

# A Hydrostab-eljárás műszaki értékelése

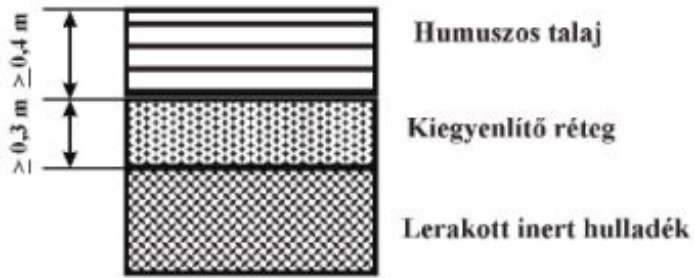
**Dr Szabó Imre**

***GEOSZABO Mérnöki Iroda Bt. MISKOLC***

**XVII. Országos Környezetvédelmi Konferencia és Szakkiállítás  
SIÓFOK, 2003.szeptember 23-25**



### INERTHULLADÉK LERAKÓ

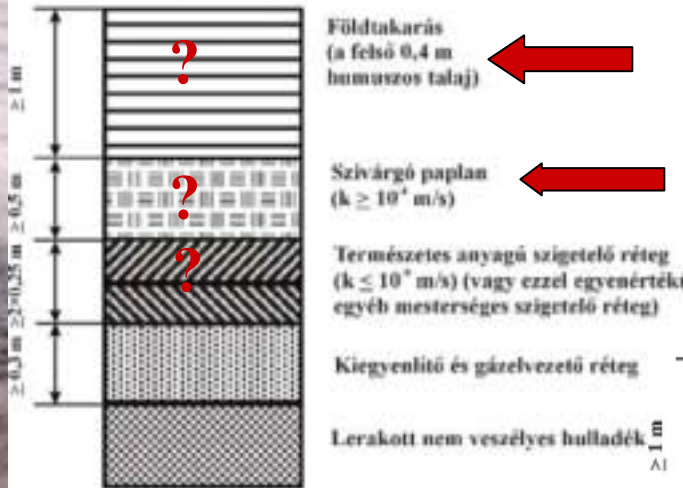


## INERTHULLADÉK LERAKÓ

**A hulladéklerakók felső (lezáró) szigetelésének hazai szabályozása**

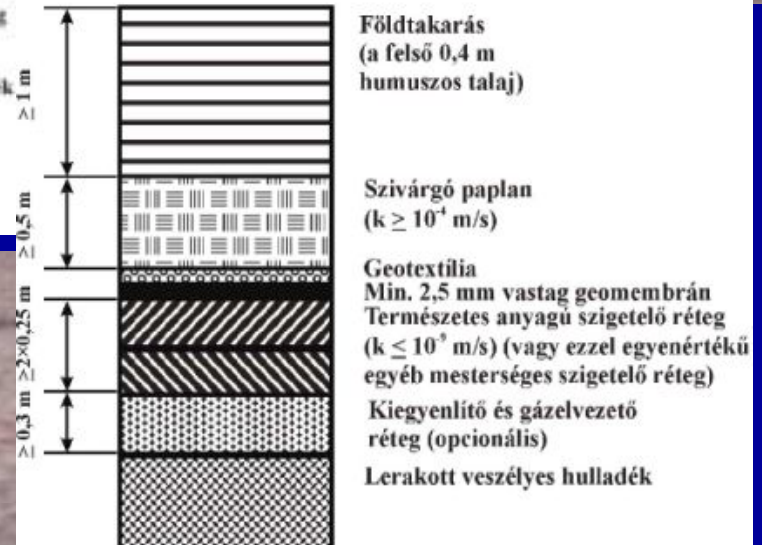
**(22/2001.(X.10.) KÖM rendelet, 1-3. sz. függelék)**

### NEM VESZÉLYES HULLADÉK LERAKÓ



## NEM VESZÉLYES HULLADÉK LERAKÓ

## VESZÉLYES HULLADÉK LERAKÓ





## A zárószigetelések felépítési alternatívái a kísérlet során

Feld 1	Feld 2	Feld 3	Feld 4	Feld 5	Feld 6	Feld 7	Feld 1	Feld 3	Feld 4	Feld 5	Feld 6
Erosions-schutzmatte	Erosions-schutzmatte	Erosions-schutzmatte				Erosions-schutzmatte	Erosions-schutzmatte	Erosions-schutzmatte			
60 cm Reku-schicht		20 cm Reku-schicht				100 cm Reku-schicht	60 cm Reku-schicht	20 cm Reku-schicht			
	100 cm Reku-schicht	50 cm schwach- bis mittelbind. Material				30 cm Kies 16/32 gewaschen Rundkorn		50 cm schwach- bis mittelbind. Material			
50 cm mineralische Dichtungsschicht			Erosions-schutzmatte	Erosions-schutzmatte	Erosions-schutzmatte	50 cm TASI-gerechte mineralische Dichtungsschicht	50 cm mineralische Dichtungsschicht		Erosions-schutzmatte	Erosions-schutzmatte	Erosions-schutzmatte
	kombinierte Gitterdränmatte auf KDB	30 cm Kiessand 0/32 schwachbind. dränfähig	20 cm Reku-schicht	50 cm Reku-schicht	50 cm Reku-schicht			30 cm Kiessand 0/32 schwachbind. dränfähig	50 cm Reku-schicht	50 cm Reku-schicht	50 cm Reku-schicht
		Bentonitmatte mit 4.000 g/m <sup>2</sup> Einwaage an Ca-Bentonit	30 cm Kiessand 0/32 schwachbind. dränfähig	Gitterdränmatte	Gitterdränmatte			Ca-Bentonit 4.000 g/m <sup>2</sup>	Gitterdränmatte	Gitterdränmatte	Gitterdränmatte
			Auflager Waschkies 2/8 in PEHD-Auffangwanne	modifizierte Bentonitmatte	Bentonitmatte			mit Kupferfolie	Na-Bentonitmatte mit 5.000 g/m <sup>2</sup>	mit Kupferfolie	modifizierte Bentonitmatte
15 cm Sickerwasserfassung und Profilierung						15 cm Sickerwasserfassung und Profilierung					

*Az átépítés utáni próbamezők (1;3-6 mezők)*

**Rekultivációs réteg**

**Ásványi anyagú szigetelő réteg**

**Gyengén kötött talaj**

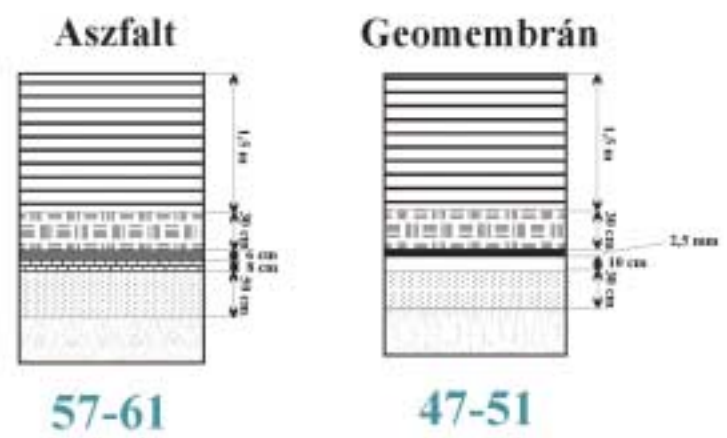
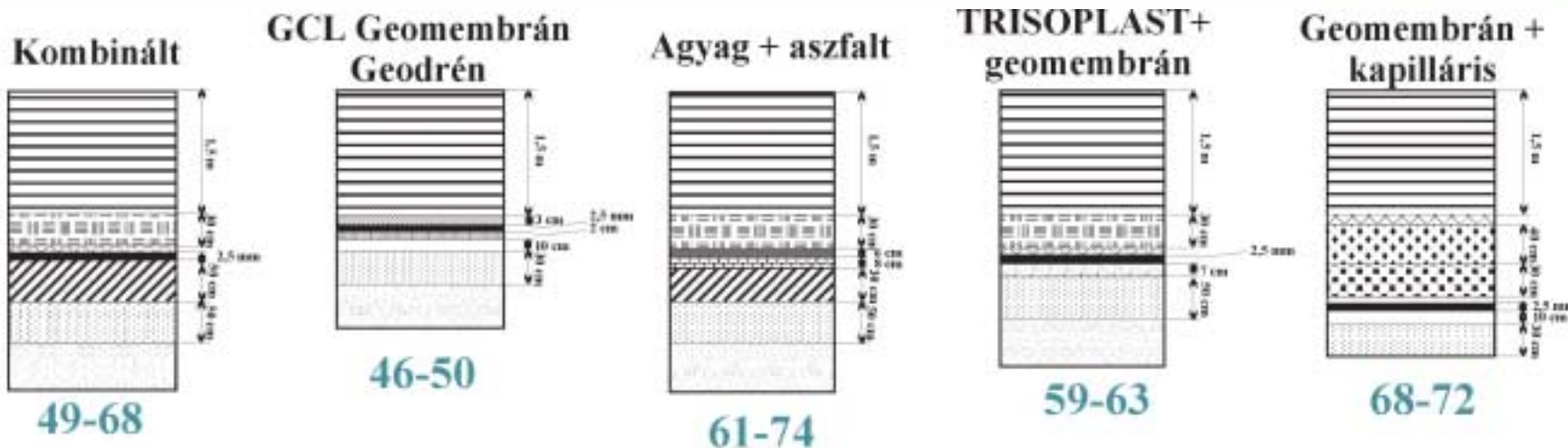
**Szivárgó réteg**

**Bentonitzőnyeg**

**TASi szerinti szigetelő réteg**

**Az átszivárgó vizet gyűjtő réteg (kísérlet)**

**----- Geodrén**



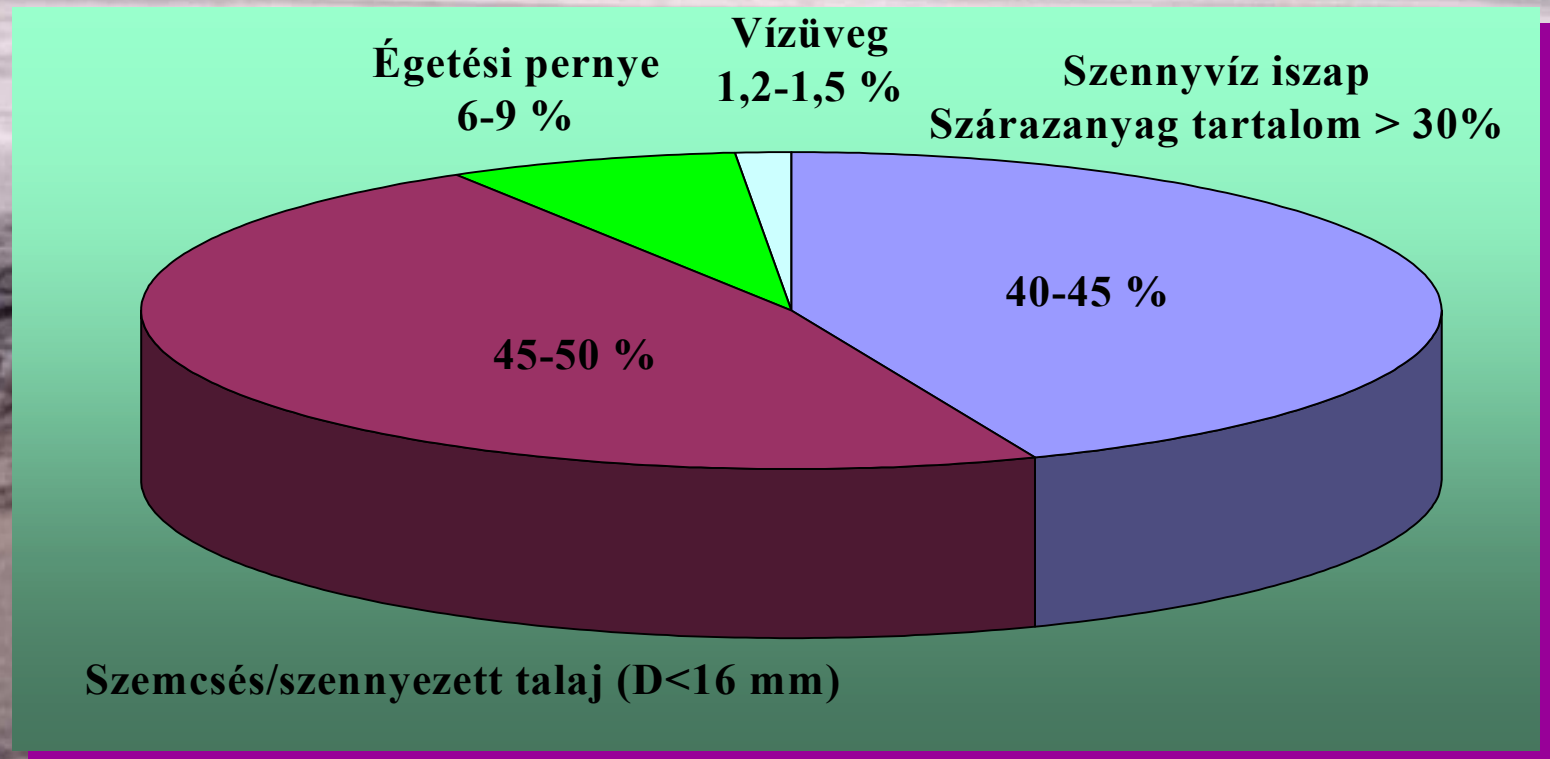
**Jelmagyarázat**

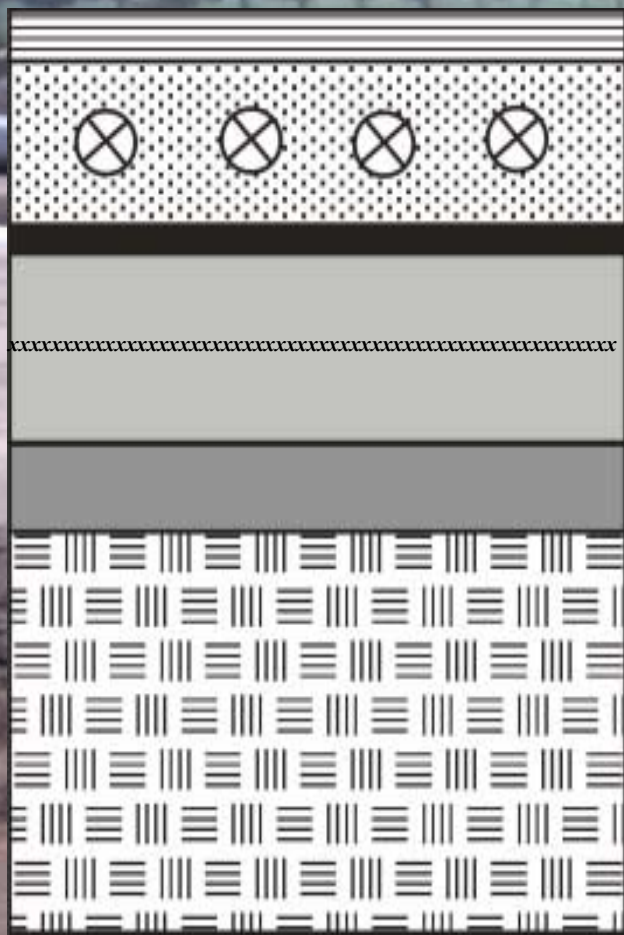
	Rekonstrukciós réteg		Ásványi anyagú szigetelés
	Szivárgó papír		Kiegészítő és pótlóanyag réteg
	Geotextília		Kétrétegű bentonit szőnyeg
	Geomembrán		Tükör
	Dreuzóanyag		Aszfalt tömítő réteg
	Kapilláris réteg		Aszfalt hordozó réteg
	Kapilláris blokk		TRISOPLAST szigetelőréteg
	Hulladék		Védőréteg

Az árak EUR/m<sup>2</sup>-ben értendők

A Németországban alkalmazott alternatív szigetelőrendszerek összehasonlítása (HAUBRICH., 2002.)

# A HYDROSTAB® KEVERÉKEK ÁTLAGOS ÖSSZETÉTELE





*Rekultivációs réteg*

*drénréteg*

*geomembrán*

*2x25-30 cm Hydrostab+geotextília erősítés*

*kiegyenlítő réteg*

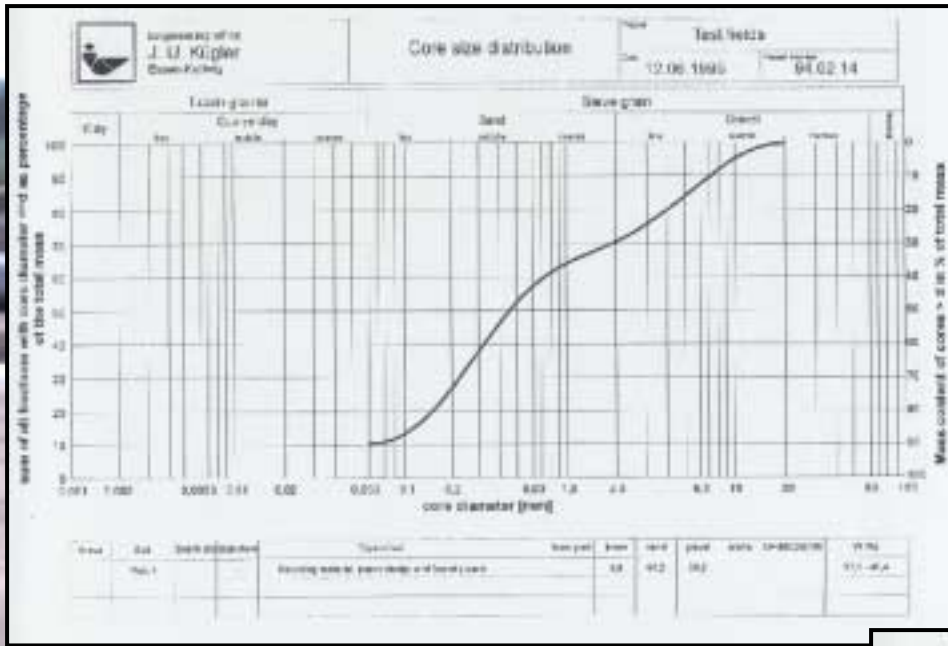
*HULLADÉK*

***A HYDROSTAB RÉTEGREND***

## *Vizsgálandó kérdések*

- Vízzáróság
- Szennyezőanyag visszatartó képesség
- Zsugorodási jellemzők
- Deformációs tulajdonságok
- Nyírószilárdsági jellemzők
- Időállóság, stabilitás







2. táblázat

<i>A szivárgási tényező különböző időpontokban mért értékei</i>					<i>(k;m/s)</i>
<i>(Twente lerakó, Hollandia)</i>					
	építési fázis 1994. július	1994. november	1995. március	1996. április	1997. március
I. próbamező	$6-9 \times 10^{-11}$		$4-5 \times 10^{-11}$	$< 1 \times 10^{-11}$	$5,1 \times 10^{-11}$
II. próbamező	$5 \times 10^{-10}$ $8,5 \times 10^{-11}$		$3-4 \times 10^{-11}$	$1-2 \times 10^{-11}$	$1,3 \times 10^{-11}$
III. próbamező	$1 \times 10^{-9}$ $7 \times 10^{-10}$	$6-8 \times 10^{-11}$		$5-7 \times 10^{-11}$	
IV. próbamező	$5-7 \times 10^{-11}$	$4-6 \times 10^{-11}$		$5 \times 10^{-11}$	$2,8 \times 10^{-11}$

# Tipikus keverékek jellemző szivárgási tényező értékei

*Különböző keverékek triaxiális cellában ( $i=30$ ) mért szivárgási tényező értékei*

Száraz anyag [%]	Iszap víztartalom [%]	Égetési pernye [%]	Filter por [%]	A keverék víztartalma [%]	Szilikát [%]	Gélképző adalék	Szivárgási tényező [m/s]
6	-400	94	-	20-25	-	-	$3,9 \cdot 10E-9$
6	-400	94	-	20-25	1	-	$2,7 \cdot 10E-10$
20	-200	80	-	40-45	-	-	$2,5 \cdot 10E-9$
20	-200	80	-	40-45	1,5	-	$1,7 \cdot 10E-10$
20	-200	80	-	40-45	1,5	+	$6,4 \cdot 10E-11$
20	-200	80	-	40-45	1,5	+	$4,4 \cdot 10E-11$
40	-110	60	-	50-60	-	-	$1,3 \cdot 10E-9$
40	-110	60	-	50-60	2	-	$1,7 \cdot 10E-10$
40	-110	50	10	50-60	2	-	$2,6 \cdot 10E-10$
40	-110	50	10	50-60	2	+	$9,7 \cdot 10E-11$
40	-110	50	10	50-60	2	+	$6,0 \cdot 10E-11$

# Kompatibilitás-időállóság

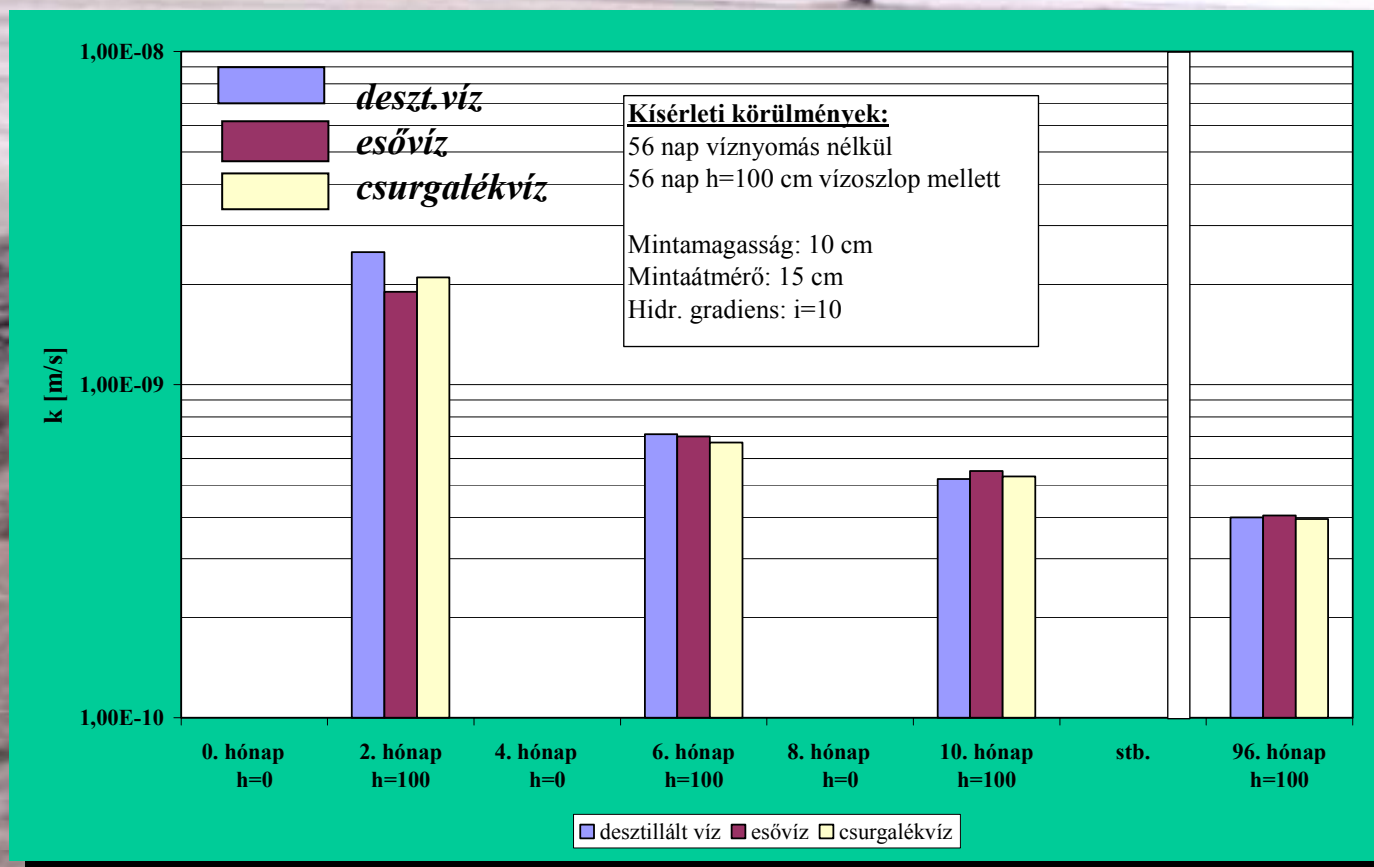
*A szivárgási tényező időbeni változása a pH függvényében*

(TERRACHEM, ESSEN)

(k;  $\times 10^{-9}$  m/s)

<i>kísérleti folyadék</i>	<i>Idő (hét)</i>											
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
<i>víz</i>	0,5	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,08	0,07	0,07	0,05	0,05	0,05
<i>pH=4</i>	0,4	0,3	0,2	0,2	,09	0,1	0,08	0,07	0,08	0,05	0,05	0,05
<i>pH=7</i>	0,4	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,09	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05
<i>pH=9</i>	0,5	0,2	0,2	0,02	0,08	0,1	0,07	0,07	0,07	0,05	0,05	0,05

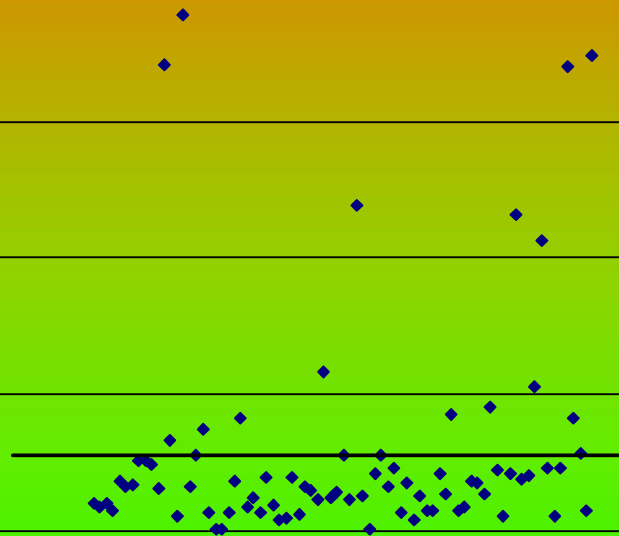
# SZIVÁRGÁSI TÉNYEZŐ-KOMPATIBILITÁS



# ***Permeability according to the falling head test on unstirred samples***

*Landfill Vlagheide Netherlands  
2001*

**Limit permeability 1,93 E-9 m/s**



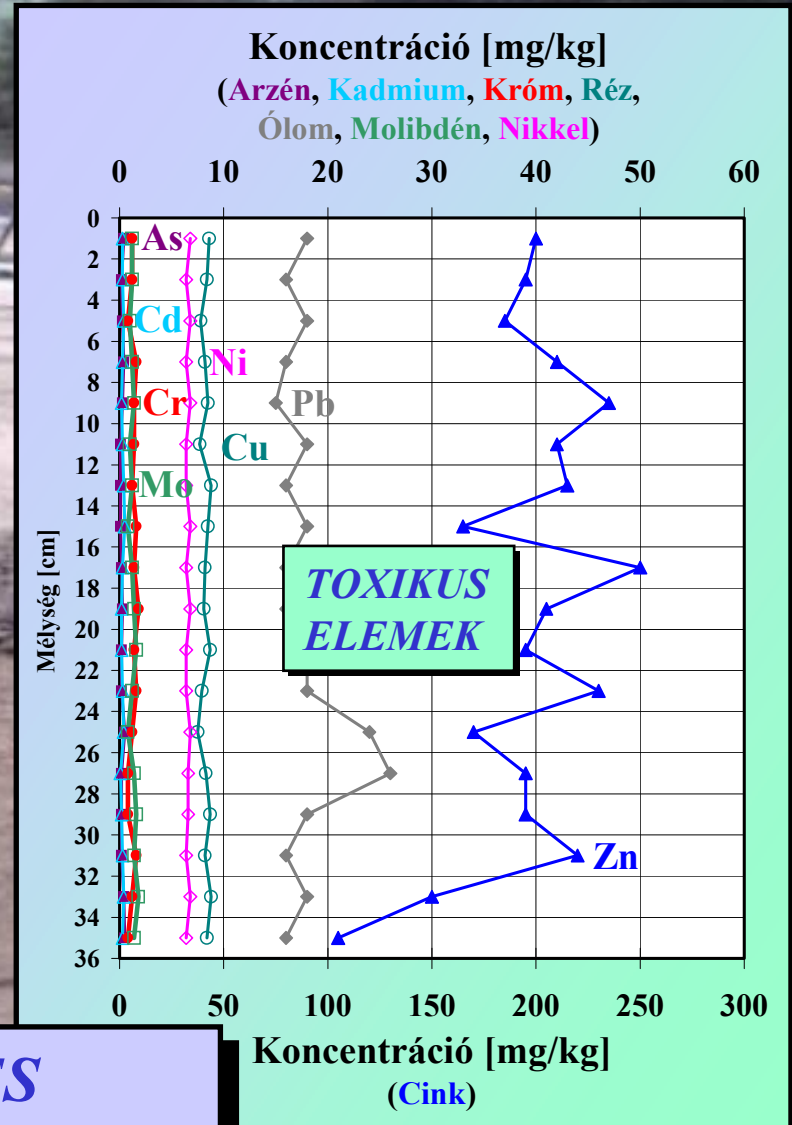
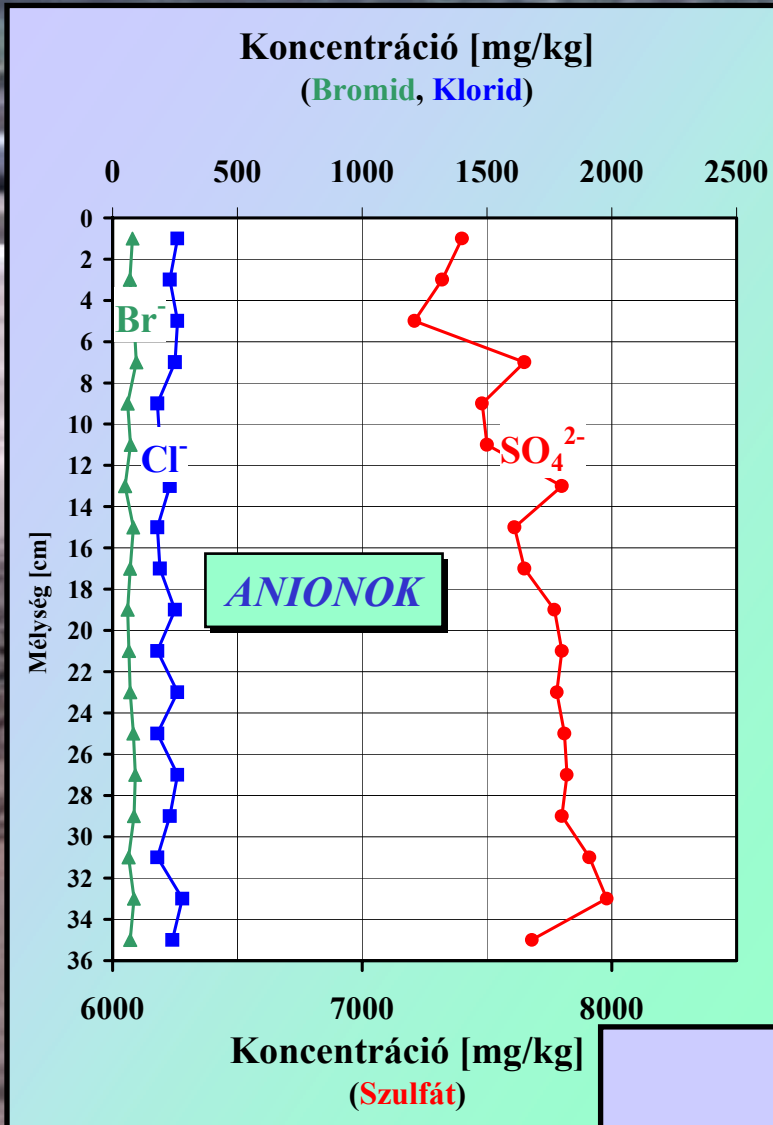
**Average 2,54 E-10 m/s**

*Landfill Vlagheide, Netherlands, 2001.*

*A keverékeknél különböző elemekre mért diffúziós együttható értékek*

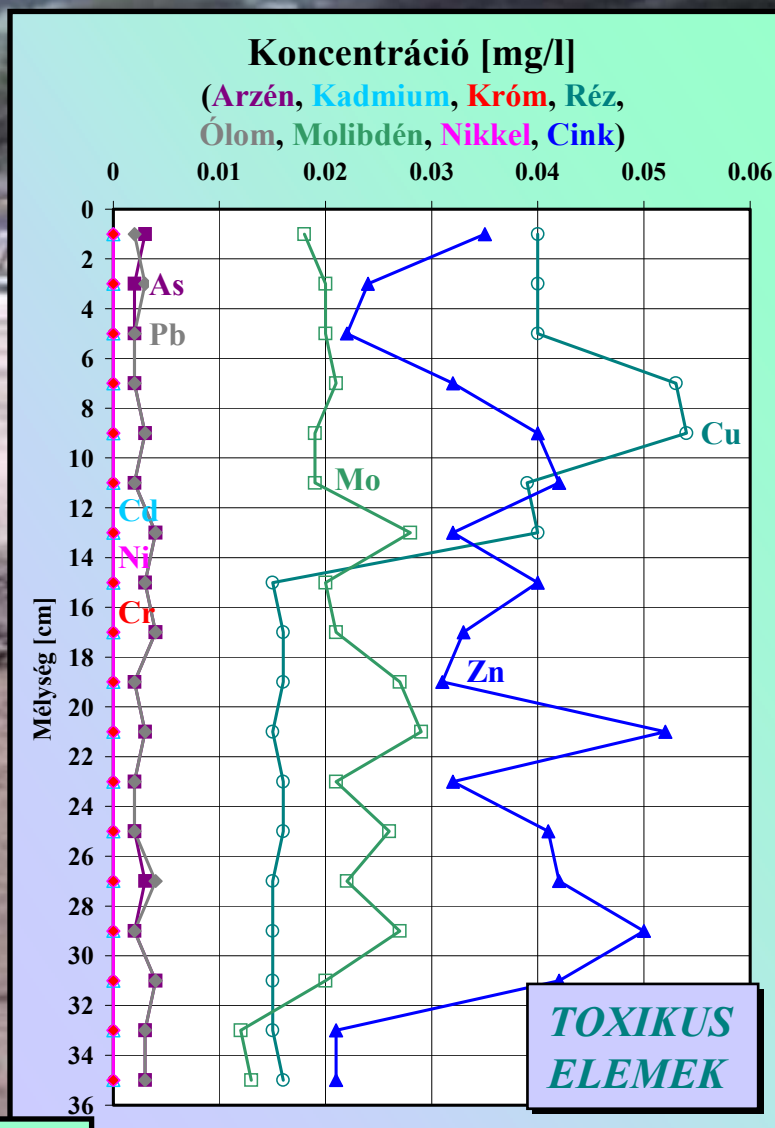
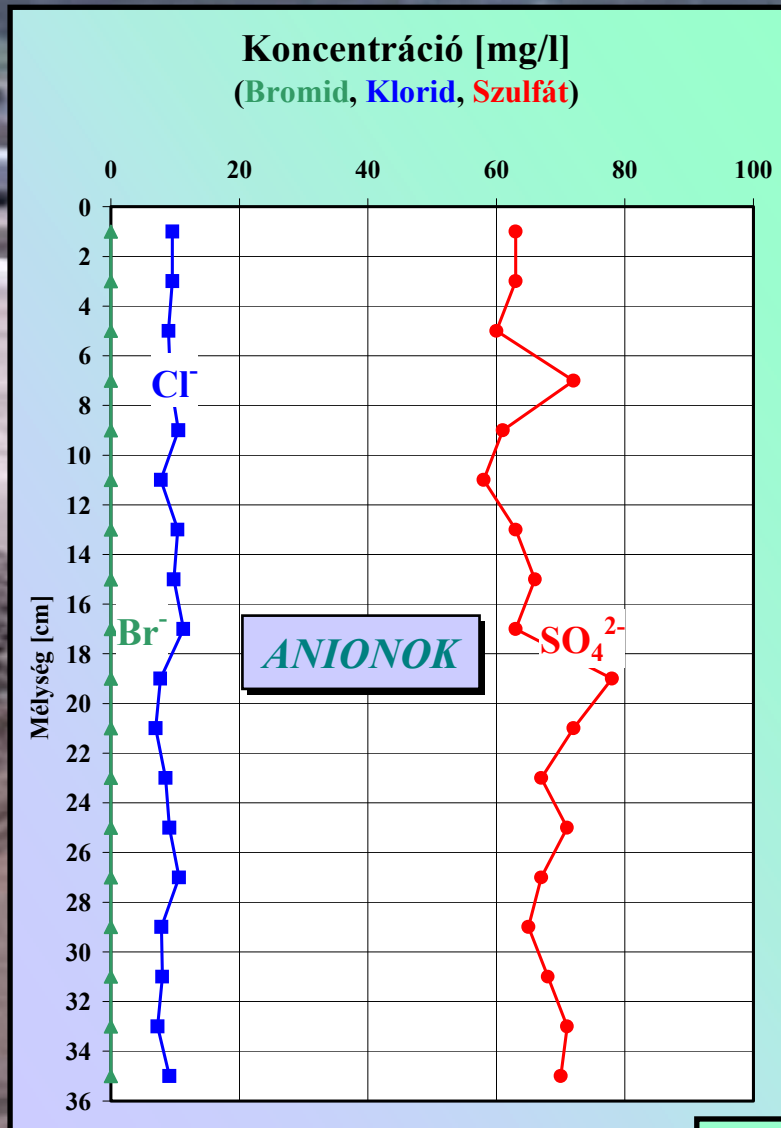
<i>Elem</i>	<i>Diffúziós együttható <math>D_e[m^2/s]</math></i>	<i>Elem</i>	<i>Diffúziós együttható <math>D_e[m^2/s]</math></i>
<b>As</b>	$5 * 10^{-11}$	<b>Sb</b>	$5 * 10^{-11}$
<b>Ba</b>	$1 * 10^{-12}$	<b>Se</b>	$1 * 10^{-10}$
<b>Cd</b>	$5 * 10^{-11}$	<b>Sn</b>	$1 * 10^{-12}$
<b>Co</b>	$5 * 10^{-11}$	<b>V</b>	$1 * 10^{-11}$
<b>Cr</b>	$5 * 10^{-11}$	<b>Zn</b>	$1 * 10^{-12}$
<b>Cu</b>	$5 * 10^{-11}$	<b>Br</b>	$2 * 10^{-10}$
<b>Hg</b>	$1 * 10^{-12}$	<b>Cl</b>	$1 * 10^{-10}$
<b>Mo</b>	$1 * 10^{-10}$	<b>F</b>	$1 * 10^{-10}$
<b>Ni</b>	$1 * 10^{-10}$	<b>SO<sub>4</sub></b>	$5 * 10^{-11}$
<b>Pb</b>	$1 * 10^{-12}$		

# Szennyezőanyag-visszatartó képesség (I. mező)



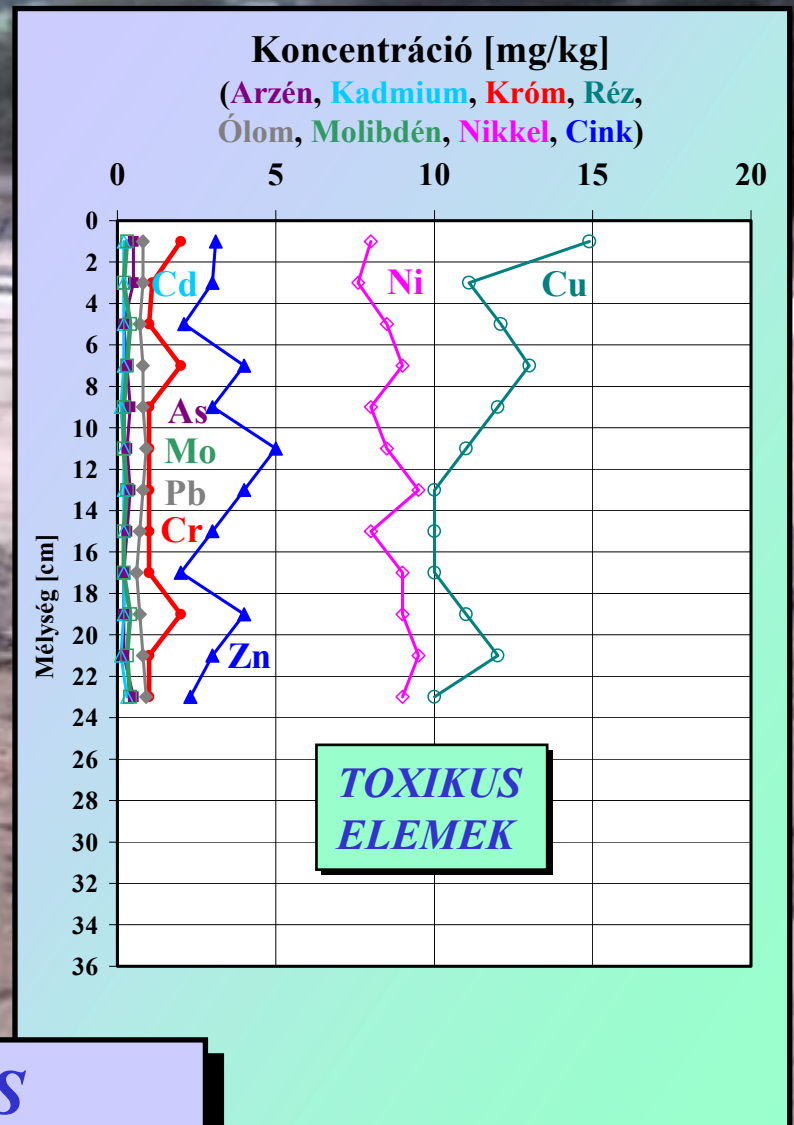
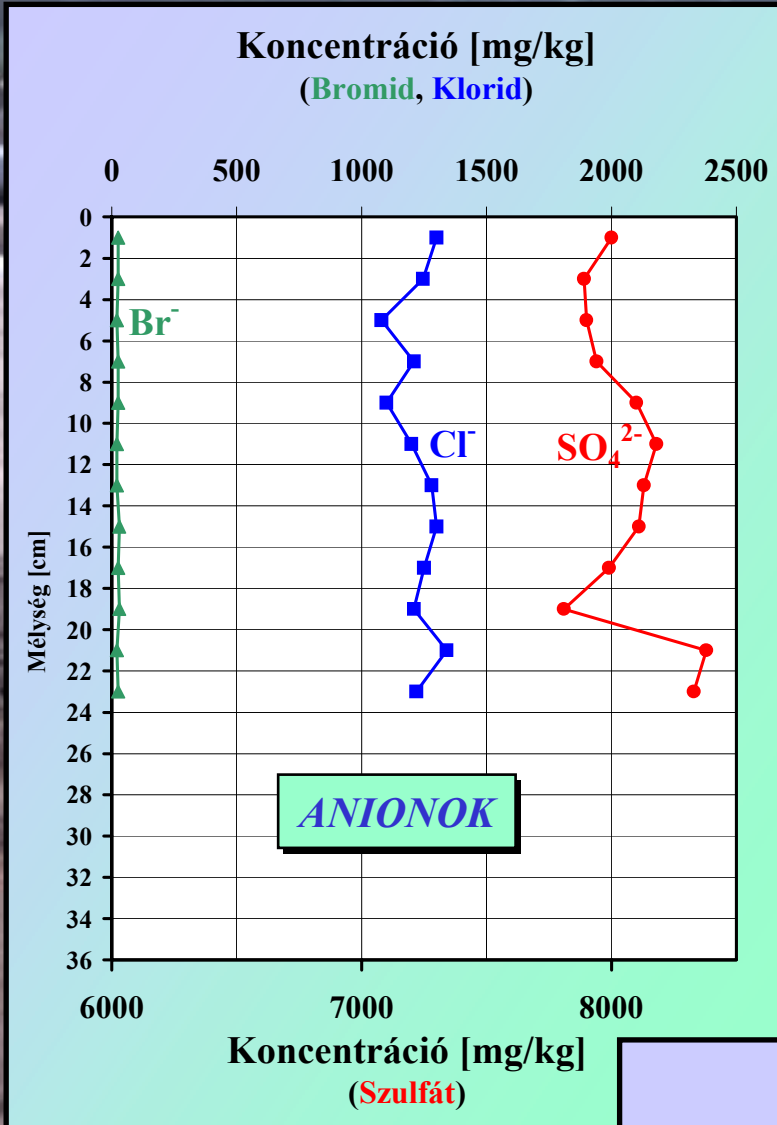
**ÖSSZES  
ELEMARTALOM**

# Szennyezőanyag-visszatartó képesség (I. mező)



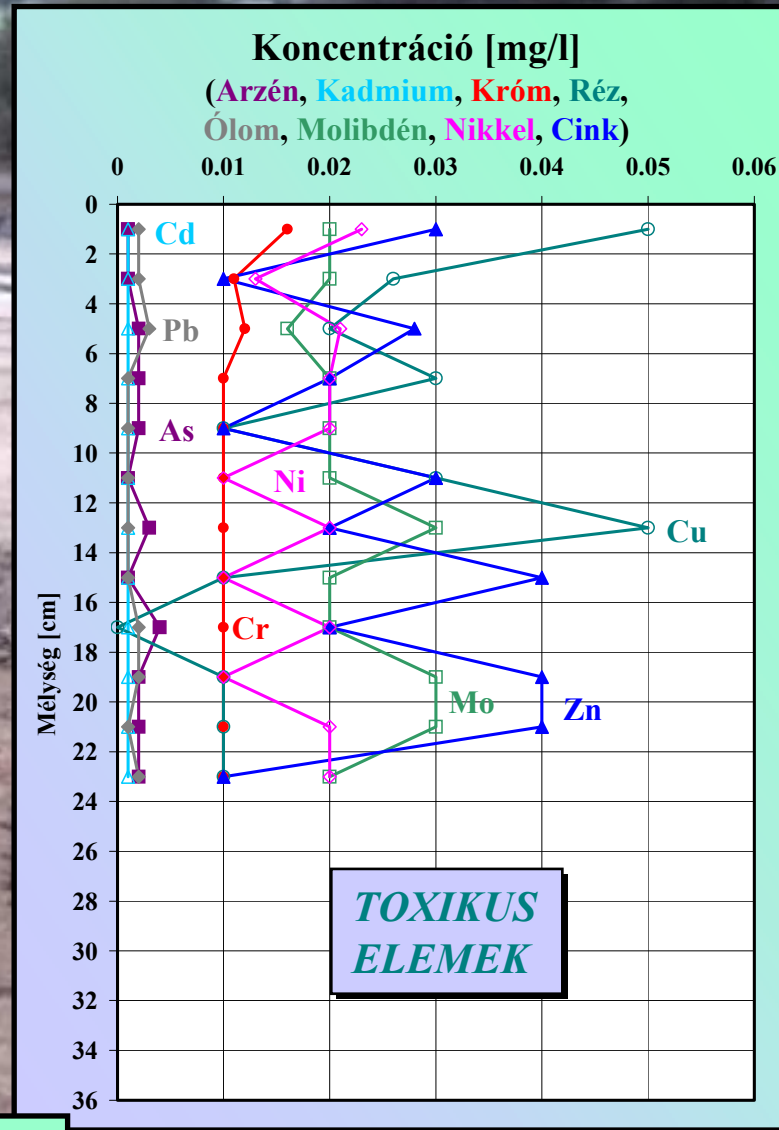
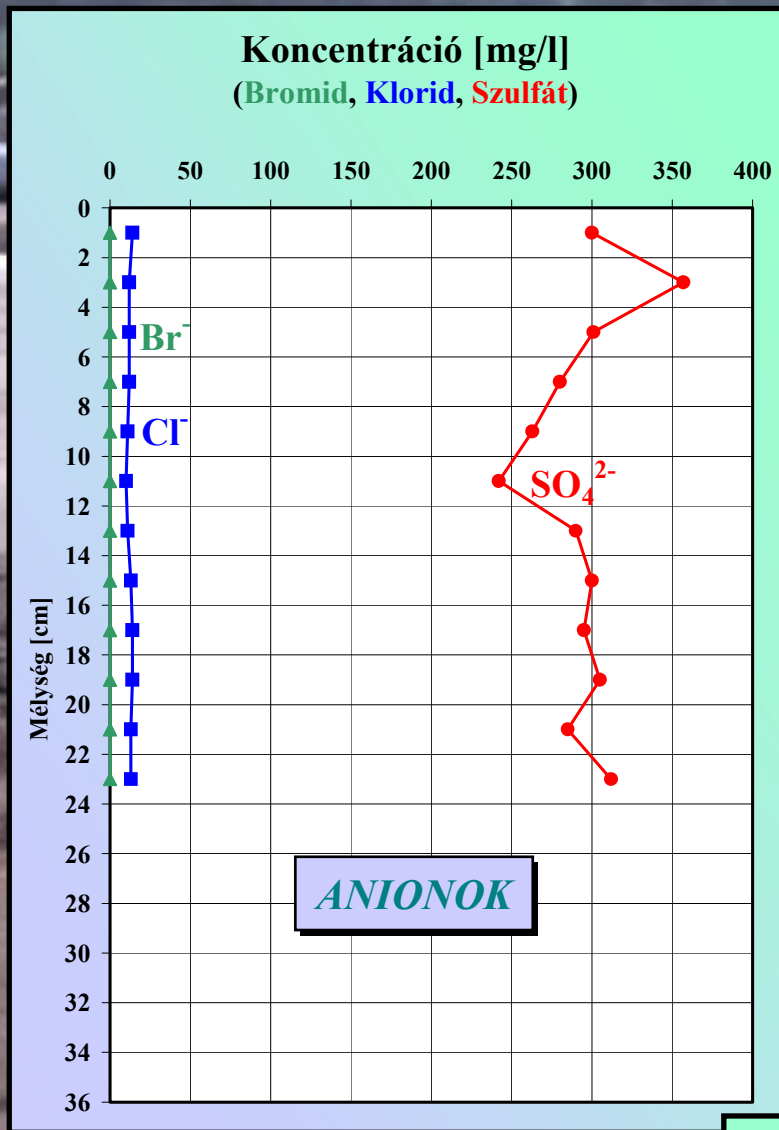
**ELUÁTUM**

# Szennyezőanyag-visszatartó képesség (II. mező)



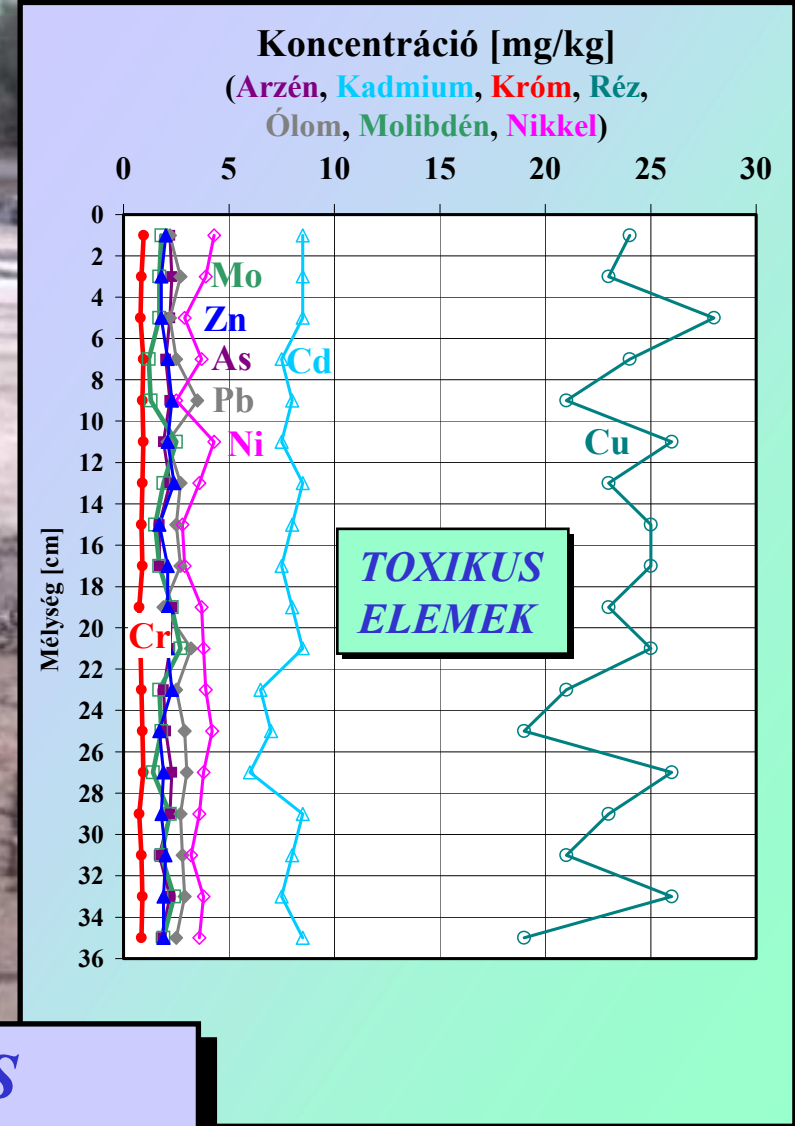
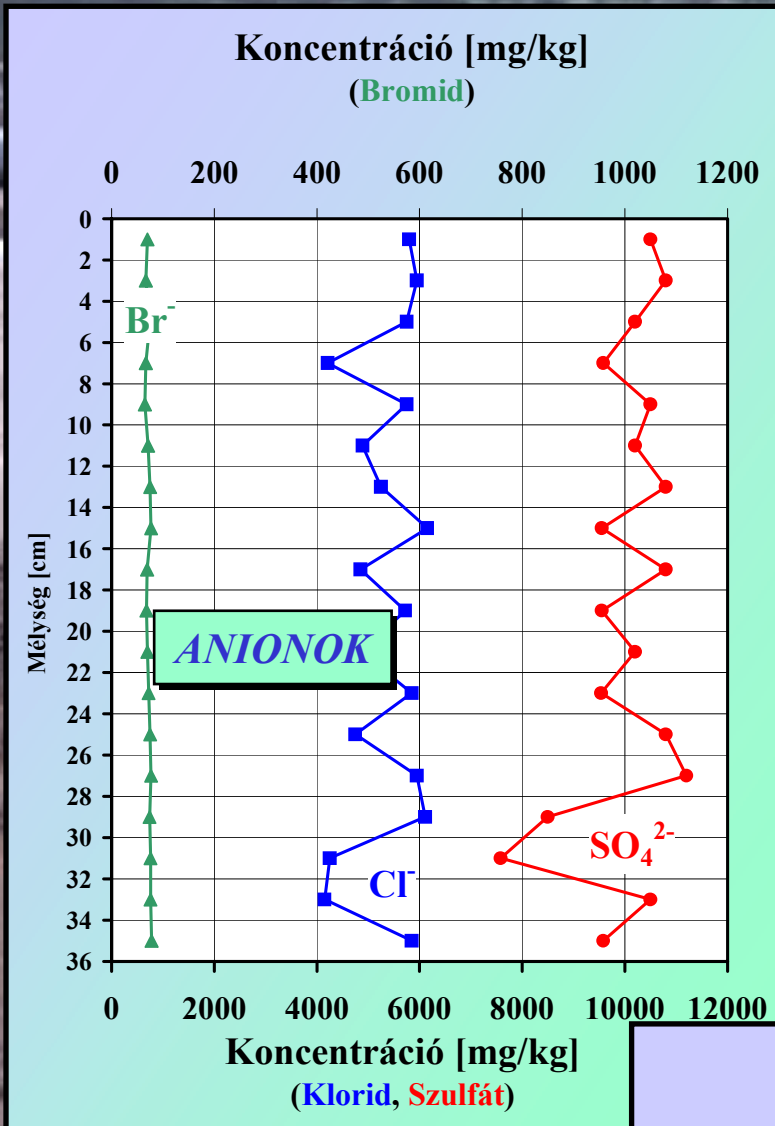
## ÖSSZES ELEMARTALOM

# Szennyezőanyag-visszatartó képesség (II. mező)



**ELUÁTUM**

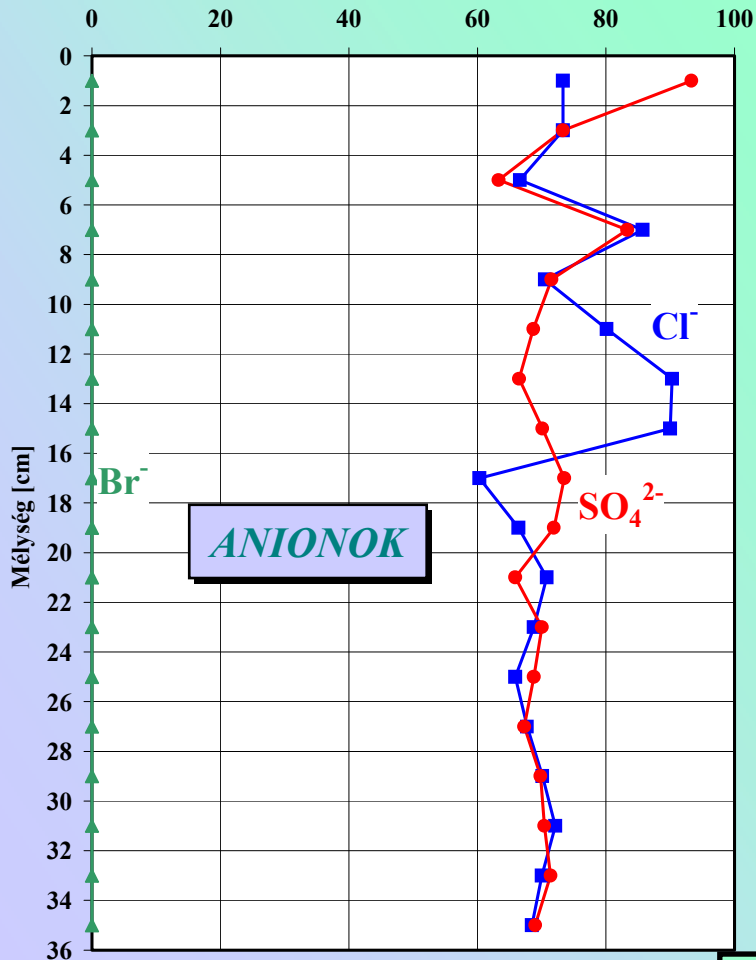
# Szennyezőanyag-visszatartó képesség (IV. mező)



**ÖSSZES  
ELEMARTALOM**

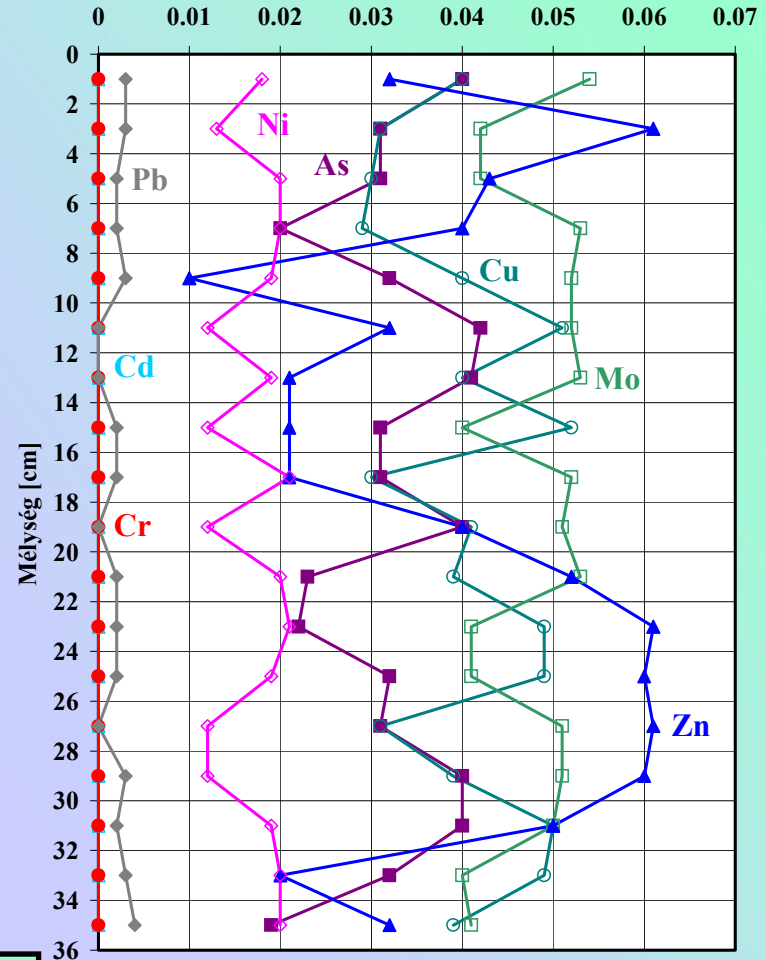
# Szennyezőanyag-visszatartó képesség (IV. mező)

Koncentráció [mg/l]  
(Bromid, Klorid, Szulfát)



**ANIONOK**

Koncentráció [mg/l]  
(Arzén, Kadmium, Króm, Réz, Ólom, Molibdén, Nikkel, Cink)



**ELUÁTUM**

*A szigetelőrétégben 4 év elteltével mért ion-koncentrációk  
(Twente lerakó, Hollandia)*

	As [mg/kg]	Cd [mg/kg]	Cr [mg/kg]	Cu [mg/kg]	Pb [mg/kg]	Ni [mg/kg]	Cl [mg/kg]	SO <sub>4</sub> [mg/kg]
<b>IV. próbamező</b>								
<b>TAUW Milieu 1995. június</b>	<b>1,9</b>	<b>7,5</b>	<b>0,8</b>	<b>24</b>	<b>2,7</b>	<b>3,6</b>	<b>5400</b>	<b>11000</b>
<b>TERRACHEM 1999. március</b>	<b>2,31</b>	<b>7,8</b>	<b>0,87</b>	<b>23,4</b>	<b>2,6</b>	<b>3,6</b>	<b>5338</b>	<b>10021</b>
<b>II. próbamező</b>								
<b>TAUW Milieu 1995. június</b>	<b>0,35</b>	<b>0,24</b>	<b>2,2</b>	<b>13</b>	<b>0,6</b>	<b>9,5</b>	<b>1300</b>	<b>5500</b>
<b>TERRACHEM 1999. március</b>	<b>0,33</b>	<b>0,18</b>	<b>1,26</b>	<b>11,4</b>	<b>0,78</b>	<b>8,6</b>	<b>1228</b>	<b>8063</b>

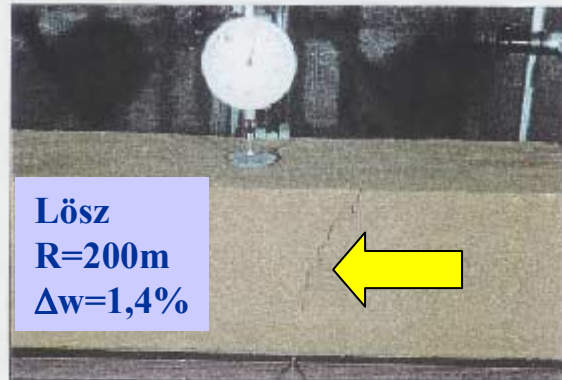
# A TÉRFOGATVÁLTOZÁS OKOZTA REPEDÉSEK

Shrinkage induced cracking  
Loess and clay

without reinforcing fabric

Loess

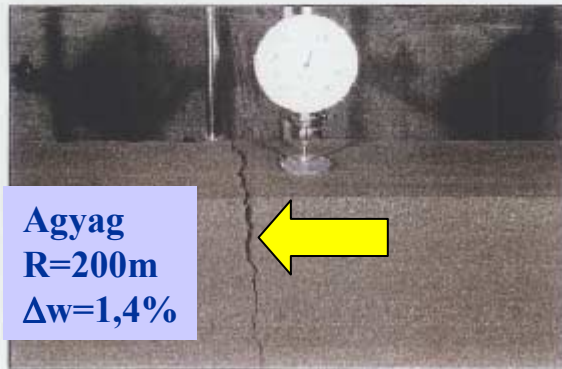
Radius	=	200 m	$\Delta W$	=	1,4 %
$W_c$	=	27,6 %	$W_p$	=	22,0 %
$W_L$	=	26,2 %	$W_n$	=	22,0 - 24,0 %



**Löss**  
**R=200m**  
 **$\Delta w=1,4\%$**

Clay

Radius	=	200 m	$\Delta W$	=	1,4 %
$W_c$	=	27,8 %	$W_p$	=	22,0 %
$W_L$	=	26,2 %	$W_n$	=	22,0 - 24,0 %



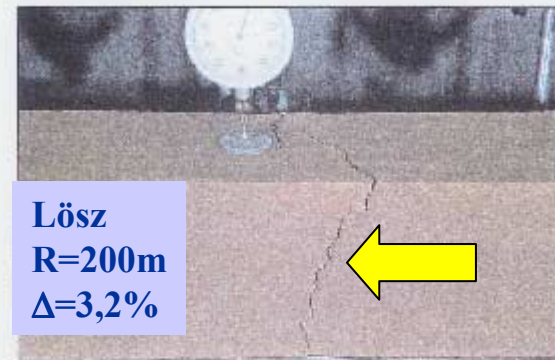
**Agyag**  
**R=200m**  
 **$\Delta w=1,4\%$**

Shrinkage Induced cracking  
Loess and clay

without reinforcing fabric

Loess

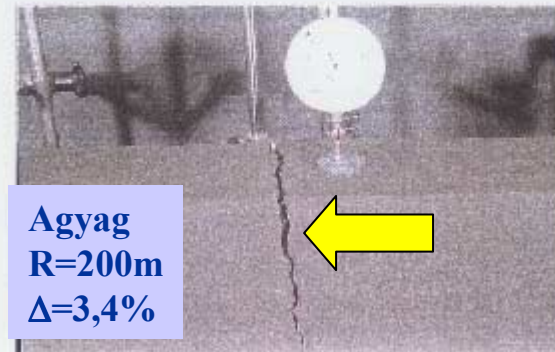
Radius	=	200 m	$\Delta W$	=	3,2 %
$W_c$	=	18,5 %	$W_p$	=	15,5 %
$W_L$	=	15,3 %	$W_n$	=	18,0 - 20,0 %



**Löss**  
**R=200m**  
 **$\Delta=3,2\%$**

Clay

Radius	=	200 m	$\Delta W$	=	3,4 %
$W_c$	=	27,6 %	$W_p$	=	22,0 %
$W_L$	=	24,1 %	$W_n$	=	22,0 - 24,0 %



**Agyag**  
**R=200m**  
 **$\Delta=3,4\%$**

**Talajerősítés nincs!!!**

# A TÉRFOGATVÁLTOZÁS OKOZTA REPEDÉSEK

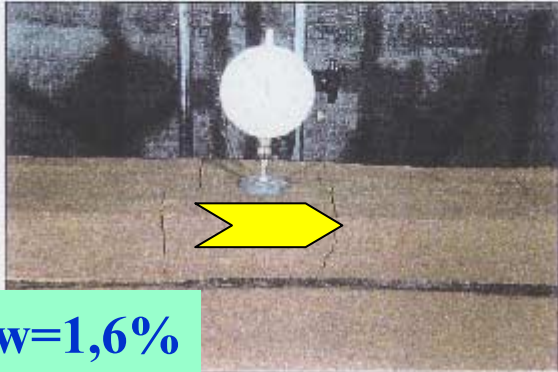
Shrinking induced cracking  
Loess and clay

with reinforcing fabric

Loess

Radius = 200 m  
 $W_L = 19,2\%$   
 $W_V = 17,6\%$

$W_{Lr} = 15,5\%$   
 $W_{Vr} = 18,0 - 20,0\%$



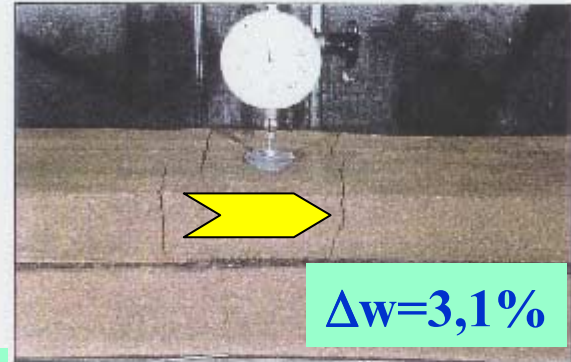
Shrinking induced cracking  
Loess and clay

with reinforcing fabric

Loess

Radius = 200 m  
 $W_L = 19,2\%$   
 $W_V = 16,1\%$

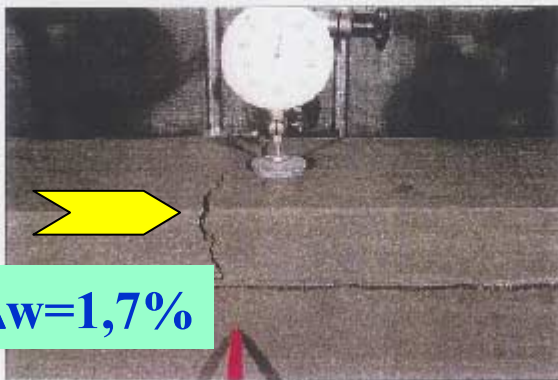
$W_{Lr} = 15,5\%$   
 $W_{Vr} = 18,0 - 20,0\%$



Clay

Radius = 200 m  
 $W_L = 26,4\%$   
 $W_V = 24,7\%$

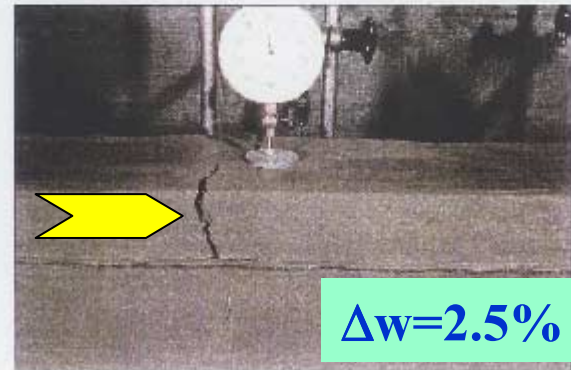
$W_{Lr} = 22,0\%$   
 $W_{Vr} = 22,0 - 24,0\%$



Clay

Radius = 200 m  
 $W_L = 26,4\%$   
 $W_V = 23,9\%$

$W_{Lr} = 22,0\%$   
 $W_{Vr} = 22,0 - 24,0\%$



Löss

R=200m

agyag

Talajerősítés van!!!

# ZSUGORODÁS OKOZTA DEFORMÁCIÓK

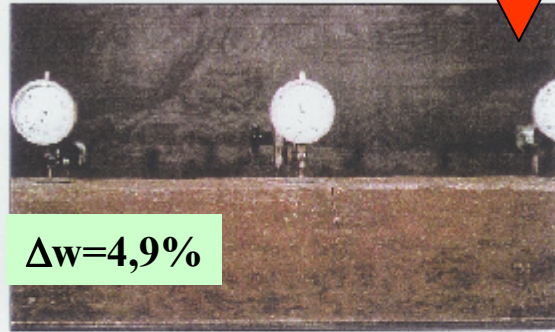
Shrinkage induced cracking  
sludge, foundry sand and recycling material

without reinforcing fabric

Radius  
 $W_E$   
 $W_y$

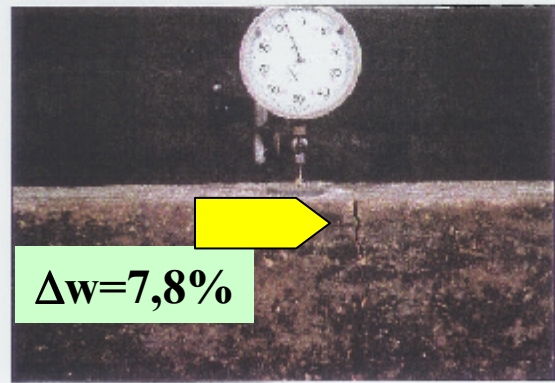
**Erősítés nélkül**

Radius = 200 m  
 $W_E$  = 43,0 %  
 $W_y$  = 36,2 %  
 $\Delta w$  = 4,9 %



$\Delta w=4,9\%$

Radius = 200 m  
 $W_E$  = 43,0 %  
 $W_y$  = 36,2 %  
 $\Delta w$  = 7,8 %

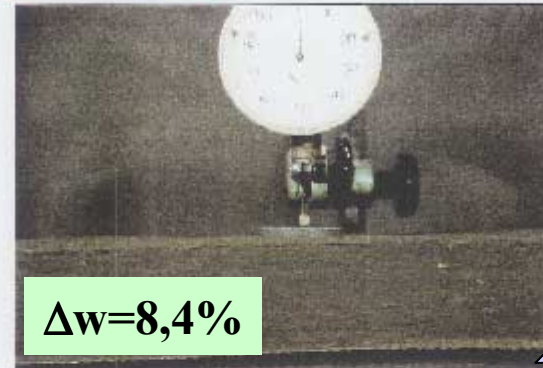


$\Delta w=7,8\%$

Shrinkage induced cracking  
sludge, fly ash and recycling material

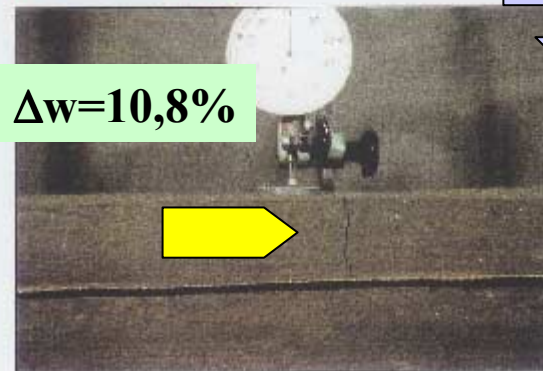
with reinforcing fabric

Radius = 200 m  
 $W_E$  = 60,7 %  
 $W_y$  = 52,3 %  
 $\Delta w$  = 8,4 %



$\Delta w=8,4\%$

Radius = 200 m  
 $W_E$  = 60,7 %  
 $W_y$  = 49,9 %  
 $\Delta w$  = 10,8 %

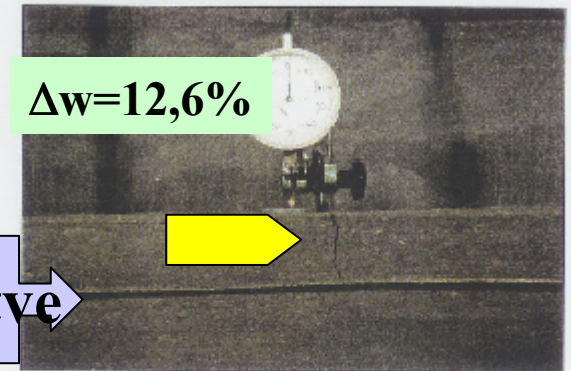


$\Delta w=10,8\%$

Shrinkage induced cracking  
sludge, fly ash and recycling material

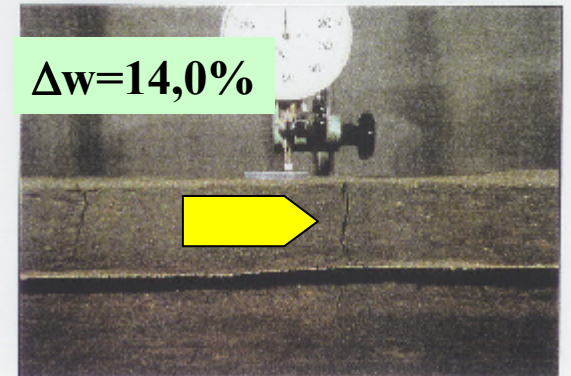
with reinforcing fabric

Radius = 200 m  
 $W_E$  = 60,7 %  
 $W_y$  = 48,1 %  
 $\Delta w$  = 12,6 %



$\Delta w=12,6\%$

Radius = 200 m  
 $W_E$  = 60,7 %  
 $W_y$  = 46,7 %  
 $\Delta w$  = 14,0 %



$\Delta w=14,0\%$

erősítve

R=200m

Sz.iszap+homok+rec.anyag

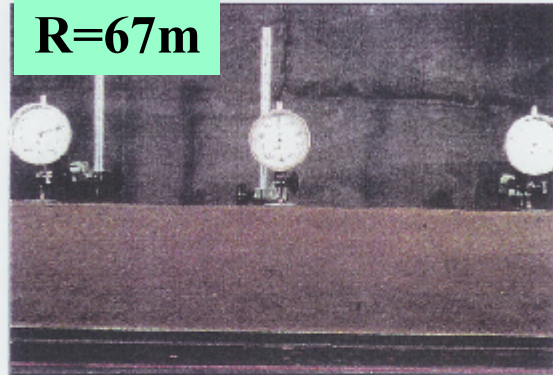
# DEFORMÁCIÓ-TÜRŐKÉPESSÉG

Deformation induced cracking  
sludge with recycling material

without reinforcing

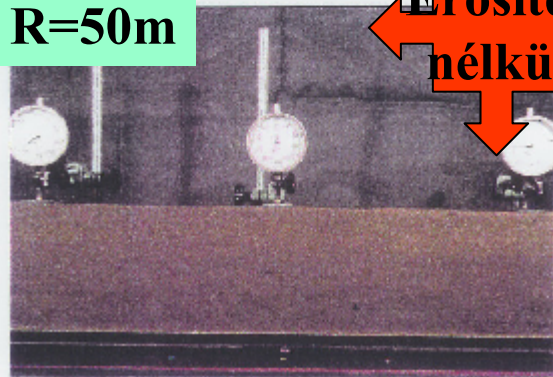
Height = 30 m  
 $W_E = 36,8 \%$   
 $W_U = 36,8 \%$

R=67m



Height = 30 m  
 $W_E = 36,8 \%$   
 $W_U = 36,8 \%$

R=50m

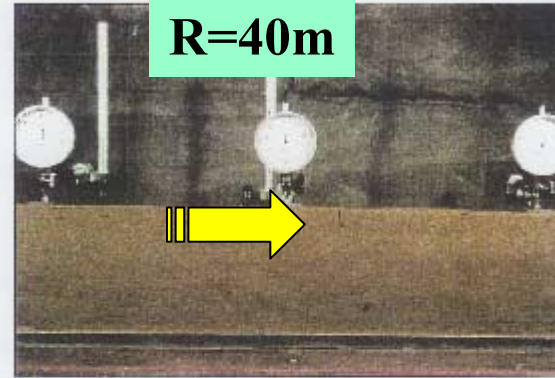


Deformation induced cracking  
sludge with recycling materia

without reinforcing

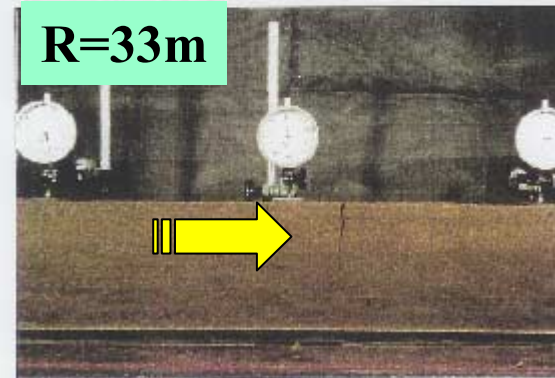
Height = 30 m  
 $W_E = 36,8 \%$   
 $W_U = 36,8 \%$

R=40m



Height = 30 m  
 $W_E = 36,8 \%$   
 $W_U = 36,8 \%$

R=33m

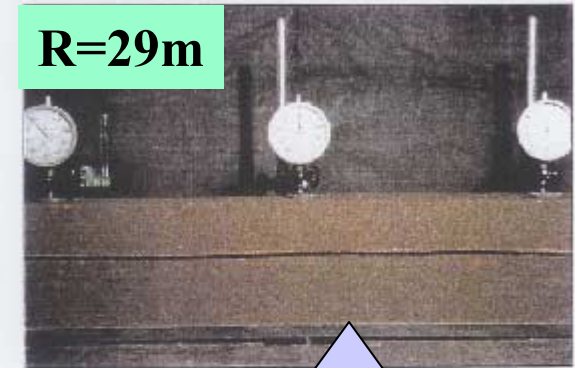


Deformation induced cracking  
sludge and recycling material

with reinforcing

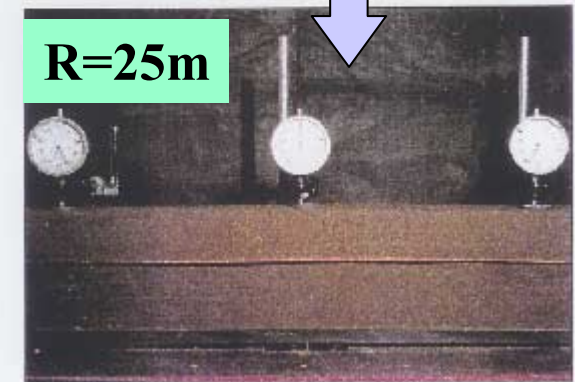
Height = 30 m  
 $W_E = 37,0 \%$   
 $W_U = 37,0 \%$

R=29m



Height = 30 m  
 $W_E = 37,0 \%$   
 $W_U = 37,0 \%$

R=25m



Erősítés  
nélkül

erősítve

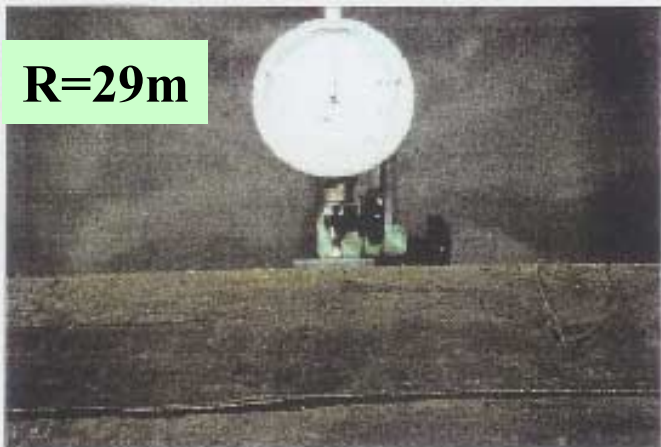
Sz.iszap+rec.anyag

Deformation induced cracking  
sludge, fly ash and recycling material

with reinforcing fabric

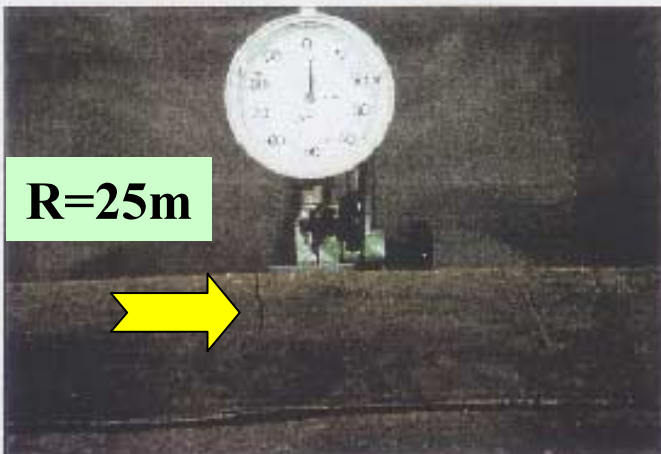
**Control**  
W<sub>L</sub> = 61,2 %  
W<sub>V</sub> = 61,2 %

R=29m



**Reinforced**  
W<sub>E</sub> = 61,2 %  
W<sub>V</sub> = 61,2 %

R=25m



# DEFORMÁCIÓ TŰRŐKÉPESSÉG (folyt)

Sz.iszap+pernye+rec.anyag

erősítve

# MEGÁLLAPÍTÁSOK

- *kedvező vízzáróság*
- *jó szennyezőanyag-visszatartó képesség*
- *deformációk elviselése*
- *zsugorodásra nem hajlamos*
- *jó beépíthetőség*

## VIZSGÁLANDÓK

- *szennyezőanyag kijutás, kioldódás*
- *időjárás hatásai*
- *takarási vastagság, rétegrend*
- *a beépíthetőség feltételei*
- *„öngyógyuló” képesség*



***KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!***

***További információk  
20-3311-432  
[www.geoszabo.hu](http://www.geoszabo.hu)***