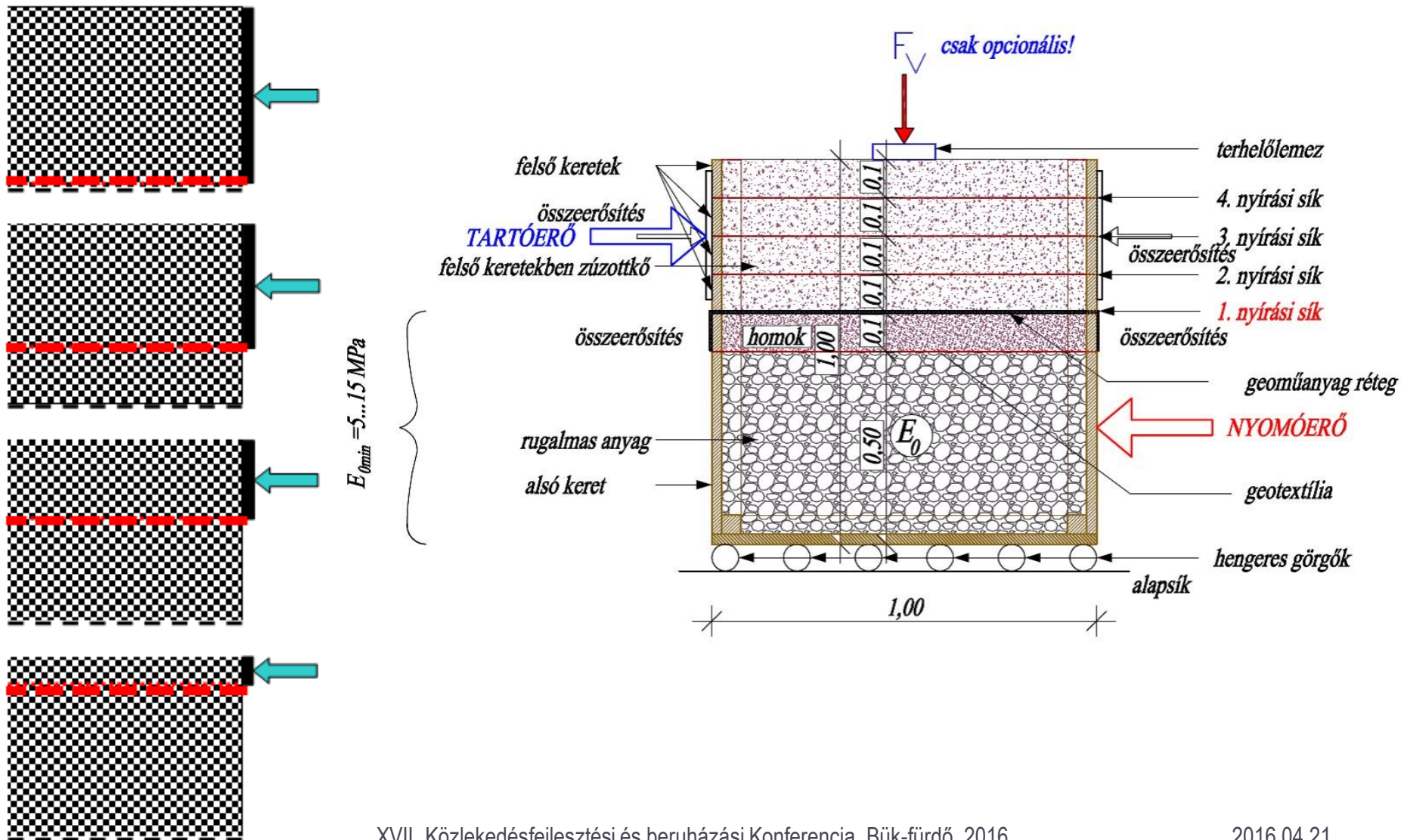


- Laboratóriumi vizsgálatok

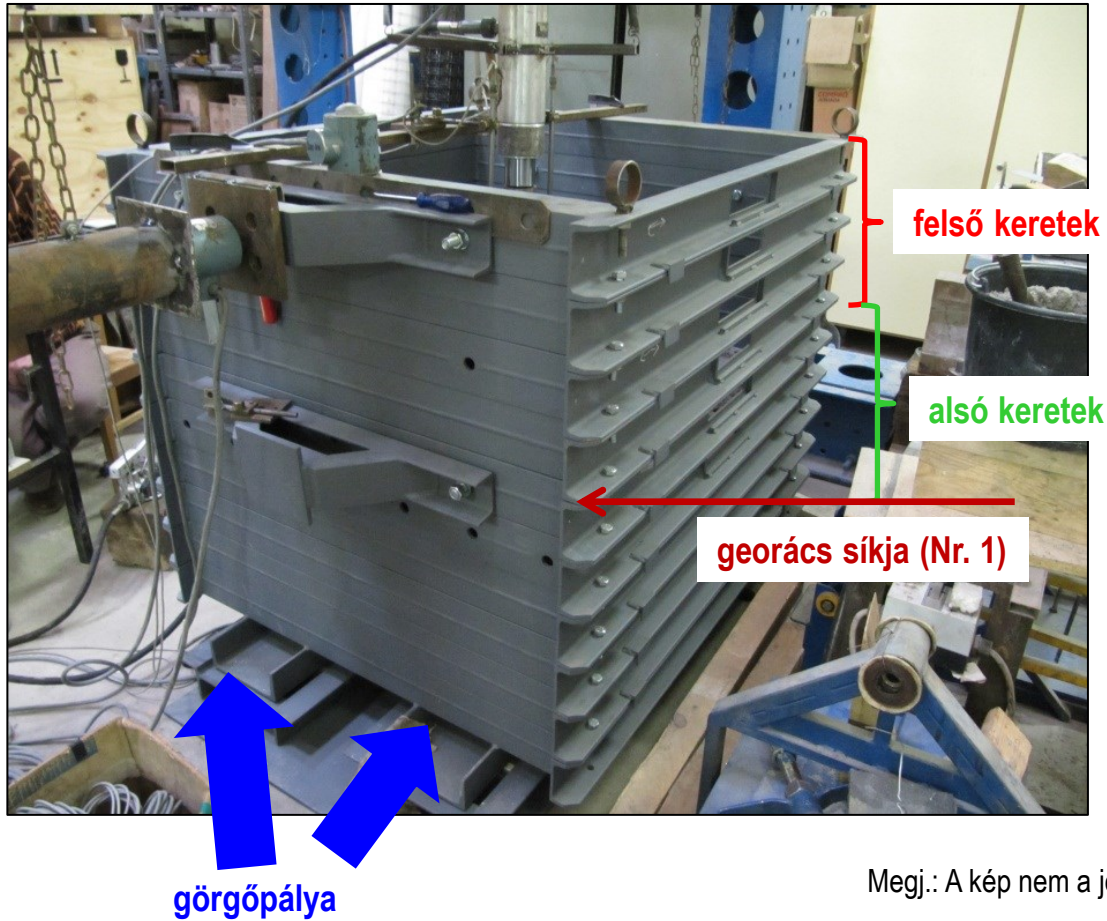
A belső nyírási ellenállás értékeit különböző síkokban kell ismerni



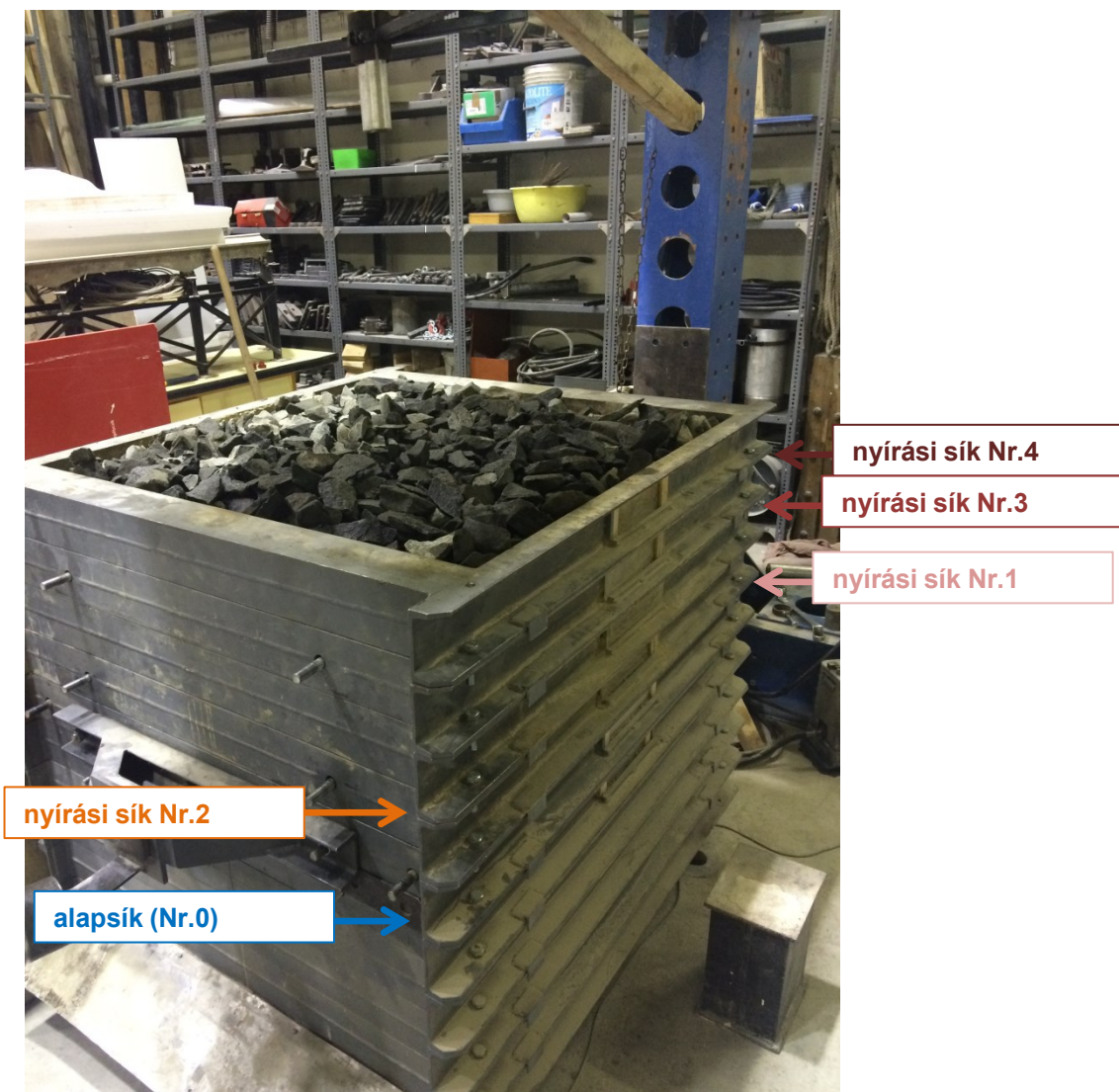
Megoldás: többszintes nyírladában történő mérés



## A többszintes nyíróláda



## A nyírási síkok





## A rétegszerkezet

### Változók

Tömörített réteg, nincsen georács

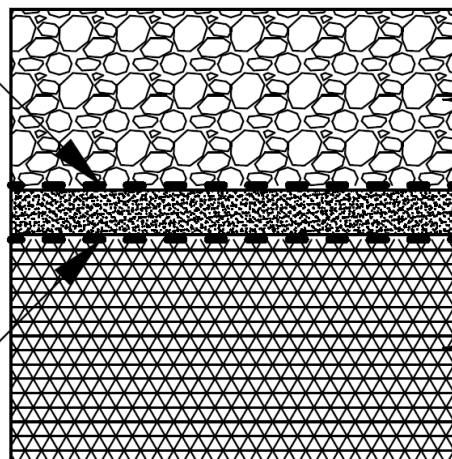
Tömörített réteg, van georács

Anyagtípus (szemcsés keverék/zúzottkő)

Különböző georács, geokompozit

### Állandó paraméterek

Georács v. geokompozit



Szemcsés keverék (40 cm), v.

Homok (10 cm)

Thermopan XPS lemezek

Geotextília

- Vizsgált szemcsés anyagok és geoműanyagok
  - **31,5/63 E** típusú vasúti zúzottkő ágyazati anyagnál (**CÉK, Szob**):
    - **geoműanyag nélkül,**
    - **GR1:** Polipropilén (PP) alapanyagú hegesztett csomópontú georács, 44×40 mm-es hálómérettel,
    - **GK1:** A GR1 georács 160 g/m<sup>2</sup> tömegű PP nem szőtt geotextíliával,
    - **GR2:** Poliészter (PET) anyagú, PVC bevonatú szőtt georács 35×35 mm-es hálómérettel,
    - **GK2:** Poliészter (PET) alapanyagú georács (35×35 mm-es hálóméretű) poliészter (PET) nem szőtt geotextíliával kombinálva,
    - **GR3:** Polipropilén (PP) alapanyagú extrudált georács 39×39 mm-es hálómérettel,
  - **FZKA 0/56** típusú szemcsés keveréknél (**CÉK, Szob**):
    - **geoműanyag nélkül.**
    - **GR1:** Polipropilén (PP) alapanyagú hegesztett csomópontú georács, 44×40 mm-es hálómérettel,
    - **GK1:** A GR1 georács 160 g/m<sup>2</sup> tömegű PP nem szőtt geotextíliával,
    - **GR2:** Poliészter (PET) anyagú, PVC bevonatú szőtt georács 35×35 mm-es hálómérettel,
    - **GR3:** Polipropilén (PP) alapanyagú extrudált georács 39×39 mm-es hálómérettel.

## ÚT- ÉS VASÚTÉPÍTÉSI SZEMCSÉS RÉTEGEK ERŐSÍTÉSE GEOMŰANYAGOKKAL

	<b>GR1 és GK1</b>	<b>GR2</b>	<b>GK2</b>	<b>GR3</b>
Alapanyag	PP	PET+PVC	PET	PP
Gyártási mód	Hegesztett <sup>1</sup>	Szőtt <sup>2</sup>	Szőtt <sup>3</sup>	Extrudált <sup>4</sup>
Szakítószilárdság 1,0%-os nyúlásnál	7 kN/m	n.a.	n.a.	n.a.
Szakítószilárdság 2,0%-os nyúlásnál	12 kN/m	7,5 / 8 kN/m	7,5 / 8 kN/m	10,5 kN/m
Nyílásméret	44×40 mm	35×35 mm	35×35 mm	39×39 mm

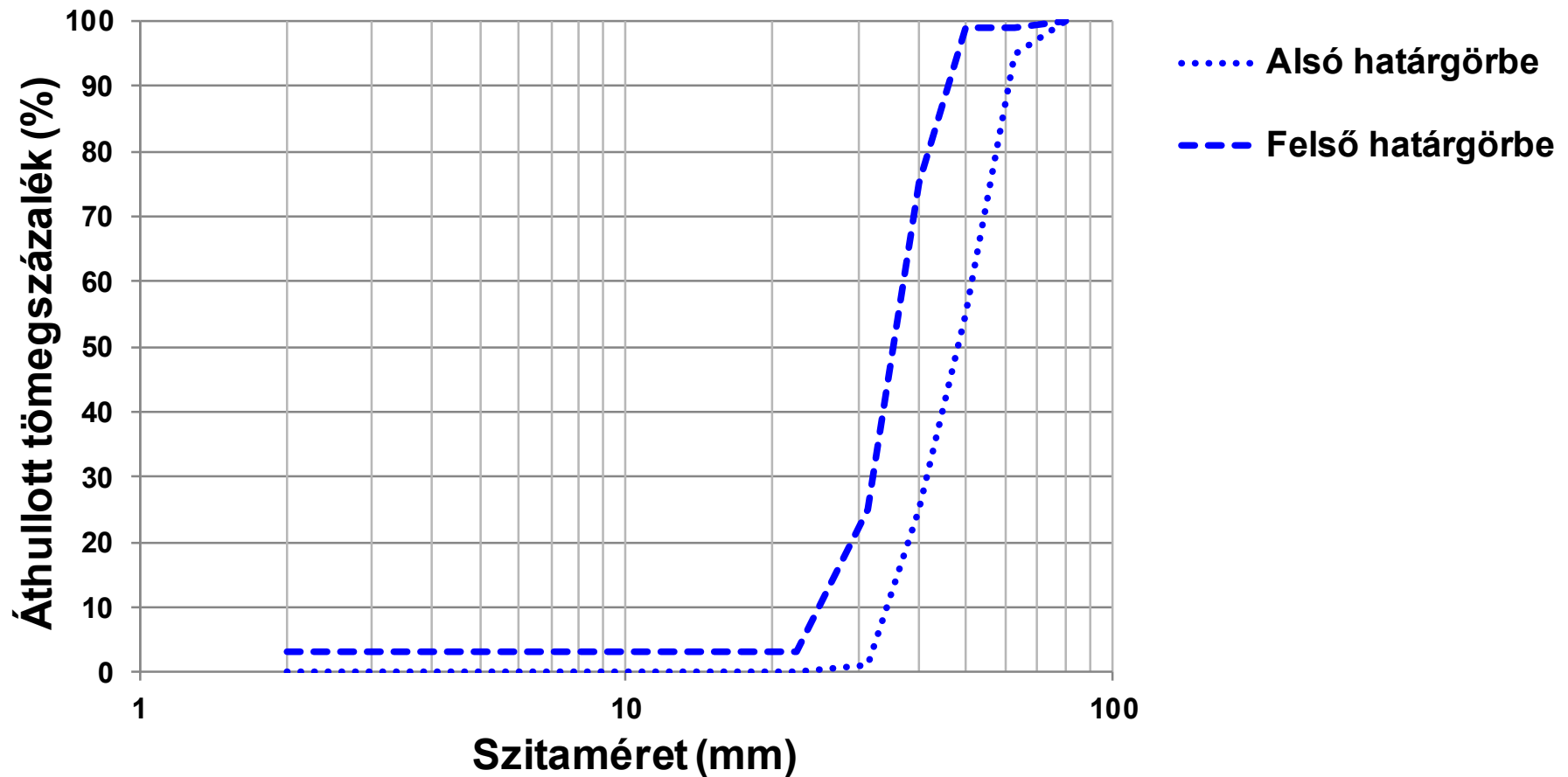
<sup>1</sup>Kétirányban teherviselő georács, amely merev, előterhelt, extrudált polipropilén (PP) pászmákból áll, minden irányban megegyező tervezési szilárdsággal, csomópontjaikat pedig számítógép vezérelt lézerhegesztéssel képzik.

<sup>2</sup>Kétirányban teherviselő szőtt georács, amely poliészter (PET) szálakból készül utólagos PVC bevonattal.

<sup>3</sup>Kétirányban teherviselő szőtt georács, amely poliészter (PET) szálakból készül utólagos bevonat nélkül.

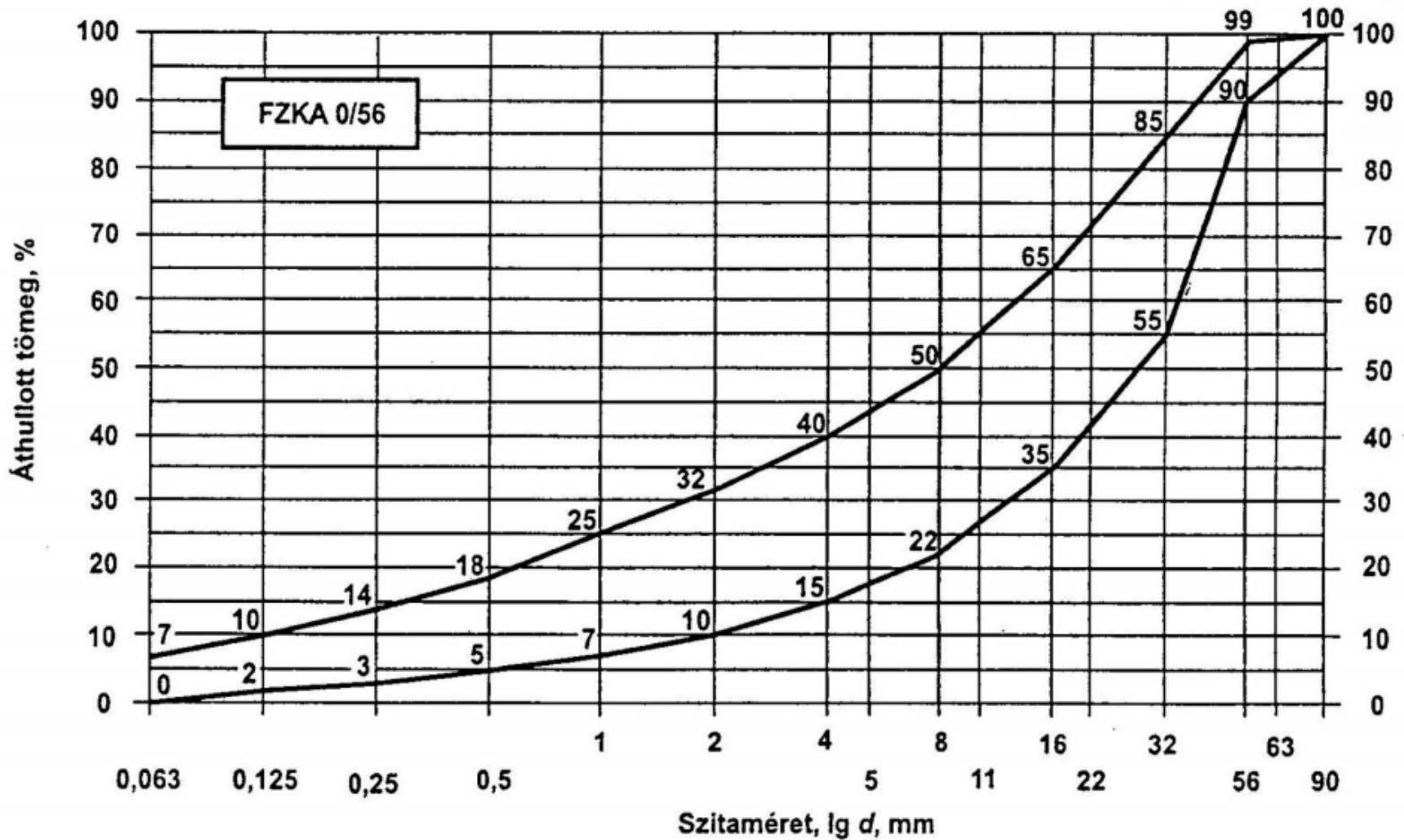
<sup>4</sup>Extrudálással készült polipropilén (PP) lemez lyukasztásával, majd kétirányú nyújtásával előállított georács.

31,5/63 E típusú zúzottkő



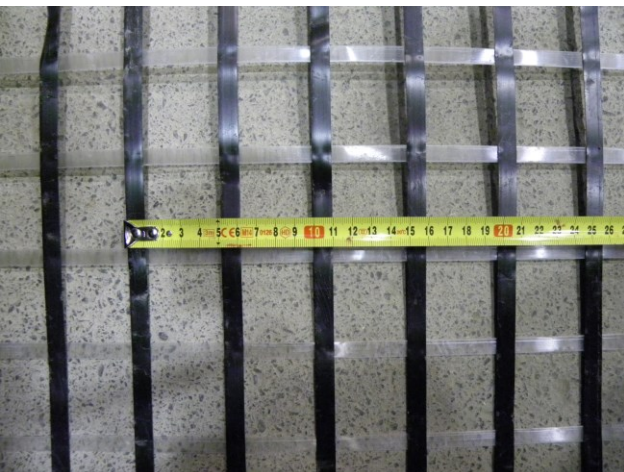
MSZ EN 13450:2003

FZKA 0/56

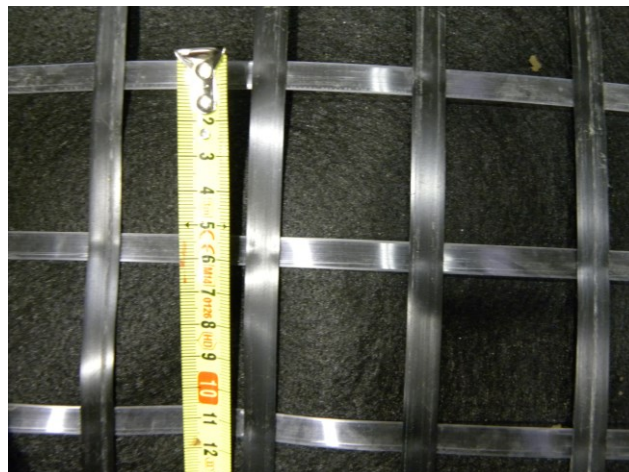


[http://www2.epito.bme.hu/uvt/oktatas/feltoltesek/BMEEOUVTUE2/szm\\_23\\_2012\\_burkolat\\_alapok.pdf](http://www2.epito.bme.hu/uvt/oktatas/feltoltesek/BMEEOUVTUE2/szm_23_2012_burkolat_alapok.pdf)

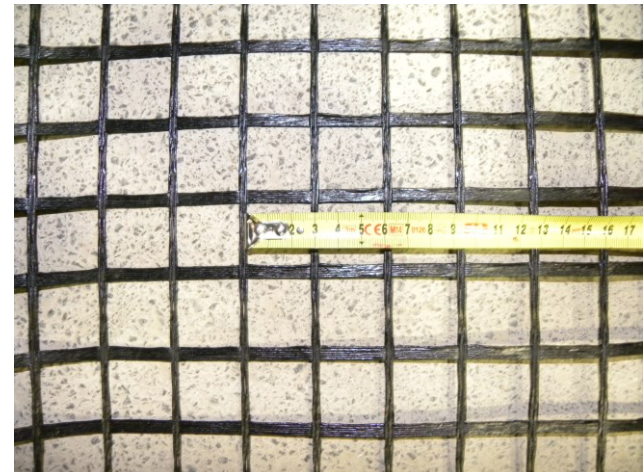
## Geoműanyagok



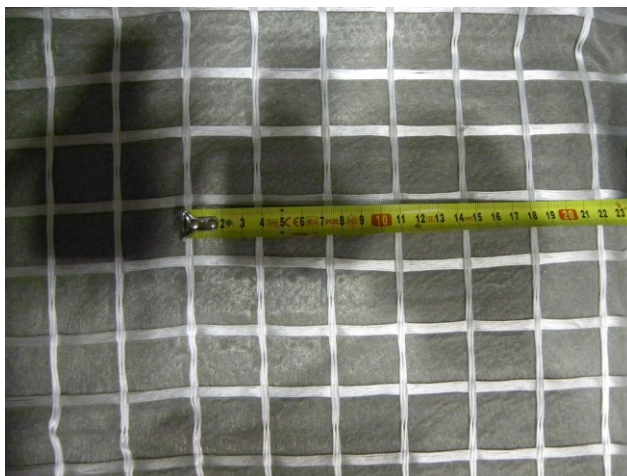
**GR1**



**GK1**



**GR2**

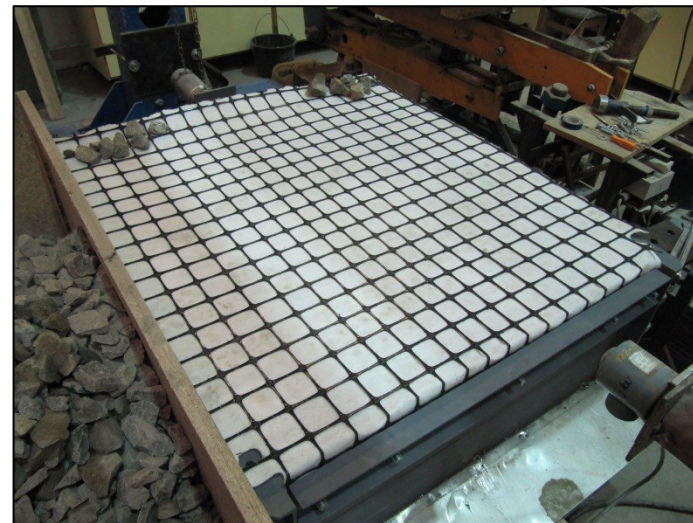


**GK2**



**GR3**

## Beépítési lépések 1.



Megj.: A képek nem a jelenlegi vizsgálatkor készültek.



## Beépítési lépések 2.



Megj.: A képek nem a jelenlegi vizsgálatkor készültek.





## A zúzottkő ágyazat tömörítése

Tömörítés:

- 20 cm és 40 cm vastagságban.

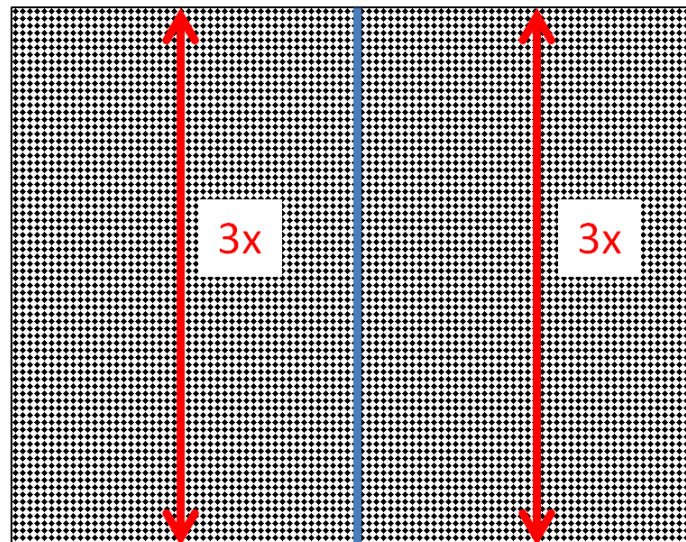
Tömörítő eszköz:

- L-2/C típus,
- tömeg: 68 kg,
- teljesítmény: 1,1 kW,
- névleges vibrációs frekvencia: 3000/min,
- tömörítőlap: 500x500 mm.

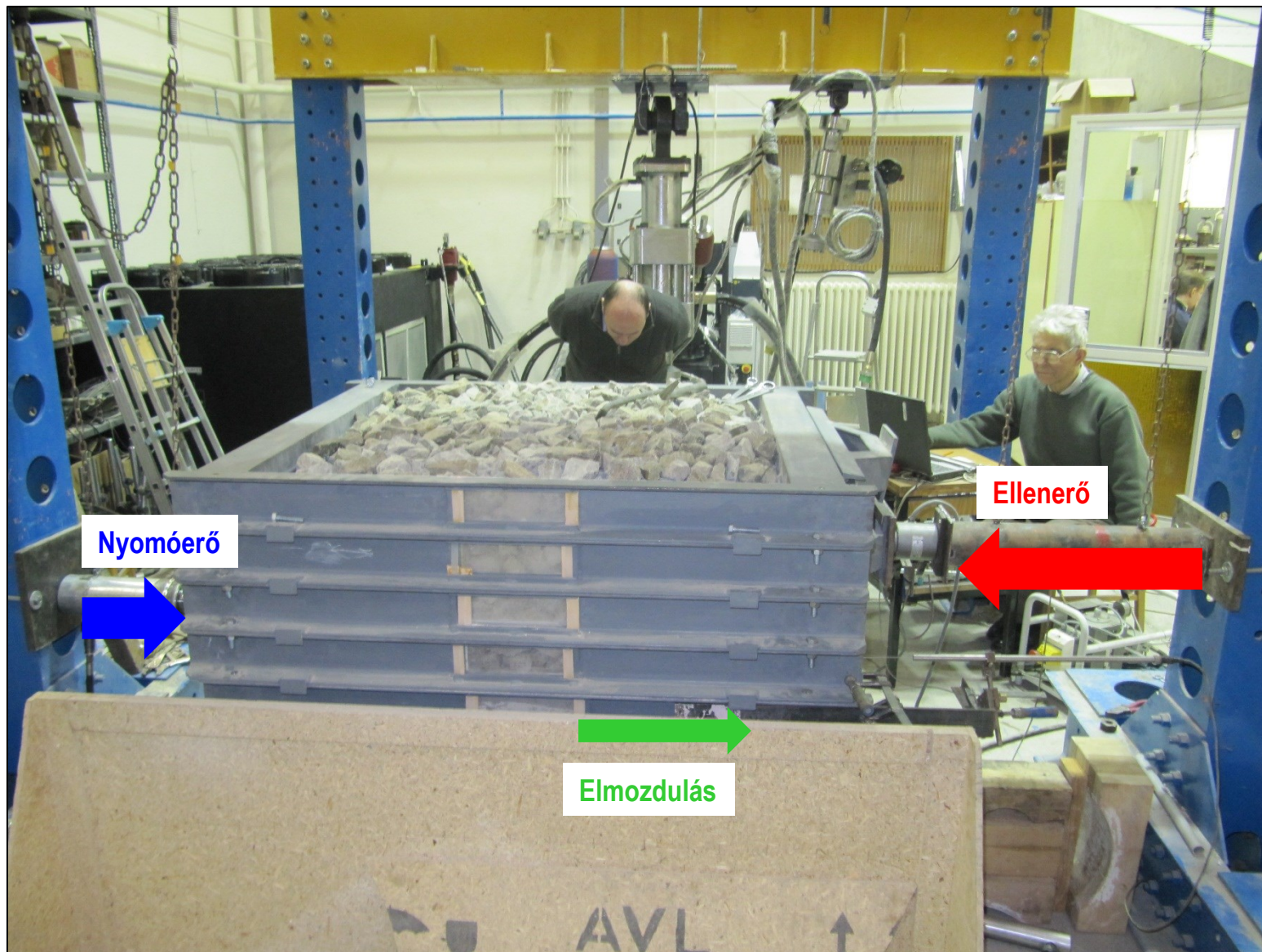


Megj.: A kép nem a jelenlegi vizsgálatkor készült.

Fontos: azonos legyen a tömörítési munka minden vizsgálat előtt.



# ÚT- ÉS VASÚTÉPÍTÉSI SZEMCSÉS RÉTEGEK ERŐSÍTÉSE GEOMŰANYAGOKKAL



Megj.: A kép nem a jelenlegi vizsgálatkor készült.

## A szemcsék elmozdulása a felső síkon



Megj.: A kép nem a jelenlegi vizsgálatkor készült.

A szemcsék elmozdulása a felső síkon

Az ellenérő oldalán



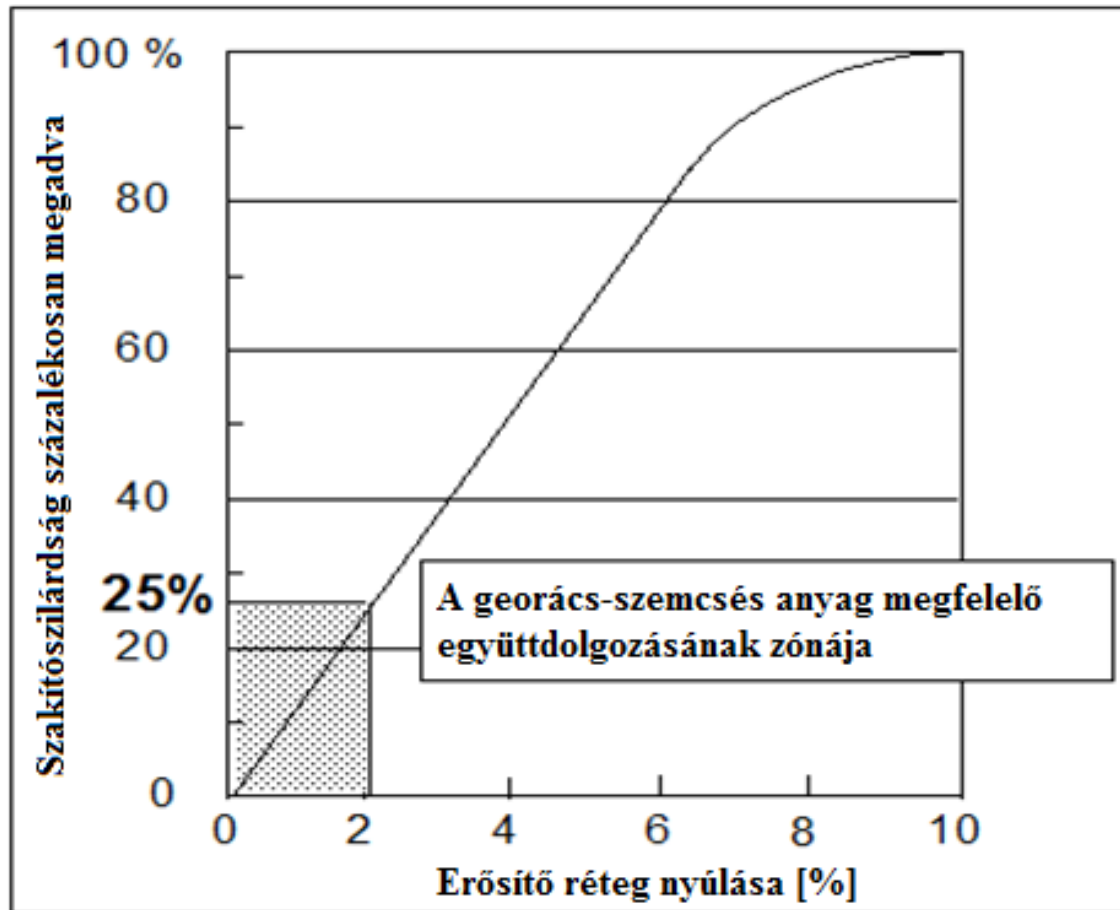
A nyomóerő oldalán



Megj.: A képek nem a jelenlegi vizsgálatkor készültek.

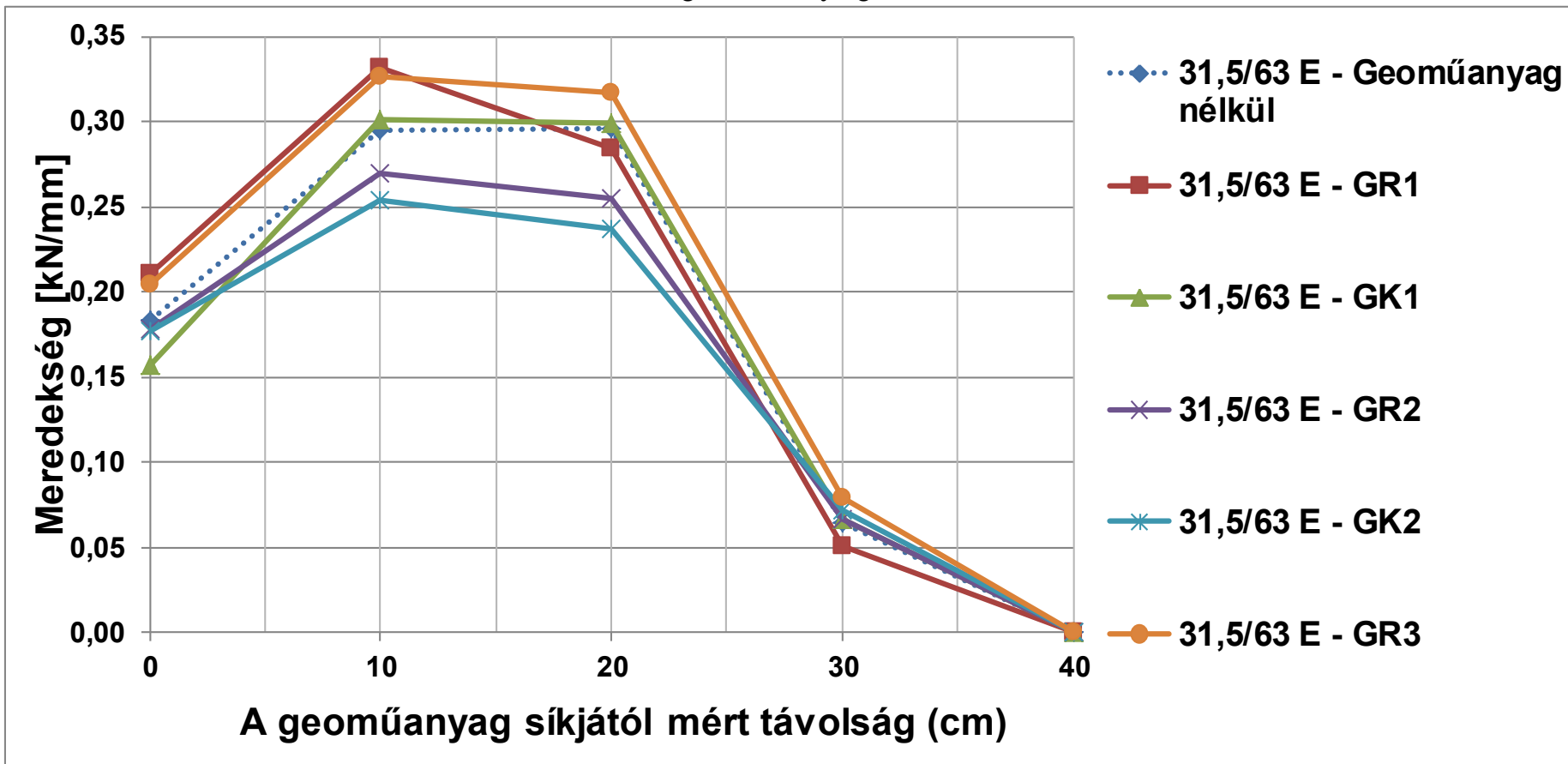
- Mérési eredmények

A minősítési paraméterek meghatározása – a „belső nyírási ellenállás”

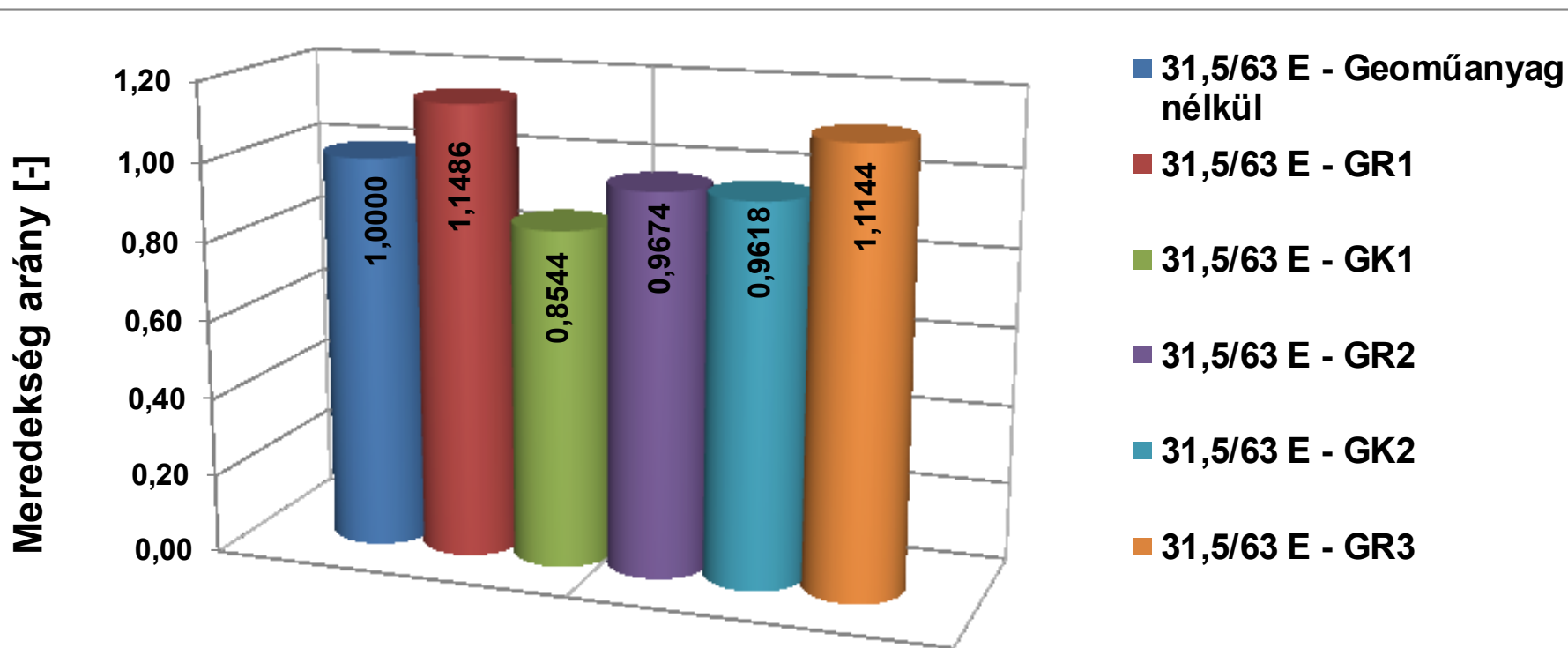


1. Az 5 mm és 40 mm közötti keret-elmozdulásnál az ezen a tartományon mért adatsorra illesztett lineáris regressziós függvény meredeksége

Az 5...40 mm keretelmozduláshoz tartozó **lineáris regressziós függvény** meredekségének értéke 31,5/63 E típusú zúzottkő esetén geoműanyag erősítés nélkül, és különböző geoműanyagos erősítésekkel

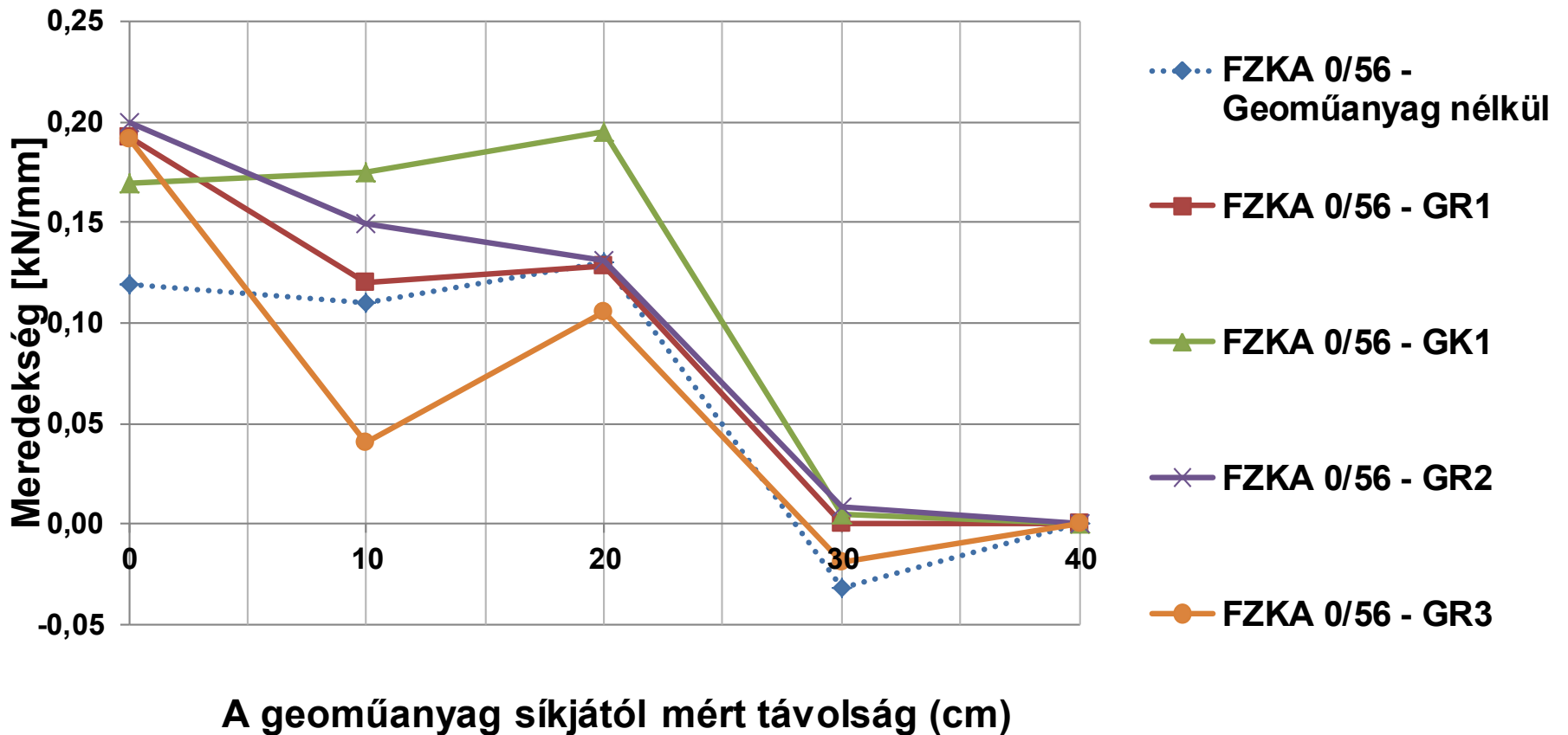


A nyírési grafikonok 5...40 mm-es keretelmozdulások zónájára számított lineáris regressziós függvényei meredekségének geoműanyag nélküli esethez viszonyított aránya az egyes geoműanyagos erősítéseknél a georács síkjában értelmezve, 31,5/63 E típusú vasúti zúzottkő anyagnál

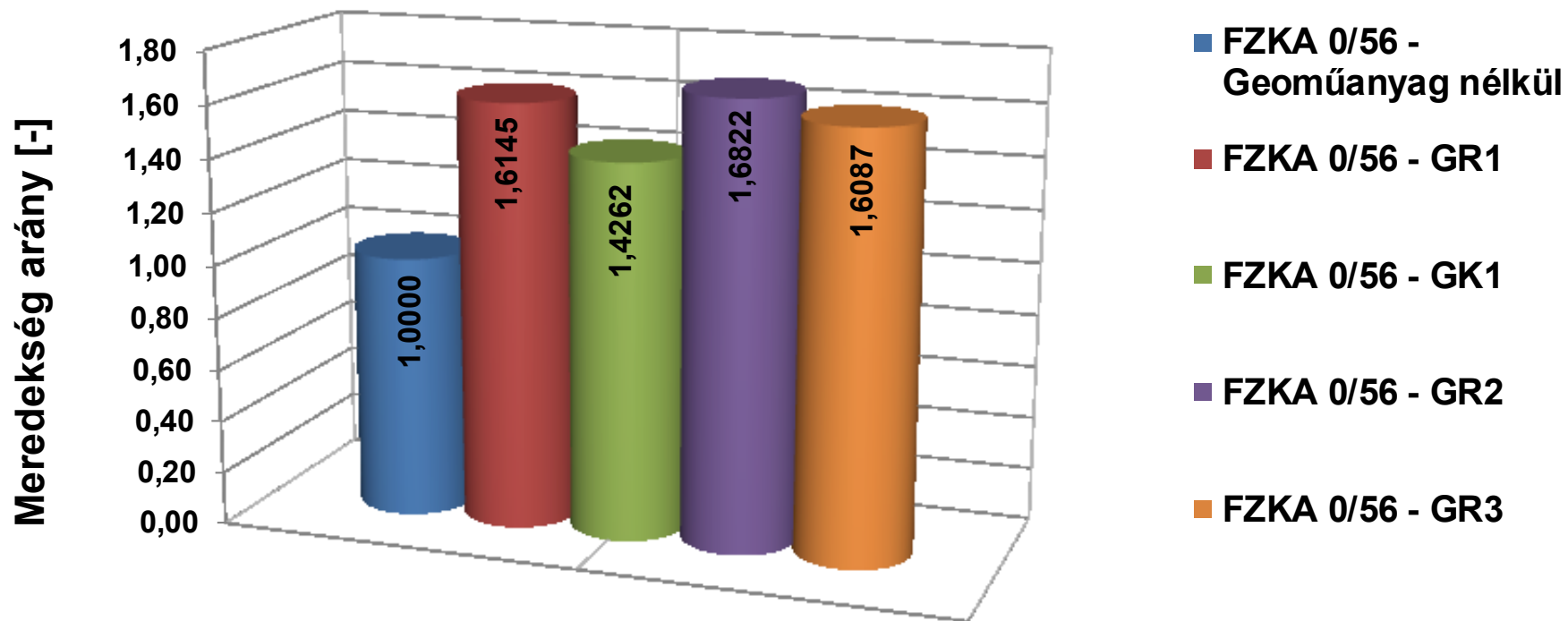




Az 5...40 mm keretelmozduláshoz tartozó **lineáris regressziós függvény** meredekségének értéke FZKA 0/56 típusú szemcsés keverék esetén geoműanyag erősítés nélkül, és különböző geoműanyagos erősítésekkel



A nyírási grafikonok 5...40 mm-es keretelmozdulások zónájára számított lineáris regressziós függvényei meredekségének geoműanyag nélküli esethez viszonyított aránya az egyes geoműanyagos erősítéseknél a georács síkjában értelmezve, FZKA 0/56 típusú szemcsés keveréknél



- Mérési eredmények értékelése 1.
  - Jelen előadásban nem adtam meg külön a **polinomiális regressziós függvényeket**, a mérési adatokat csak **folyamatos vonallánccal** kötöttem össze, érzékeltetve ezzel a függvény kapcsolatot.
  - A laboratóriumi többszintes nyíróládás vizsgálat mérési eredményei alapján teljes biztonsággal megállapítható, hogy a szemcsés anyagalmaz alá beépített **megfelelő típusú georács/geokompozit réteg növeli a tömörített zúzottkő ágyzatban és az FZKA 0/56 típusú szemcsés keverékben a belső nyírási ellenállás nagyságát.**

- Mérési eredmények értékelése 2.
  - Jelen vizsgálat-sorozat eredményei alapján megállapítható, hogy a **georács síkja feletti kb. 20 cm-es zónától a georács hatása nem volt érzékelhető.**
  - Jelen vizsgálat-sorozat eredményei alapján megállapítható továbbá, hogy a **vasúti zúzottkő ágyazatnál az  $1,4 \times d_{\max}$  érték (~88 mm), az FZKA 0/56 anyagnál a  $3,5 \times d_{50}$  érték (~35...55 mm) mint optimális erősítő georács nyílásméret (szakirodalmak alapján felvéve ezeket) igazolja, hogy a 35×35 mm-es rácsméret (**GR2 és GK2**), illetve a 44×40 mm-es geotextíliás hegesztett rács (**GK1**) **nem hatékony a zúzottkő ágyazatban**, ellenben a hegesztett és extrudált ráccsal (**GR1 és GR3**) már akár lehet pozitív hatást elérni. Az FZKA 0/56 anyag esetén az erősítés mind a négy vizsgált geoműanyagnál kimutatható volt – geotextília nélküli esetekben szinte azonos mértékben –, legmagasabb értékkel a szőtt georácsnál (**GR2**).**

- **Összefoglaló megállapítások**
  - **Összefoglalóan** kijelenthető a vizsgálatok alapján, hogy a georács erősítő elemek esetében **nem a gyártási technológia, vagy a csomópontok kialakítása határozza meg annak teljesítőképeségét**, sokkalta inkább azokat a **releváns paramétereket** kell mérlegelnünk, amelyeket a **beépítési környezet** irányoz elő számunkra:
    - **megfelelő nyílásméret kiválasztása,**
    - **szükséges értékű (szakító)erő felvétele az 1-2%-os (akár 0,5...4%-os) deformációs tartományban.**

- A konferencia cikkhez felhasznált irodalmak jegyzéke

Kurhan, D. M.: Determination of dynamic loads from the wheel on the rail for high-speed trains, Science And Transport Progress. Bulletin Of Dnipropetrovsk National University Of Railway Transport 2015/3 118–128.

TENSAR INTERNATIONAL LTD.: Railways. Mechanical Stabilisation Track Ballast and Sub-ballast, marketing issue, 2013, Blackburn, 11 p. ([www.tensar.co.uk/downloads](http://www.tensar.co.uk/downloads))

Fischer Szabolcs: A vasúti zúzottkő ágyazat alá beépített georácsok vágánygeometriát stabilizáló hatásának vizsgálata, PhD értekezés, SZE MMTDI, 2012, DOI: 10.15477/SZE.MMTDI.2012.005

Fischer Szabolcs: Georácsok alkalmazása vasúti zúzottkő ágyazat stabilizálására (2009-2014), KTE ankét előadás, Pécs, 2014.10.13., DOI: 10.13140/rg.2.1.2637.5842

Brown, S. F. – Kwan, J. – Thom, N. H.: Identifying the key parameters that influence geogrid reinforcement of railway ballast, Geotextiles and Geomembranes 2007 326-335

Koerner R. M.:, Designing with Geosynthetics, Xlibris Press, USA, 2012

Köszönöm megtisztelő figyelmüket!

Honlap: [kep.sze.hu](http://kep.sze.hu)  
E-mail: [fischersz@sze.hu](mailto:fischersz@sze.hu)