

A MÉRNÖKI ELŐKÉSZÍTÉS SZEREPE A TECHNOLÓGIA VEZÉRELT MÉLYÉPÍTÉS VILÁGÁBAN

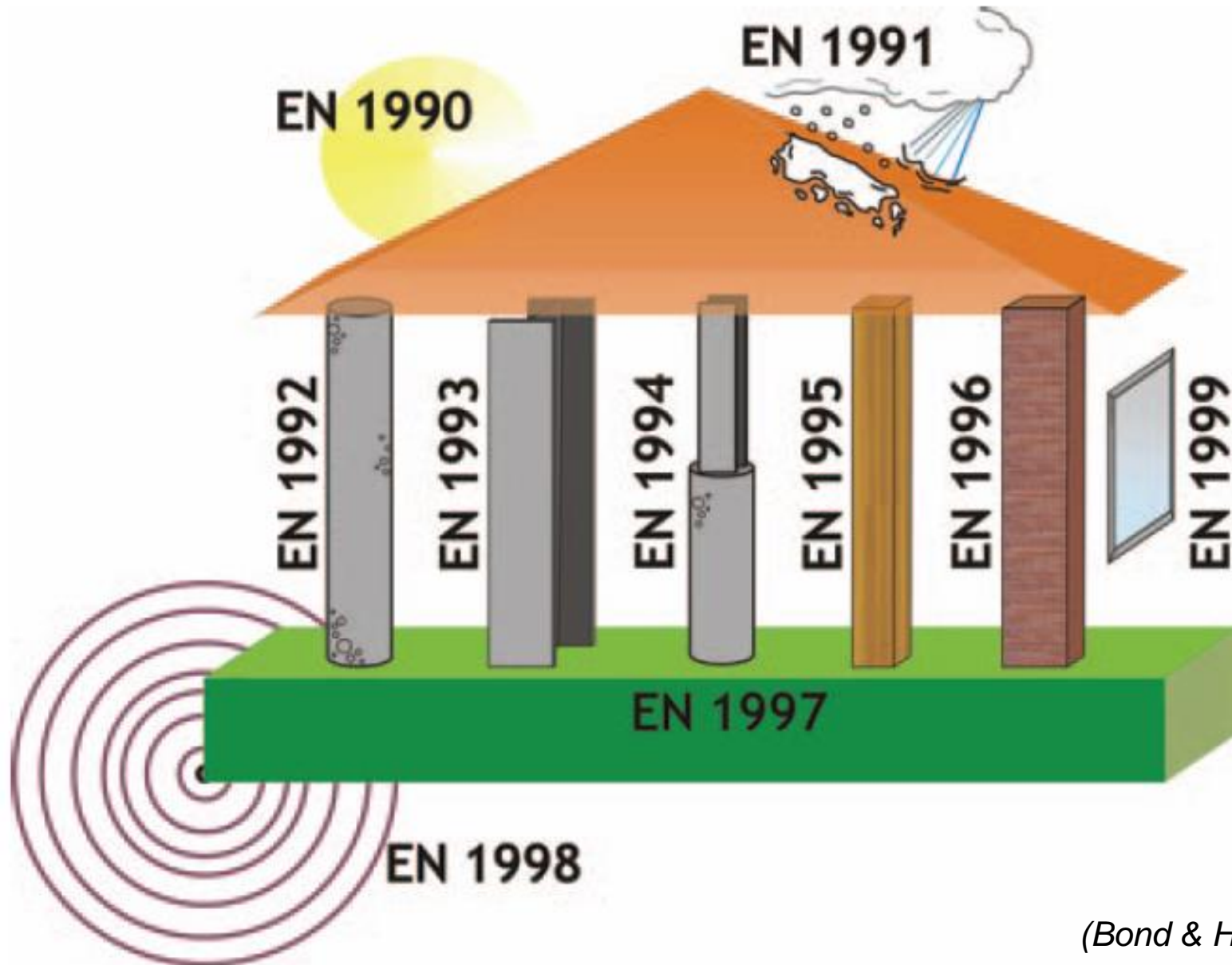
SZILVÁGYI LÁSZLÓ
GEOPLAN KFT.



5. Zielinski Szilárd Konferencia – 2016.04.02.

- 1997 évi LXXVIII. törvény az épített környezet alakításáról és védelméről (ÉTV)
 - építménnyel szemben támasztott követelmények
 - rendeltetésszerű és biztonságos használat
 - környezetvédelem
 - építés, felújítás, átalakítás, bővítés, helyreállítás korszerűsítés során biztosítani kell
 - terület geológiai hidrogeológiai és szeizmológiai sajátosságainak való megfelelést

- 253/1997 (XII.20.) korm. rendelet az országos településrendezési és építési követelményekről (OTÉK)
 - Az építménynek meg kell felelnie a rendeltetési célja szerint
 - az állékonyság és a mechanikai szilárdság
 - ... környezetvédelemalapvető követelményeinek
 - Az építményt és annak részét, szerkezetét ... úgy kell tervezni és megvalósítani, hogy azok ... a magyar nemzeti szabványok által megkövetelt biztonsággal
 - feleljenek meg a tervezett vagy becsült élettartamuk alatt az állékonyság és a mechanikai szilárdság ... követelményeinek
 - feleljenek meg és álljanak ellen a várható mértékű terheléseknek, hatásoknak



- Geotechnikai tervezés
 - MSZ EN 1997-1:2006 (EC7-1)
 - MSZ EN 1997-2:2008 (EC7-2)
 - MSZ EN 1998-1..5 (EC8)
- Anyagszabványok:
 - MSZ EN 1992, MSZ EN 1993
- Geotechnikai vizsgálatok:
 - MSZE CEN ISO/TS 22476 - Terepi vizsgálatok
 - MSZE CEN ISO/TS 17892 - Talajok laboratóriumi vizsgálata
- Speciális mélyépítési munkák - kivitelezési szabványok
 - pl.: MSZ EN 1536 – Fúrt cölöpök
 - pl.: MSZ EN 12699 – Talajkiszorításos cölöpök
 - pl.: MSZ EN 14199 – Mikrocölöpök

- Szepesházi Róbert: *Tervezés az Eurocode 7 és kapcsolódó geotechnikai szabványok szerint*, Budapest, 2008
- Czap, Mahler, Mecsi, Móczár, Nagy, Takács: *Eurocode 7 vízépítő mérnököknek*, Budapest, 2010
- MMK GT: *A geotechnikai tevékenység szabályai az Eurocode-ok szerinti tervezésben*, 2010
- MMK GT+TT: *Alapozások tervezése az EC7 (MSZ EN 1997-1, 2) geotechnikai tervezési szabványok alapján - útmutató*, 2011.07.
- MMK GT+TT: *Alapozások és földmegtámasztó szerkezetek tervezése az MSZ EN 1997 szerint*, Mérnöki Kamara Nonprofit Kft., Budapest, 2012
- MMK GT: *Útmutató a geotechnikai vizsgálatok szükséges mértékének megállapításához az EC-7 elveinek és előírásainak figyelembevételével*, 2013
- MMK: *Tervdokumentációk tartalmi követelményei*, 2014
- R.P. Ray: *Geotechnikai kézikönyv Földrengésre való méretezéshez*, Budapest, 2014

MSZ EN 1997-1

2. A GEOTECHNIKAI TERVEZÉS ALAPJAI

...

2.4. Számításon alapuló geotechnikai tervezés

2.4.1. Általános elvek

(2) Figyelembe kell venni, hogy a talajviszonyok ismerete függ az elvégzett **geotechnikai vizsgálatok mennyiségétől és minőségétől**. Ezen ismeretek megszerzése és a **kivitelezés szakszerű irányítása** általában sokkal fontosabb az alapvető követelmények teljesítéséhez, mint a számítási modellek és a parciális tényezők pontossága

Geotechnikai szolgáltatások az egyes geotechnikai kategóriákban

Tervezési művelet	1. GK		2. GK		3. GK	
	TVJ	GT	TVJ	GT	TVJ	GT
1. alapadat meghatározás és 2. vázlattelev, tanulmánytelev	SZ	SZ	K	K	K	K
3. jóváhagyási telev	-	-	-	SZ	-	K
4. engedélyezési telev	SZ	SZ	K	K	K	K
5. kiviteli telev	SZK	SZ	SZK	K	SZK	K
6 - 9. megvalósítási és követési szakasz	-	SZ	-	SZ	-	SZ

Jelmagyarázat:

- TVJ: Talajvizsgálati jelentés,
- GT: Geotechnikai tervezési munkarész és/vagy tervezői közreműködés,
- K: Kötelező munkarész, SZ: Szükség esetén, SZK: Szükség esetén kiegészítés.

Geotechnikai alapadatok előállítása

Talajvizsgálati jelentés a különböző tervfázisokban

Talajvizsgálati jelentés az egyes geotechnikai kategóriákban tervfázisonként
A talajvizsgálati jelentés - a tervezett létesítmény

szempont		1. GK	2. GK	3. GK
adottsága				
tevékenys	1. alapadat meghatározás	SZ	K	K
jelentésbe				
és a ráfor	4. engedélyezési terv	SZ	K	K
talajvizsgá				
készül(he	5. kiviteli terv	SZK	SZK	SZK

Jelmagyarázat:

K: Kötelező munkarész, SZ: Szükség esetén, SZK: Szükség esetén kiegészítés.

A geotechnikai szolgáltatások kategóriába – díjzónába sorolása

- A besorolást tervezési egységekre meghatározva **pontozásos rendszerrel** lehet elvégezni.
- Értékelni kell a geotechnikai és hidrogeológiai szempontokat, illetve a tervezett létesítmény tulajdonságait és a várható kockázatok következményeit. A kategóriába történő besoroláshoz valamennyi szempontrendszer alapján számított pontokat összesíteni kell.
- Egy-egy létesítmény esetén előfordulhat, hogy nem értelmezhető a megadott táblázatok valamennyi sora. Az ilyen nem releváns esetekben az adott szempontnál a létesítmény nulla pontot kap.
- A tervezés előrehaladtával az egyes fázisokban a díjzónát felül kell vizsgálni és szükség esetén módosítani kell azt.

terephajlás	<10%	10 - 25%	>25%
	0	1	3
rétegződés változékonysága	homogén	egyenletes	változó
	0	2	5
altalaj mechanikai tulajdonságai	jó	átlagos	gyenge
	0	2	5
talaj- és rétegvíz viszonyok	> 5 m	2 - 5 m	< 2 m
	0	2	5
Kedvezőtlen körülmények geotechnikai oldalról			
mocsaras és bel- vagy árvízveszélyes terület			5
létesítményt befolyásoló vastagságban feltöltött terület, vízzel feltöltött kényvaterület			5

geotechnikai adottságok alapján

létesítmény alapterülete	< 1000 m ²	1000 - 10000 m ²	> 10000 m ² felett
	0	1	3
fesztség	< 6 m	6 - 10 m	> 10 m
	0	2	5
épületmagasság	< 6 m	6 - 20 m	> 20 m
	0	2	5
munkagödör mélysége	< 2 m	2 - 5 m	> 5 m
	0	2	5
létesítmény megvalósításához kapcsolódó tereprendezés (töltés, bevágás) mértéke	< 5 m	5 - 10 m	> 10 m
			3
támfalak, befogott földmegtámasztó szerkezetek magassága	< 2 m	2 - 5 m	>5 m
	0	2	5
Speciális körülmények a létesítmény oldaláról			
meglevő létesítményre közvetlenül gyakorolt hatás, zárt sorú épületcsatlakozás			5
süllyedésérzékenység vagy jelentősen változó terhelési viszonyok			5
speciális ipari műtárgyak, magas súlypontú létesítmények, toronyok, sínek, földalatti és vízellátási műtárgyak			5

létesítmény adottságok alapján

Épületek, építmények

Pontszámítás épületek, építmények geotechnikai tervezésének kategóriába sorolásához a **geotechnikai adottságok** alapján

terephajlás	<10%	10 - 25%	>25%
	0	1	3
rétegződés változékonysága	homogén	egyenletes	változó
	0	2	5
altalaj mechanikai tulajdonságai	jó	átlagos	gyenge
	0	2	5
talaj- és rétegvíz viszonyok	> 5 m	2 - 5 m	< 2 m
	0	2	5
Kedvezőtlen körülmények geotechnikai oldalról			
mocsaras és bel- vagy árvízveszélyes terület			5
létesítményt befolyásoló vastagságban feltöltött terület, visszatöltött bányaterület			5

Megjegyzés: amennyiben a tervezési terület csúszás- vagy omlásveszélyes, illetve alábányászottság, üreg - barlang fordul elő, a tervezési feladat mindenképpen 3. geotechnikai kategóriába tartozik.

Pontszámítás épületek, építmények geotechnikai tervezésének kategóriába sorolásához a **létesítmény adottságok** alapján

létesítmény alapterülete	< 1000 m ²	1000 - 10000 m ²	> 10000 m ² felett
	0	1	3
fesztáv	< 6 m	6 - 10 m	> 10 m
	0	2	5
épületmagasság	< 6 m	6 - 20 m	> 20 m
	0	2	5
munkagödör mélysége	< 2 m	2 - 5 m	> 5 m
	0	2	5
létesítmény megvalósításához kapcsolódó tereprendezés (töltés, bevágás) mértéke	< 5 m	5 - 10 m	> 10 m
	0	1	3
támfalak, befogott földmegtámasztó szerkezetek magassága	< 2 m	2 - 5 m	> 5 m
	0	2	5

Pontszámítás épületek, építmények geotechnikai tervezésének kategóriába sorolásához a **létesítmény adottságok** alapján

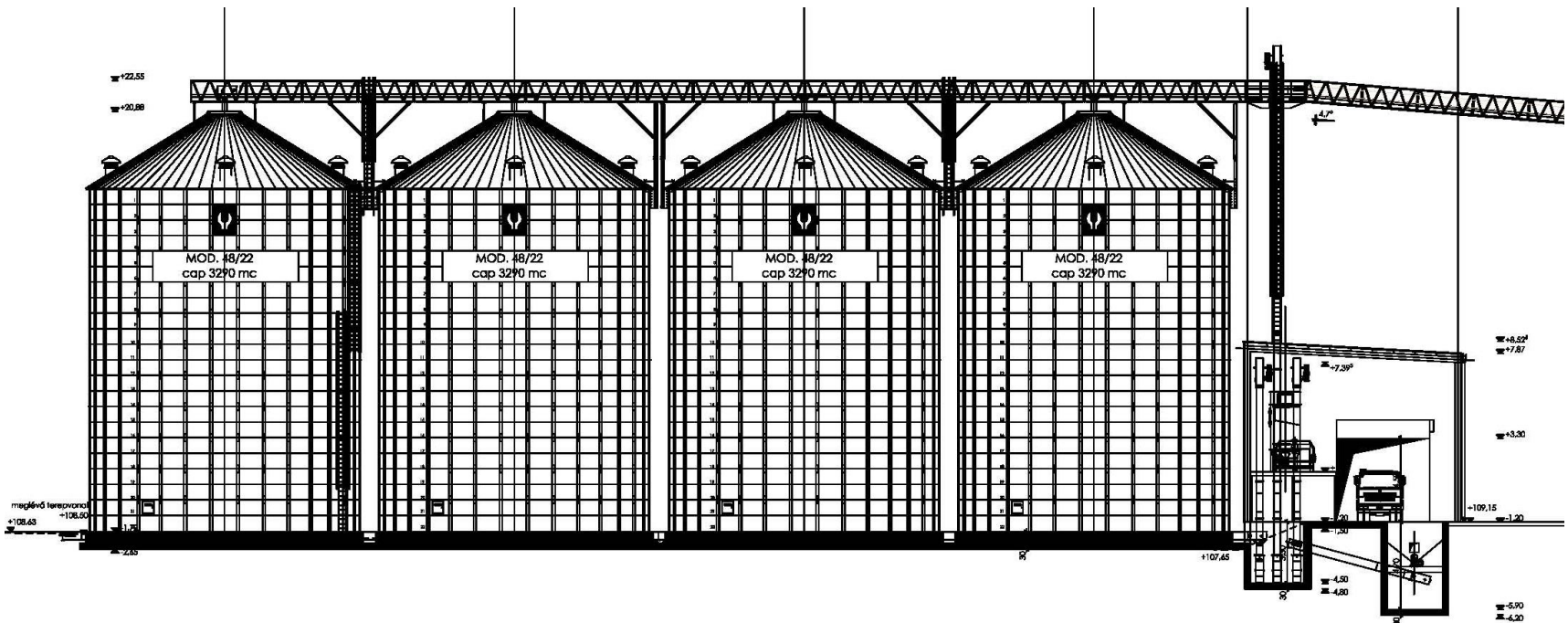
Speciális körülmények a létesítmény oldaláról	
meglevő létesítményre közvetlenül gyakorolt hatás, zárt sorú épületcsatlakozás	5
süllyedésérzékenység vagy jelentősen változó terhelési viszonyok	5
speciális ipari műtárgyak, magas súlypontú létesítmények, tornyok, silók, földalatti és vízpépítési műtárgyak	5

Megjegyzés: a különösen fontos rendeltetésű létesítmények (pl. kórház), közúti és vasúti alagutak, völgyzárógátak mindenképpen 3. geotechnikai kategóriába tartoznak.

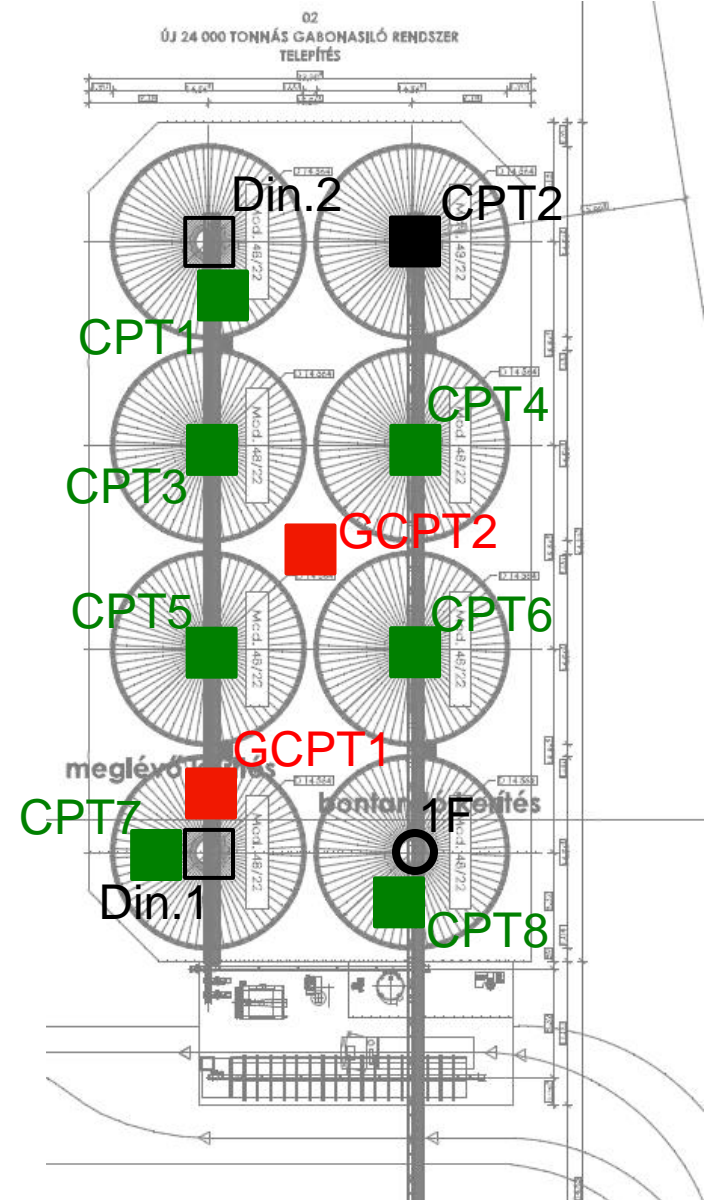
Épületek, építmények geotechnikai tervezési feladatainak kategóriába sorolása

1. Geotechnikai kategória	0 - 4 pont
2. Geotechnikai kategória	5 - 20 pont
3. Geotechnikai kategória	21 ponttól

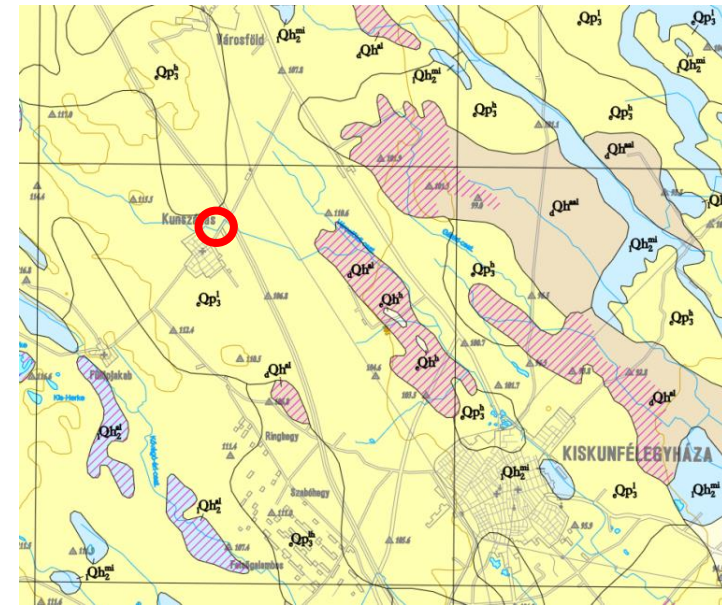
- Gabonatároló silórendszer (8 db egyedi siló)
- Silók elhelyezése két sorban
- 24.000 tonna összterhelés
- Egy-egy siló alatt 98 cm vastag, kör alaprajzú alaplemez



- Júlia Malom Kft. üzembevétele
- 2014. december – területre vonatkozó talajvizsgálati jelentés (Ammonitesz Bt.)
 - 1 db fúrás, 1 db CPT, 2 db din. szondázás
- 2015. március – **engedélyezési terv és alapozási tender terv**, a létesítmény Generáltervezőjének (M Mérnöki Iroda Kft.) felkérésére
 - 2 db CPT
- 2015. augusztus – **végleges alapozási terv**, a Kivitelező Vállalkozó (HBM Kft.) felkérésére
 - 7 db CPT



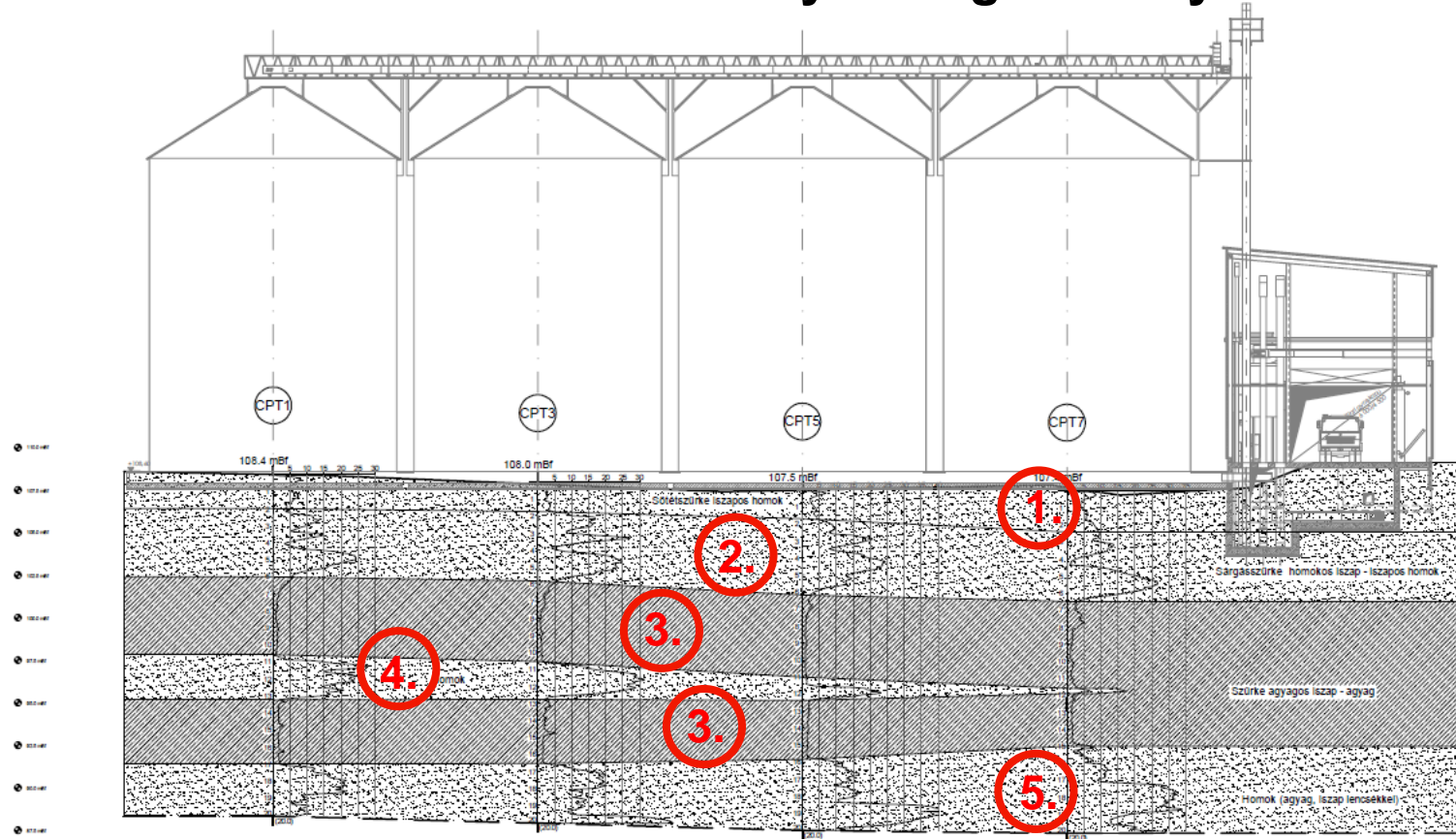
- Helyszín: Duna-Tisza köze, Kunszállástól északra, M5 autópálya szomszédsága
- Szántóföldi művelésű terület
- Geológia
 - Alföld medencesüllyedése
 - Több száz méter vastag negyedidőszaki üledék rétegsor



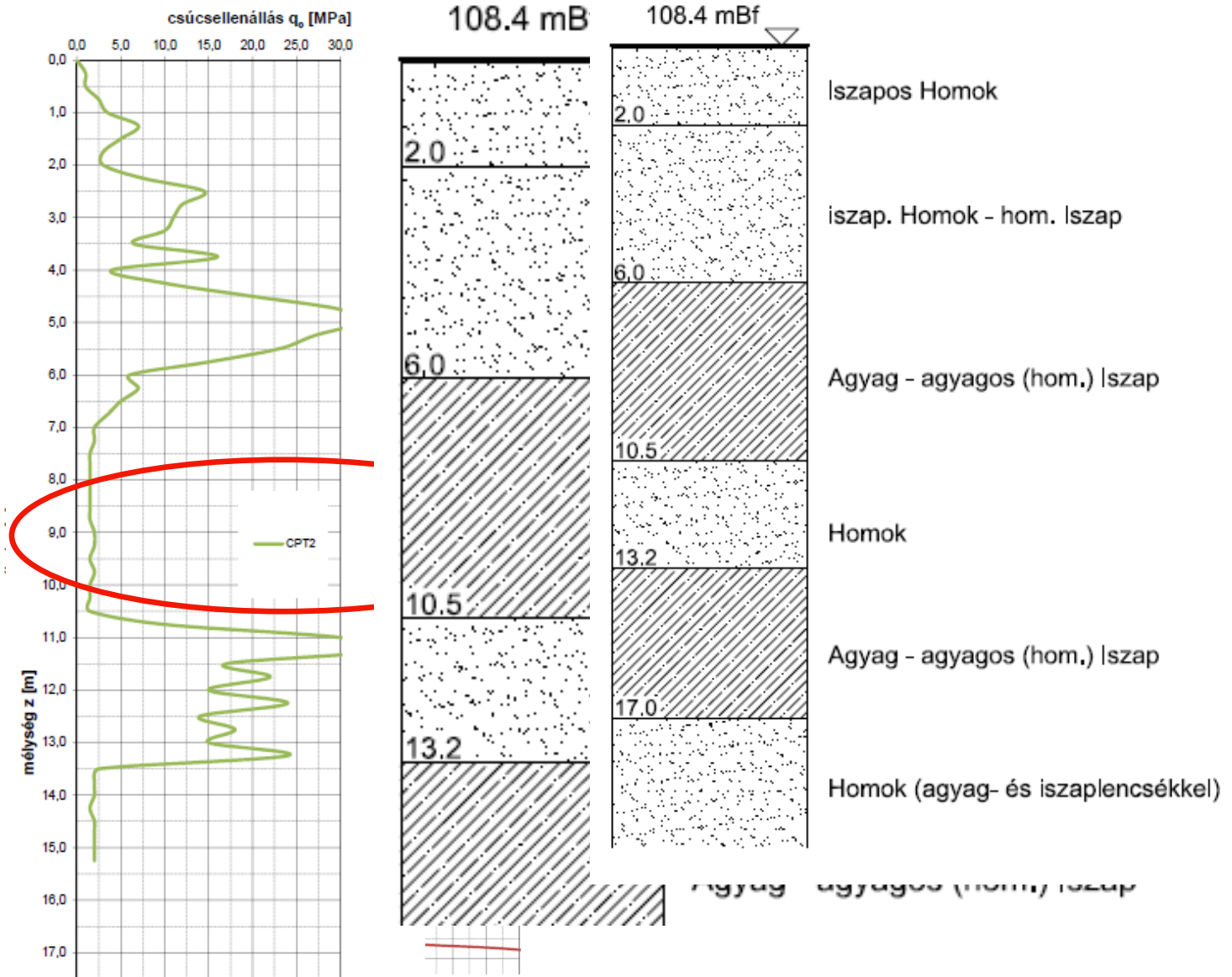
Silók telepítési helye



Jellemző hosszirányú rétegszelvény



1. iszapos Homok 2. iszap. Homok – hom. Iszap 3. Agyag – agyagos (hom.) Iszap
4. Homok 5. Homok (agyag- és iszaplencsékkel)



Előtervezési fázis és költségkalkuláció

- részletes süllyedésanalízis hiányában kellően nem megalapozott alapozási koncepció és költségvetés



Engedélyezési terv és alapozási tenderterv (2015. március)

- További 2 db 25 m mélységű statikus szondázás a mélyebb talajzónák megismerése és a pontos számítások céljából



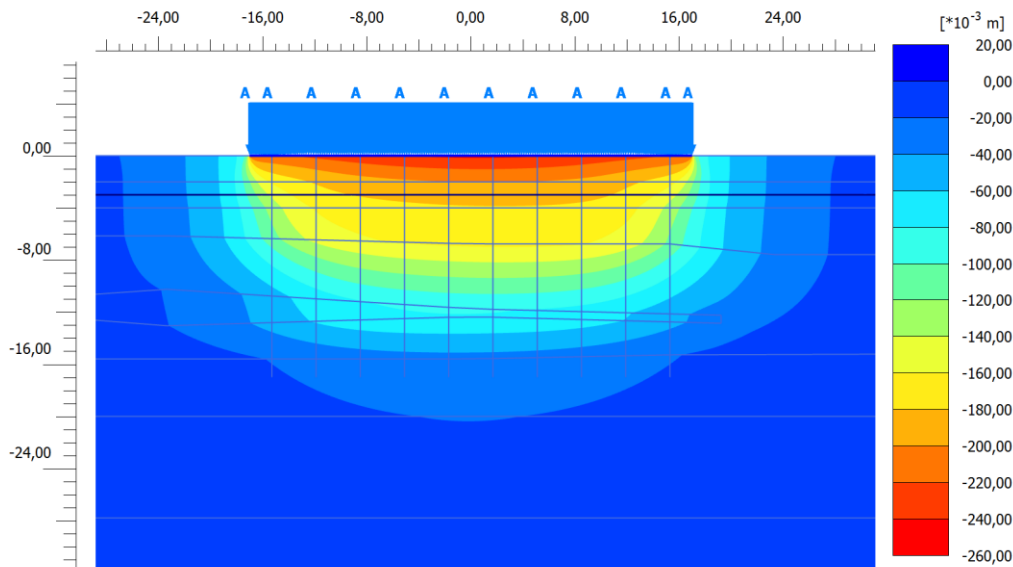
Talajrétegződés és talajparaméterek pontosítása



- Alapozási koncepció átalakítása a teherbírasi és alakváltozási határállapot részletes elemzésével

Síkalapozás - süllyedésszámítás

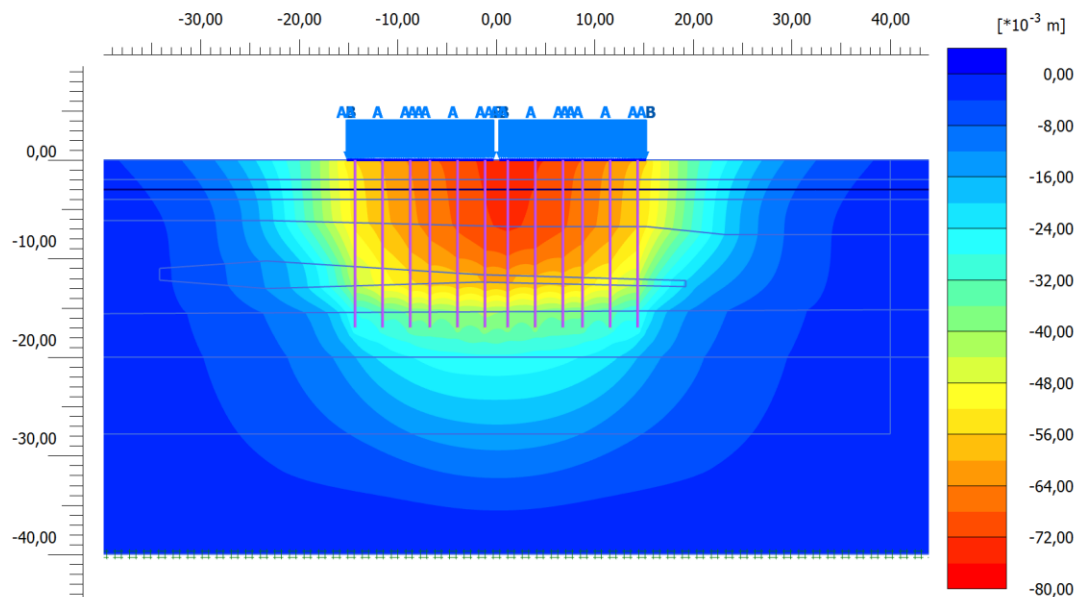
- Közelítő számítás
 - 20 – 24 cm közötti maximális süllyedések
 - Kismértékű süllyedéscsökkenés talajcserével (18 cm)
- Süllyedésszámítás Plaxis végeleemes programmal



Mélyalapozás
szükséges!

Mélyalapozás - CFA cölöpalapozás

- Silónként 28 db cölöp
- Cölöpcsúcs az alsó (15 - 17 m alatti) homokrétegben
- Teherbírási probléma nem merül fel
- Süllyedéskülönbség 2 cm



Phase displacements Pu_y

Maximum value = 0,000 m (Element 3 at Node 24632)

Minimum value = -0,07640 m (Element 5435 at Node 41049)

Végleges alapozási terv, Vállalkozói felkérésre (2015. szeptember)

- Alapozási koncepció áttervezése – talajjavítás talajkiszorításos, vasalatlan betonoszloppal



- További 7 db 20 m mélységű statikus szondázás



A számítások és talajparaméterek további pontosítása

- Cölöpkiosztás és cölöphossz változatlan
- 60 cm átmérőjű CFA cölöp helyett 50 cm átmérőjű Screwsol cölöp alkalmazása
- Talajkiszorításos cölöp: jobb teherbírás, gyorsabb kivitelezhetőség, elszállítandó min. földmennyiség

Egyedi cölöpteherbírás

- cölöpözés technológiájának változása
- kiegészítő feltárások nagy száma
- cölöpátmérő csökkenése

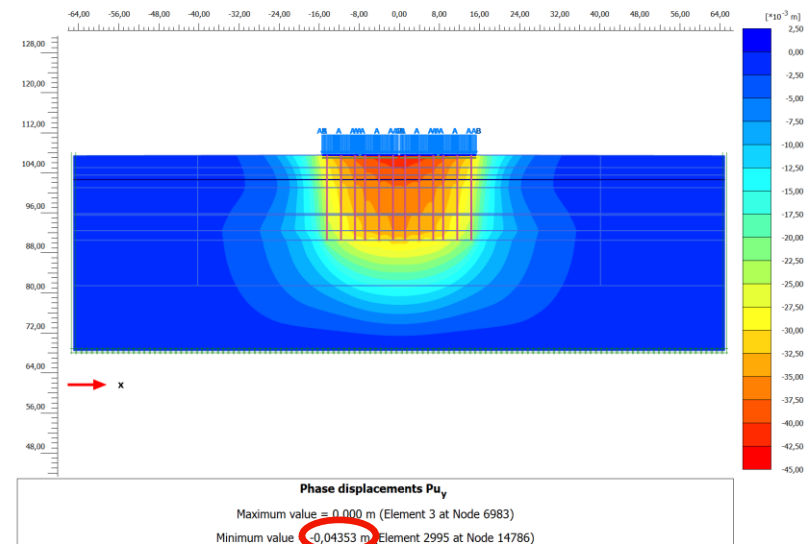


Közel azonos teherbírás

talaj- vizs- gálat száma	korrelációs tényező	
	átlagra vonatkozóan	minimumra vonatkozóan
	ξ_{mean}	ξ_{min}
1	1,40	1,40
2	1,35	1,27
3	1,33	1,23
4	1,31	1,20
5	1,29	1,15
6	1,28	1,13
7	1,27	1,12
8	1,26	1,10
9	1,26	1,09
10	1,25	1,08
11	1,25	1,08
12	1,25	1,08
Alk. tényező	1,25	1,08

Süllyedésszámítás

- a süllyedések kismértékben csökkentek
- maximális süllyedés 4.3 – 4.5 cm
- süllyedéskülönbség 1.4 cm



Összefoglalás a megfelelő műszaki megoldás kialakulásáról

- Tervezési folyamat kezdetén hiányos feltártság, megalapozatlan koncepció



- Vállalkozásba adás előtt kiegészítő feltárás - alapozási koncepció váltás mélyalapozásra - nem várt beruházási költségnövekedés



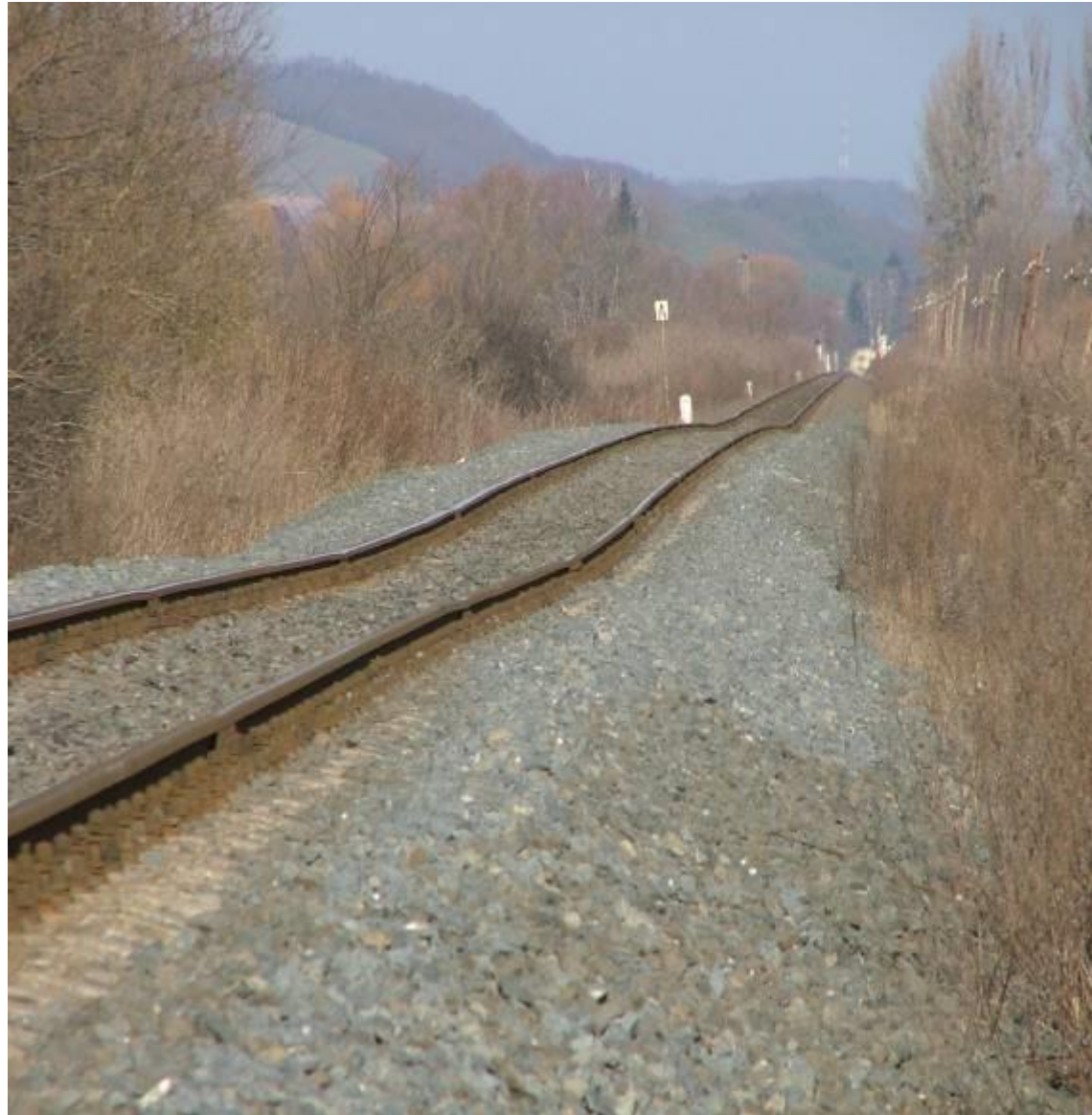
- Vállalkozó versenyhelyzetben a gazdaságos, új technológia alkalmazásával nyeri el a munkát további feltárásokra alapozva

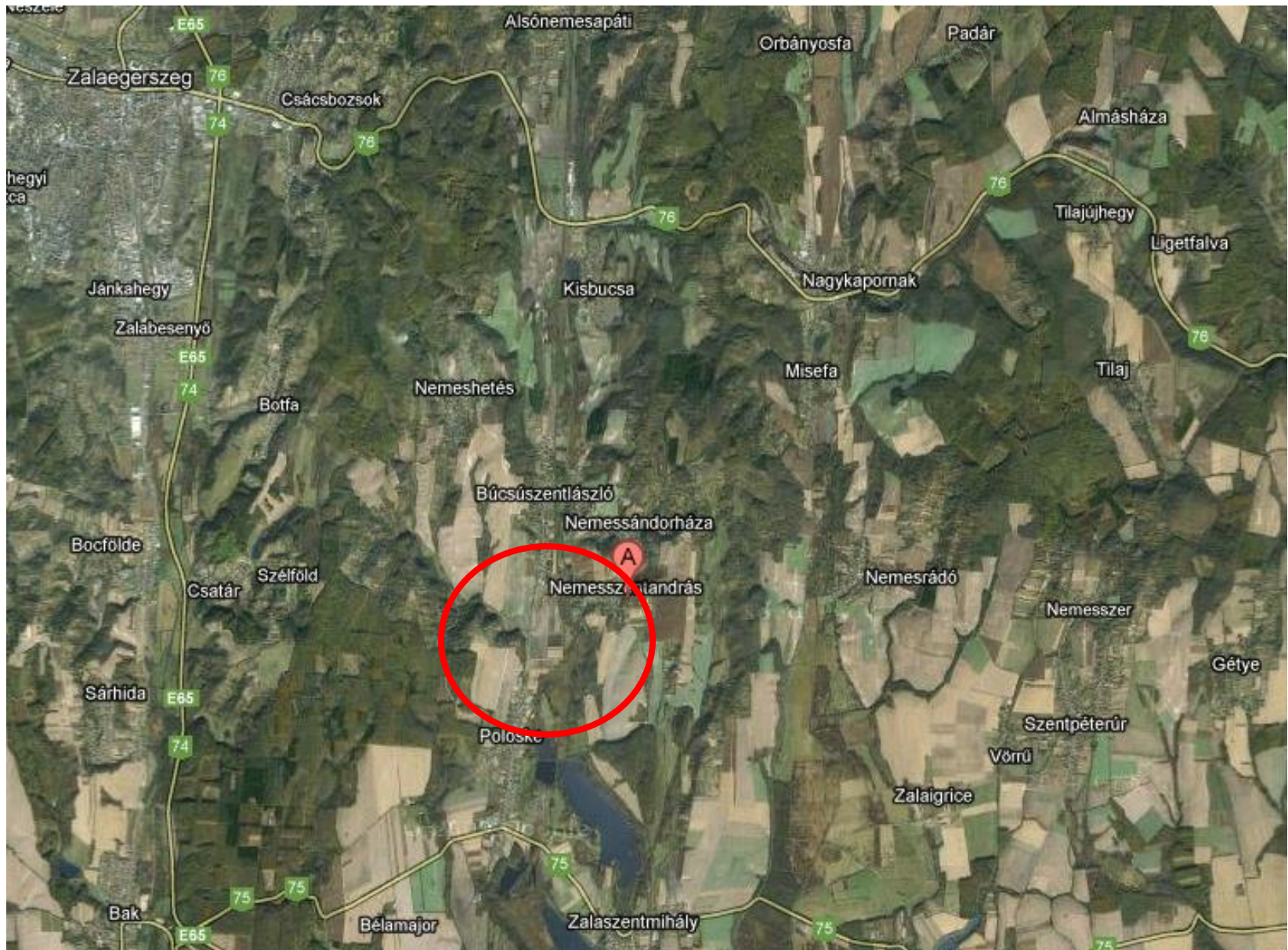
Konklúzió

- Feltérési költségeken való takarékoság megalapozatlan koncepciót és kivitelezési többletköltséget eredményez
- A pontos talajadottságokhoz igazodó, gazdaságos talajjavítási technológiák alkalmazásához elengedhetetlen a megfelelő feltárás mennyiség és minőség, illetve azok alapos értékelése

Előzmények:

- Ágfalva –
Nagykanizsa
vasútvonal,
Nemesszentandrás
külterülete
- Több évtizede tartó
függőleges és
vízszintes mozgások
- Jelentős károk,
folyamatos
karbantartási igény

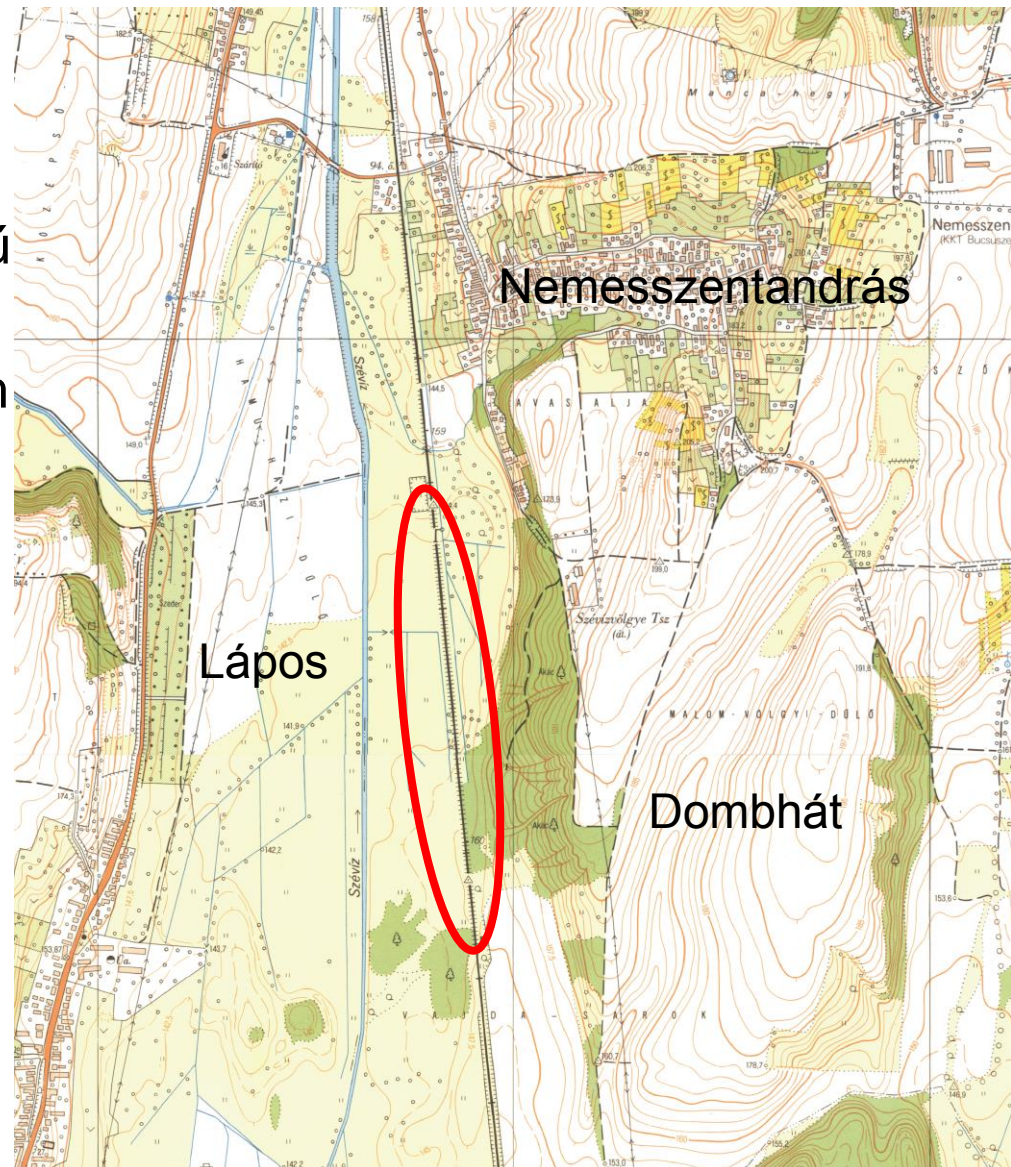






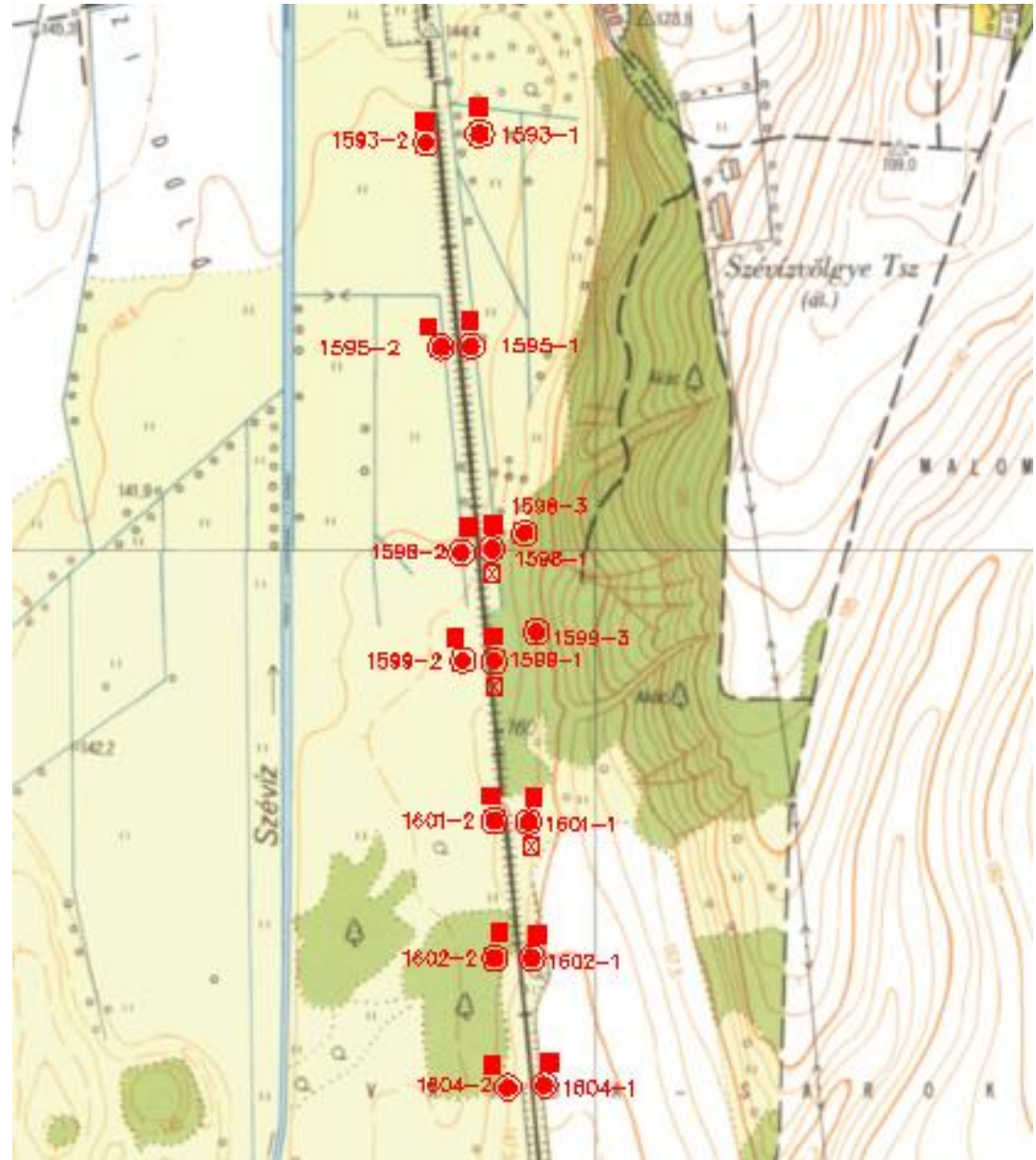
Helyszín bemutatása:

- Zalai dombság É-D-i völgye
- Szévíz-patak közelében,
- Mocsaras, lápos, mélyfekvésű terület
- A pálya keleti oldalán 40-50 m magas dombhát
- Jelentős deformációk 1.2 km hosszon (1592 – 1604 hm)
- A vasúti töltés gátolja a felszíni vizek útját
- Domblábi térségben rétegforrások
- Károk enyhítésére az ágyazatot folyamatosan pótolják
- Lassú jel az IC vonalon



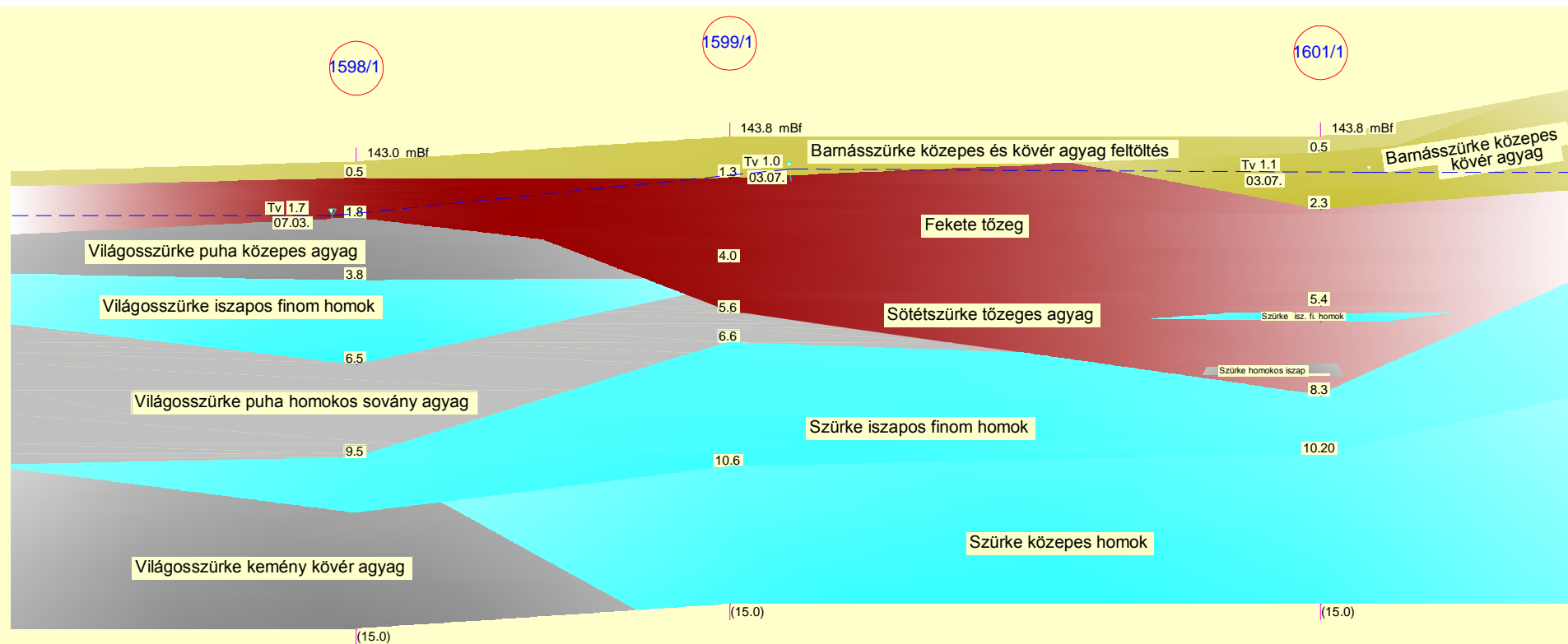
Feltárások:

- Korábbi feltárások adatai
- 7 db keresztmetszvény
- 8-15 m mély fúrások
- 10-15 m mély dinamikus és statikus szondák



Talajrétegződés, talajvízviszonyok:

- Vékony fedőréteg és feltöltés
- Változó mélységig mocsári üledék, tőzeg, szerves agyag
- Szürke homok és agyag
- Talajvíz: felszín közeli, fedőrétegek rossz áteresztőképességűek



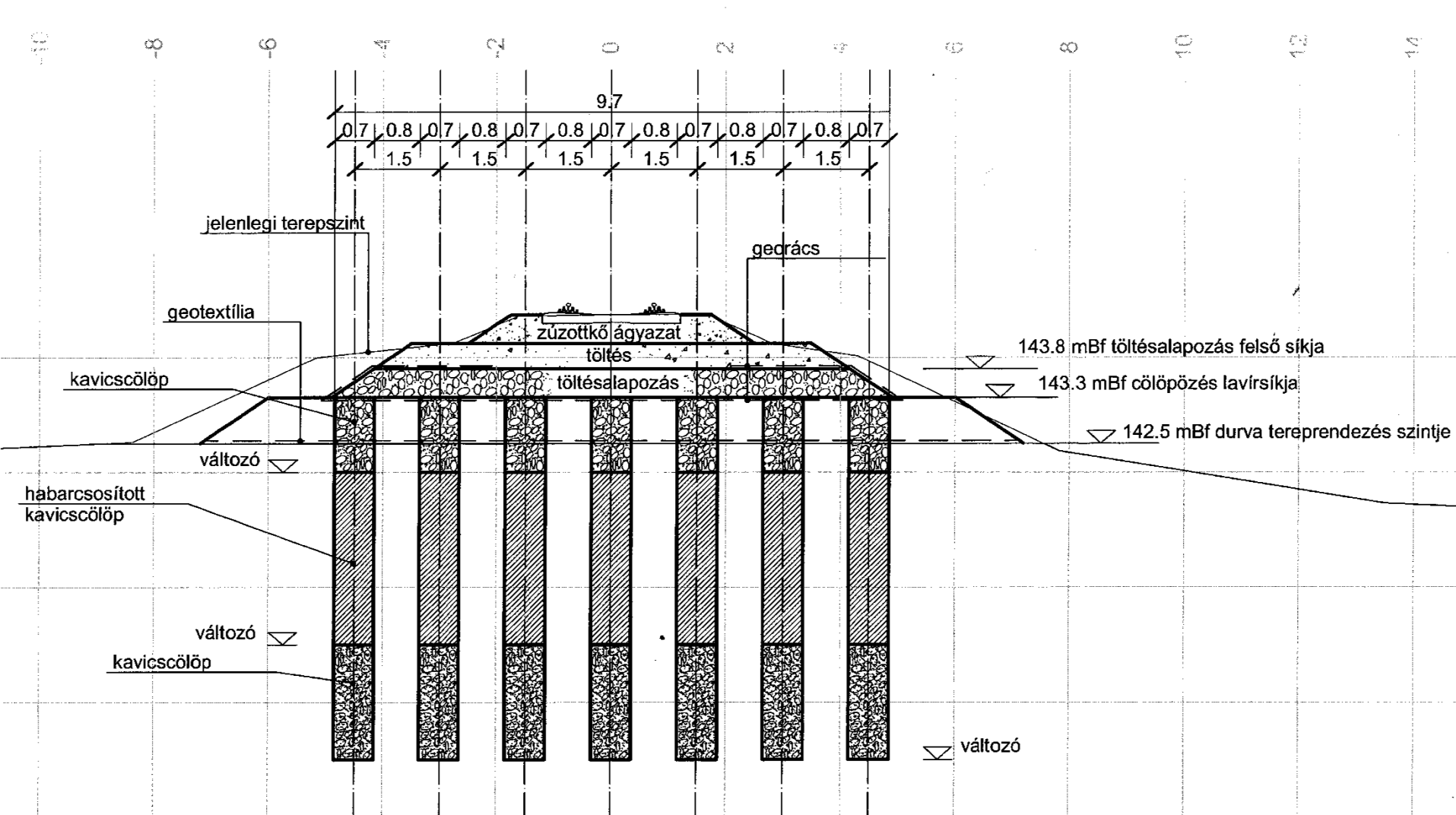
Lehetséges megoldások:

- Új nyomvonal kijelölése → nincs rá lehetőség
- Műtárgyépítés vagy teljeskörű talajcsere → gazdaságtalan
- Talajjavítás: mélytömörítés / kavicscölöpözés



- MÁV döntés alapján geotechnikai terv:
- habarcsosított kavicscölöpök
- átmérő: 70 cm
- 1.5 x 1.5 m raszter
- cölöphossz 2.1 – 7.3 m között változó

Mintakeresztmetszély:



Alternatív megoldás igénye:

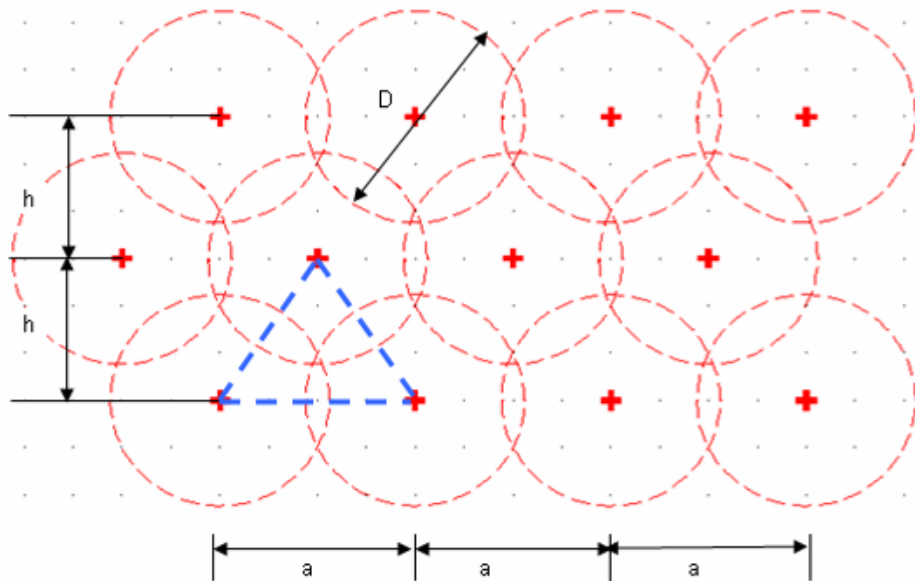
- építési költségek optimalizálása
- a vágányzárhoz igazodó gyors építési idő



Új terv: Geodrénnel kombinált geocella rendszerű töltésalapozás

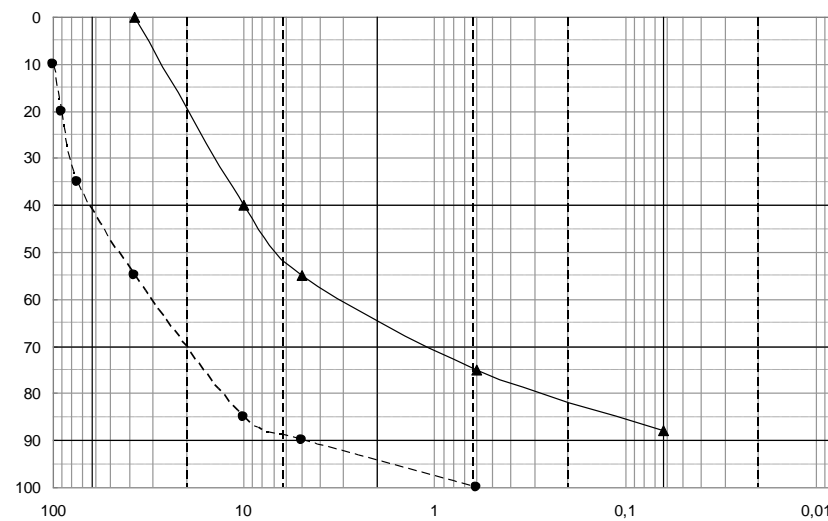
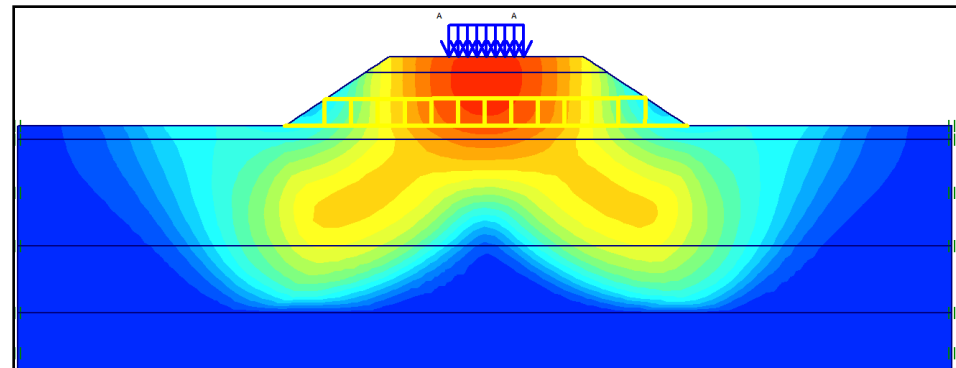
- együttdolgozik a töltéssel
- jól összekapcsolódó felületet biztosít a puha altalaj és a szemcsés kitöltő anyag között
- viszonylag merev alátámasztási felületet ad (az altalajra hárított terhek egyenletes elosztása)
- rövidebb építési idő (90 nap helyett 49 nap vágányzár)
- költség oldalról kedvezőbb megoldás
- **hátrány: a tőzeg bomlásából származó süllyedéseket nem szünteti meg**

Tervezés:



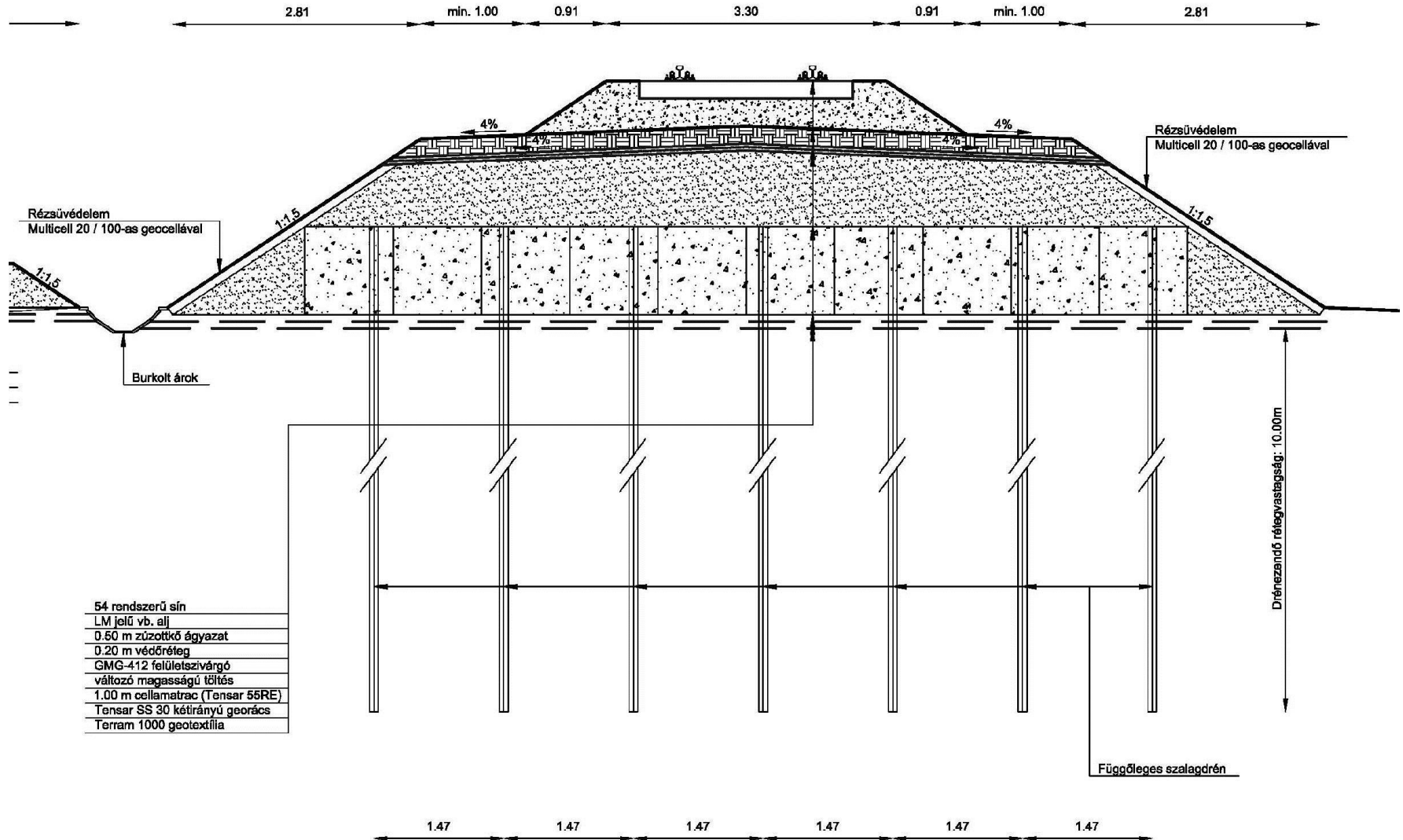
Barron képlet:

$$C_h = \frac{D^2}{8t} \left[\ln \frac{D}{d} - 0,75 + 2 \pi 1,6l \frac{k}{q_w} \right] \ln \frac{1}{1-\kappa}$$



talaj neve	γ_{sat}	E_{oed}^{ref}	ν	C_{ref}	ϕ	λ^*	κ^*
	kN/m ³	MN/m ²	-	kN/m ²	°	-	-
1 régi töltés	20	10	0,3	20	20		
2 új töltés	20	30	0,3	10	26		
3 zuzottko	25	100	0,2	1	40		
4 iszapos homok	20	8	0,3	5	27		
5 tőzeg	13			10	2	0,212	0,025

Tervezés:



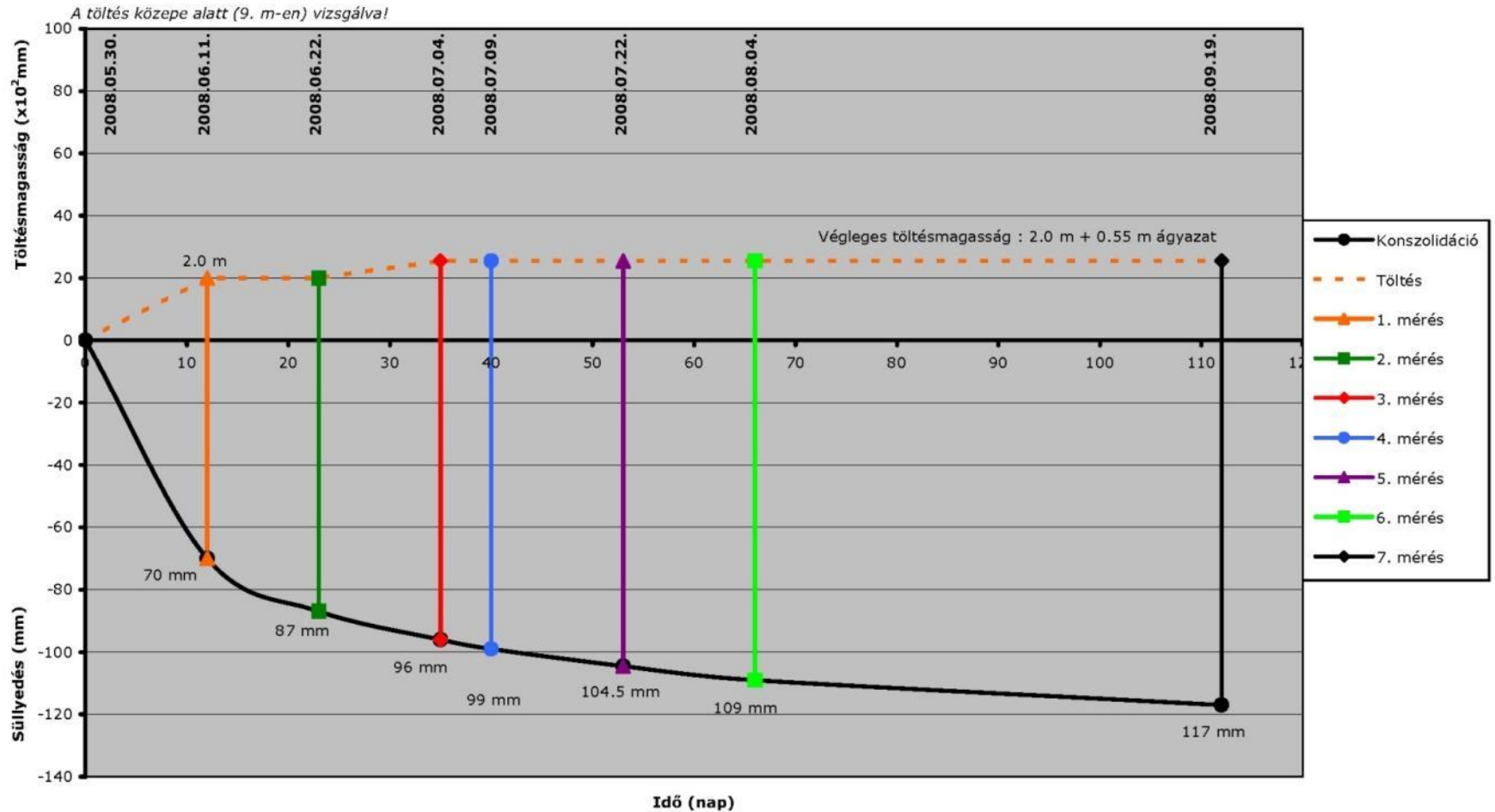
Kivitelezés:

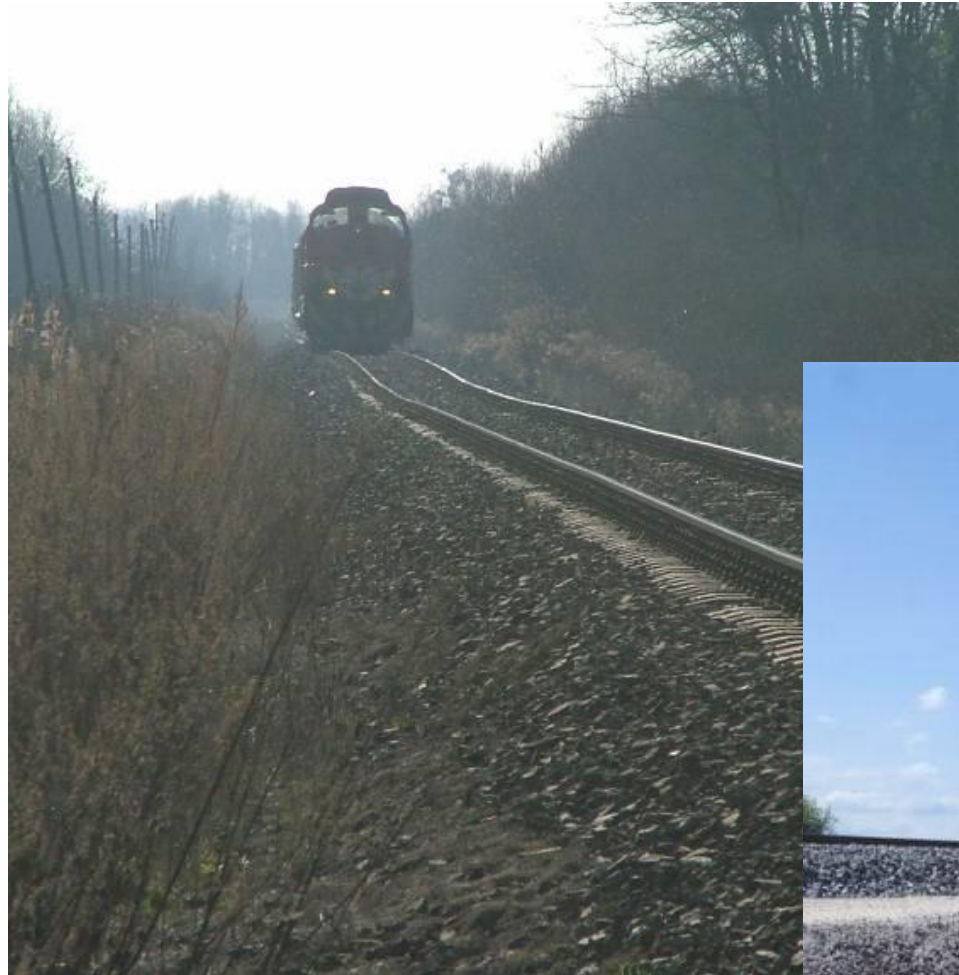


Kivitelezés:



Monitoring:





Eredmény





Köszönöm megtisztelő figyelmüket!

Budapest, 2016.04.02.