

## Munkatérhatárolások tervezési kérdései



MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

Geotechnikai Tagozat - Szakmai továbbképzés 2021.03.26.

Molnár György

**bohn**  
mélyépítő kft

Szepesházi Attila



**HBM**

- FAP-2019/103-GT kiadvány - Munkatérhatároló szerkezetek

- Szerzők:

Manninger Marcell, Molnár György  
Scheuring Ferenc, Szepesházi Attila



- Lektor:

Szilvágyi László

- Tartalom:

- Szerkezettypusok, alkalmazási körök, kivitelezési kérdések
  - Modellezési kérdések
  - Méretezési kérdések
  - Mintapéldák
  - Ajánlott szakirodalom

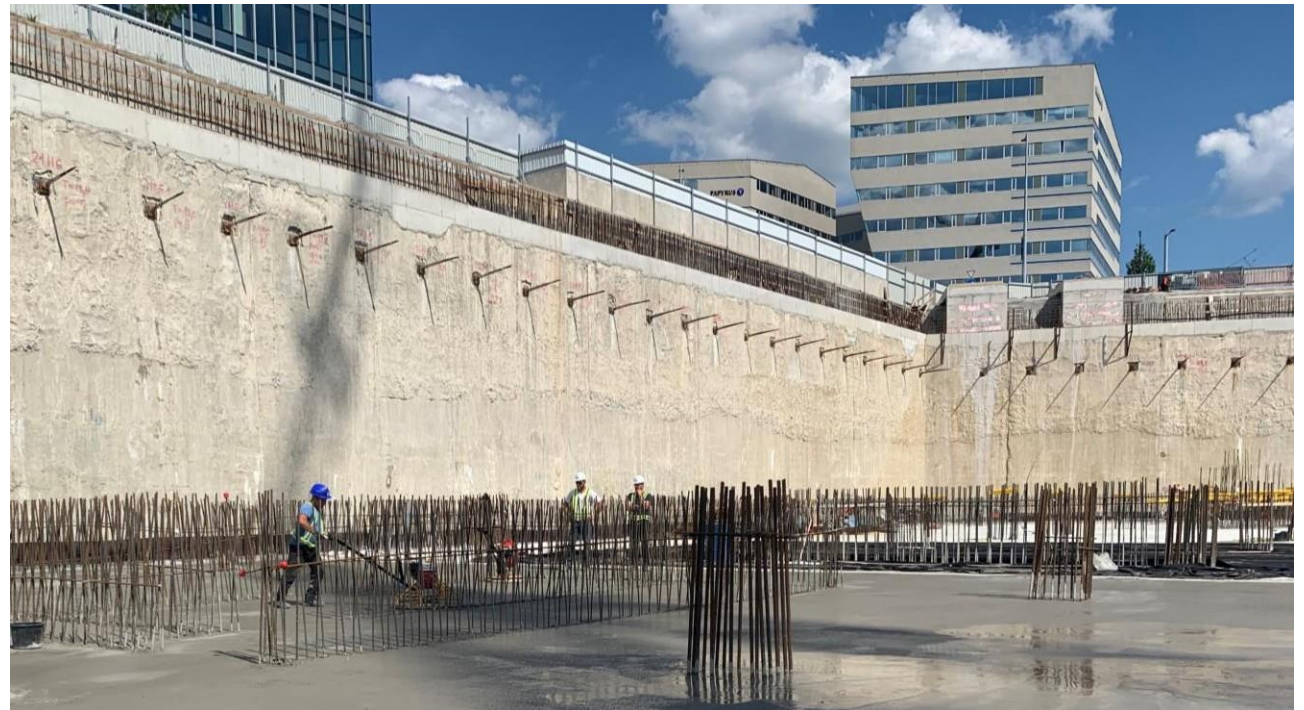
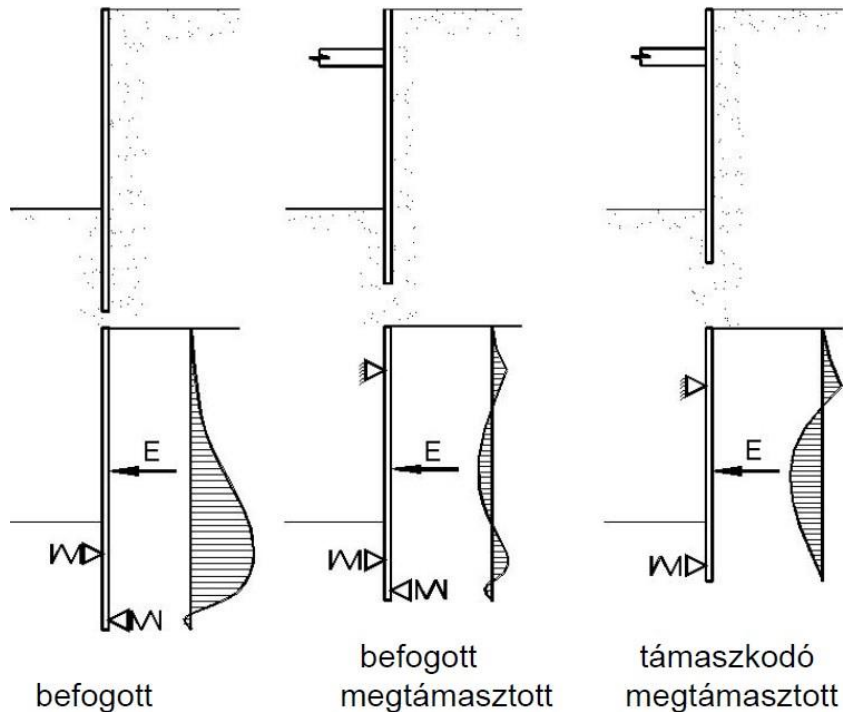


## □ Munkatárhatároló falak - Befogott támszerkezetek

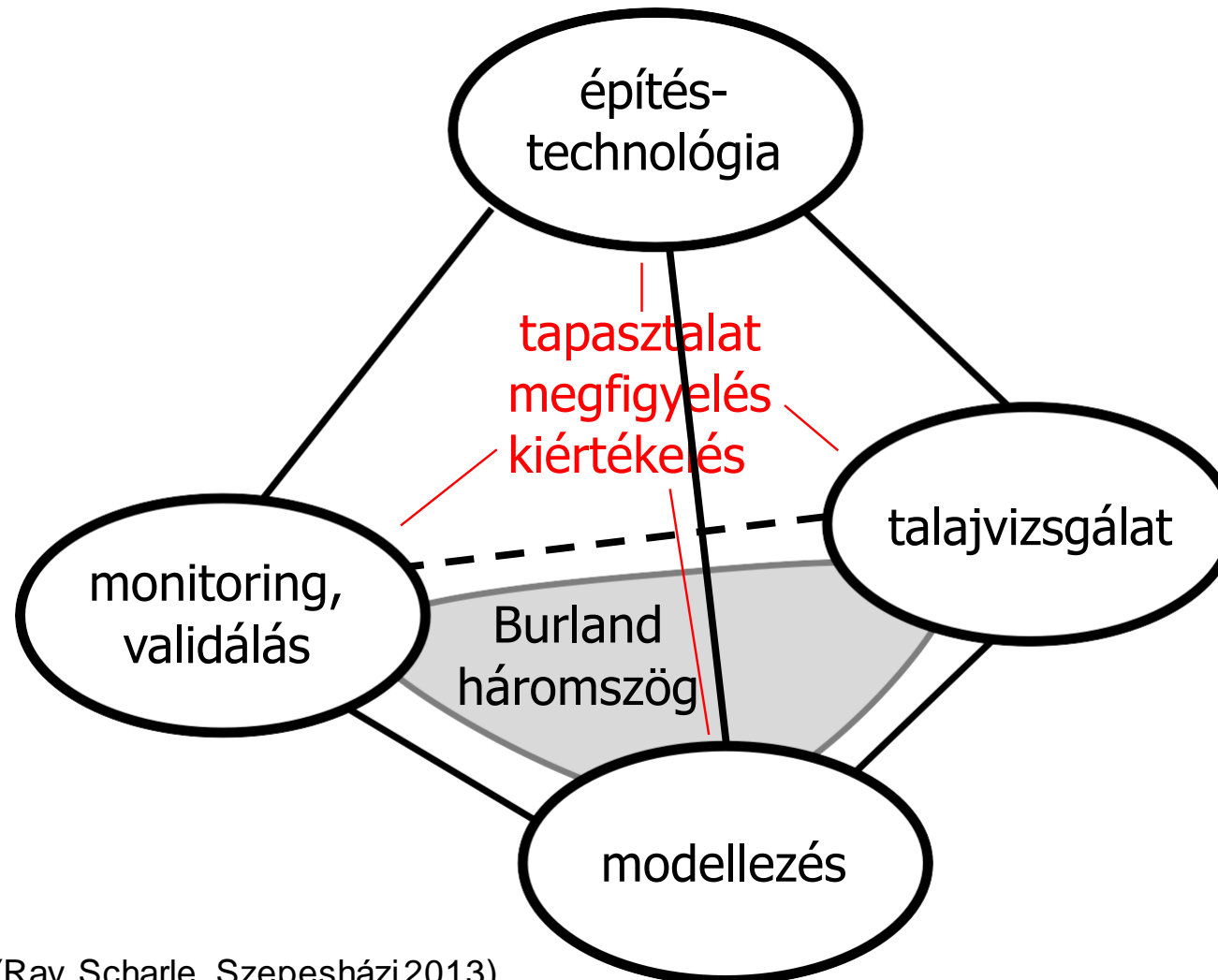
MSZ EN 1997 9.1.2.2.

Acélból, vasbetonból és fából készült, viszonylag vékony falak, amelyek egyensúlyát horgonyok, dúcok és/vagy passzív földnyomás biztosítja.

Az ilyen falak hajlítási teherviselő képessége főszerepet játszik a megtámasztásban, míg a fal súlyának szerepe jelentéktelen.



- Geotechnikai végeselemes modellezése – Emlékeztető 2018 MMK továbbképzés



(Ray, Scharle, Szepesházi 2013)

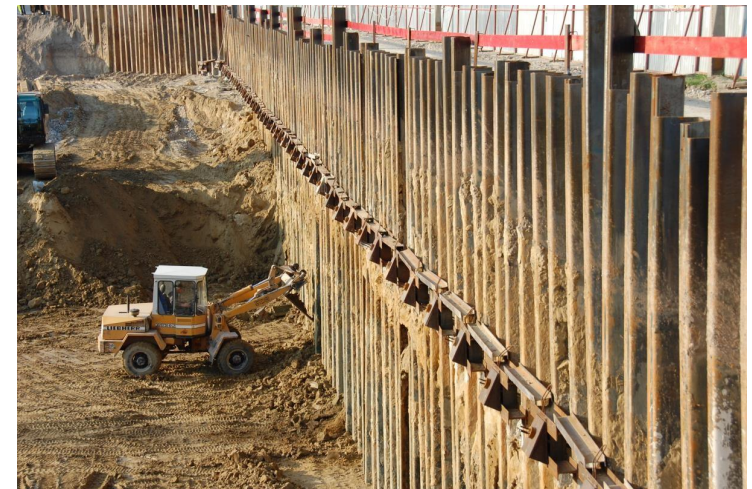
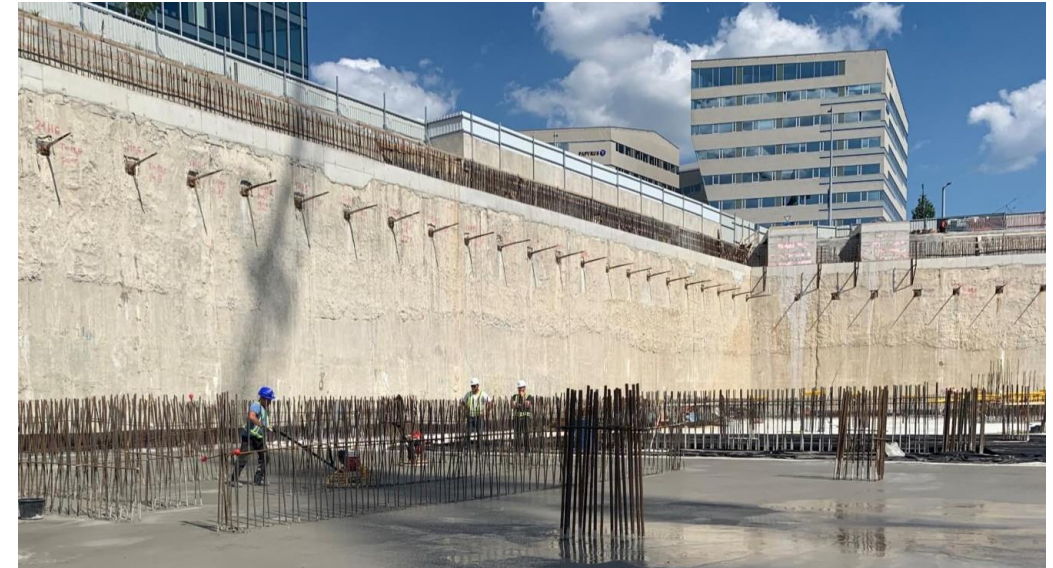
- Szerkezettípusok, alkalmazási körök, kivitelezési kérdések ~90-110 perc
  - Résfalak
  - Cölöpfalak
  - Egyéb faltípusok
  - Megtámasztó szerkezetek.
  - Kapcsolódó műszaki feladatok
  
- Modellezési kérdések ~70-90 perc
  - Modell típus megválasztása
  - Szerkezeti elemek modellezése
  - Talaj-szerkezet kölcsönhatás modellezése
  - Esettanulmány
  
- Méretezési kérdések ~90 perc
  - Bevezetés
  - Tervezési helyzetek, határállapotok
  - Terhek felvétele
  - Stabilitás
  - Szerkezeti elemek méretezése (falszerkezetek, megtámasztó szerkezetek)
  - Környezetre gyakorolt hatás

## SZERKEZETTÍPUSOK, ALKALMAZÁSI KÖRÖK, KIVITELEZÉSI KÉRDÉSEK



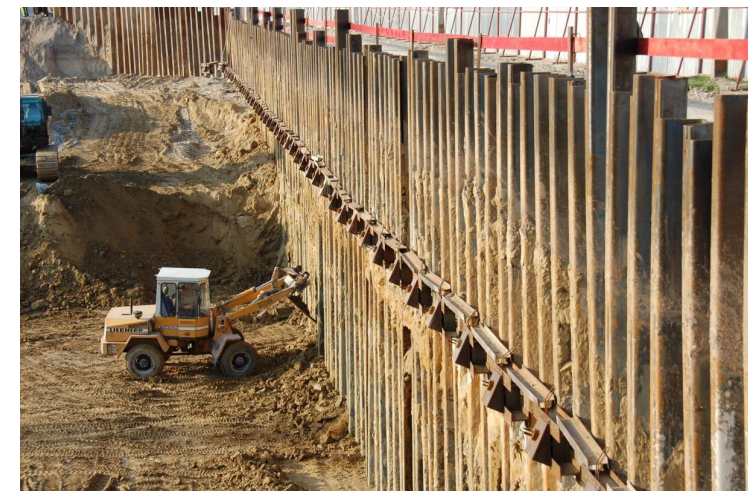
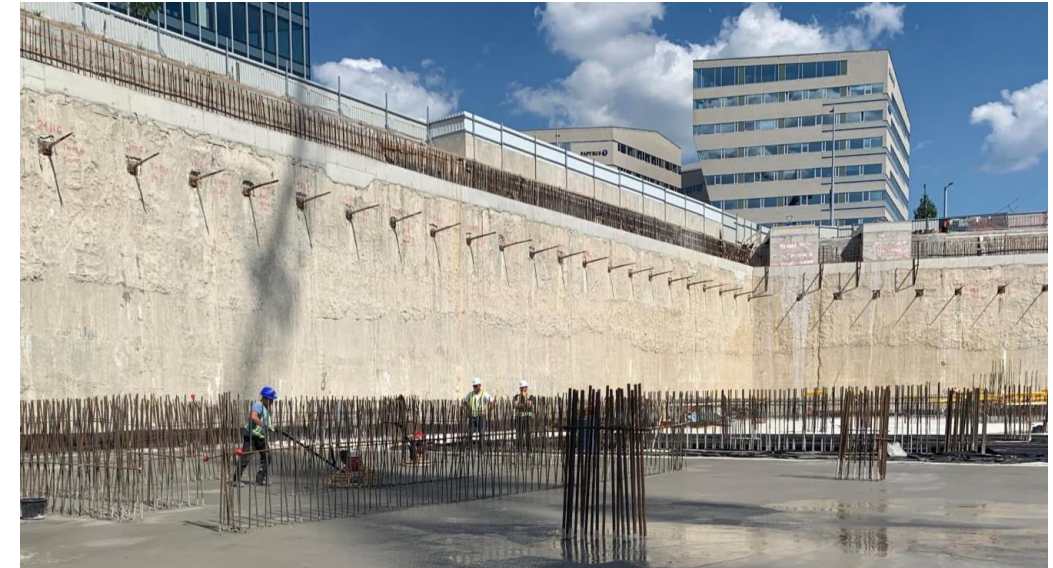
## □ Munkatérhatároló falak

- Résfalak
- Cölöpfalak
- Egyéb falszerkezetek:
  - Szádfal
  - Berliini dúcolat
  - Jet-grouting fal
  - Erősített önszilárduló zagyfal
  - Erősített, mélykeveréssel előállított fal



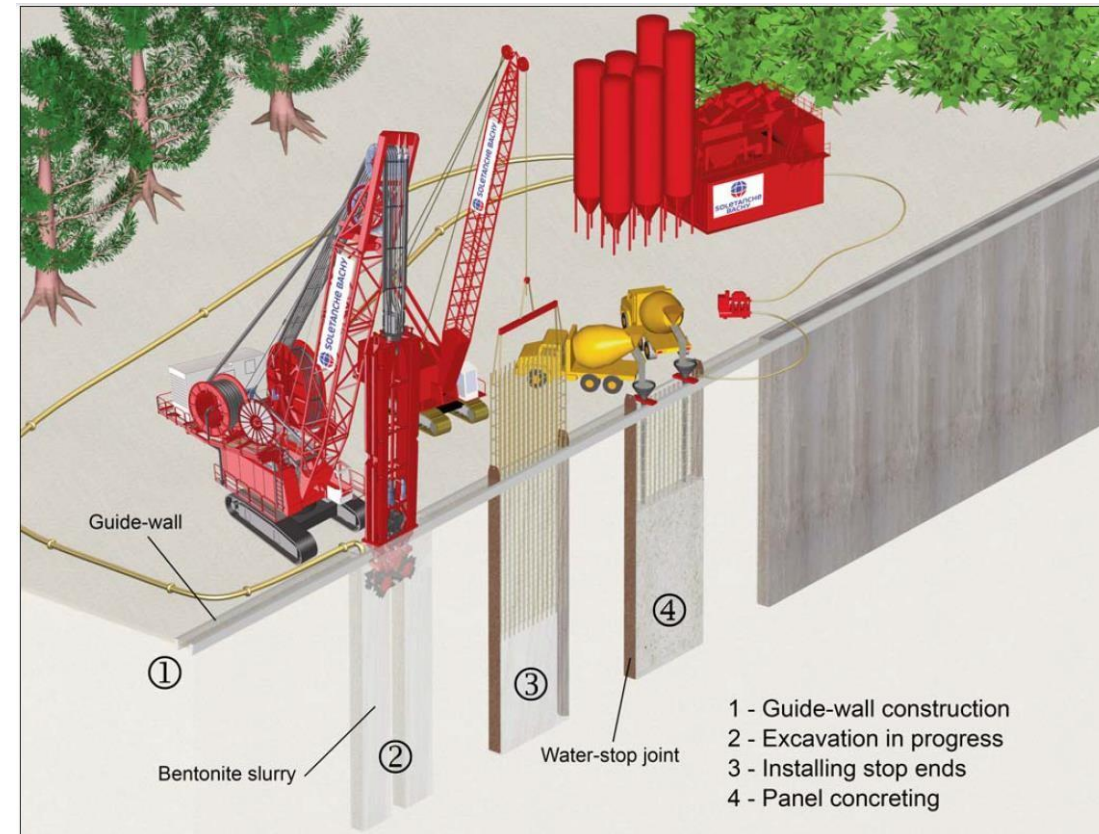
## □ Munkatérhatároló falak

- **Résfalak**
- Cölöpfalak
- Egyéb falszerkezetek:
  - Szádfal
  - Berliini dúcolat
  - Jet-grouting fal
  - Erősített önszilárduló zagyfal
  - Erősített, mélykeveréssel előállított fal

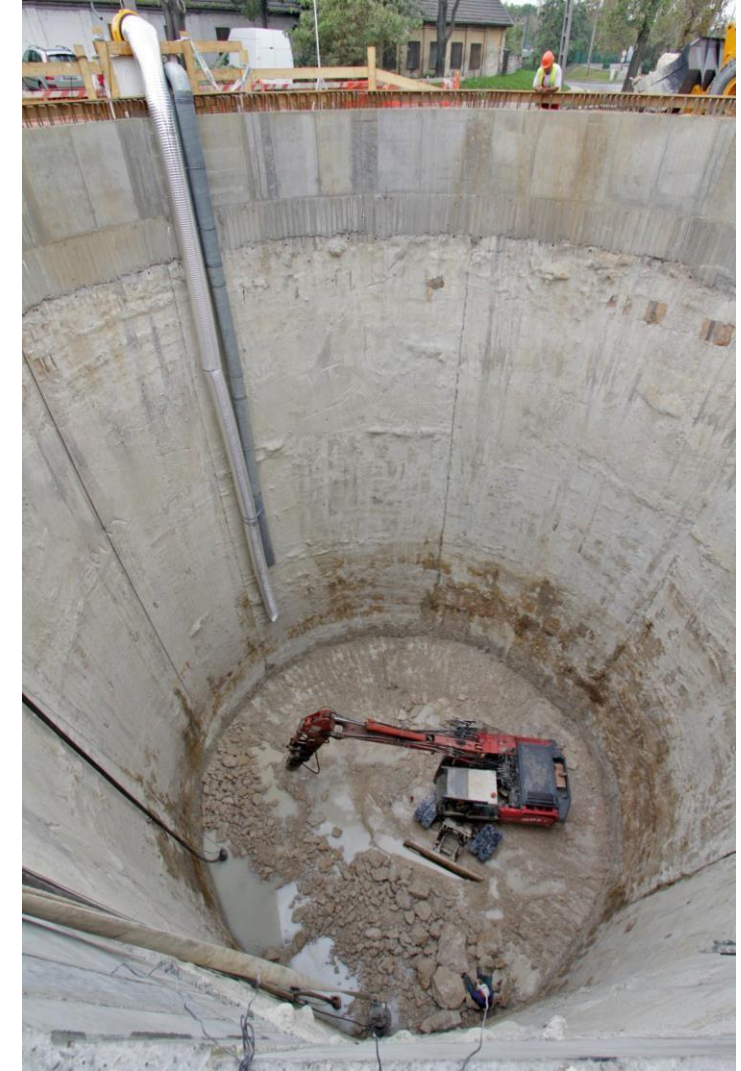


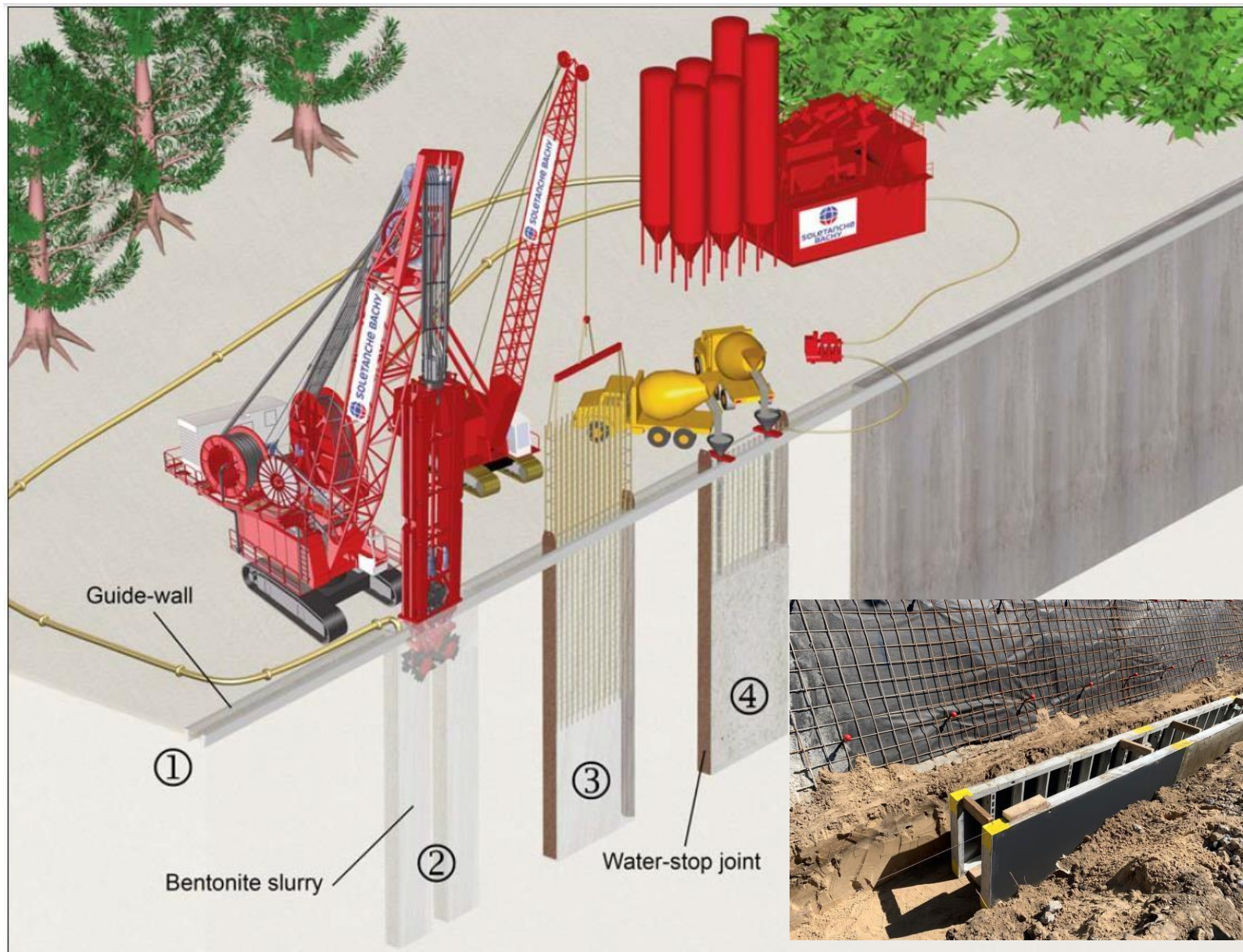


- MSZ EN 1538 (2012. március) - Speciális geotechnikai munkák kivitelezése. Résfalak
- A résfalak olyan falszerkezetek, melyek
  - a talaj eltávolításával
  - zaggyal megtámasztott / szárazon kiemelt részbe
  - betont / résiszapot visszatöltve
  - min. 40cm vastagsággal
  - tartós / ideiglenes szerkezetként
  - munkatárhatároló és egyidejűleg jellemzően alapozó vagy megszakító funkcióval épülnek.



- Résfalak leggyakoribb alkalmazási példái:  
Magas talajvízzel érintett területeken
  - Gyalogos vagy közúti aluljárók
  - Kis alapterületű, nagy mélységű aknák
  - Városi mély munkaterek (mélygarázsok, metróállomások, stb.)
  - Vízépítési/környezetvédelmi vízzáró („megszakító”) falak



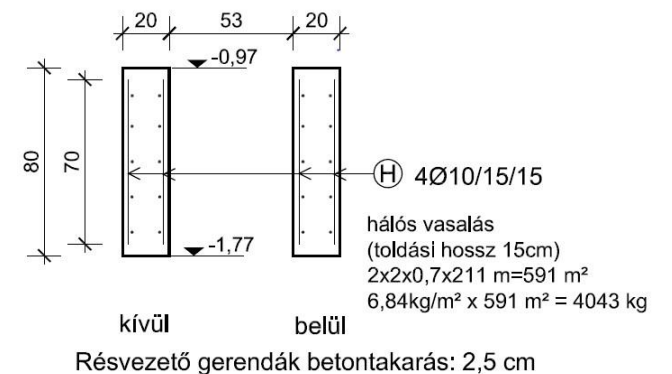


## □ Részvezető gerenda

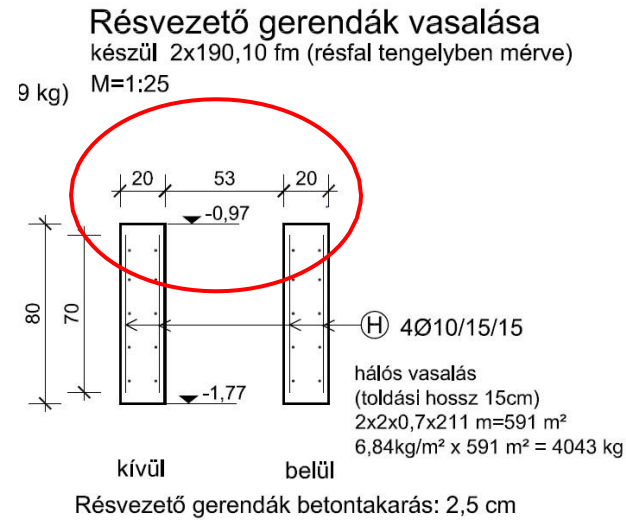
- ideiglenes vb. gerendapár
- résszerszám vezetése
- felső talajréteg állékonysága
- zagy elszivárgás gátlása
- résfal vasalás és szakaszoló palló rögzítése
- fejgerenda külső oldali zsalu

Részvezető gerendák vasalása  
készül 2x190,10 fm (résfal tengelyben mérve)

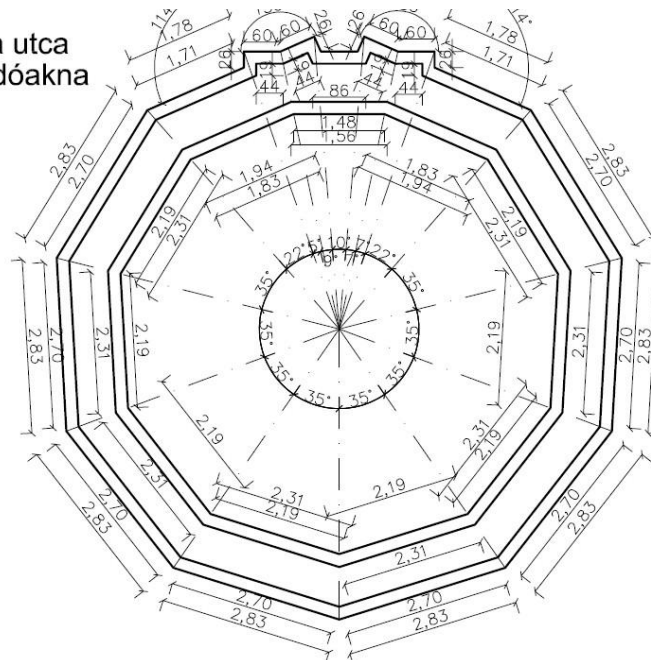
9 kg) M=1:25

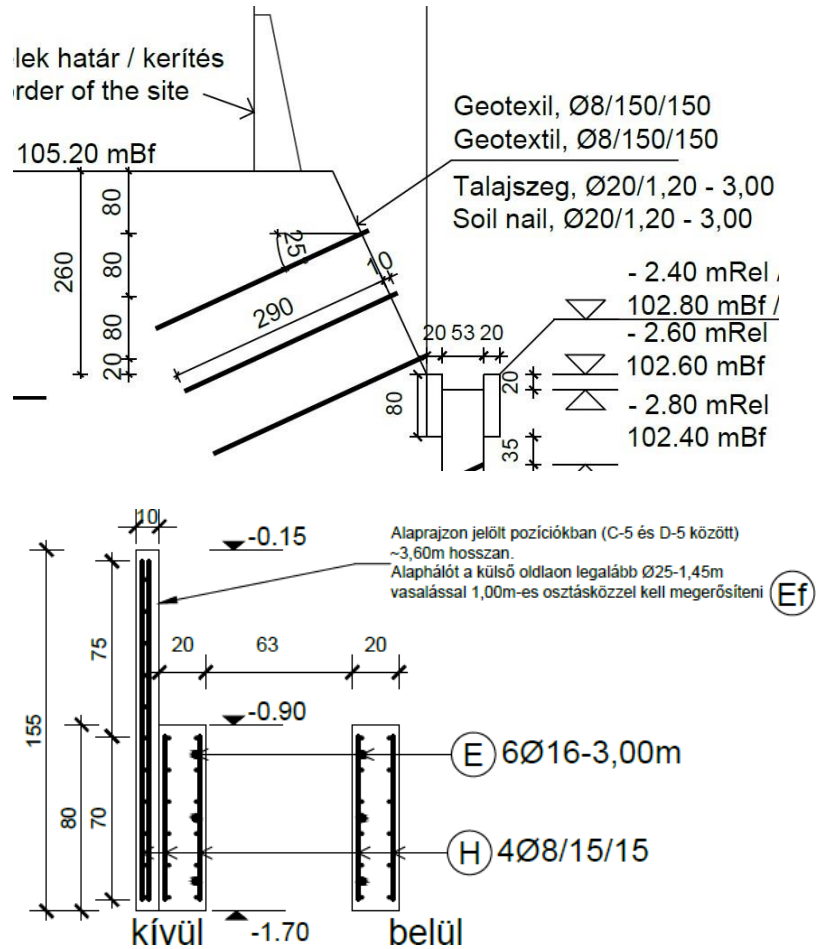


- Réselő kanál „megvezetése”
  - ▣ Elméleti vs. Névleges vastagság
  - ▣ Iránytörések – „körakna”
  - ▣ Szintugrások



Rózsa utca  
Fogadóakna





- Közművek és organizációs terület biztosítása

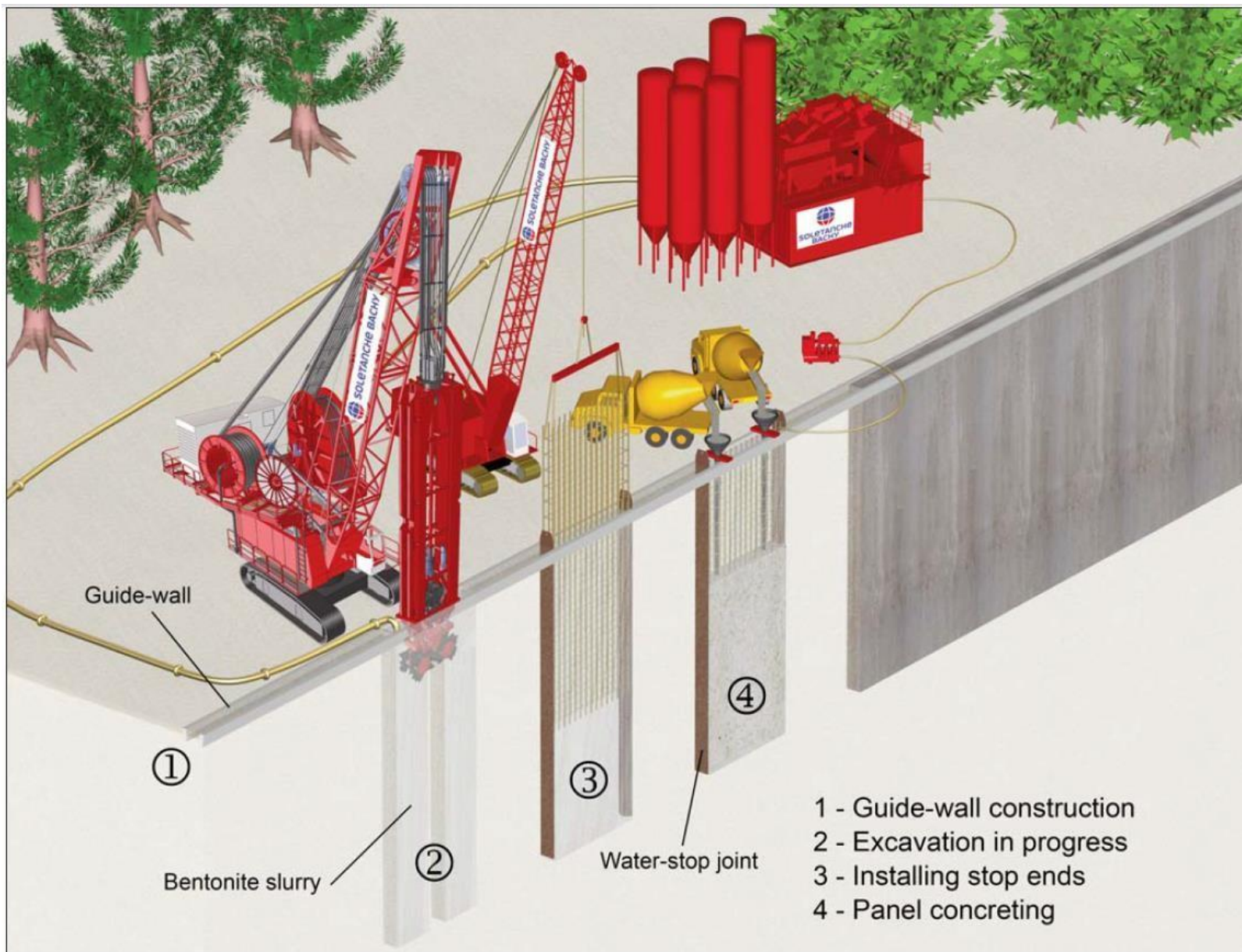
- Fejgerenda külső oldali zsaluzata



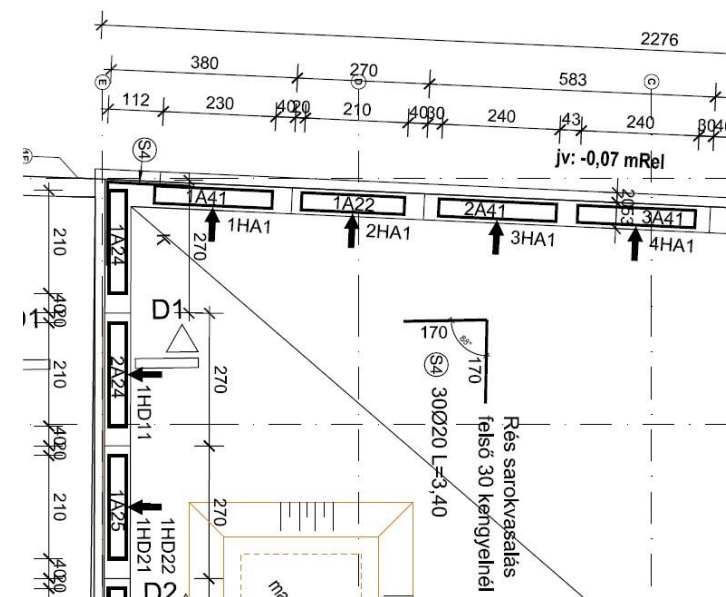
□ Acél „mobil” részvezető



□ Armatúra és szakaszoló palló rögzítése

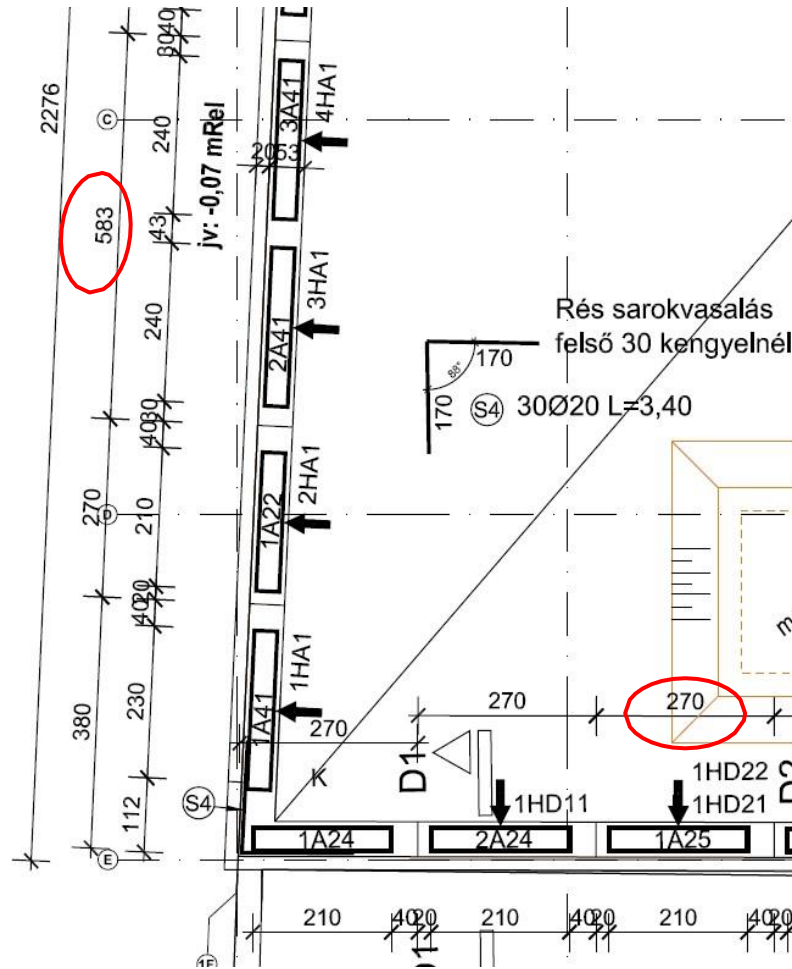


- Réstábla (réspanel) kiemelése
  - Réstábla = résfal önálló egységként betonozott szakasza
  - Egy vagy több „harapásos” táblák
  - Géppark specifikus méretek
  - Kezdő-haladó-záró panelek
  - Száraz kiemelés (ittthon) ritkán

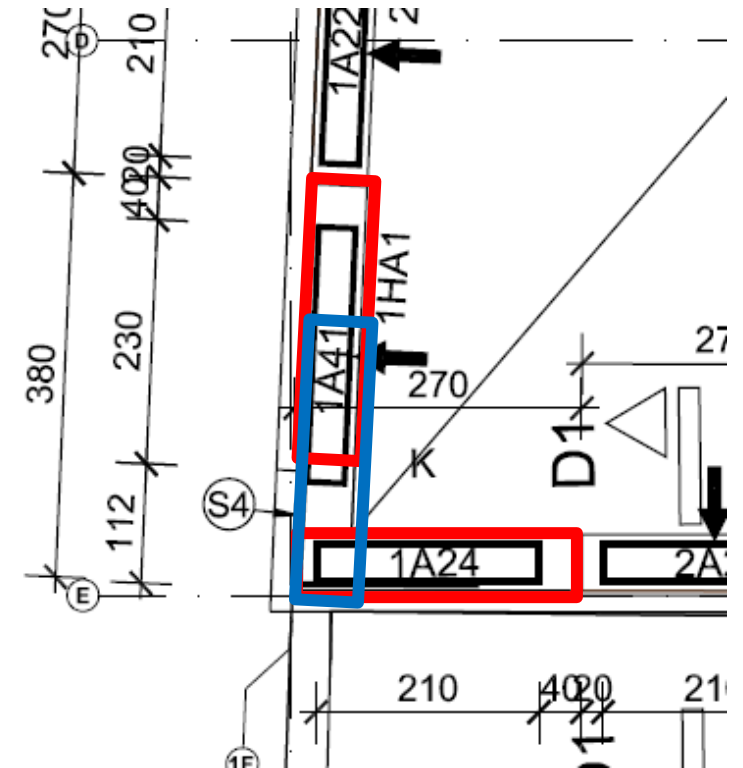




„Egy harapás” ~2,7-2,8m széles

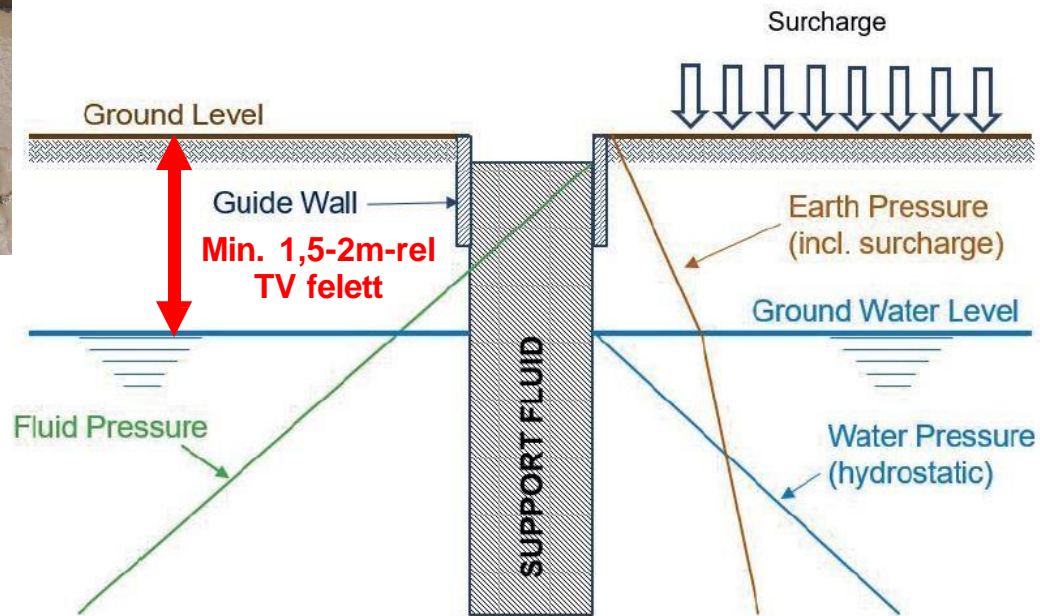
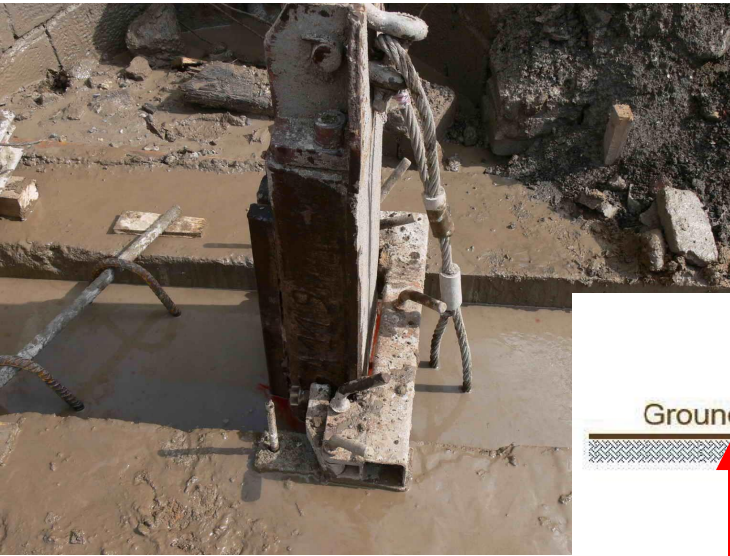


Épület mellett „egy harapásos táblák”  
Utcafronton „több harapásos” táblák



Sarok panel  
2 teljes+ 1 „fél” harapás





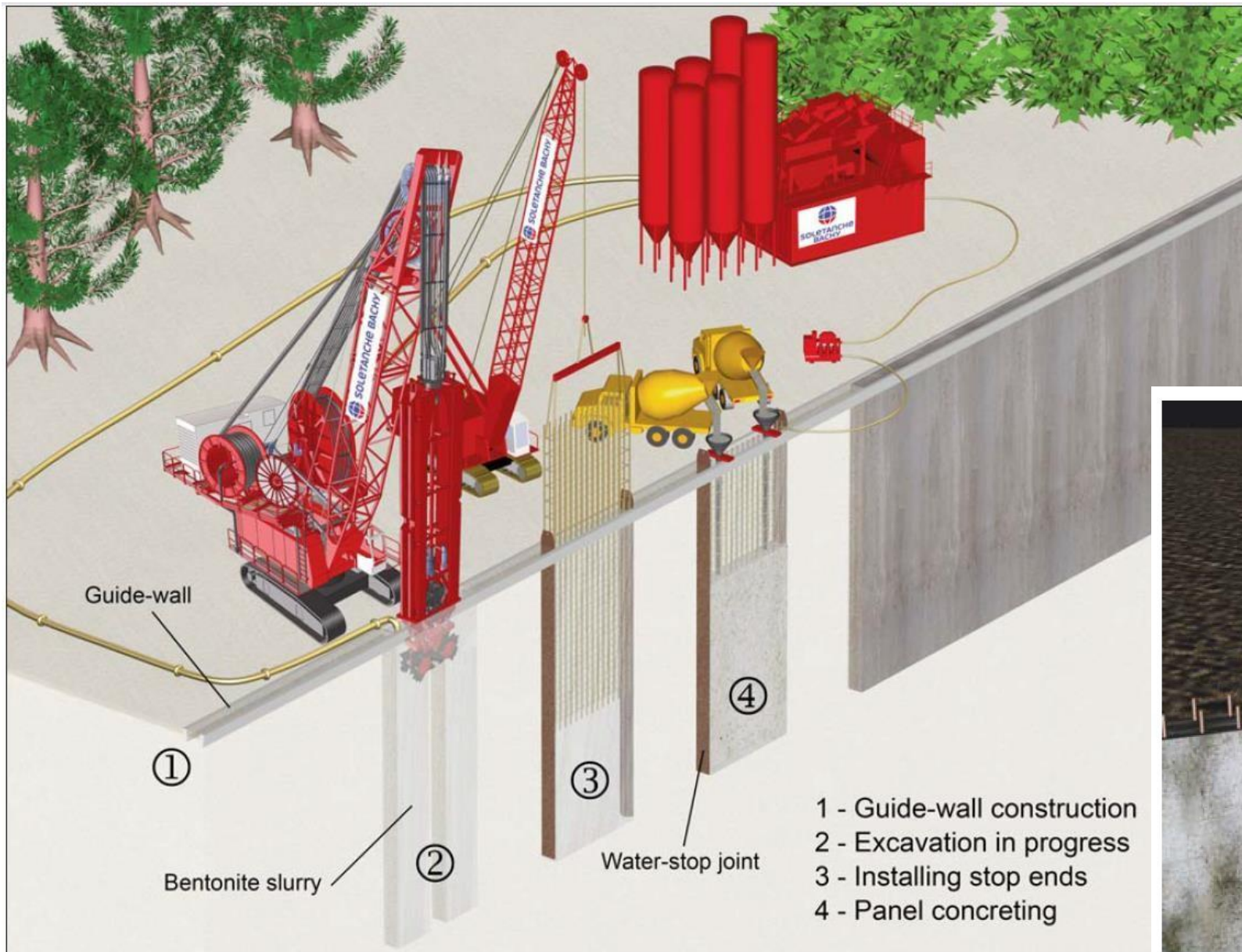
Bentonitzagy megtámasztás

## Útmutató a mélyalapozásban alkalmazott támasztófolyadékokhoz

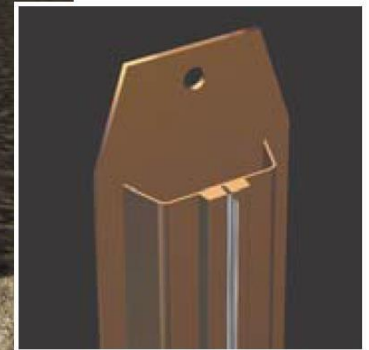
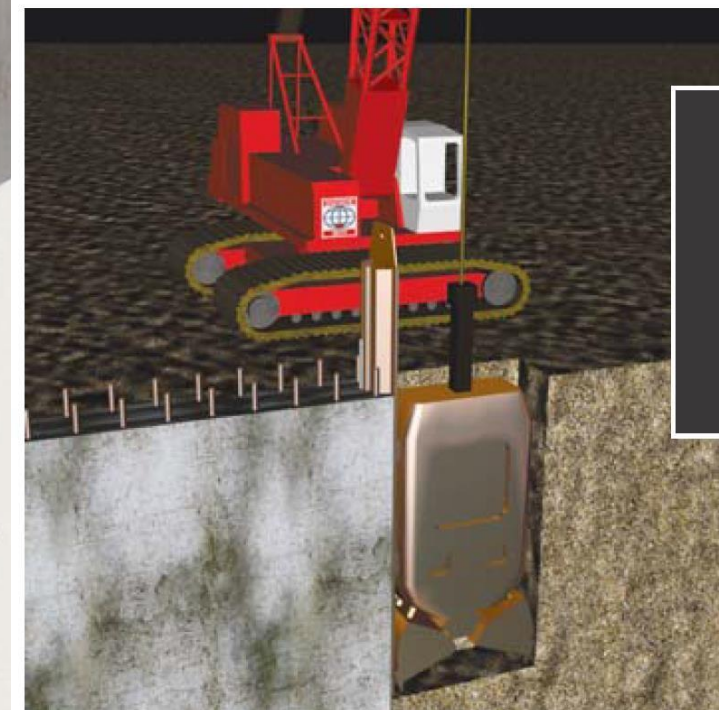
Az EFFC/DFI közös Támasztófolyadékok  
Munkacsoportjának kiadványa



ELSŐ  
KIADÁS  
2019

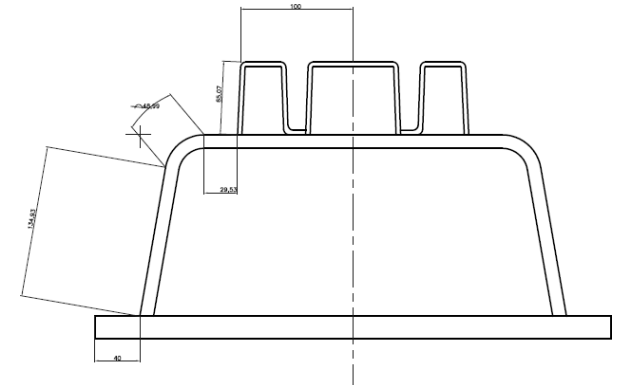


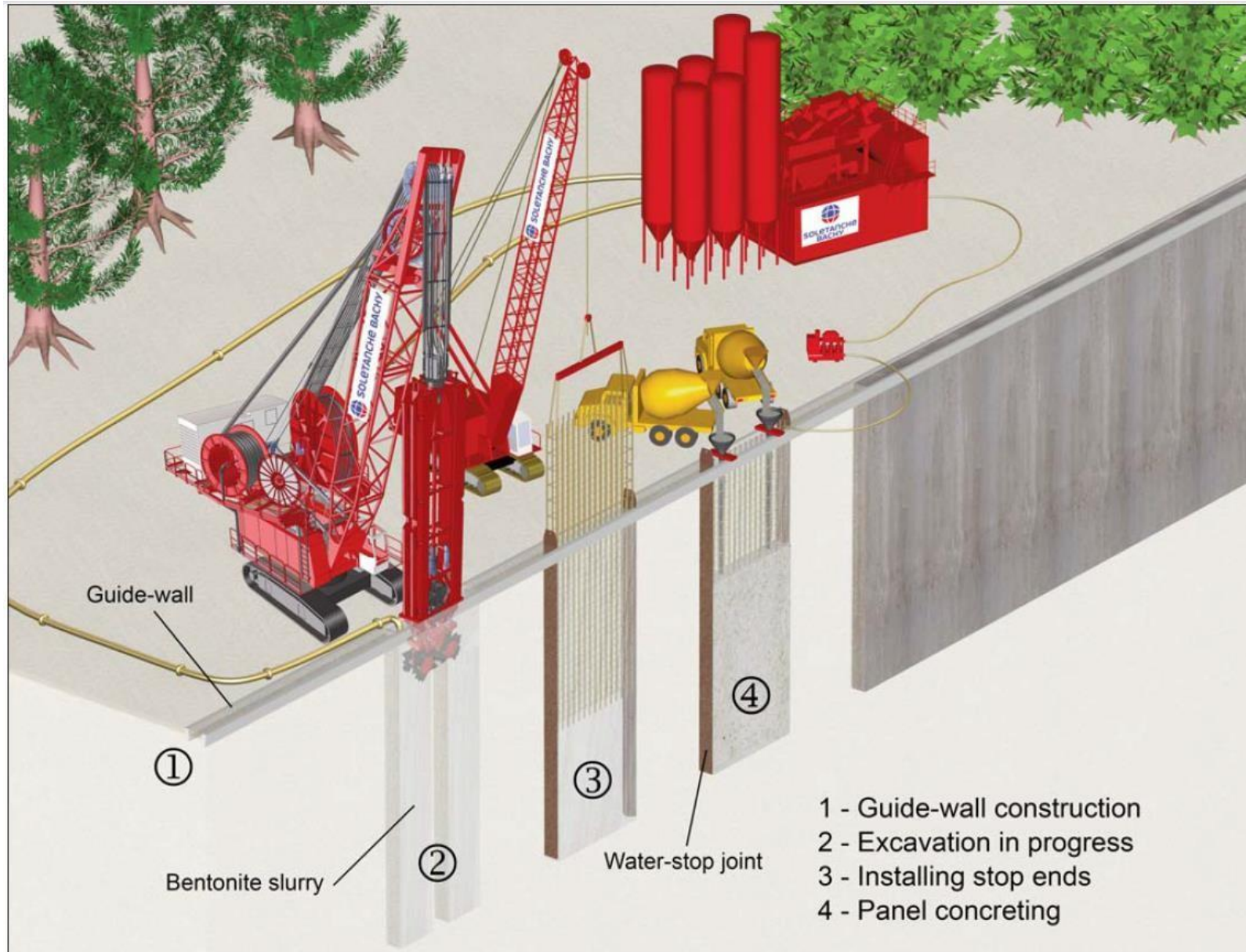
- Szakaszozó palló
  - Réstáblák szakaszhatára
  - Duzzadó szalag beépítése
  - Elkészült tábla mechanikai védelme következő kiemelés során
  - Réselőszerszám megvezetése



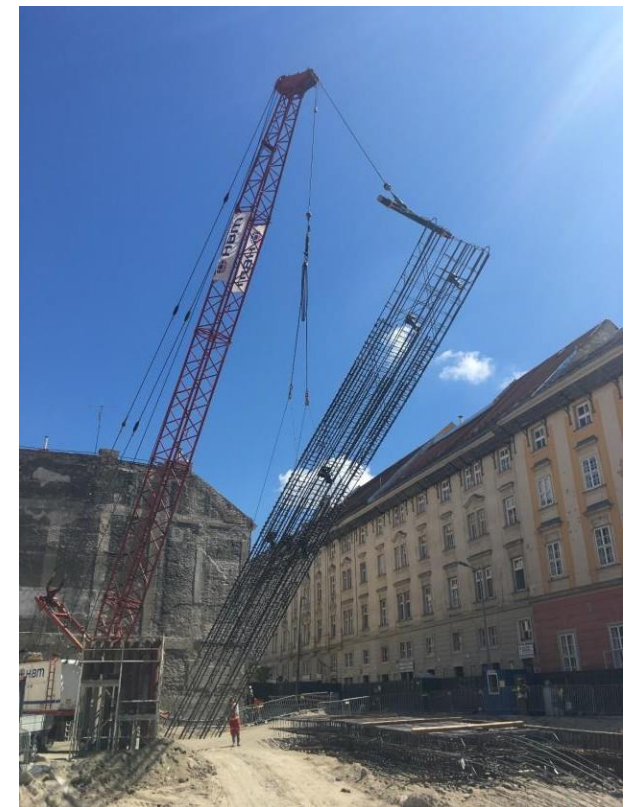
CWS formwork

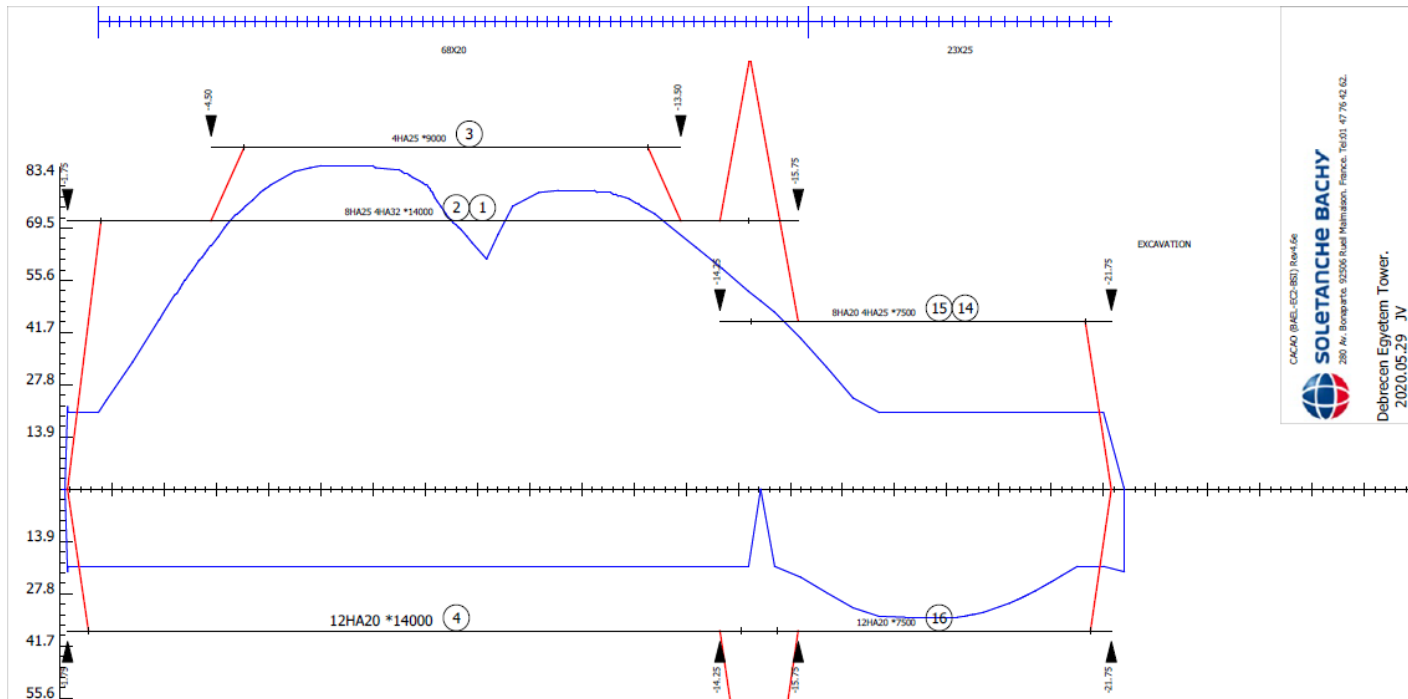
- Szakaszozó elem – „Bachy palló”
  - Acél gerenda - ~35-40cm vastag
  - Duzzadószalag belefűzve





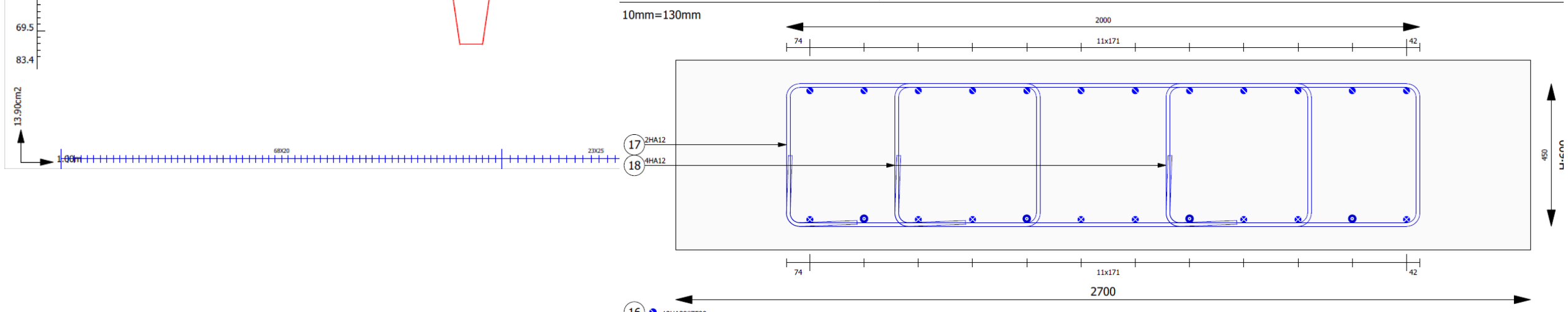
- Résarmatúra
  - Statikai méretezés
  - Segédszerkezetek beépítve
  - Emelő és rögzítő elemekkel
  - Emelési terv szerint

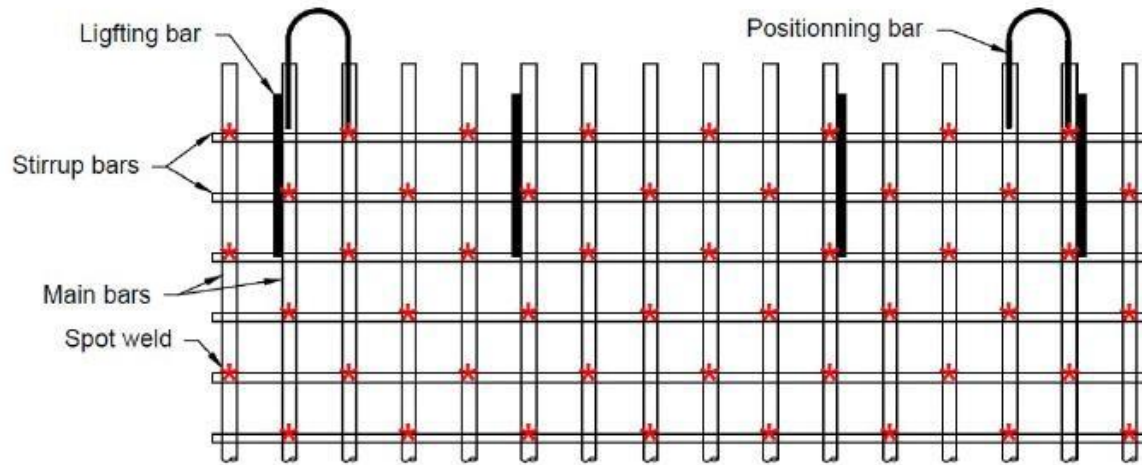




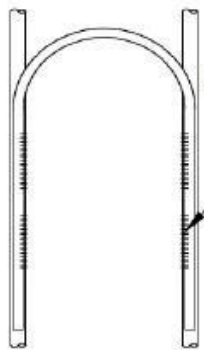
## □ Résarmatúra

- Hosszirányú betonacél („fővas”) - hajlítás
- Kengyel – nyírás és merevség biztosítás

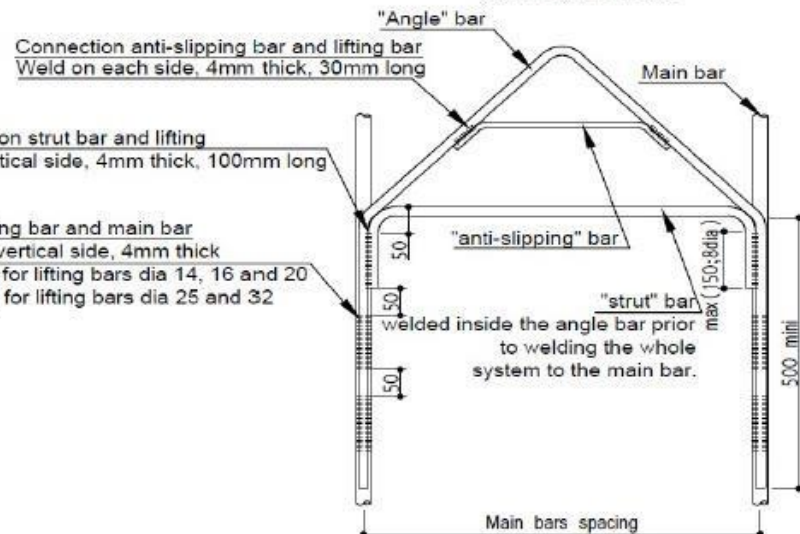


**Positioning bar**

Grade bar : Fe E235

**Lifting bar**

Grade bar : Fe E235

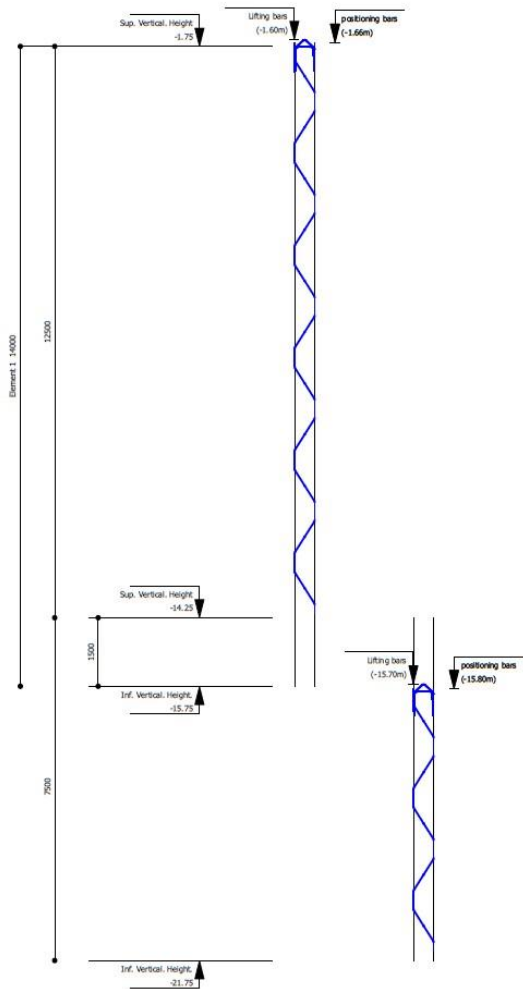
**Fabrication Detail**

Positioning bar

□ **Résarmatúra**

- Emelőfülek – lágyvas (S235)
- Emelőfül - szükség esetén több szinten
- „Kifogó” pozícionáló fülek

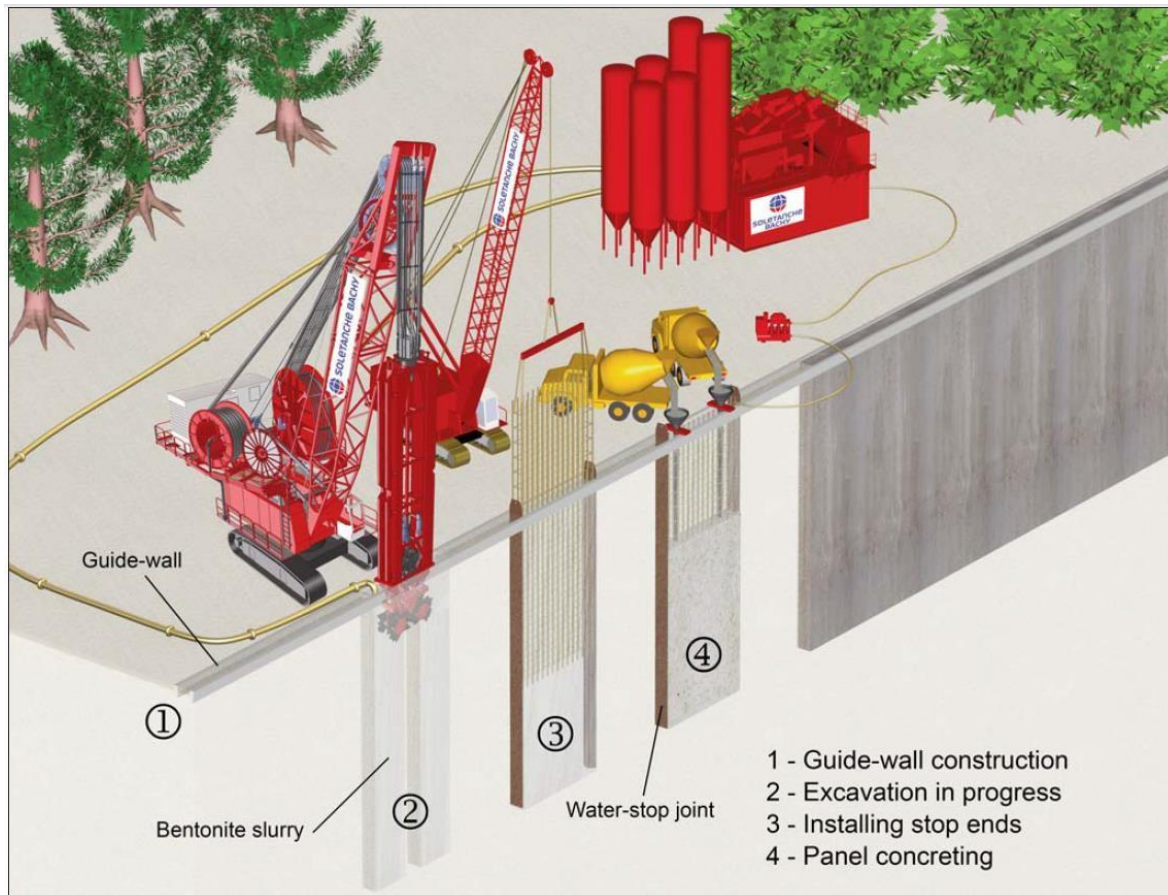




## □ Résarmatúra

- 12 vagy 14m felett toldott armatúra
- 18m felett jellemzően helyszíni toldás
- Helyszíni toldás:
  - helyszíni technológiai hegesztési varrat
  - Kötélbéka („U-bolt”)



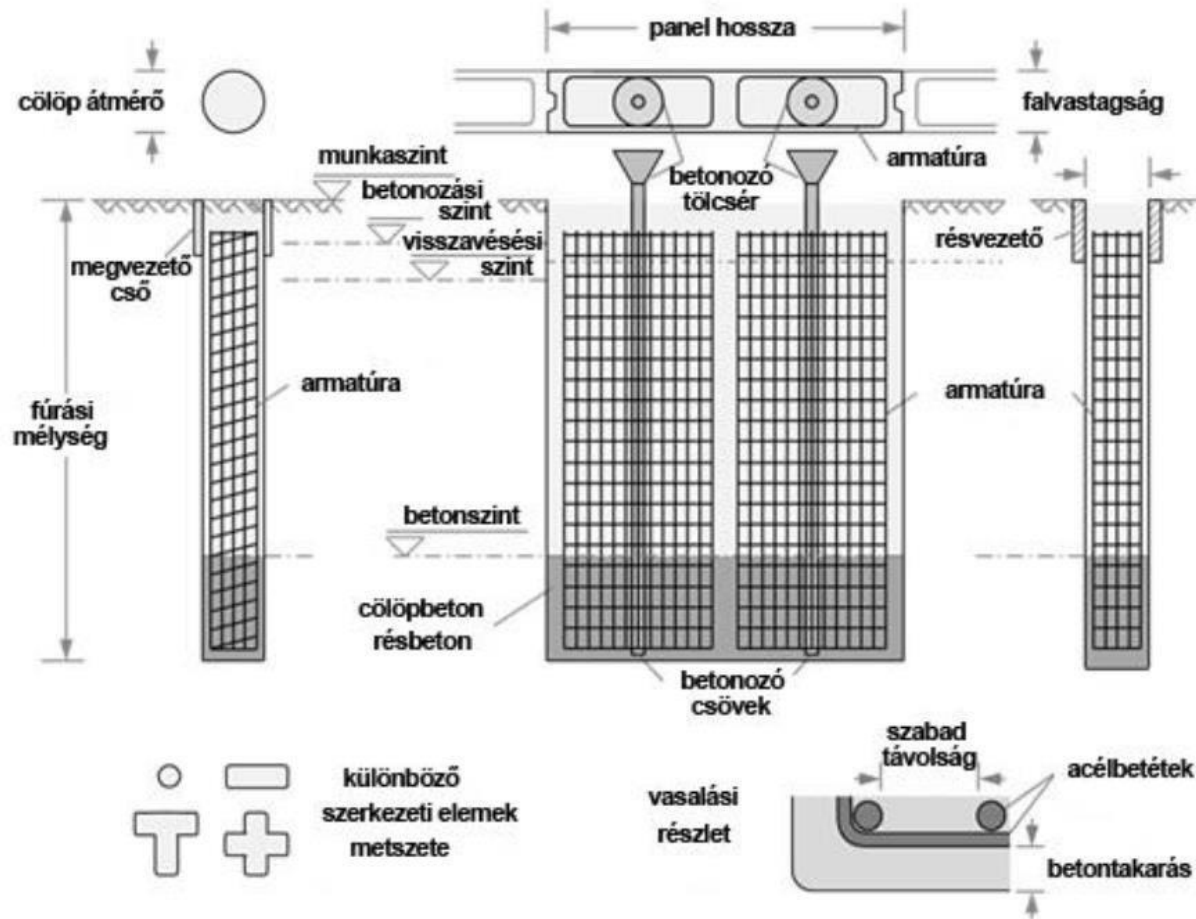


## □ Réstábla betonozása

- Víz alatti betonozási technológia
- MSZ EN 4798:2016 – receptúra, minősítés
- Jellemzően C30/37-XC2-XA1...3-XV2-24-F5
- XA1...3 talajvíz agresszivitás függvényében
- XV2 (2-10m) vagy XV3 (>10m) víznyomás magasság függvényében
- 1-2-3 betonozócső/panel – szélesség függvényében







- 1db betonozó (tremie) cső alaprajzilag 2,5-3,0m-ként
- betonozócső min. 3m betonszint alatt
- párhuzamos, egyenletes betonozás több cső és mixer esetén

### EFFC/DFI kivitelezési útmutató a mélyépítésben használatos betonozáshoz

(fordítás angolból)

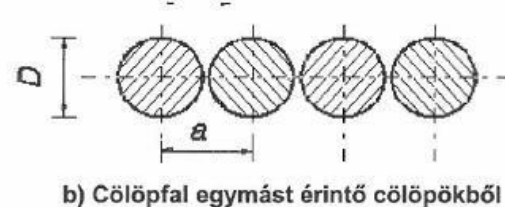
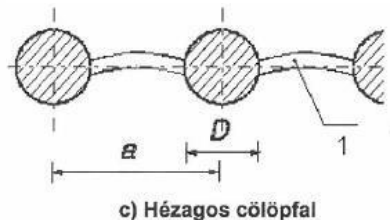
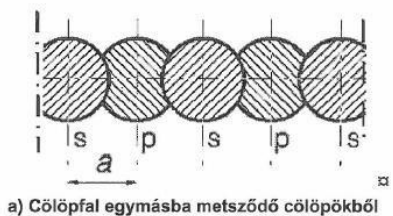




- Munkatérhatároló falak
  - Résfalak
  - **Cölöpfalak**
  - Egyéb falszerkezetek:
    - Szádfal
    - Berlini dúcolat
    - Jet-grouting fal
    - Erősített, önszilárduló zagyfal
    - Erősített, mélykeveréssel előállított fal



- MSZ EN 1536 (2012. július) - Speciális geotechnikai munkák kivitelezése. Fúrt cölöpök.
- A cölöpfalak olyan falszerkezetek, melyek hazai viszonyok között jellemzően
  - 40-60-80-100cm átm. CFA technológiával készülő cölöpökből
  - hézagoss/érintő/összemetsző kialakításban
  - gyakran jet-grouting cölöpökkel kombinálva
  - tartós / ideiglenes szerkezetként
  - munkatérhatároló és egyidejűleg jellemzően alapozó funkcióval épülnek.



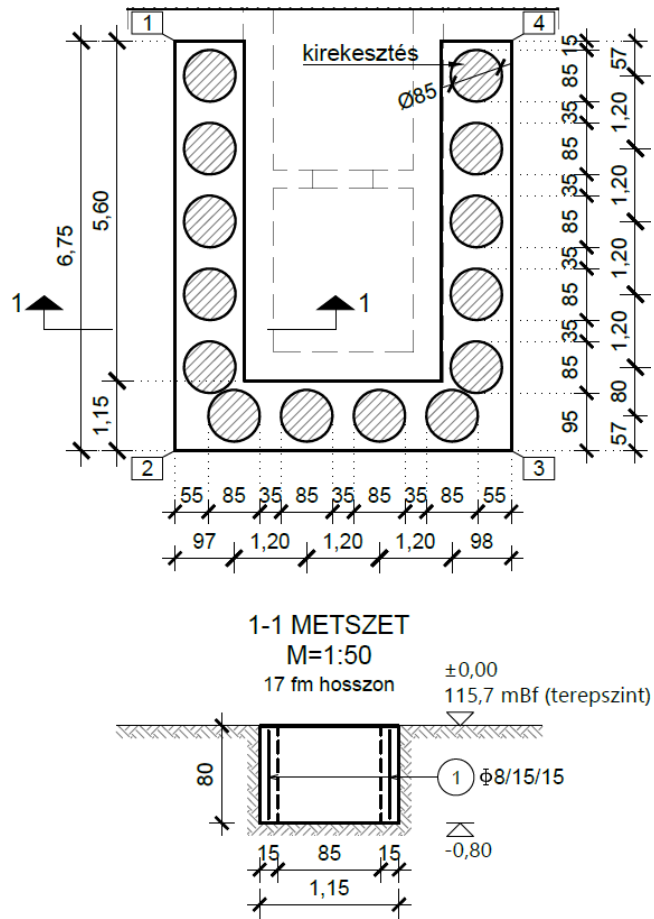
Megj.: ritkábban béléscsöves / zagyos furatmegtámasztással, előregyártott-vert technológiával vagy fúrt mikrocölöpökkel is megvalósítható.

- Cölöpfalak leggyakoribb alkalmazási példái:

Szezonális rétegvizekkel érintett területek/talajvíz feletti földkiemelések partfalvédelme, így pl.

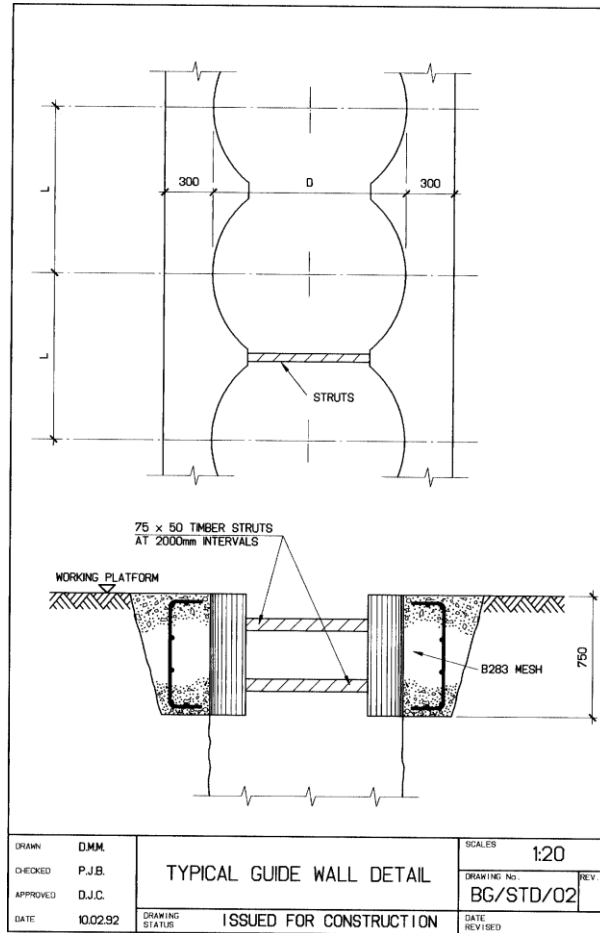
- Útépítési projektek bevágásainak végleges megtámasztása
- Városi mélyépítési munkateretek határoló fala (pl. mélygarázsok, aluljárók)



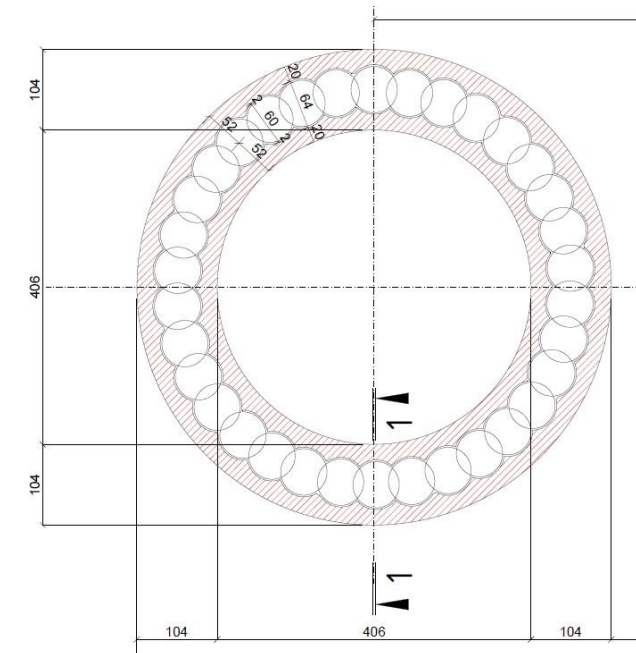


- Cölöpvezető gerenda
  - ideiglenes vb. gerenda/ acél elem
  - fúrasi pozíció biztosítása
  - fúrósár vezetése
  - közművek/érintkező épületek védelme





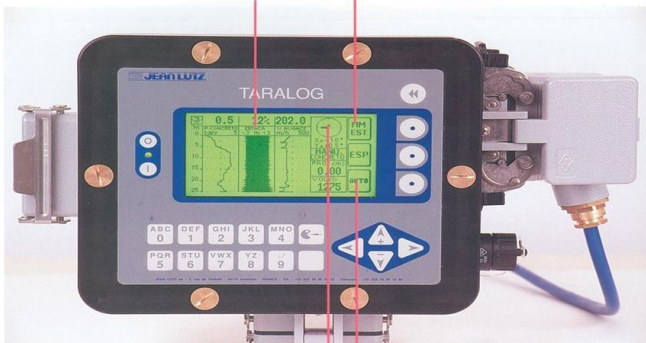
- Cölöpvezető gerenda
  - ideiglenes vb. gerenda/ acél elem
  - fúrasi pozíció biztosítása
  - fúrószár vezetése
  - közművek/érintkező épületek védelme





cölöp alakja valós időben

ikonos kijelzés

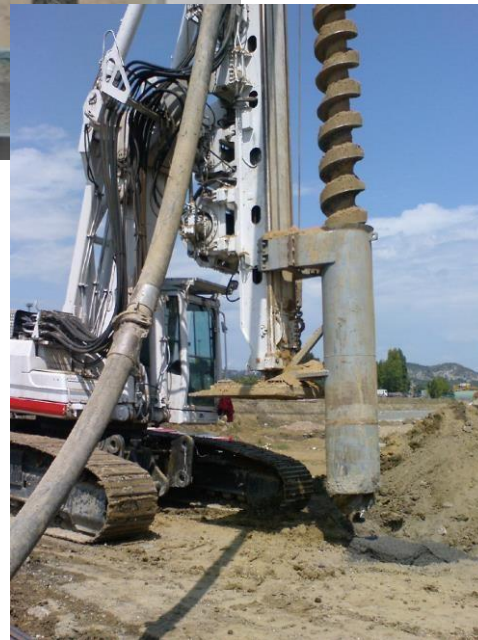


árboc függőlegessége

automatikus spirál felhúzás

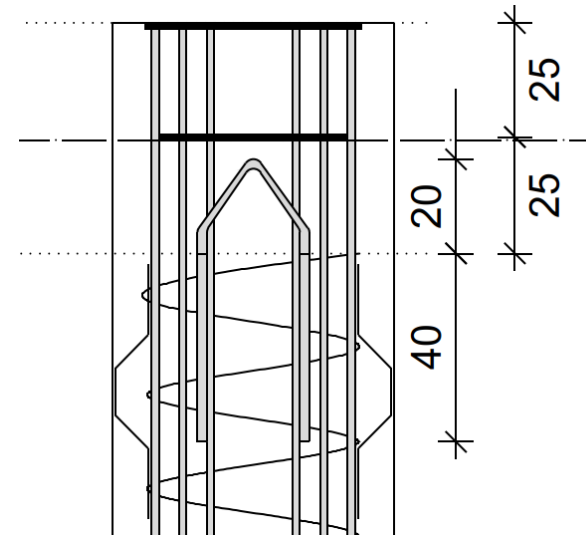
## Cölöpfúrás

- ❑ CFA technológia max.  $L=20-24\text{m}$   $D=0,4-1,2\text{m}$
- ❑ függőlegesség ( $\Delta < 1\%$ ) ellenőrzése fedélzeti monitorral
- ❑ megfelelő fúrési technológia (forgatás-előrehaladás arányok)
- ❑ betonozás üreges rudazaton F5 betonnal





- Armatúra elhelyezés
  - 18m-ig helyszíni toldás nélkül
  - merevítő és emelő betonacélok
  - lehajtás szükség esetén vibrátorral





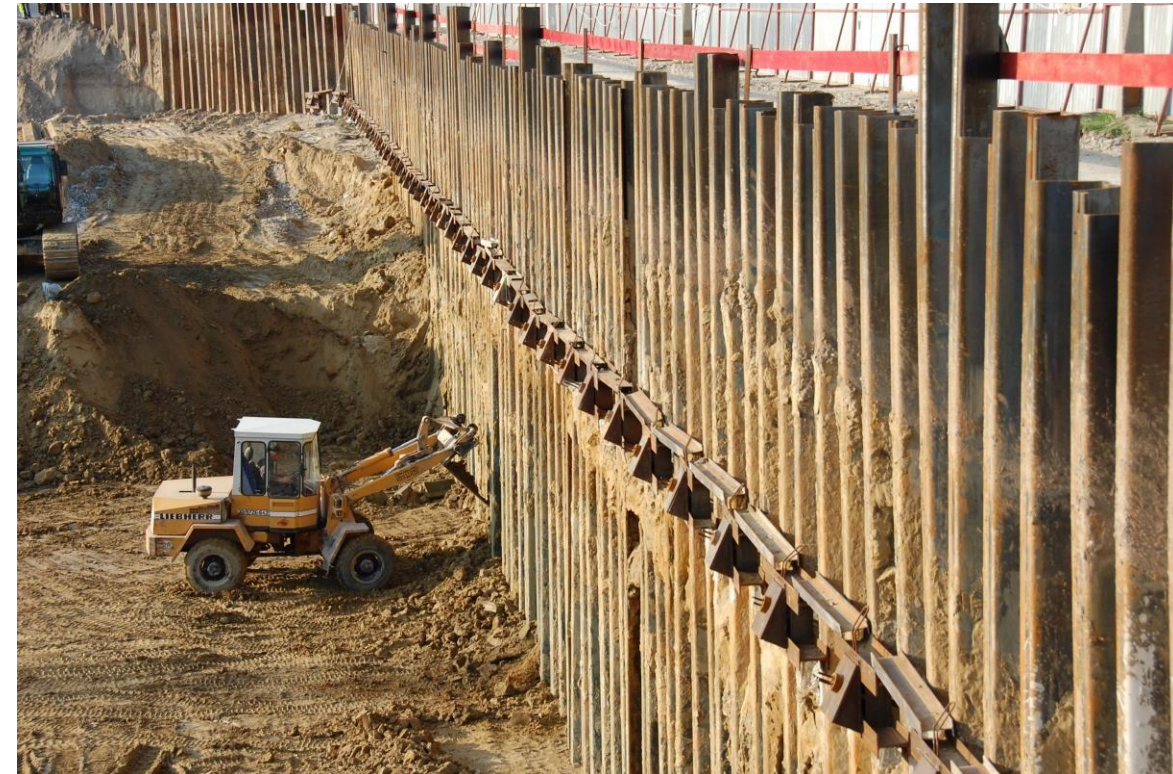
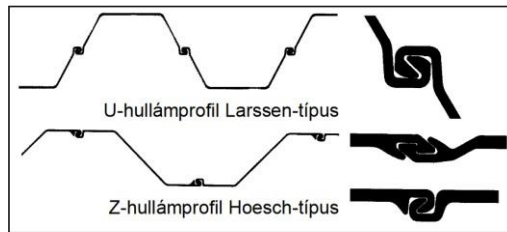
- Cölöpköz kialakítása
  - 20-60cm (<math><D></math>) talajtípus függvényében
  - Cölöp függőlegestől való eltérés számításba vétele
  - Kipergés elleni felületvédelem még kőzetben is
  - Felületszivargó és betonacélhálóval erősített löttbeton
  - Esetleg íves, boltívszerű kialakítás/ talajszegecs erősítés



- Munkatérhatároló falak
  - Résfalak
  - Cölöpfalak
  - **Egyéb falszerkezetek:**
    - **Száfal**
    - Berliini dúcolat
    - Jet-grouting fal
    - Erősített önszilárduló zagyfal
    - Erősített talajkevert fal



- MSZ EN 12063 (2002. szeptember) - Speciális geotechnikai munkák kivitelezése. Szádfalak.
- A szádfalak olyan falszerkezetek, melyek jellemzően
  - egymáshoz vízzáróan (hornyosan) kapcsolt acél elemek
  - veréssel, vibrálással vagy sajtolással juttatnak a terepszint alá
  - tartós / ideiglenes szerkezetként
  - munkatérhatároló funkcióval épülnek.



Combi wall



Combined sections



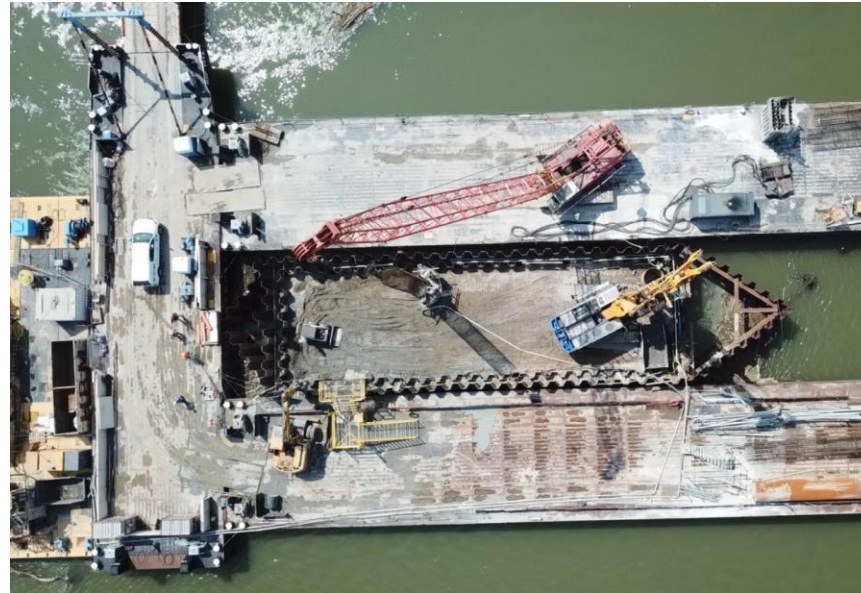
AZ-type sheet piles



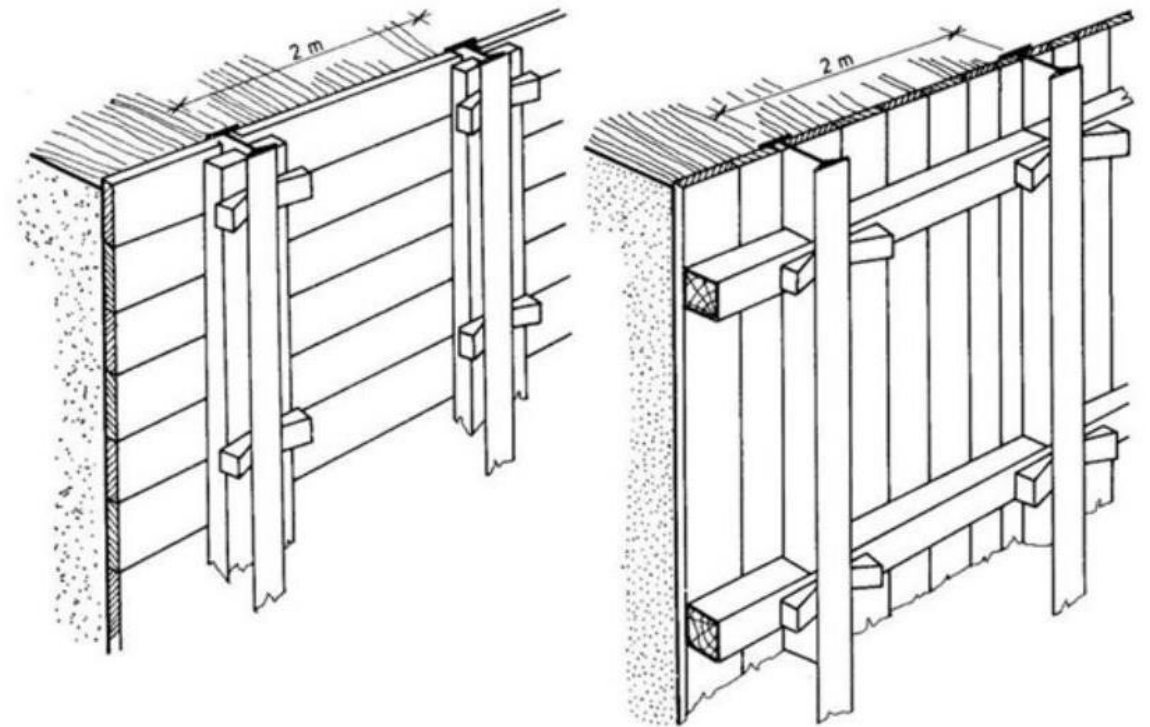
PU-type sheet piles



- Szádfalak leggyakoribb alkalmazási példái:
  - Élővízzel érintkező munkatérhatároló falak
  - Közműépítési feladatok ideiglenes munkatérhatároló fala
  - Meglévő utak szélesítéséhez/rézsűjének elbontásához szükséges falak
  - Szűk hely-nagyon gyors építési idő esetén
  - Ahol zaj és rezgésterhelésük megengedhető

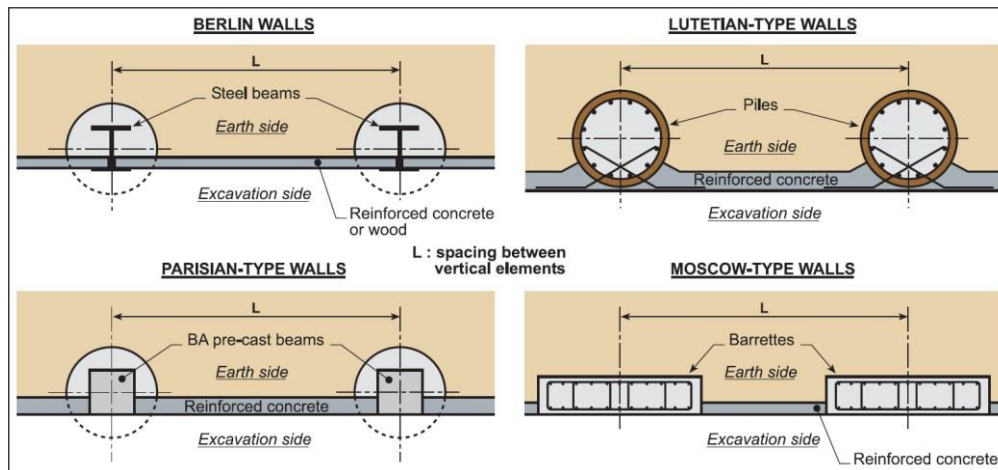


- Munkatérhatároló falak
  - Résfalak
  - Cölöpfalak
  - **Egyéb falszerkezetek:**
    - Szádfal
    - **Berlini dúcolat**
    - Jet-grouting
    - Erősített önszilárduló zagyfal
    - Erősített mélykeveréssel előállított fal

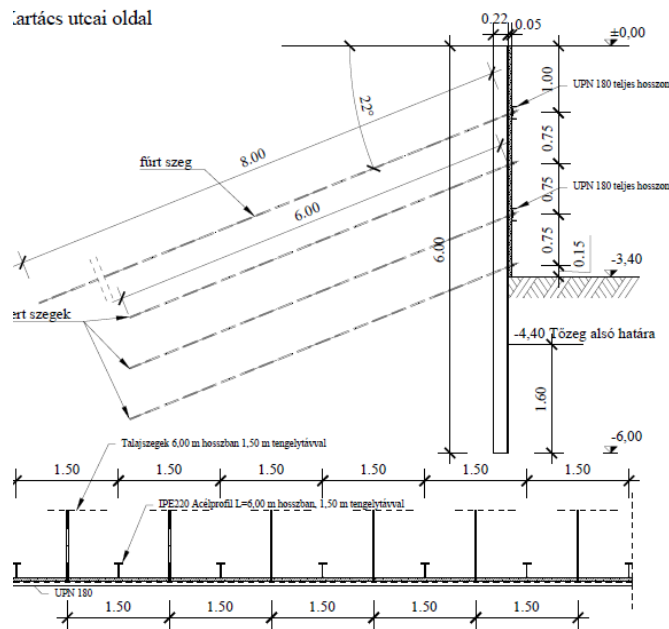


- Nincs dedikált szabvány.
- A berlini dúcolatok olyan falszerkezetek, melyek jellemzően
  - ▣ Hézagosan a talajba juttatott acélszelvényekből
  - ▣ A hézagokban levő talaj megtámasztását biztosító fa vagy beton pallókból, esetleg löttbetonból
  - ▣ ideiglenes szerkezetként
  - ▣ munkatérhatároló funkcióval épülnek.

Azonos alapelvű hézagos falak:



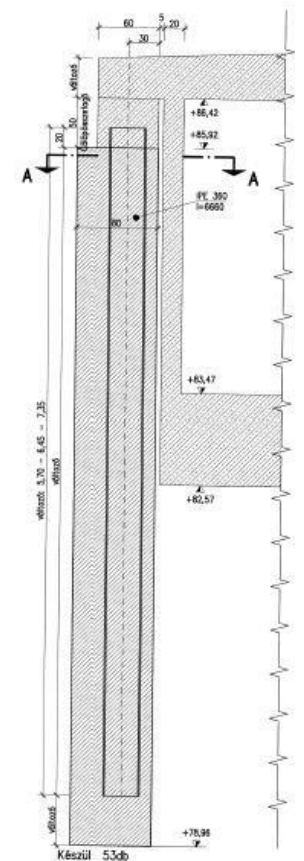
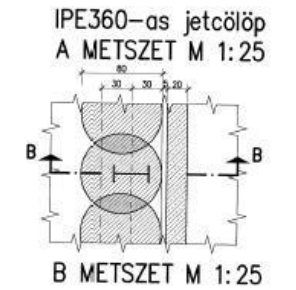
- Berlini dúcolat leggyakoribb alkalmazási példái:
  - Rövid ideig megtámasztás nélkül is állékony, talajvíz feletti ideiglenes munkatérhatárolások szerkezete
  - Mély munkatérhatárolások munkasíkjának kialakításához szükséges munkatér





## □ Munkatérhatároló falak

- Résfalak
- Cölöpfalak
- **Egyéb falszerkezetek:**
  - Szádfal
  - Berlini dúcolat
  - **Jet-grouting fal**
  - Erősített, önszilárduló zagyfal
  - Erősített, mélykeveréssel előállított fal



- MSZ EN 12716 (2019. május) - Speciális geotechnikai munkák kivitelezése. Jethabarcosítás.
- A jet-grouting falak olyan falszerkezetek, melyek hazai viszonyok között jellemzően
  - szimpla/dupla jethabarcosítási technológiával készülő cölöpelemekből
  - szerkezeti acél (kis méretű I/H vagy csőszelvény) erősítéssel
  - hézagos/érintő/összemetsző kialakításban
  - gyakran vb. cölöpökkel kombinálva
  - jellemzően ideiglenes, ritkábban végleges szerkezetként
  - munkatérhatároló, ritkábban egyidejűleg alapozó funkcióval épülnek.

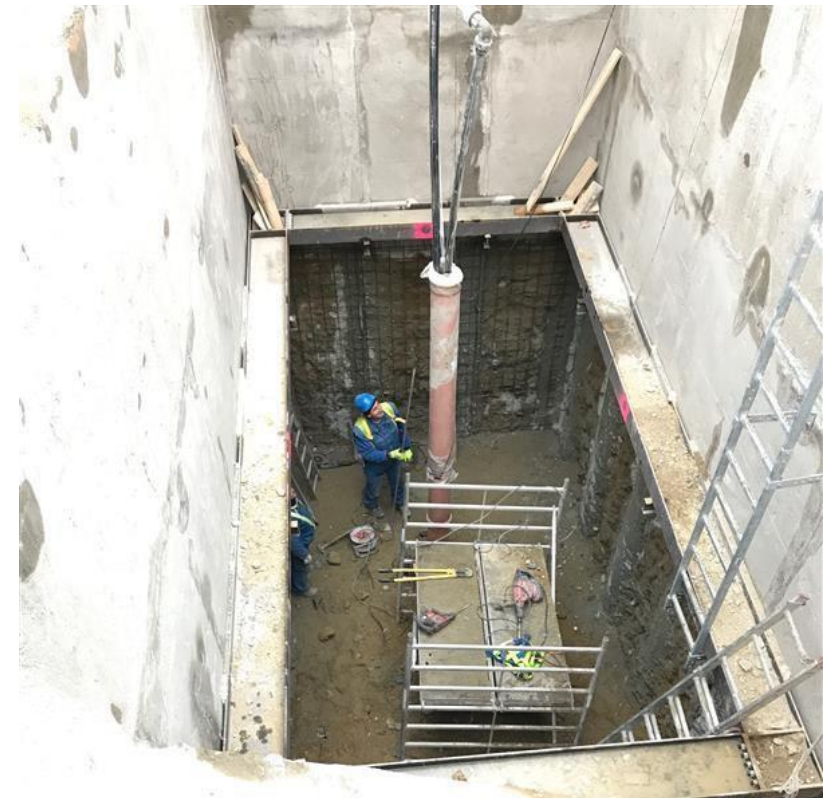


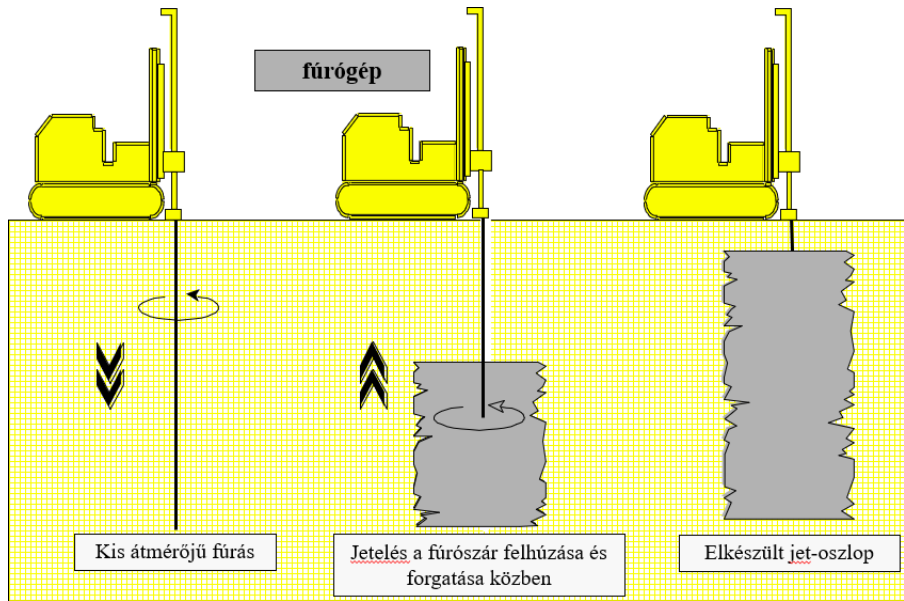
Megj.: acél erősítés nélkül, súlytámfalszerű kialakítással is készülnek, melyeket nem sorolunk a befogott támszerkezetek közé.

□ Jet-grouting fal leggyakoribb alkalmazási példái:

Talajvíz feletti / kis mértékben talajvíz alatti földkiemelések partfalvédelme, ahol organizációs/építészeti okokból cölöpfal/résfal alkalmazására nincs lehetőség.

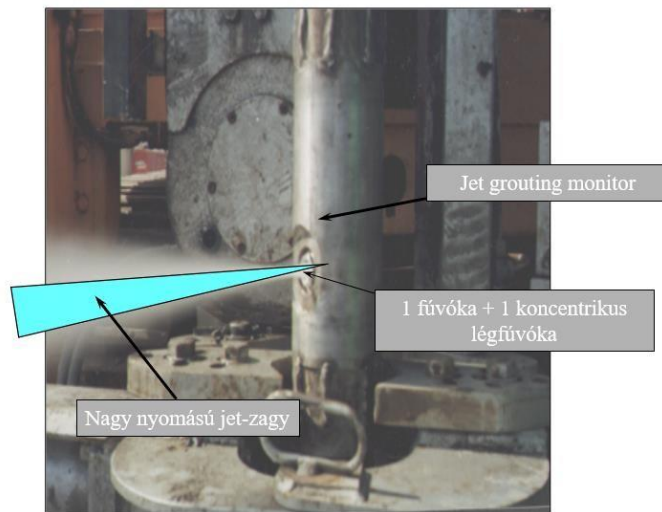
- Városi mélyépítési munkateretek határolása (pl. 1-2 szintes mélygarázsok)
- Utólagos hozzáépítések munkatérhatárolása



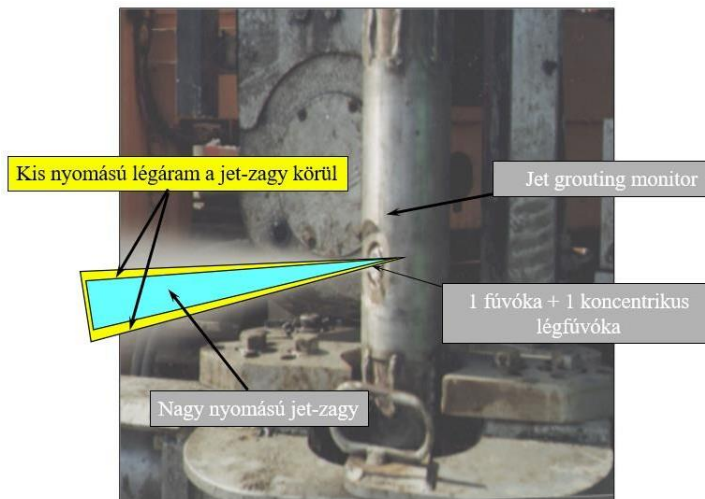


- Jethabarcosítás lépése
  - ~10-15cm átm. fúrófejjel
  - vízöblítéses fúrás
  - fúrószer toldása 0,75-3,0m hosszúságú fúrószerakkal
  - 300-400bar nyomású injektálás fúrószer felhúzása és forgatása közben
  - Injektálási nyomás csökkentése felszín alatt ~1m-rel (felszakadás ellen)

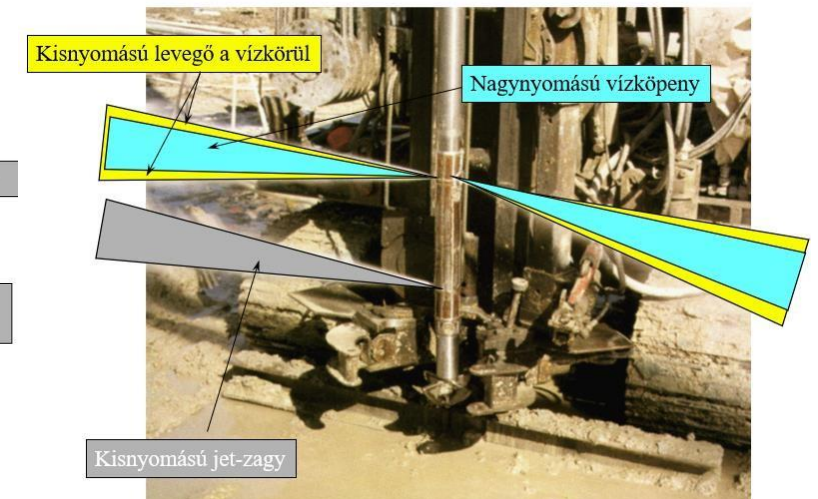
Szimpla JET



Dupla JET

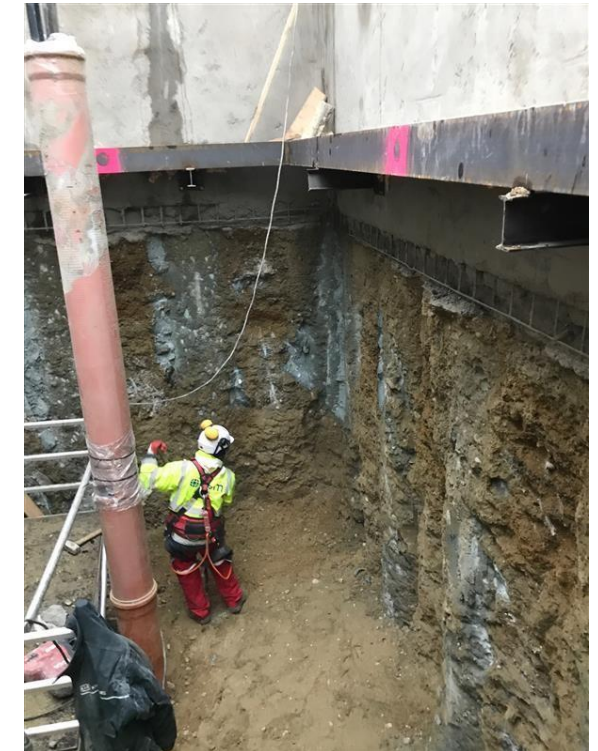


Tripla JET



- Jet-grouting kivitelezési paramétereit:
  - folyadék nyomása a fúrószárban
  - folyadék áramlási sebessége a fúrószárban
  - belövellt anyag összetétele
  - fúrószár forgási sebessége
  - fúrószár visszahúzásának és vagy lehajtásának sebessége
  - talajkörnyezet jellemzői

- ⑦ átmérő
- ⑦ szilárdság
- ⑦ áteresztőképesség
- ⑦ Tervezés tapasztalatok alapján
- ⑦ Ellenőrzés próbajet készítésével

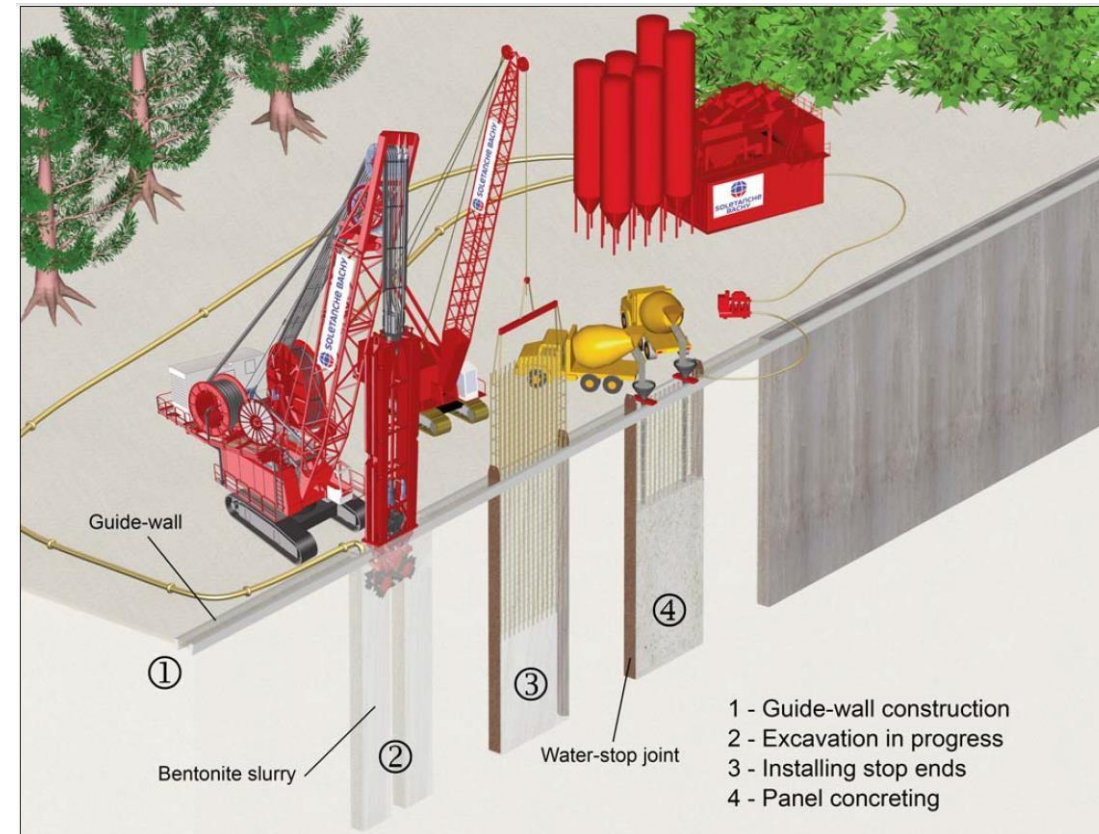


**Jethabarcosítás** tervezése során különösen figyelni kell a következő geotechnikai adottságokra:

- Kemény/merov kohéziós rétegek ⑦ **JG hatékonysága csökken (kisebb átmérő)**
- nagy szervesanyag tartalom ⑦ **cementkötés bizonytalan, alacsony szilárdság**
- térfogatváltozó talajok
- érzékeny vagy nagyon érzékeny szerkezetű agyagok
- cementálódott rétegek vagy lencsék ⑦ **nehezen fúrható, hatékonyság alacsony**
- talajvízszint helyzete
- áramlási viszonyok ⑦ **cementhabarcs kimosódása lehetséges kötés előtt**
- agresszív talaj vagy víz ⑦ **cementkötés bizonytalan, korrózióveszély**
- szemcsés rétegek tömörsége
- kövek és görgetegek ⑦ **JG sugarat leárnyékolja, diszkontinuitás alakulhat ki**
- üregek vagy nagy áteresztőképesség ⑦ **cementhabarcs elszivárog, nyomás „elvész”**
- vegyi hulladékok

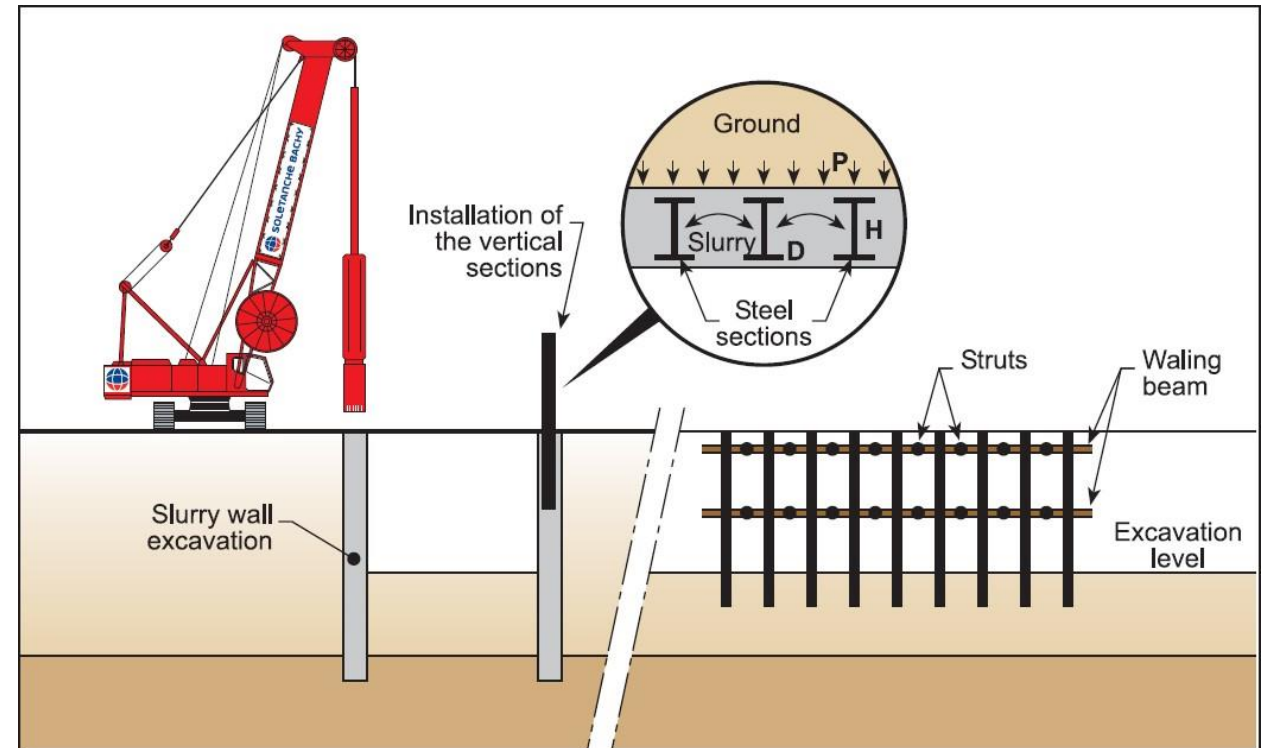
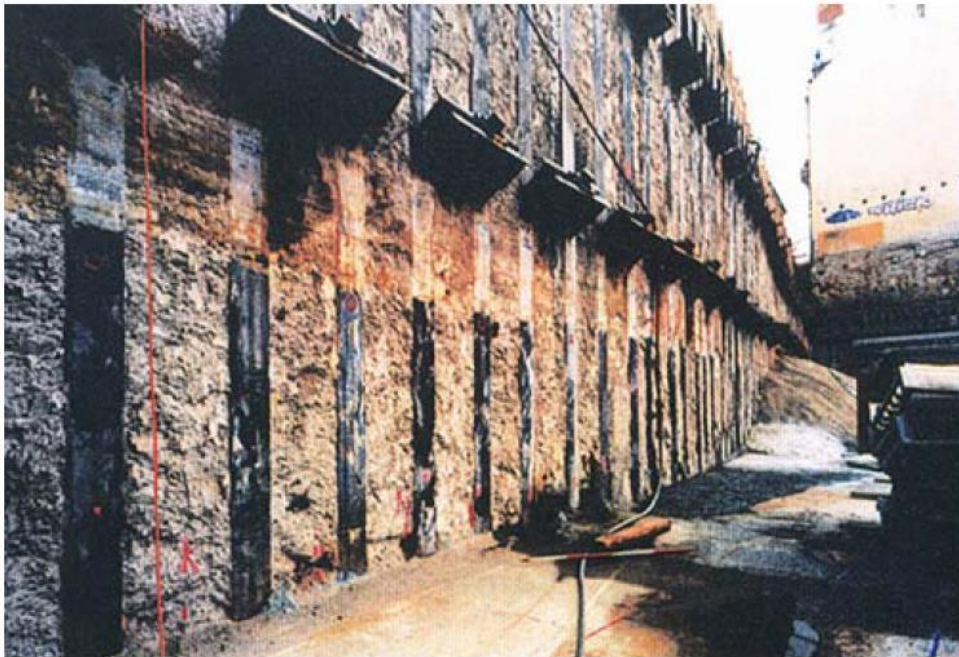
- Munkatérhatároló falak
  - Résfalak
  - Cölöpfalak
  - **Egyéb falszerkezetek:**
    - Szádfal
    - Berlini dúcolat
    - Jet-grouting fal
    - **Erősített, önszilárduló zagyfal**
    - Erősített, mélykeveréssel előállított fal

- MSZ EN 1538 (2012. március) - Speciális geotechnikai munkák kivitelezése. Részfalak
- A részfalak erősített önszilárduló zaggyfalak olyan falszerkezetek, melyek
  - a talaj eltávolításával
  - ~~zaggyal megtámasztott / szárazon kiemelt részbe~~
  - ~~betont / résiszapot visszatöltve~~
  - önszilárduló zaggyal kiemelt részbe
  - min. 40cm vastagsággal
  - Jellemzően acél I/H gerendák beépítésével
  - ~~tartós / ideiglenes szerkezetként~~
  - munkatárthatároló és ~~egyidejűleg jellemzően alapozó~~ vagy megszakító funkcióval épülnek.

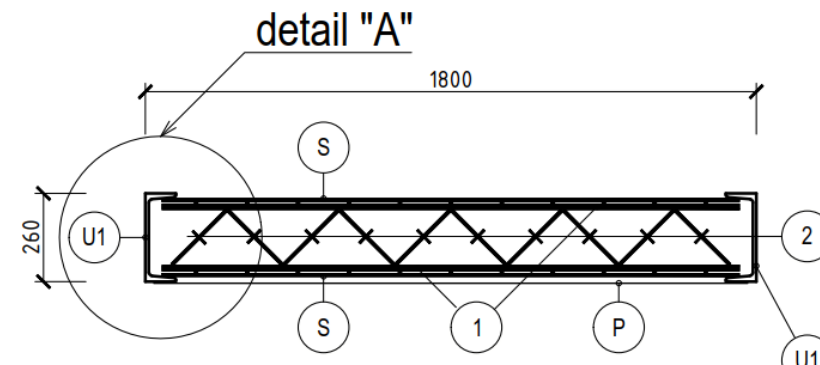




- Erősített önszilárduló zagyfalak alkalmazása gazdaságos lehet
  - magas talajvízzel érintett területeken
  - általában 7-8m mélységű munkaterek
  - ideiglenes munkatárthatároló falaként amennyiben
    - a kvázi vízzáró réteg lényegesen mélyebb van, mint a fal statikailag szükséges talpsíkja
    - a fal bontása szükséges



- Önszilárduló zagy -  $UCS \sim 0,5-3 \text{ MPa}$   $k = 10^{-7} \dots 10^{-10} \text{ m/s}$ 
  - ▣ Bentonit zagy +  $\sim 250-400 \text{ kg/m}^3$  cement
  - ▣ Speciális „premix” agyagok
- Erősítés:
  - ▣ Acél I/H szelvények nyomatéki igénybevételek felvételére
  - ▣ Esetleg I/H acélszelvények közötti segédelemek



Friss panel



~1 hetes panel



Acél armatúra

- Utántöltés szükséges 2-3napig – nagy elszivárgó mennyiség
- Szomszédos panel építése – jellemzően ~1hetes kor körül
  - Kellően későn – állékony legyen a kész panel
  - Kellően korán – szakaszhatár „összekötése” biztosított legyen
- Földkiemelés fal előtt ~2 hetes kortól – acél felületvédelem
- Horgonyzás – acél erősítő gerendák közé, TV felett, acél mellgerenda alkalmazásával



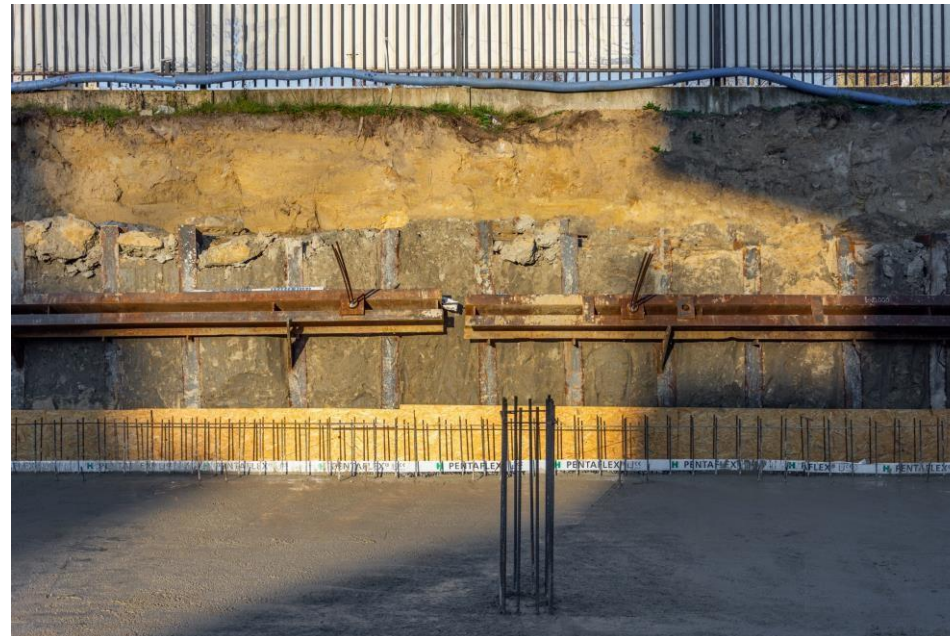
- Munkatérhatároló falak
  - Résfalak
  - Cölöpfalak
  - **Egyéb falszerkezetek:**
    - Szádfal
    - Berlini dúcolat
    - Jet-grouting fal
    - Erősített, önszilárduló zagyfal
    - **Erősített, mélykeveréssel előállított fal**

- MSZ EN 14679 (2007. december) - Speciális geotechnikai munkák kivitelezése. Mélykeverés.
- Az erősített, mélykeveréssel előállított falszerkezetek a nemzetközi piacon befogott támszerkezetként egyre gyakrabban alkalmazott megoldások, melyek
  - nedves mélykeverési eljárással
  - falszerű/árok szerű (trenchmix) vagy oszlopszerű (colmix) keveréssel
  - friss keverékbe acél I/H szelvényt lejtuttatva
  - ideiglenes szerkezetként
  - munkatérhatároló és vízszivárgás gátló falként épülnek.

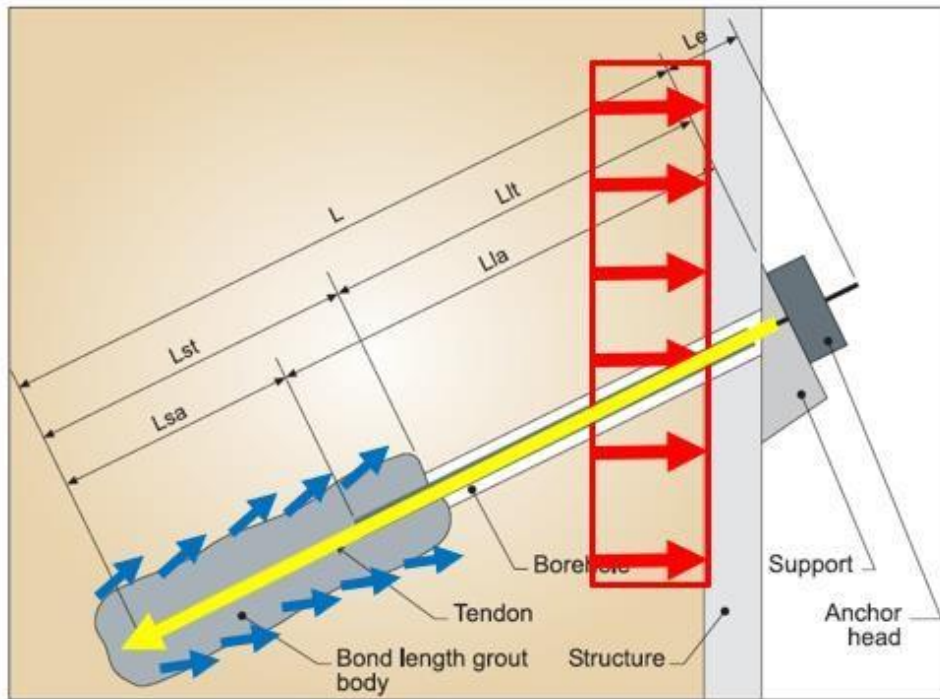


Forrás: Urszula TOMCZAK  
Soletanche Polska

- MSZ EN 14679 (2007. december) - Speciális geotechnikai munkák kivitelezése. Mélykeverés.
- Az erősített, mélykeveréssel előállított falszerkezetek a nemzetközi piacon befogott támszerkezetként egyre gyakrabban alkalmazott megoldások, melyek
  - nedves mélykeverési eljárással
  - falszerű/árok szerű (trenchmix) vagy oszlopszerű (colmix) keveréssel
  - friss keverékbe acél I/H szelvényt lejtuttatva
  - ideiglenes szerkezetként
  - munkatérhatároló és vízszivárgás gátló falként épülnek.



- Munkatérhatároló falak
- **Megtámasztó szerkezetek**
  - **Talajhorgonyok**
  - Acél csőtámok és támaszfödémek
- Egyéb műszaki feladatok
  - Monitoring
  - Munkaplatform

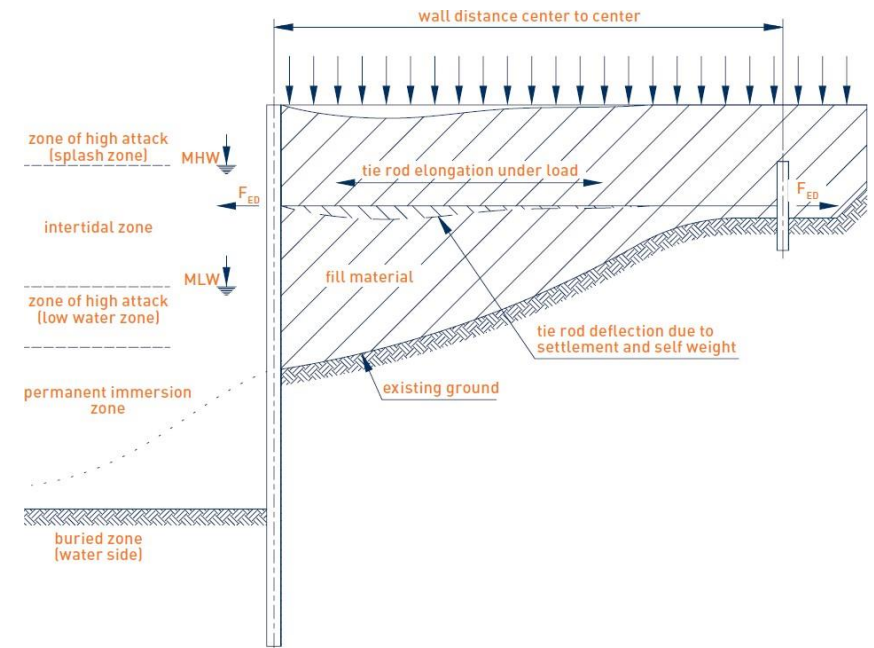
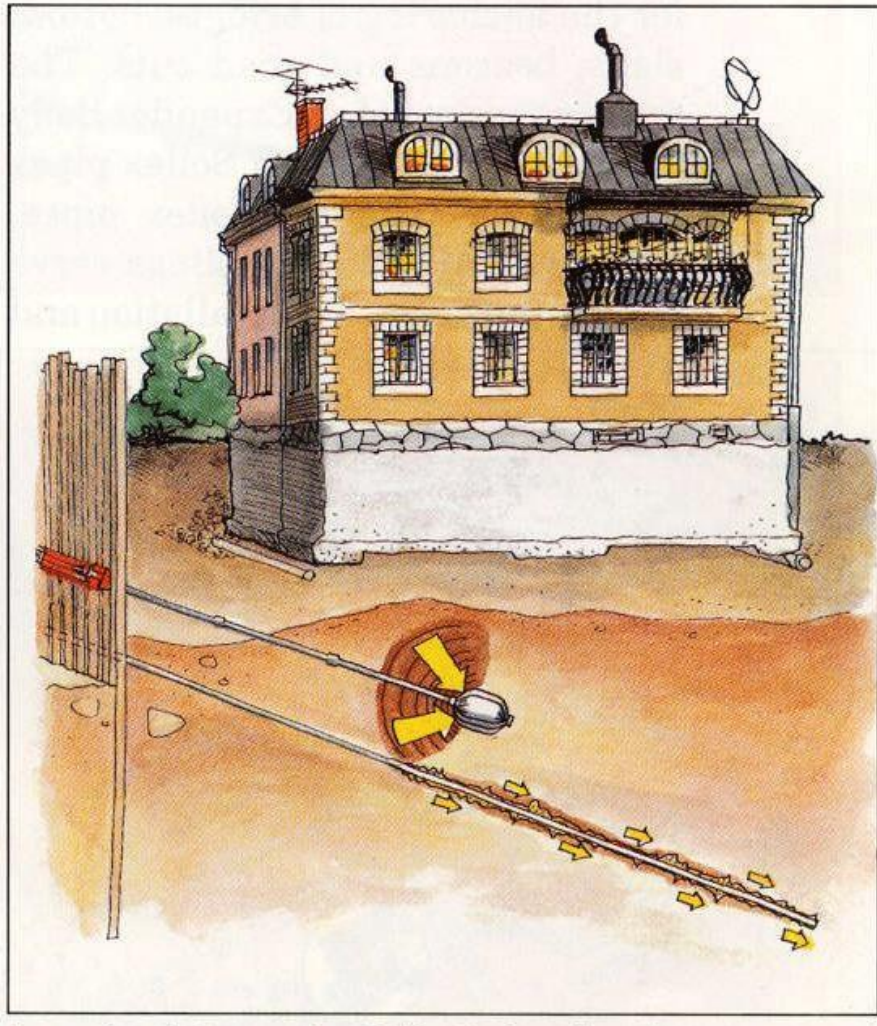


- ❑ Talajhorgony: olyan szerkezet, amely reakcióerőt ad át a gyámolított szerkezetről a talajra
- ❑ Fogalmak:
  - ❑ Horgonyfej – erőátadás a szerkezetre
  - ❑ Szabad szakasz – nincs erőátadás a talajra
  - ❑ Befogott szakasz – erőátadás a talajra

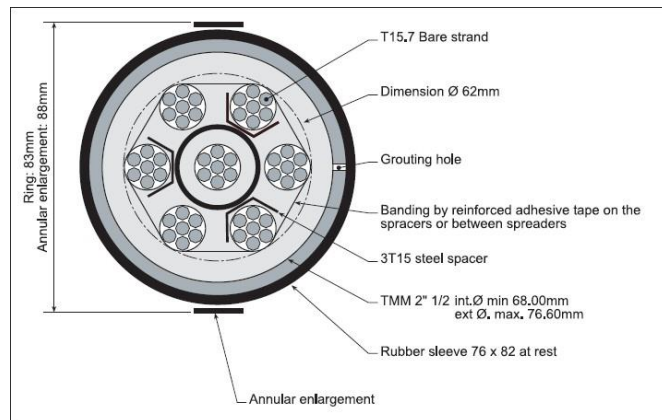
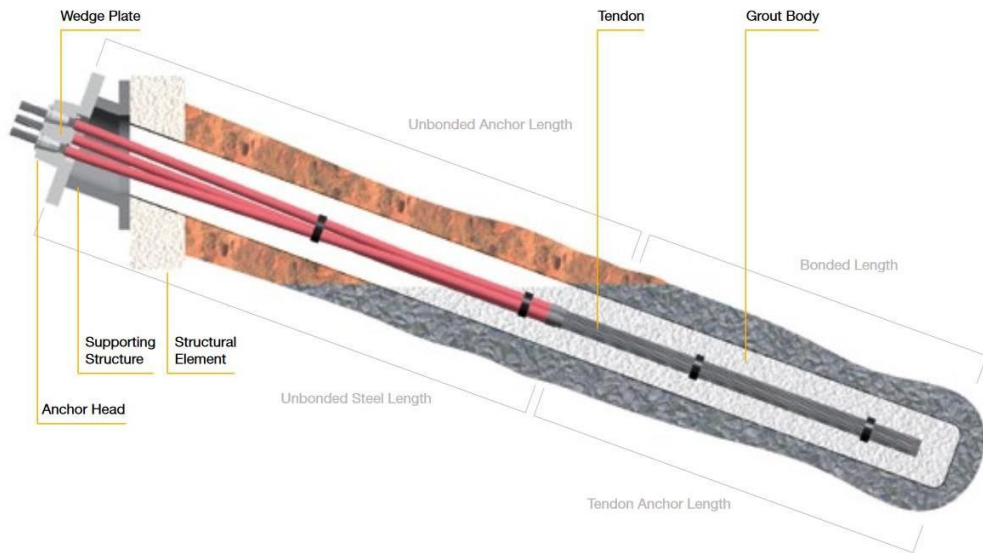




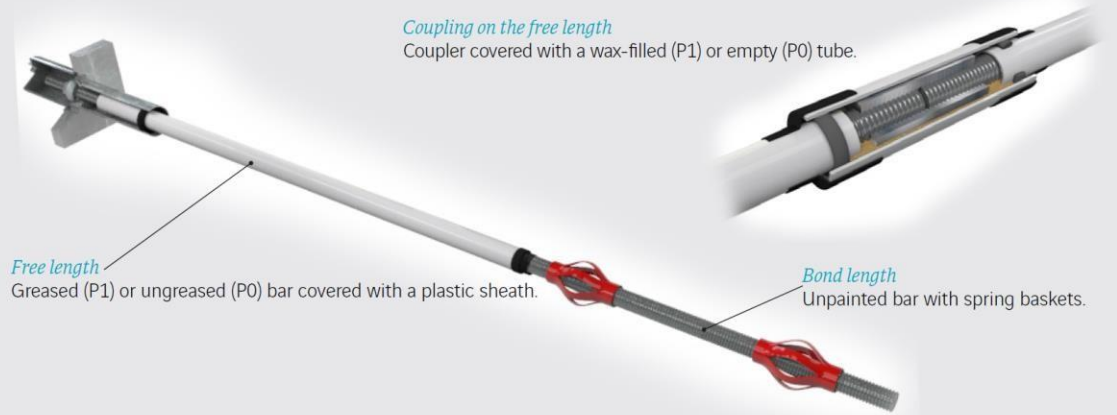
□ Injektált / Mechanikus



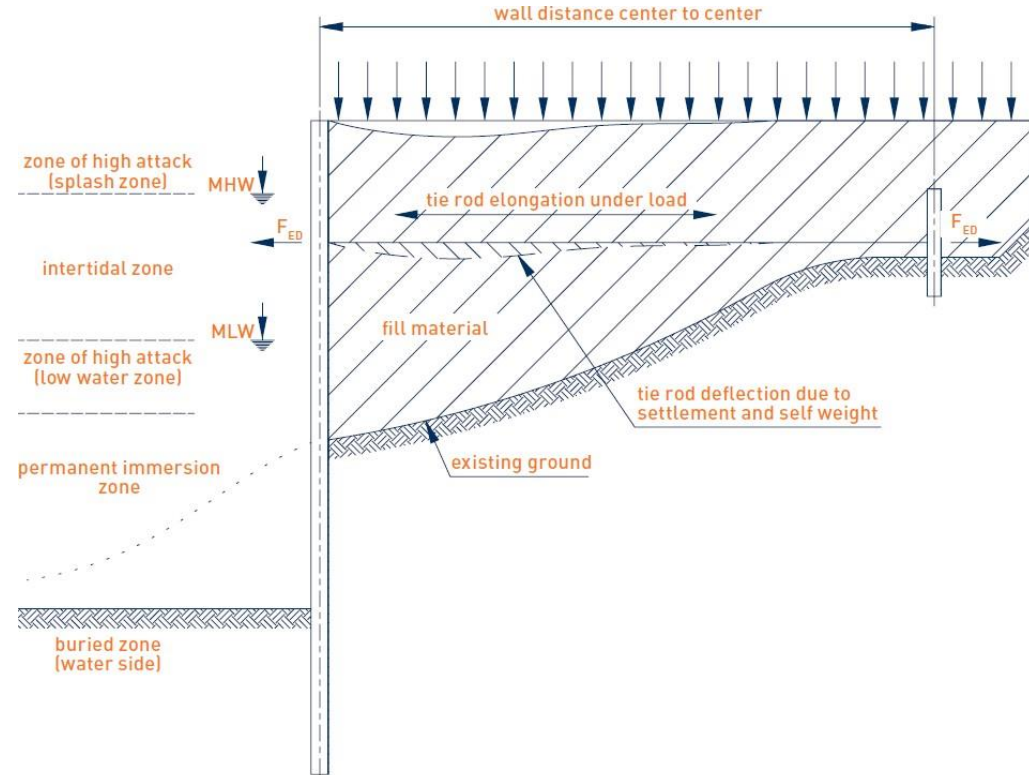
□ Acél feszítő pászmás / Acél merev magrudas



Freyssibar anchor body



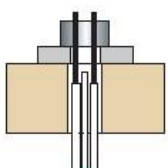
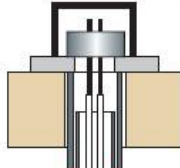
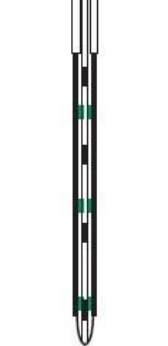
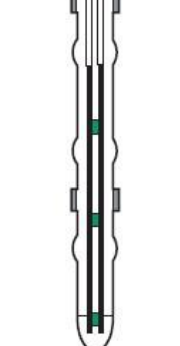
- Aktív / Passzív
  - Aktív – előfeszítés – megtámasztó hatás kisebb elmozdulás hatására
  - Passzív – nincs előfeszítés – megtámasztó hatáshoz nagy elmozdulás szükséges

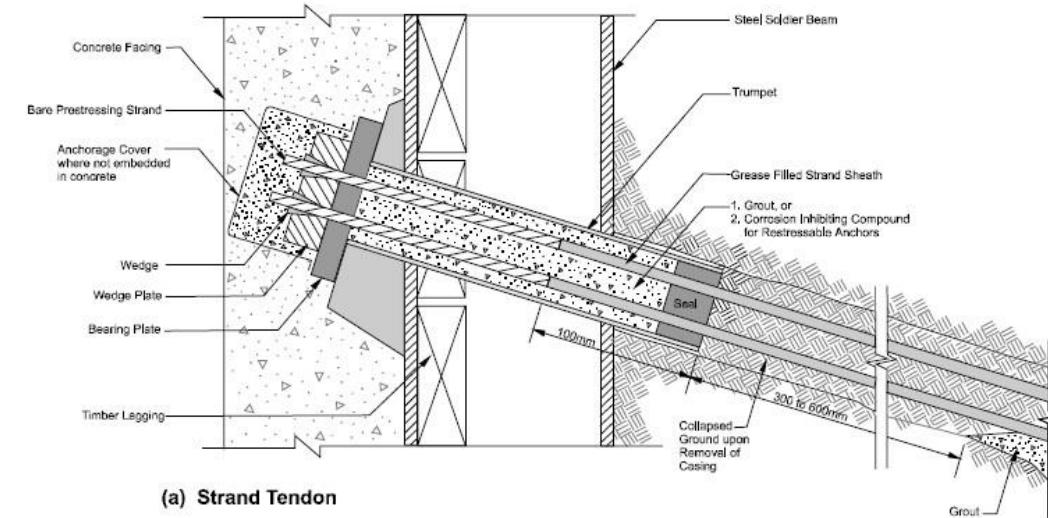


- Ideiglenes / Végleges
  - Ideiglenes ⑦ Max. 2 év élettartam
  - Végleges ⑦ korrózióvédelem biztosítása szükséges

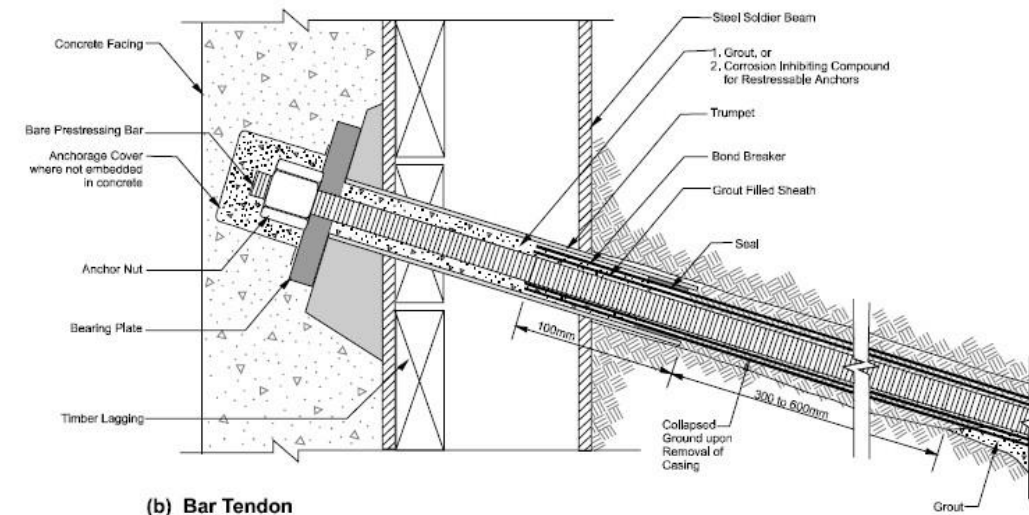
STANDARD RULES (TA. 95)				NF.EN.1537	
Service life / Environment	Under 9 months	9 to 18 months	Over 18 months	Temporary anchors under 2 years	Permanent anchors over 2 years
Non-aggressive	P0	P1	P2	The basic protection is similar to P0 but can be enhanced. The service life can be extended beyond two years if planned at the outset.	The basic protection is similar to P2, but with a minimum cover of 20mm between the anchor casing and the ground.
Moderately aggressive	P1	P2	P2		
Aggressive	P2	P2	P2		

□ Ideiglenes / Végleges

TEMPORARY ANCHOR (P0)		PERMANENT ANCHORS (P2)	
	<p>Non-aggressive environment and atmosphere, short-term</p> <p><b>Anchor head</b> A non-fluid anticorrosion coating.</p>		<p><b>Anchor head</b> A rigid, painted head-cover, connected to the bearing plate. The head-cover is filled with an anticorrosion product.</p>
	<p><b>Free length</b> The tendon is protected by a casing which is blocked off at either end. The casing must allow the tendon to extend freely during pre-tensioning.</p>		<p><b>Transition zone</b> A trumpet tube is connected to the free length and filled with an anticorrosion product.</p>
	<p><b>Bond length</b> The tendons must have a grout cover of at least 10 mm relative to the borehole wall.</p>		<p><b>Free length</b> Each tendon is encapsulated within a flexible casing, filled with grease. A tube around all the tendons is filled with a dense cement grout.</p> <p><b>Bond length</b> A steel TAM at least 3mm thick, filled with a dense cement grout A minimum grout cover of 20mm between the anchor tube and the ground with a minimum grouting pressure of 0.5MPa. Minimum grout cover between the armature and the inside of the grout tube of 5mm.</p>

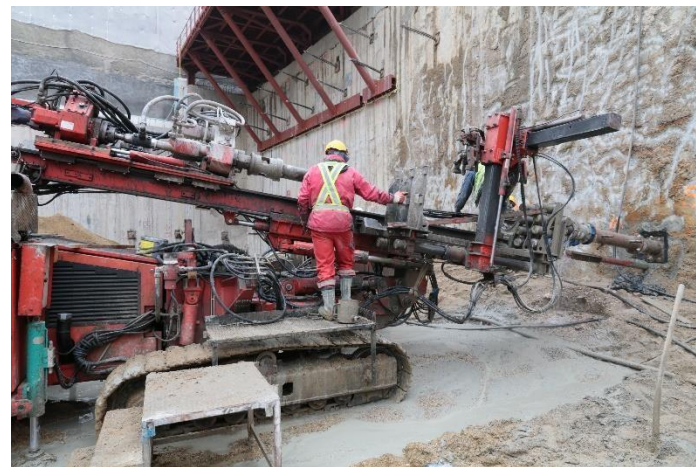
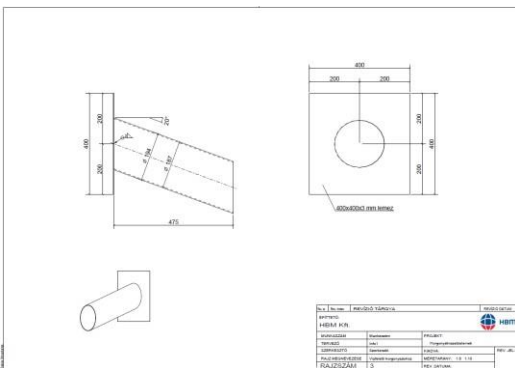


(a) Strand Tendon

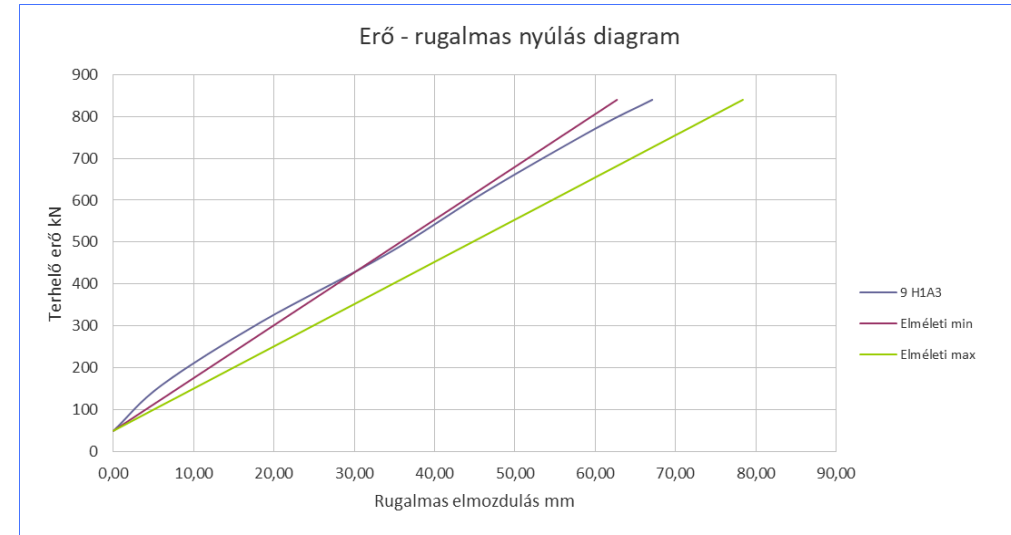
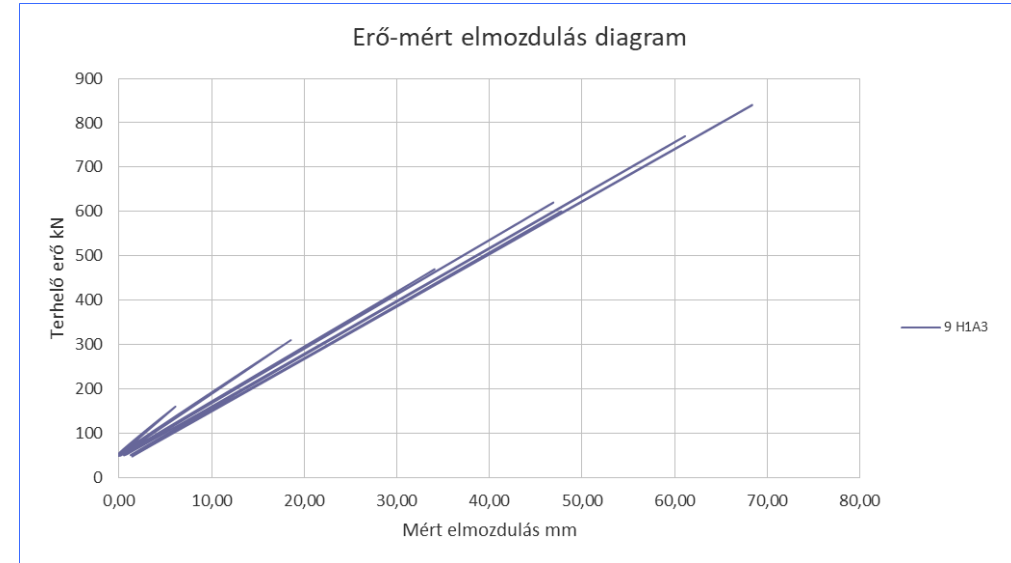


(b) Bar Tendon

- Leggyakoribb hazai alkalmazás: ideiglenes, fúrt, injektált, pászmas, előfeszített



		HBM Kft. Központ: H-1133 Budapest, Árboc u. 6. Telefon: (+36 1) 577-5000 Fax: (+36 1) 577-5002					
Munkahely / Workplace: Szervita tér							
Horgony jelle/Anchor label: 9 H1A3		Feszítő berendezés típusa / Type of tensioner: A ANP (x+16,261)/1.6702 kN/Bar					
Horgony típusa/Type of anchor: 6 pászmás/strand							
Pászma minősége / Strand class: Y1860 S7 (YL/UL - 1374/1560 kN)		E= 196000 MPa A <sub>s</sub> = 900 mm <sup>2</sup>					
Üzemi teher/Service load: 615 kN		Ellenőrző horgonyerő: 830 kN					
Maradó horgonyerő: 600 kN		Befogott hossz: 7,0 m					
Horgony hossz: 21,0 m		Szabad hossz: 14,0 m					
Feszítőlépések / Tensioning Stages	kN	bar	Mért nyúlás	Mérés ideje	teherfelvételi számba	Megjegyzés / Notes	
1	AL	50	0,00	1 perc			
2	0,25	160	6,08	1 perc			
3	0,25	160	6,04	1 perc			
4	0,50	310	18,55	1 perc			
5	0,50	310	18,40	1 perc			
6	0,75	470	34,10	1 perc			
7	1,00	620	46,90	1 perc			
8	1,35	840	68,40	1 perc			
9	AL	50	1,65	1 perc			
10	BLOKKOLO	600	47,75	1 perc			



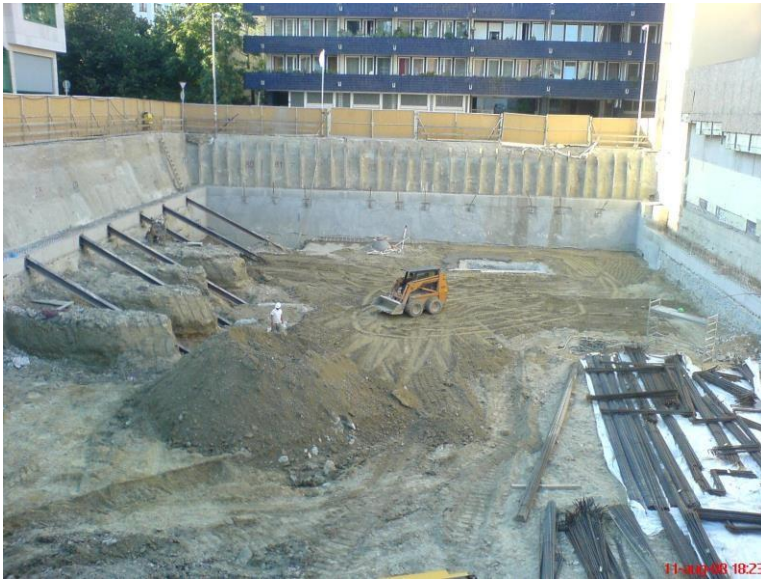
- Szerkezetípusok, alkalmazási körök, kivitelezési kérdések
  - **Megtámasztó szerkezetek**
    - Talajhorgonyok
    - **Acél csőtámok és támaszfödémek**
  - Egyéb műszaki feladatok
    - Monitoring
    - Munkaplatform





- Acél csőtámasz:
  - jellemzően  $D=0,3-0,8\text{m}$   $L=4-25\text{m}$  hosszúságú elemek
  - $L=25\dots28\text{m}$  felett közbenső alátámasztás
  - Dúcvég kialakítására többféle lehetőség
  - Előfeszítés lehetséges
  - Megtámasztás falelemenként/mellgerenda alkalmazásával





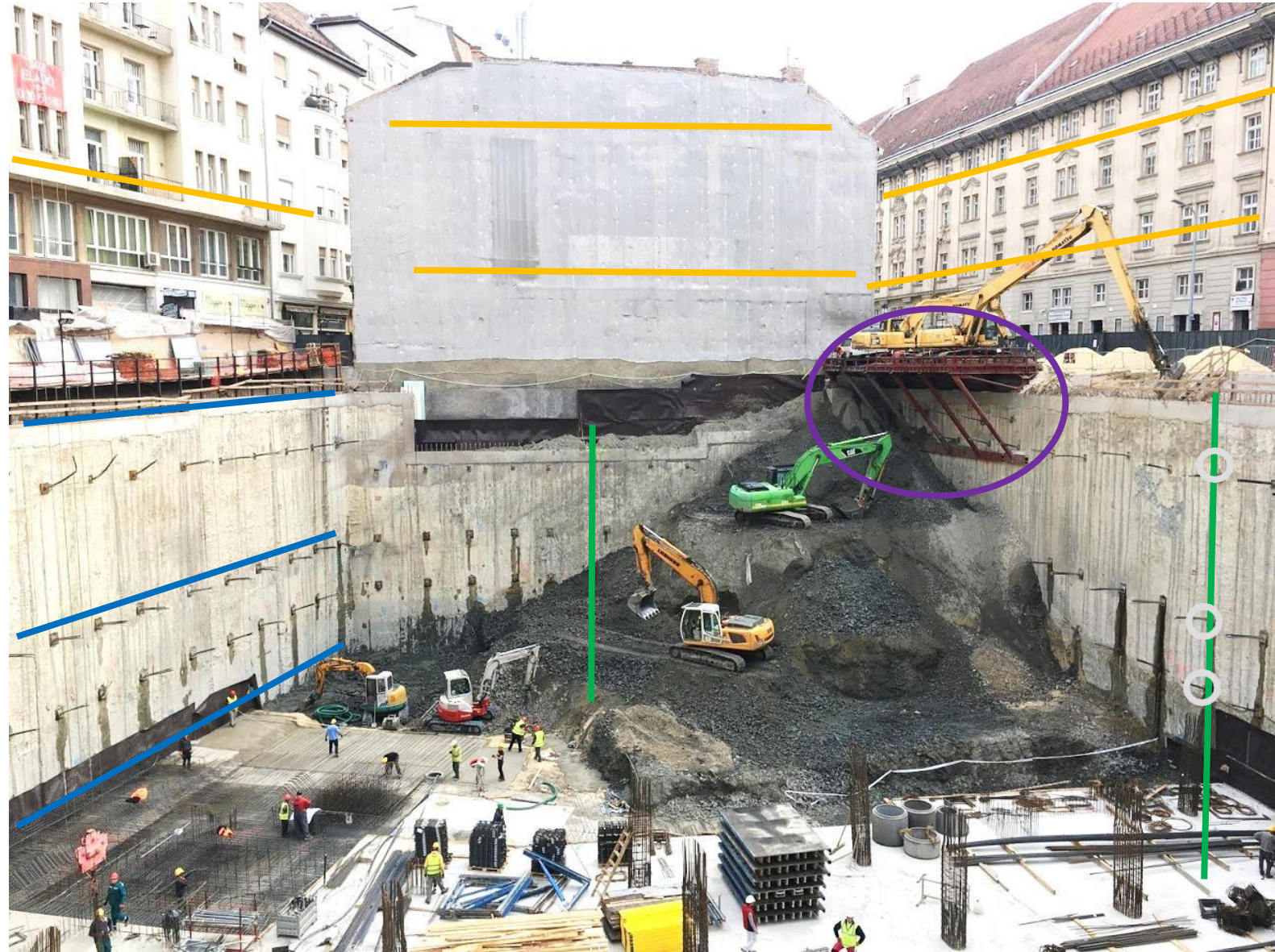
- Vasbeton támaszfödém/gerenda
  - Top-down építési mód esetén
  - Nagy mélységek esetén

- Acél csőtámasz:
  - jellemzően  $D=0,3-0,8\text{m}$   $L=4-25\text{m}$  hosszúságú elemek
  - $L=25\dots28\text{m}$  felett közbenső alátámasztás
  - Dúcvég kialakítására többféle lehetőség
  - Előfeszítés lehetséges
  - Megtámasztás falelemenként/mellgerenda alkalmazásával



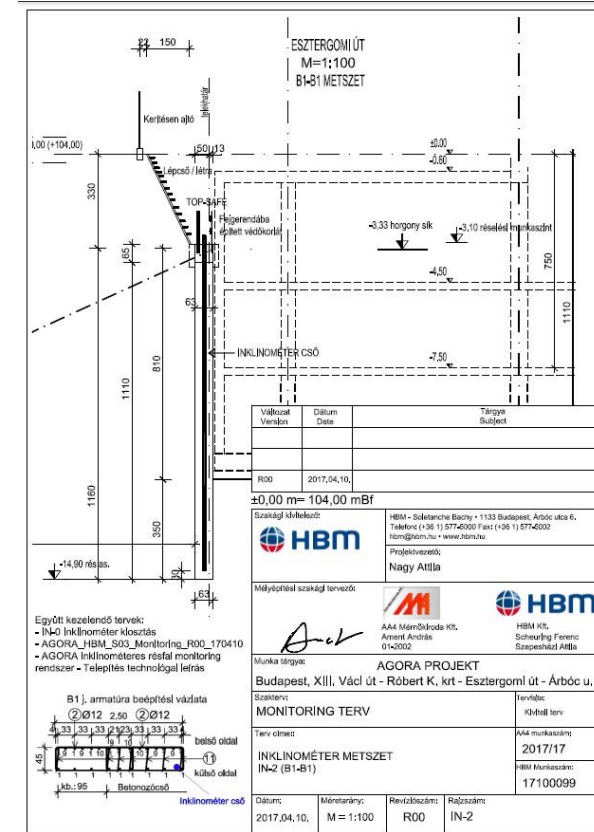
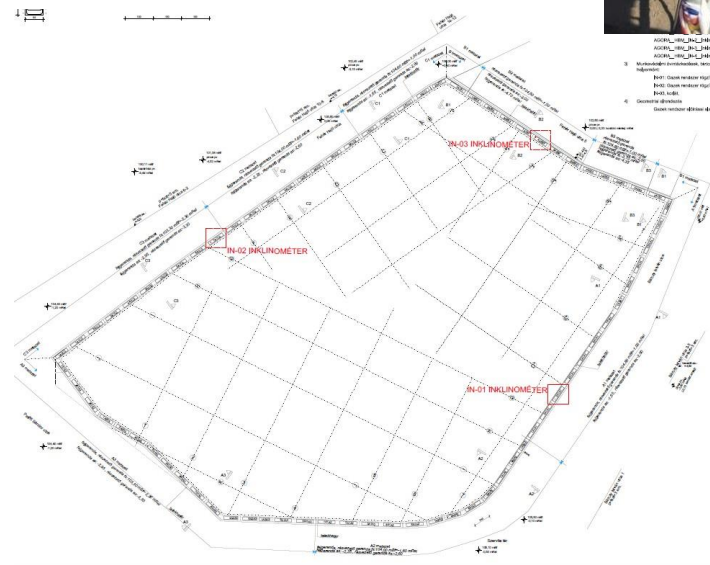
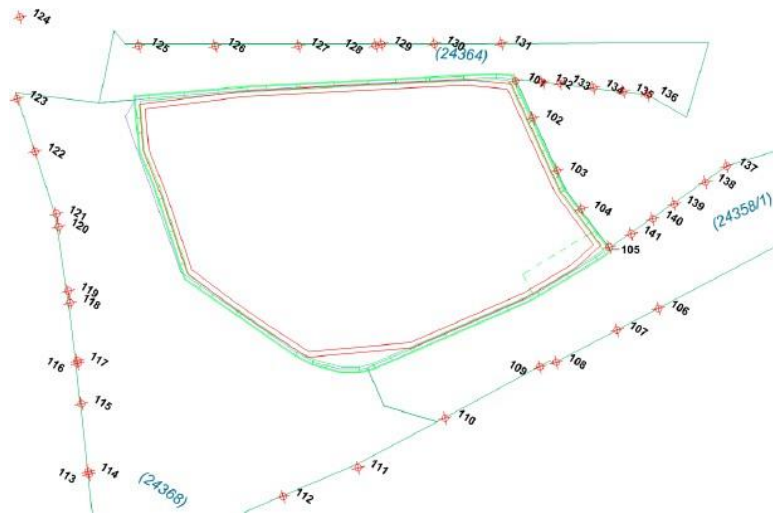
- Szerkezetípusok, alkalmazási körök, kivitelezési kérdések
  - Megtámasztó szerkezetek
    - Talajhorgonyok
    - Acél csőtámok és támaszfödémek
  - **Egyéb műszaki feladatok**
    - **Monitoring**
    - Munkaplatform

- Hagyományos geodéziai mérés a résfalon több szinten
- Hagyományos geodéziai mérés a szomszédos épületeken
- Inklinométeres mérés
- Horgonyerő mérés
- Platform próbaterhelés

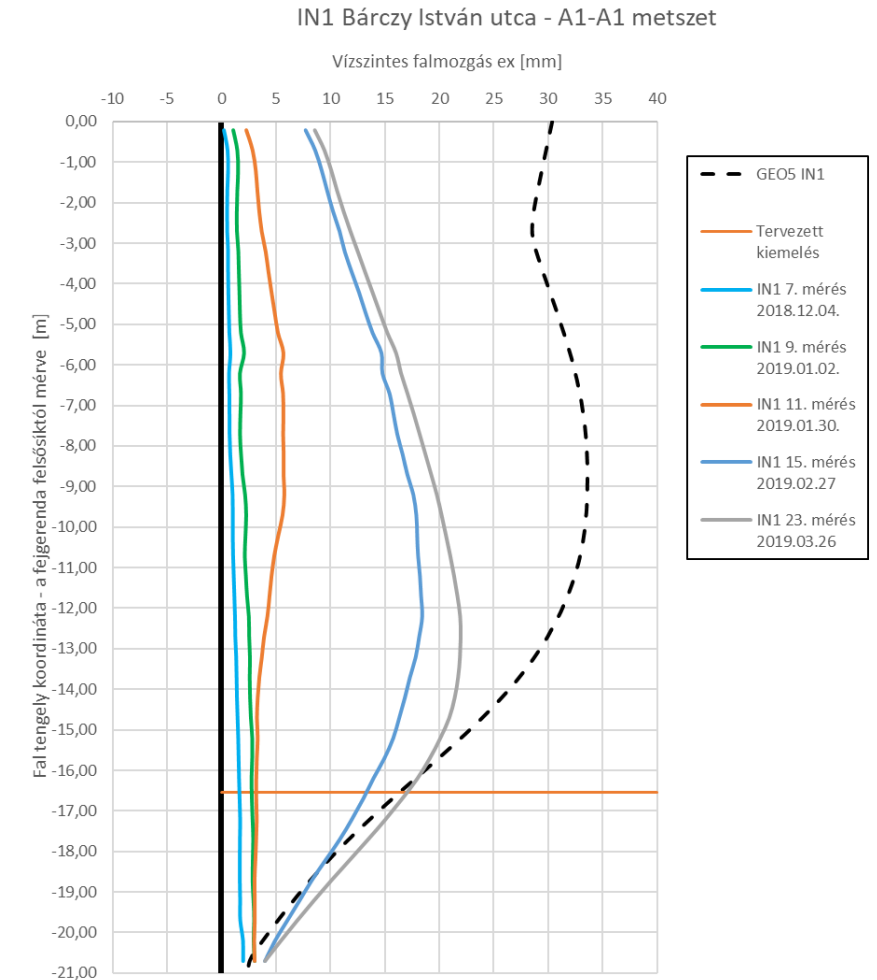
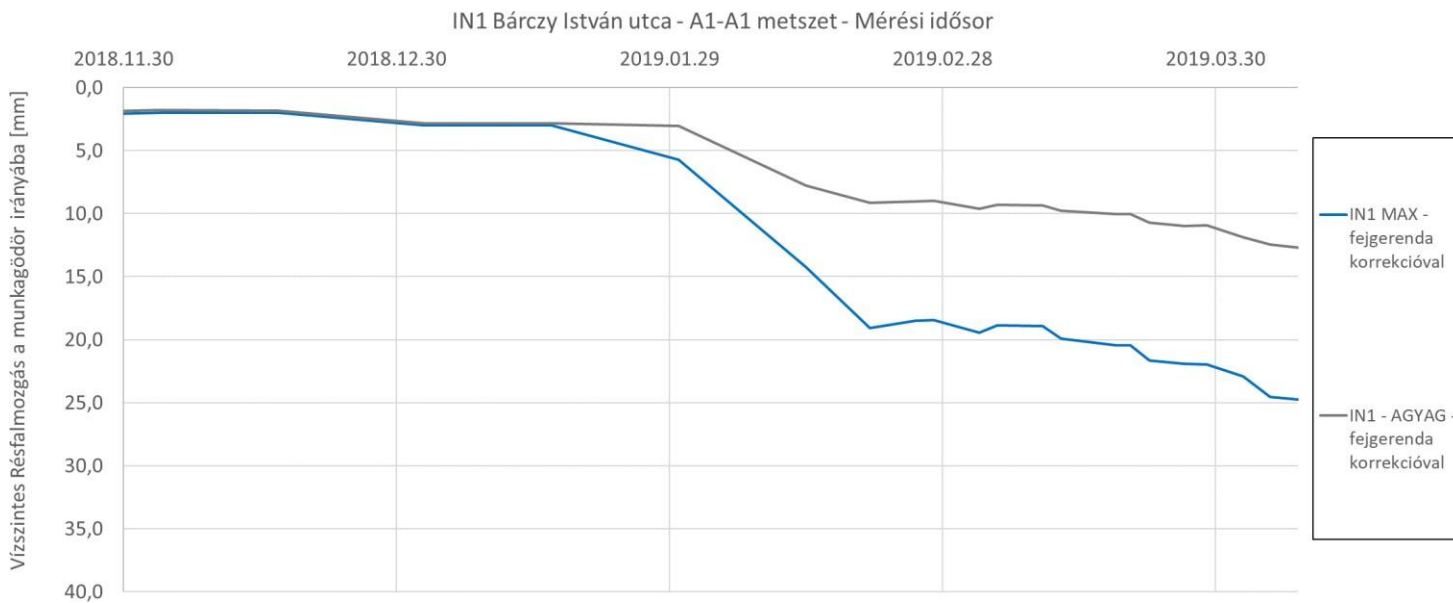


## Monitoring tervnek tartalma:

- Mérési rendszerrel szemben támasztott követelmények
- Mérési pontok elhelyezkedése (helyszínrajz)
- Mérések sűrűsége (időben)
- Mérési módszerek
- Adatok kiolvasásának és tárolásának menete
- Telepítési követelmények és módszerek
- Munkavédelmi előírások



## Mérési eredmények – elmozdulás ábrák, idő-elmozdulás diagramok



- Szerkezetípusok, alkalmazási körök, kivitelezési kérdések
  - Megtámasztó szerkezetek
    - Talajhorgonyok
    - Acél csőtámok és támaszfödémek
  - **Egyéb műszaki feladatok**
    - Monitoring
    - **Munkaplatform**

## A megfelelő munkaplatform jelentősége

- **Munkavédelem**
  - Gépek stabilitása közlekedés és fúrás közben
  - Megközelíthetőség
- **Minőség**
  - Építési mérettűrések biztosíthatósága
  - Felszín közeli talajzónákban a friss beton sérülése géplánc tömegének hatására
- **Gazdaságosság**
  - Ütemterv tarthatósága
  - Utólagos javítási munkálatai megspórolása



Courtesy of Bachy Soletanche, reproduced with the permission of BAA



## A megfelelő munkaplatform tervezési szempontjai

- **Megelőző munkálatok tekintetbe vétele** - régészet, közműmentesítés, humuszmentesítés, stb.
- **Alkalmazni kívánt technológia és gépek paramétereinek számításba vétele** – önsúly, súlypont helyzete, üzemeltetés dinamikus terhei, stb.
- **Altalaj (feltalaj) geotechnikai értékelése, minősítése** - pl. A1-A4, X1-X4
- **Munkasík, mint földmű anyagaként felhasználni kívánt talaj/melléktermék geotechnikai értékelése, minősítése** - pl. T1-T4, X1-X4
- **Munkasík** szükséges **geometriájának** meghatározása – pl. teherbírasi, organizációs szempontok együttes figyelembevételével
- **„Erősítések” lehetőségének átgondolása** – pl. meszes/cementes stabilizáció, geoműanyagok
- **Beépítés módja és helyszíni minősítési lehetőségei** – pl. munkasík tömörítés eszközei, rétegvastagsága, teherbírás és tömörség mérési eljárása
- **Fenntartás szempontjai** – pl. vízelvezetés, fagyás-olvadás, aprózódás időszakos felülvizsgálat

## Soletanche Bachy általános tervezési javaslatok

- A **terhelt altalaj** zóna és a **munkasík anyaga nem lehet vízérzékeny** – szemcsés talajok / max. 10% finomrész
- **Munkasík anyagának maximális szemcsemérete  $d_{max}=75mm$**
- **Forgalmi terhekkel szembeni ellenállóság biztosítása** – a Los Angeles / Micro-Deval vizsgálatok szerinti aprózódás  $<45\%$
- **Fagy- és olvadásálló munkasík kialakítása szükséges** - ismert fagyérzékenységi minősítési kategóriákkal tervezhető
- **„Nem összenyomódó” munkasík szükség** –  $E2 > 50MPa$  és  $E2/E1 < 2$  kritériumok


<p><b>WORKING PLATFORMS FOR TRACKED PLANT</b></p> <p><b>GROUP RECOMMENDATIONS FOR SAFE AND ECONOMIC DESIGN</b></p>					
B	16/11/2016	JMI	TJE	PSC	Summary & conclusion
A	04/12/2015	MWA	TJE	PSC	First submission
Revision	Date	Prepared	Reviewed	Approved	Reason for issue
 <p><b>SOLETANCHE BACHY</b> 280, avenue Napoléon Bonaparte F-92500 Rueil-Malmaison Tél. : +33 1 47 76 42 62 – www.soletanche-bachy.com</p>					<p><b>SB.DSG.NOPLATF NDC.001.B</b></p>



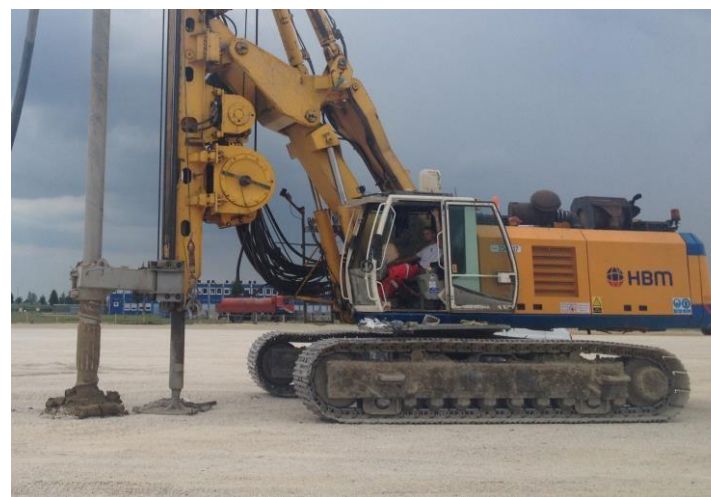
Photo 3 Good-quality platform material



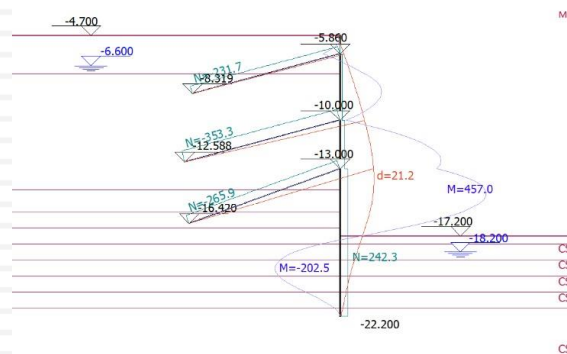
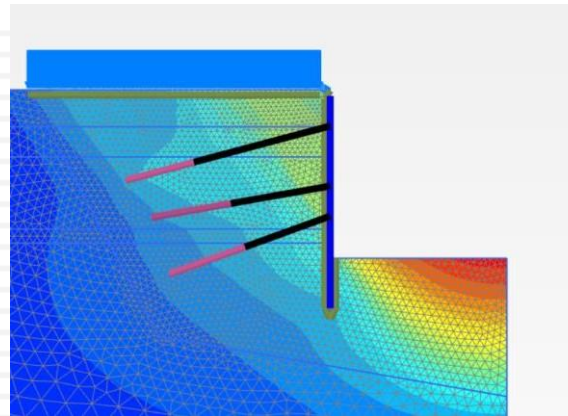
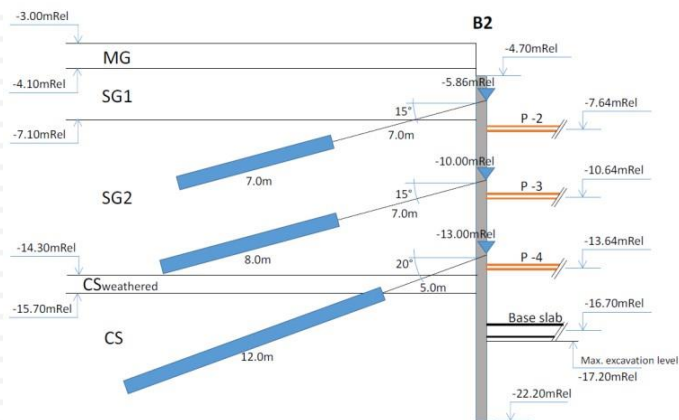
Photo 2 Platform material that has been degraded in use

## Vonatkozó szabványok, műszaki segédletek

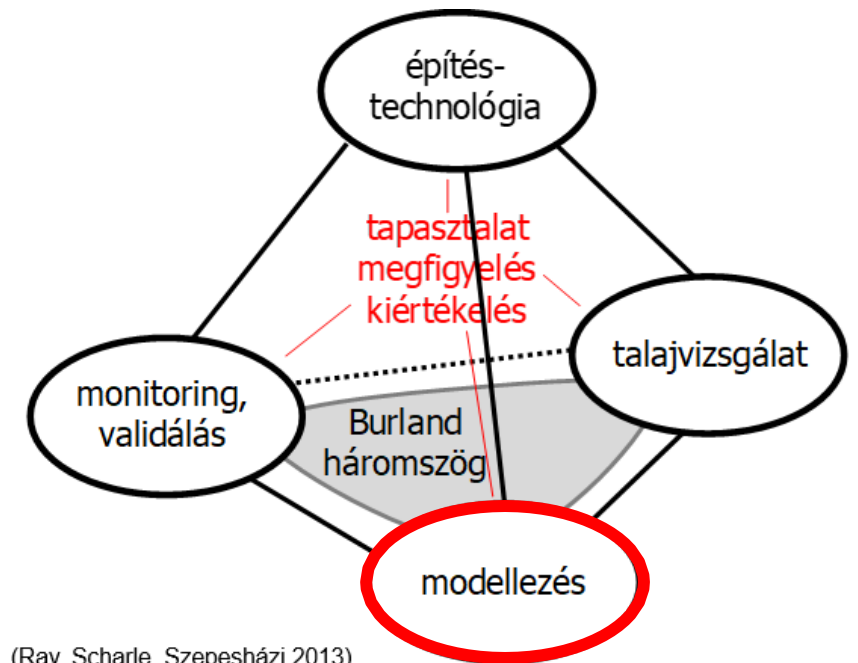
- EN16228-2014 Fúró- és alapozóberendezések. Biztonság. 1. rész: Közös követelmények (angol nyelven)  
    **7 ISO szintre emelkedik rövidesen**
- **BR470 – 2004.** Working platform for tracked plant: Good practice guide to design, installation, maintenance, repair of ground-supported working platforms. (Waford:BRE Bookshop)
- ÚT2.1-222 Utak és autópályák létesítésének általános geotechnikai szabályai. Útügyi műszaki előírás
- MSZ EN 1997-1 Geotechnikai tervezés. Általános szabályok
- MSZ EN 1997-2 Geotechnikai tervezés. Geotechnikai vizsgálatok
- **+ EFFC DFI Útmutató a munkaplatformokhoz – magyar nyelvű változat kiadás alatt**



# MODELLEZÉSI KÉRDÉSEK

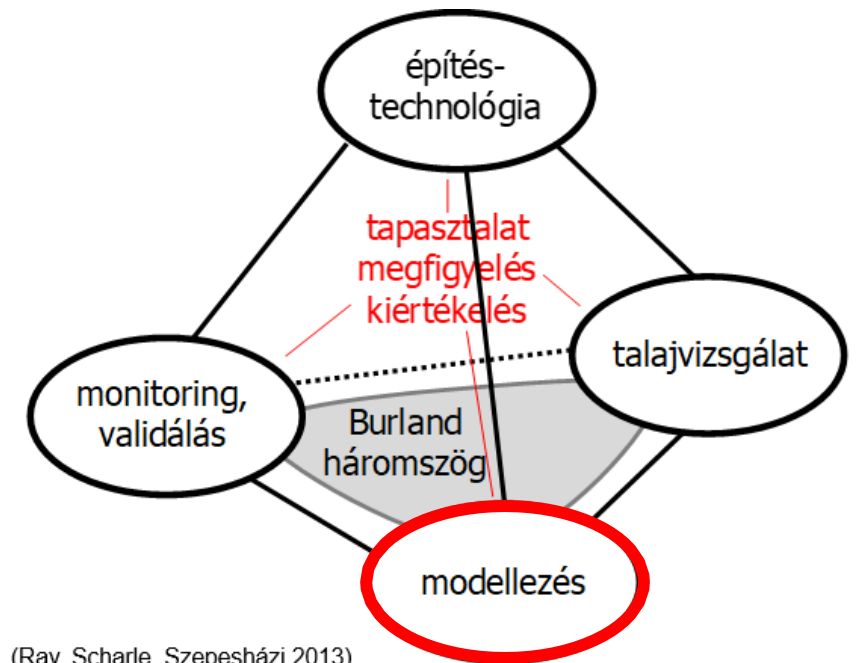


- ❑ Modelltípus megválasztása
- ❑ Szerkezeti elemek modellezése
- ❑ Talaj-szerkezet kölcsönhatás modellezése
- ❑ Esettanulmány

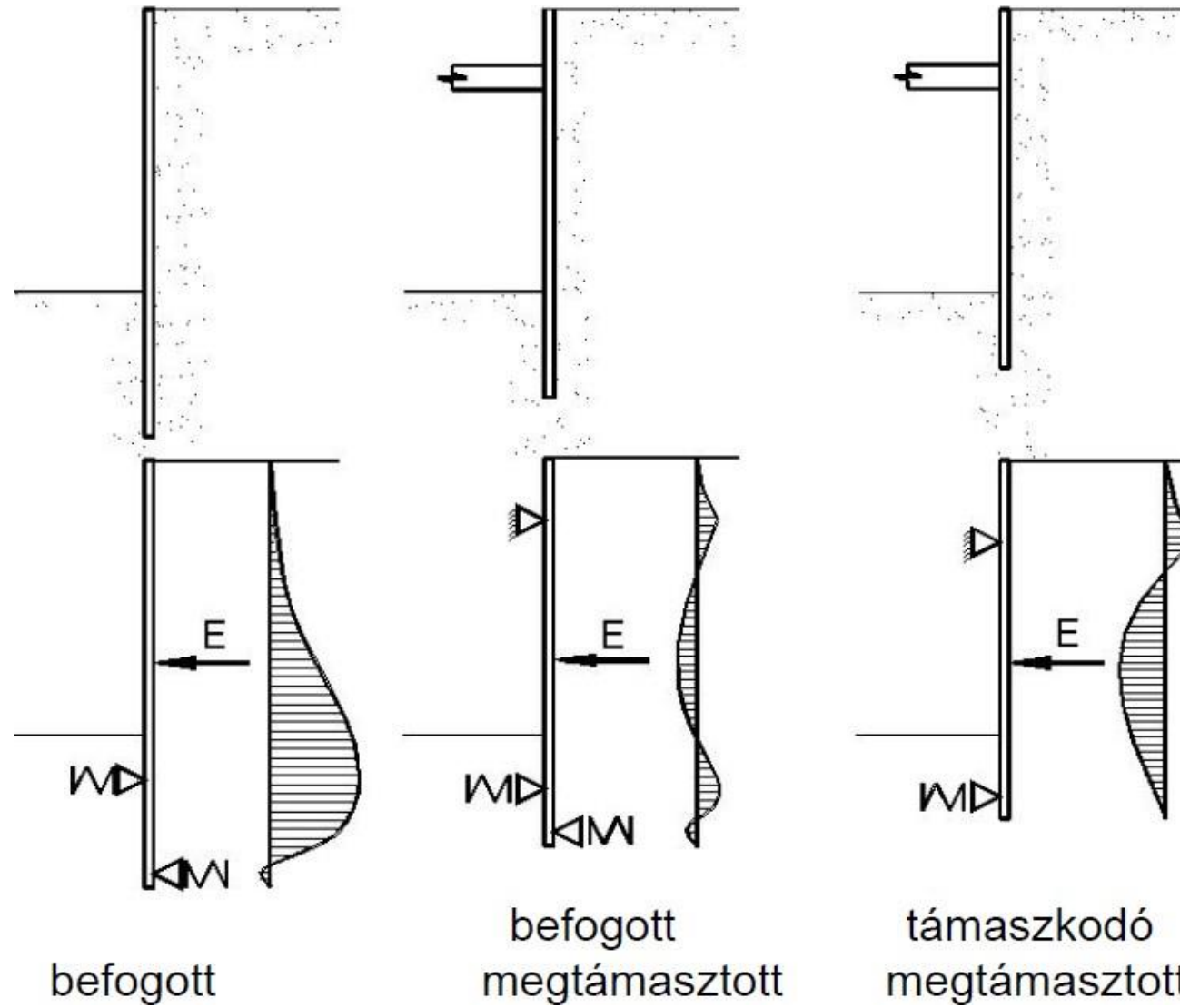


(Ray, Scharle, Szepesházi 2013)

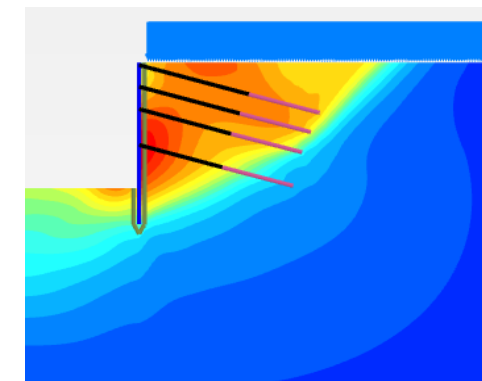
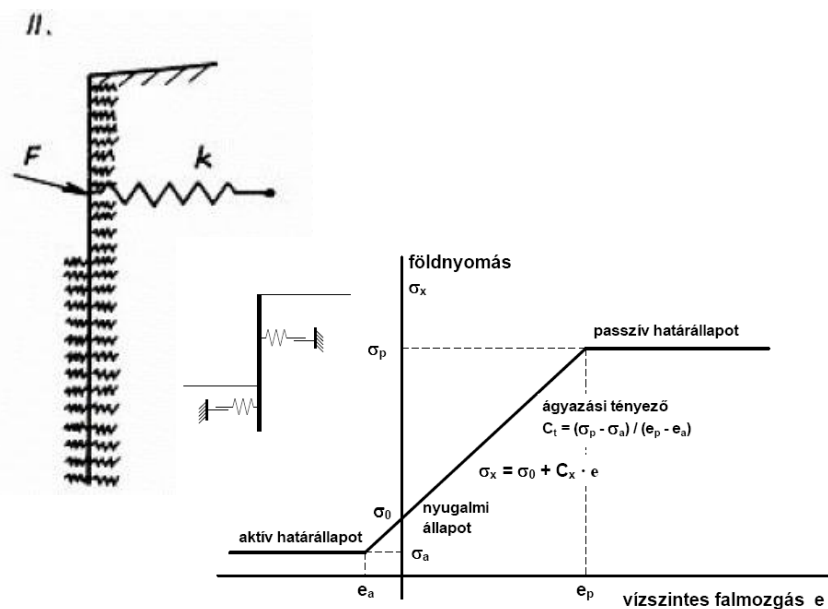
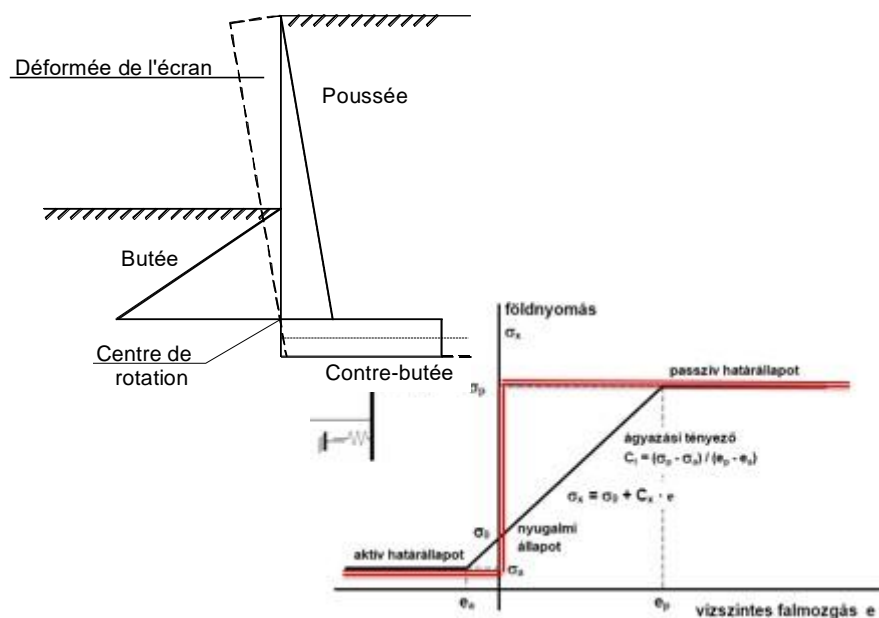
- ▣ **Modelltípus megválasztása**
- ▣ Szerkezeti elemek modellezése
- ▣ Talaj-szerkezet kölcsönhatás modellezése
- ▣ Esettanulmány



(Ray, Scharle, Szepesházi 2013)



Eljárás	Analitikus	Rugalmas ágyazás	VEM
Talaj	-	Bilineáris Winkler-rugó	Végeelem
Fal	Gerenda	Végelem	Végelem
Földnyomások	Szakirodalmi földnyomáselmélet		Korszerű talajmodell
Terhelések	Feszültségterjedési elméletek		Korszerű talajmodell
Szoftver/eljárás	Pl. Blum	Pl. GEO5, Wallap, stb.	Plaxis, Midas, stb.





Eljárás	Analitikus	Rugalmas ágyazás	VEM
Talaj	-	Bilineáris Winkler-rugó	Végeselem
Fal	Gerenda	Végeselem	Végeselem
Földnyomások	Szakirodalmi	földnyomáselmélet	Korszerű talajmodell
Terhelések	Feszültség	terjedési elméletek	Korszerű talajmodell
Szoftver/eljárás	Pl. Blum	Pl. GEO5, Wallap, stb.	Plaxis, Midas, stb.

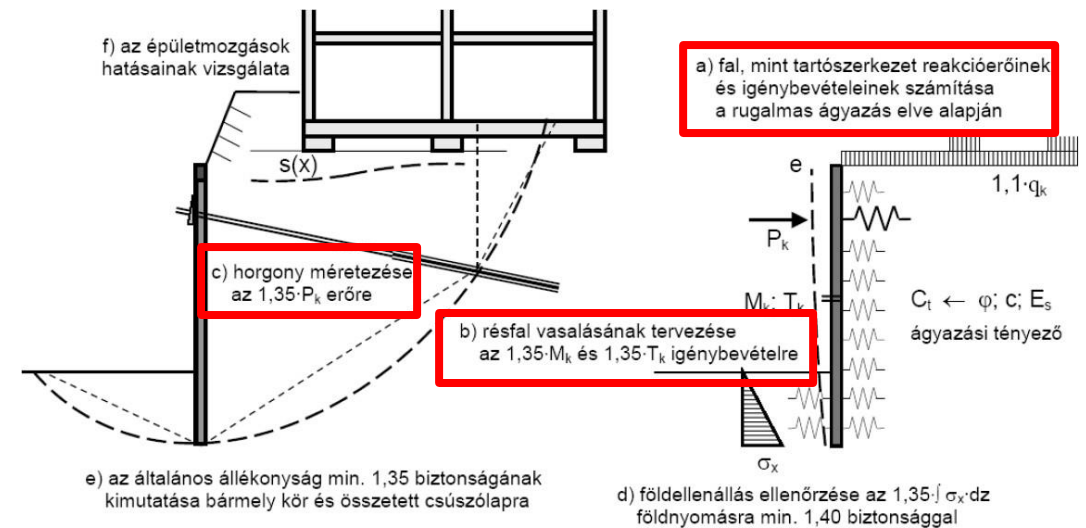
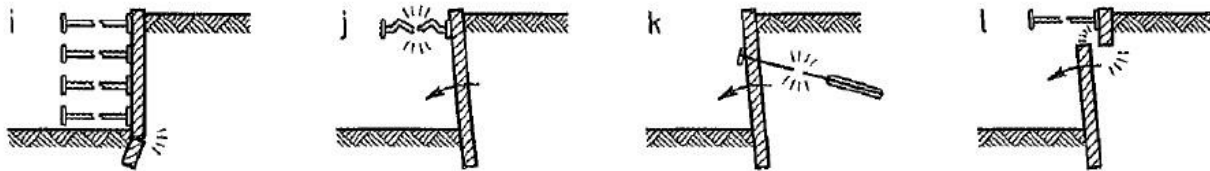
Aktuális gyakorlat:

Munkatérhatároló fal modell

Analitikus számítások

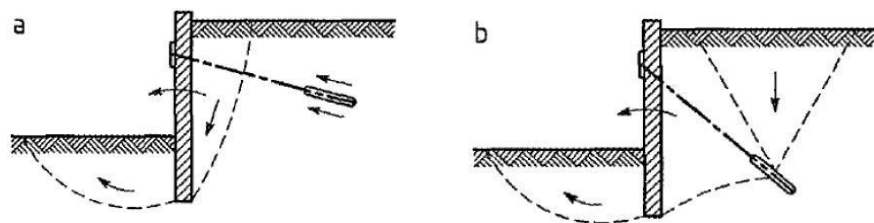
- ⑦ rugalmas ágyazás és/vagy VEM
- ⑦ néhány határállapot ellenőrzésére

Határállapot/Feladat		Rugalmas ágyazás	Végeselemes eljárás
ULS STR	Fal tartószerkezeti tönkremenetele	<b>faligénybevétel számítható,</b> vasalás külön méretezendő	<b>faligénybevétel számítható,</b> a vasalás külön méretezendő
	Fal átszúródása a horgonyfejnél	<b>horgonyerő számítható,</b> külön tartószerkezeti vizsgálat	<b>horgonyerő számítható,</b> külön tartószerkezeti vizsgálat
	Horgonyszár szakadása	<b>horgonyerő számítható,</b> külön tartószerkezeti vizsgálat	<b>horgonyerő számítható,</b> külön tartószerkezeti vizsgálat

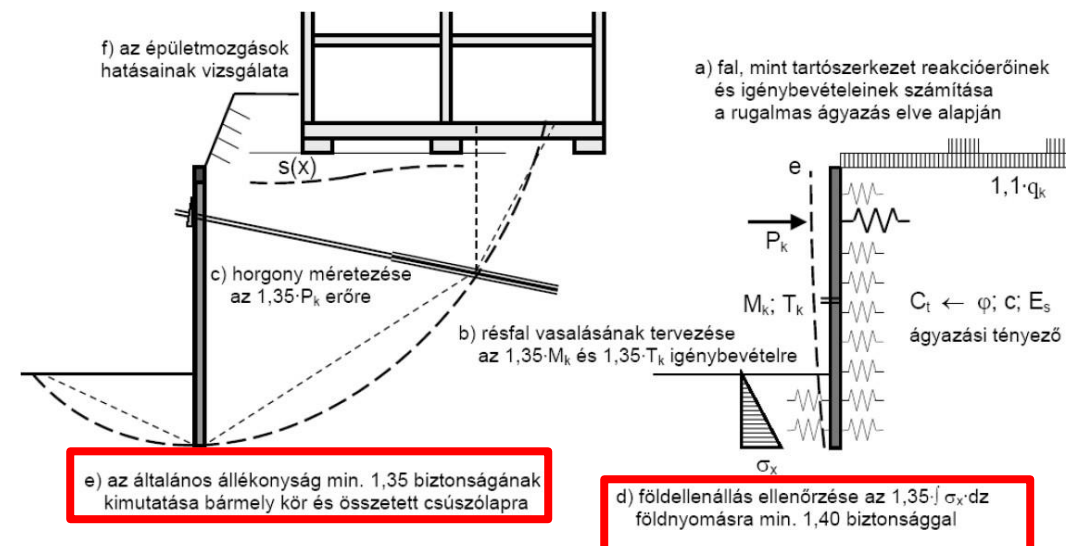


Modell output = ULS STR méretezés input

Határállapot/Feladat		Rugalmas ágyazás	Végeselemes eljárás
ULS GEO	Passzív talajtömeg tönkremenetele	<b>passzív földtömegre ható földnyomás számítható</b> passzív földnyomás határértékkel összevethető	<b>„lokalizált safety fi-c redukció”</b> <b>számítással közvetlenül</b>
	Horgonytest kihúzódnása	<b>horgonyerő számítható,</b> külön empirikus számítással vizsgálandó	<b>horgonyerő számítható,</b> empirikus határérték beépíthető a modellbe
	Ált. állékonyság elvezése	<b>analitikus állékonyságvizsgálati eljárással</b> (beépített modul)	<b>„ globális safety fi-c redukció”</b> <b>számítással közvetlenül</b>



ULS GEO eltérő alapelvek szerint  
a különböző modelltípusokban

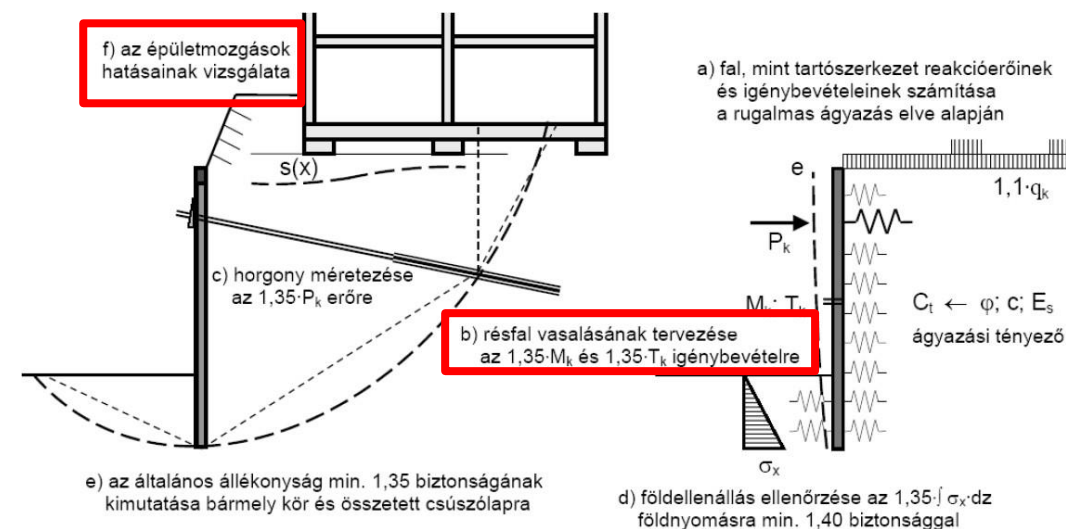


Határállapot/Feladat		Rugalmas ágyazás	Végeselemes eljárás
ULS HYD	Hidraulikus talajtörés	Külön analitikus vizsgálat	<b>kiegészítő Flow modulban komplex esetekre is</b>
SLS	Repedéstágasság	<b>a faligénybevétel számítható, a vasalás külön méretezendő</b>	<b>a faligénybevétel számítható, a vasalás külön méretezendő</b>
	Felszínmozgások	<b>számított falmozgásból</b> külön származtatható	<b>közvetlenül számítható</b>
	Beszivárgó vízmennyiség	-	<b>kiegészítő Flow modulban komplex esetekre is</b>

VEM szükséges, ha

- összetett geometria
- geotechnikai szerkezetek egymásra hatása
- vízmozgások
- Időbeliség (konszolidáció, kúszás)
- Stb.

befolyásolja a munkatárthatótlás viselkedését



## Geotechnikai végeselemes modellezése

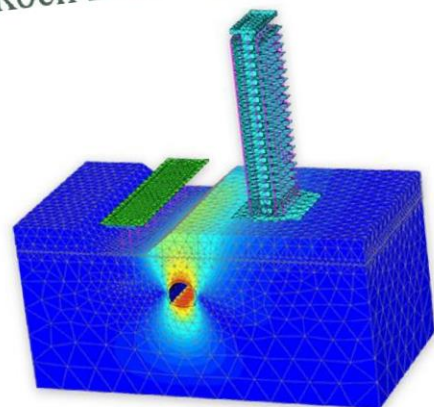
MMK kiadvány és továbbképzés 2018. ősz

### Geotechnikai végeselemes modellezés

Dr. SzilvÁgyi Zsolt – [szilvagyizsolt@geoplan.hu](mailto:szilvagyizsolt@geoplan.hu)

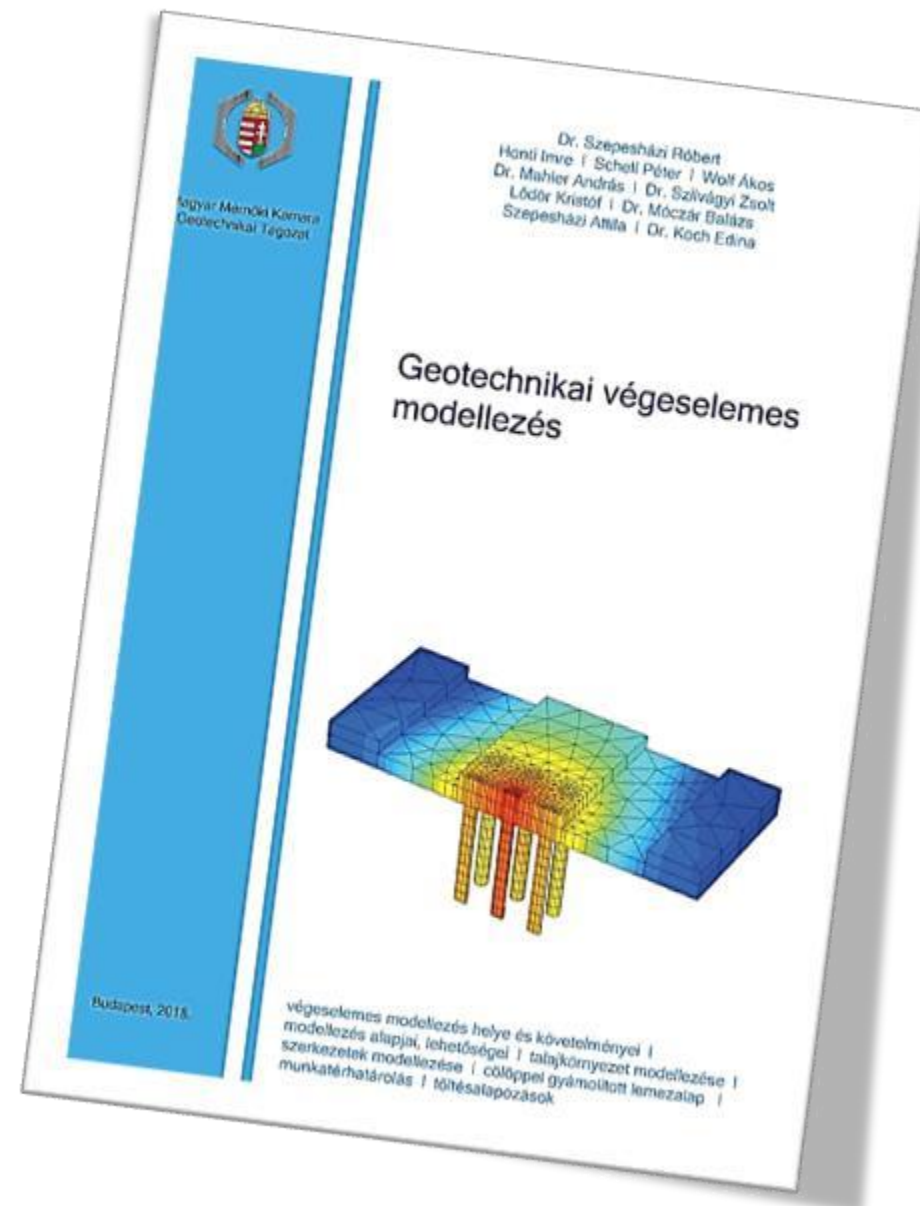
Dr. Mahler András – [mahler@mail.bme.hu](mailto:mahler@mail.bme.hu)

Dr. Koch Edina – [koche@sze.hu](mailto:koche@sze.hu)

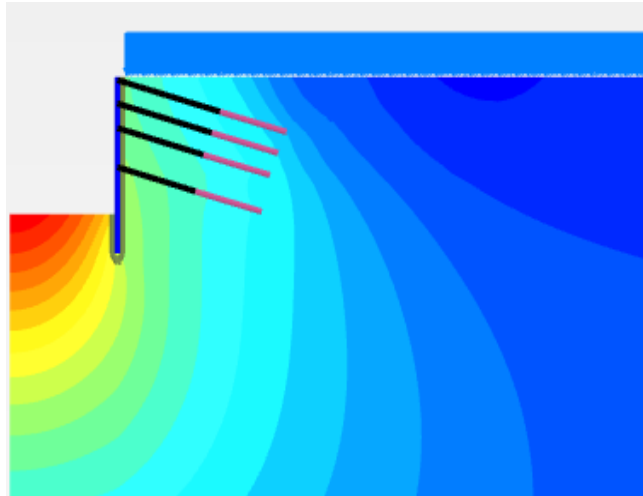


 **MMK GT**

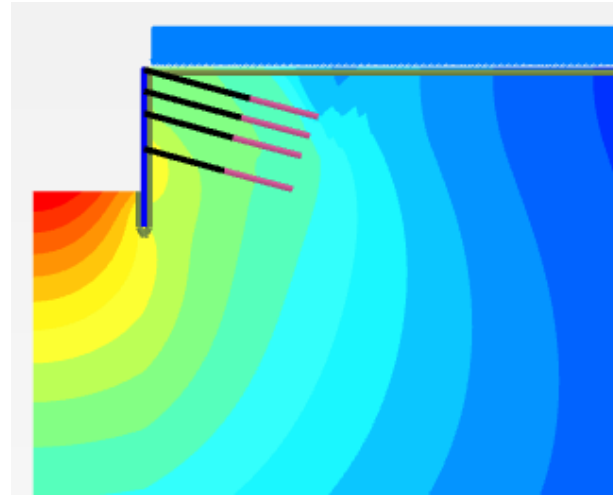
1



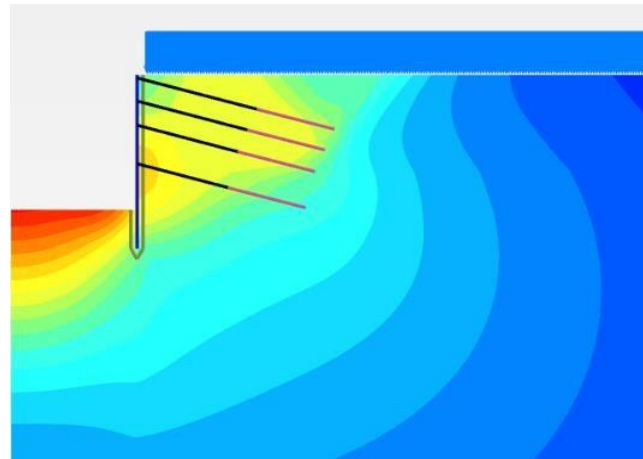
- Diszkretizáció – geometriai modell előállítása
- Anyagtulajdonságok megadása
- Peremfeltételek felvétele
- Végeselemes háló előállítása
- Kezdeti feszültségállapot definiálása
- Számítási fázisok megadása – valós építési fázisok (drained / undrained / consolidation ?!)
- Számítás
- Eredmények kiértékelése ⑦ validáció ⑦ érzékenységvizsgálat



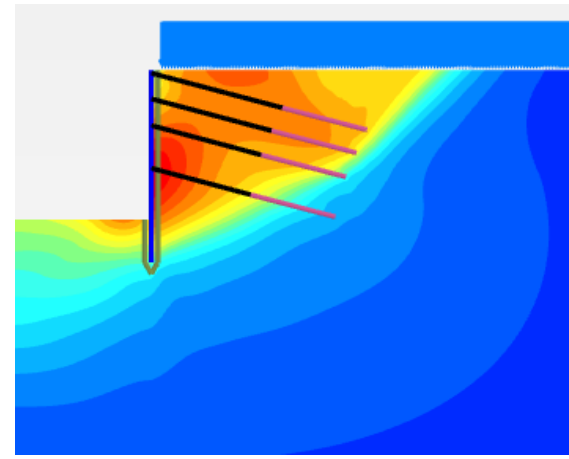
MC (max. 80 cm)



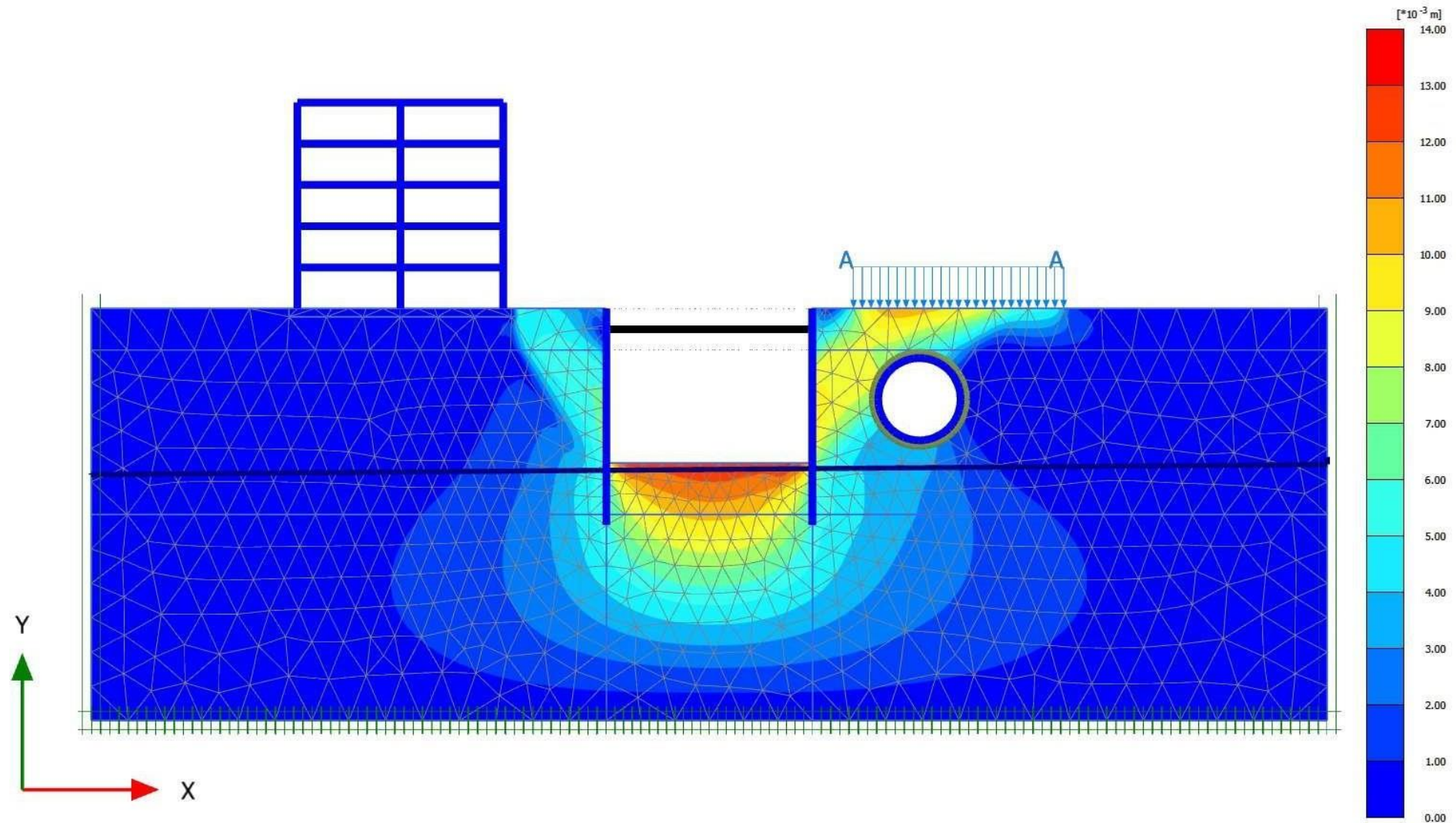
MC-UR (max. 8,5 cm)



HS (max. 9 cm)

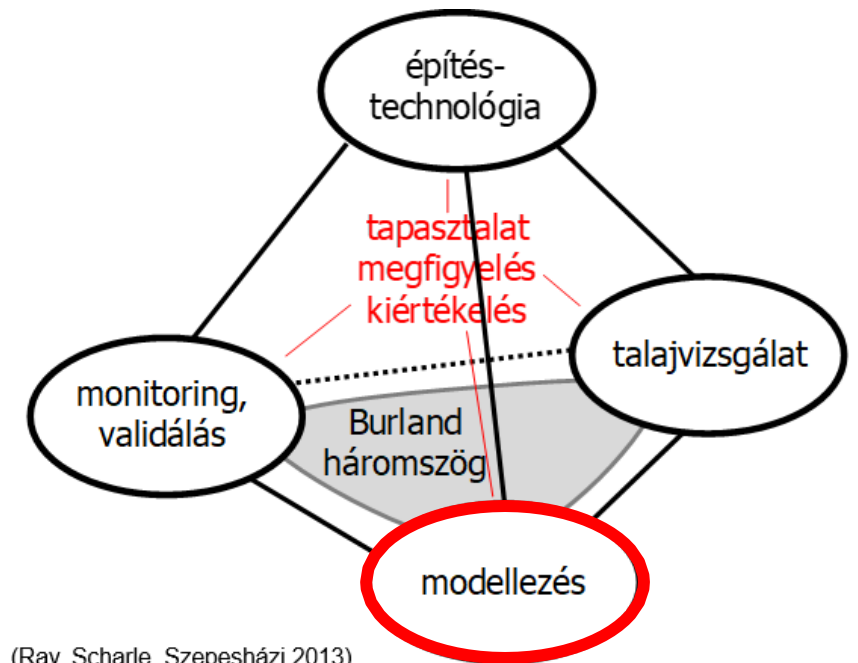


HSS (max. 4,5 cm)



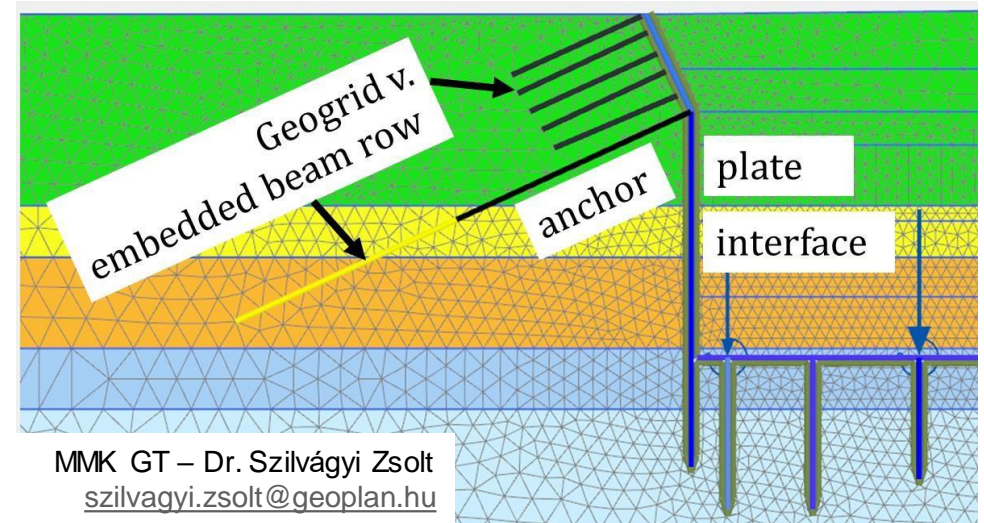
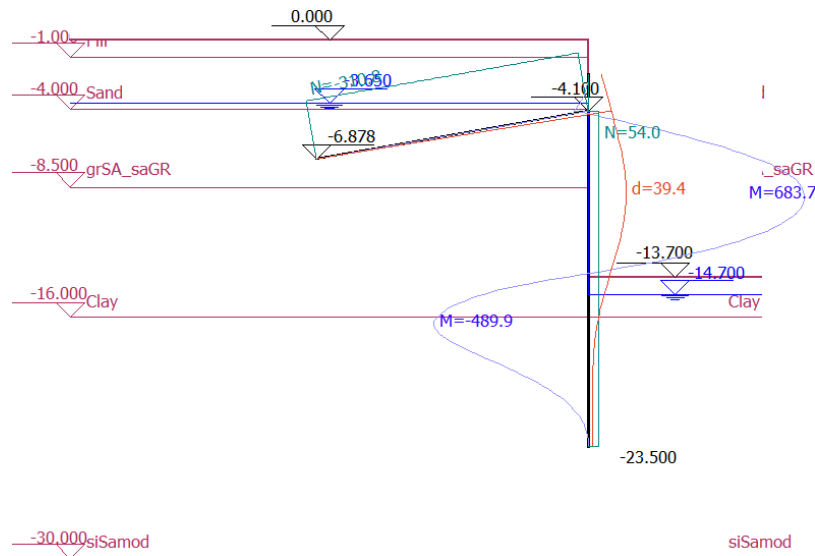


- ❑ Modelltípus megválasztása
- ❑ **Szerkezeti elemek modellezése**
- ❑ Talaj-szerkezet kölcsönhatás modellezése
- ❑ Terhelések modellezése
- ❑ Építési fázisok
- ❑ Esettanulmány

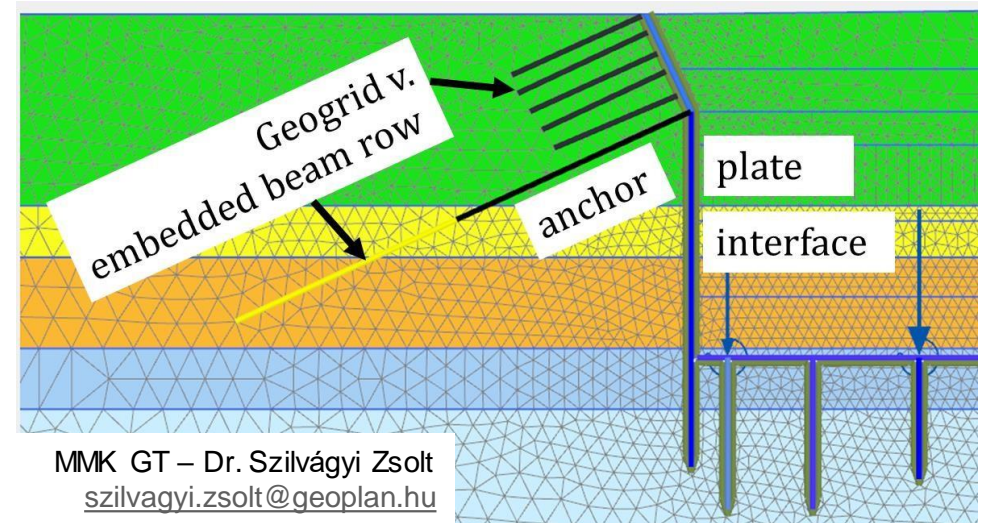
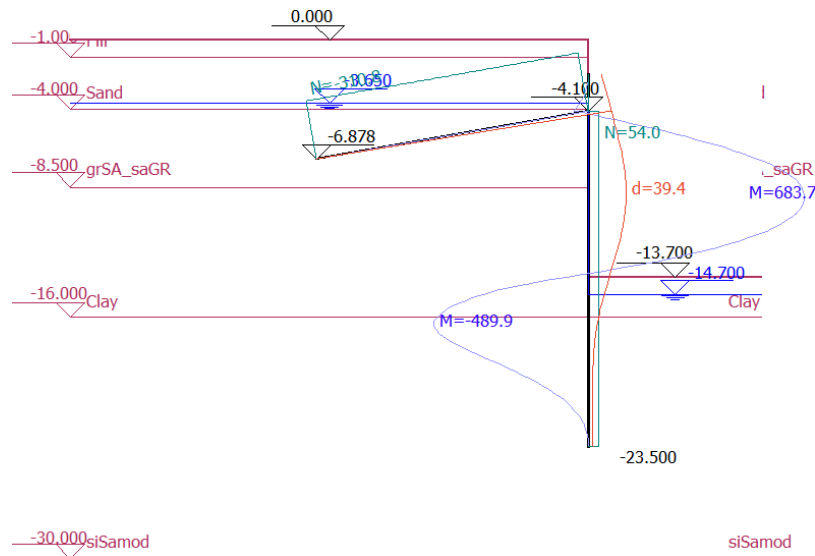


(Ray, Scharle, Szepesházi 2013)

- Szerkezeti elemek modellezése
  - Falszerkezet
  - Talajhorgony
  - Acél csőtámasz/támaszfödém
  - (Alaplemez) – Winklerben mint támasz
  - (Szegezett löttbeton, cölöp) – csak VEM

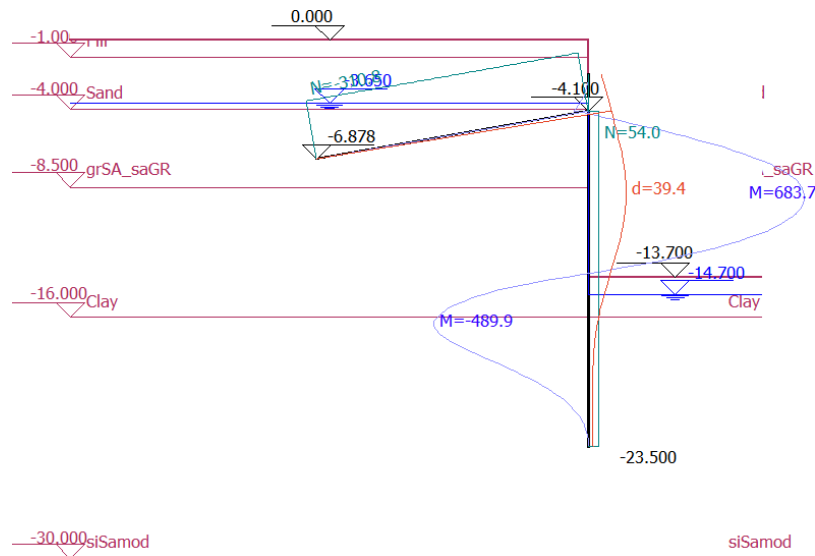


- Falszerkezet – rugalmas ágyazású modell
  - Mindlin lemezelmélet:  $u_x$ ,  $u_y$ ,  $\phi$ , lin. rug.
  - $EI$  [kNm<sup>2</sup>/m] hajlítási merevség
  - $(EA$  [kN/m] normálmerevség)
  - $w$  [kN/m/m] térfogatsúly
  - Alapértelmezés: lin. rug



## □ Falszerkezet – rugalmas ágyazású modell

- Mindlin lemezelmélet:  $u_x$ ,  $u_y$ ,  $\phi$ , lin. rug.
- $EI$  [kNm<sup>2</sup>/m] hajlítási merevség
- $(EA$  [kN/m] normálmerevség)
- $w$  [kN/m/m] térfogatsúly
- Alapértelmezés: lin. rug



## □ Rugalmassági modulus

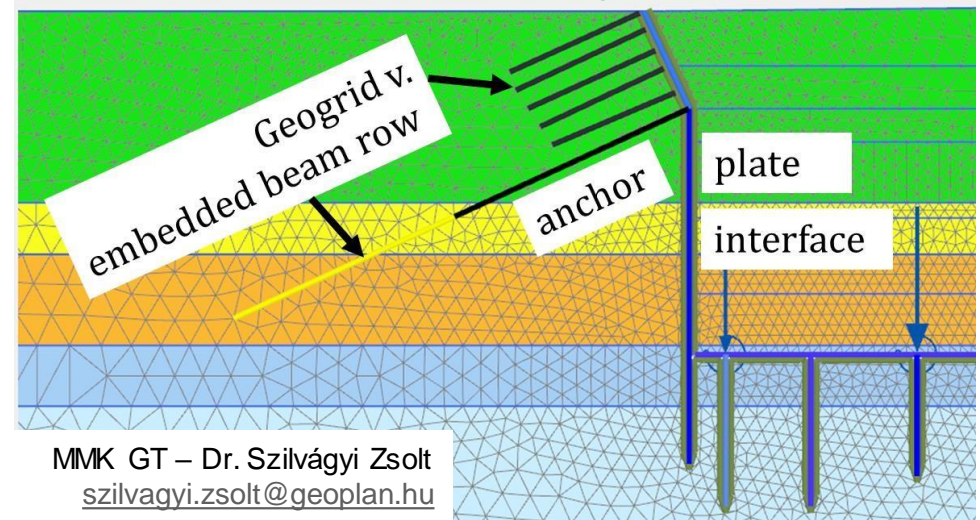
- MSZ EN 1992

$t \sim 28$  nap  $E \sim 30-33$  GPa

$t = \infty$  nap  $E \sim 10,5-11$  GPa

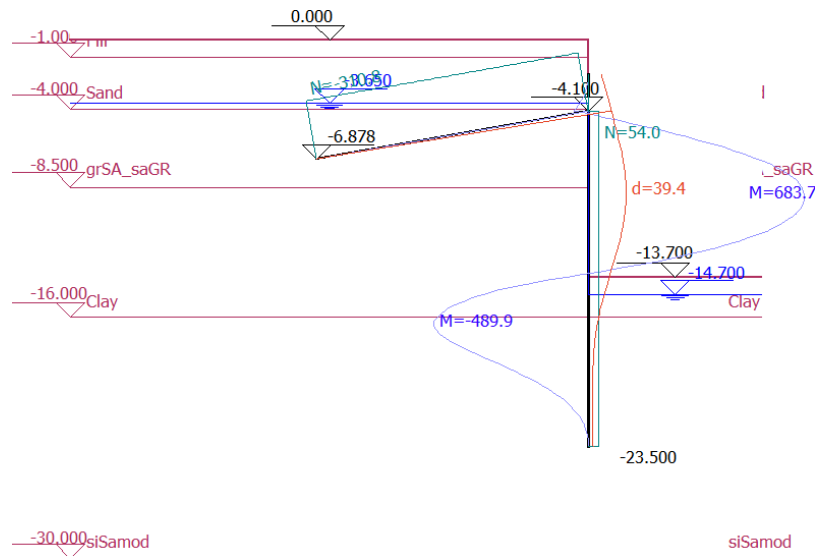
- Jellemző gyakorlat

$E \sim 20$  GPa berepedés figyelembe vétele



## □ Falszerkezet – rugalmas ágyazású modell

- Mindlin lemezelmélet:  $u_x$ ,  $u_y$ ,  $\phi$ , lin. rug.
- $EI$  [kNm<sup>2</sup>/m] hajlítási merevség
- $(EA$  [kN/m] normálmerevség)
- $w$  [kN/m/m] térfogatsúly
- Alapértelmezés: lin. rug



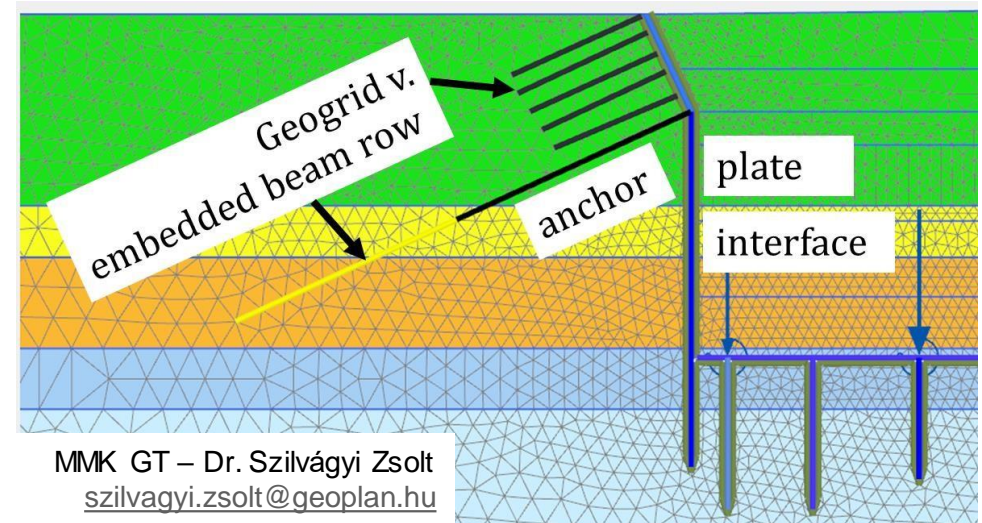
## □ Rugalmassági modulus

- Francia szabvány NF P 94-282

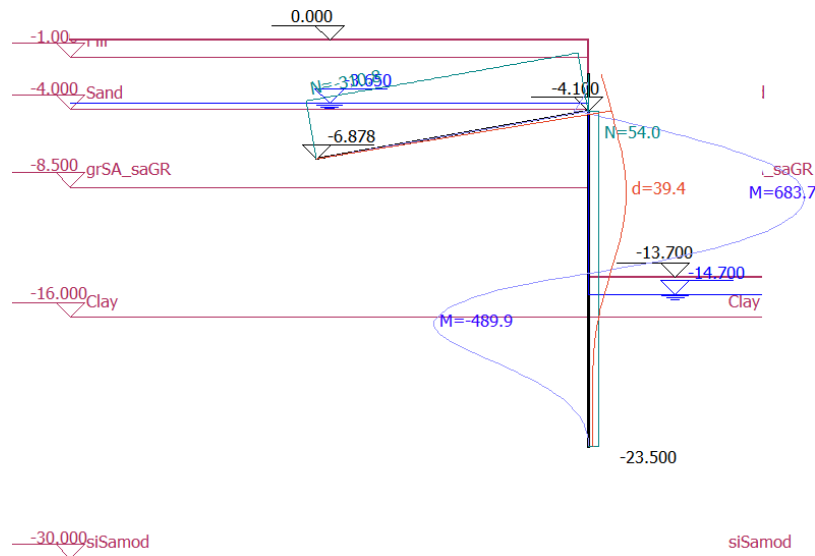
$E=20\text{GPa}$  ideiglenes állapotban

$E=10\text{GPa}$  végállapotban

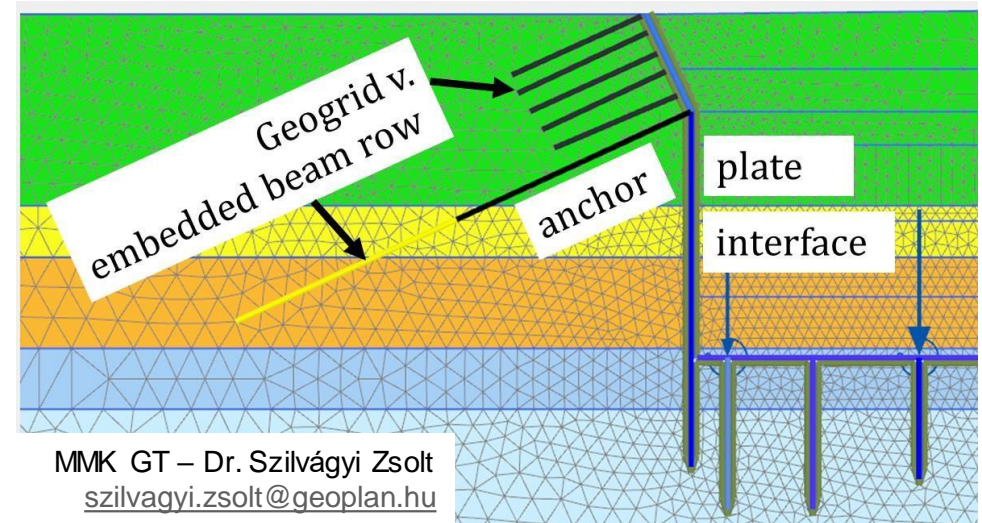
$E=30\text{GPa}$  sokszerű terhekre (pl. földrengés)



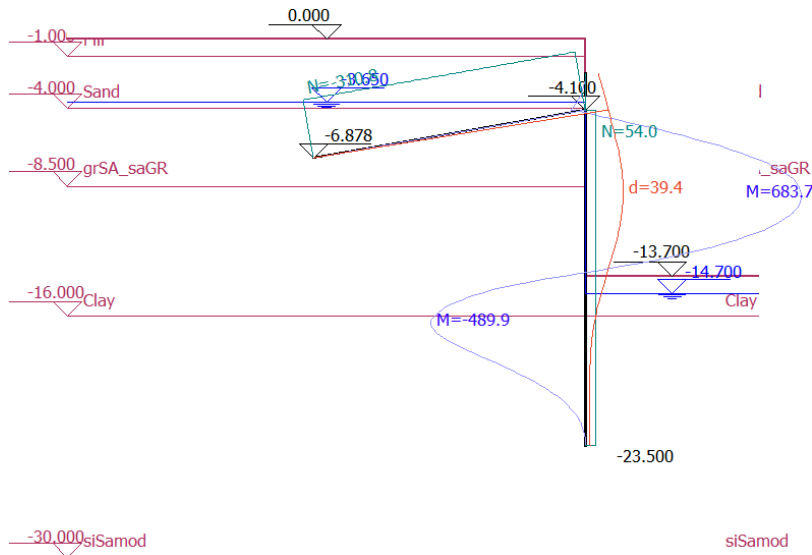
- Falszerkezet – rugalmas ágyazású modell
  - Mindlin lemezelmélet:  $u_x$ ,  $u_y$ ,  $\phi$ , lin. rug.
  - $EI$  [kNm<sup>2</sup>/m] hajlítási merevség
  - $(EA$  [kN/m] normálmerevség)
  - $w$  [kN/m/m] térfogatsúly
  - Alapértelmezés: lin. rug



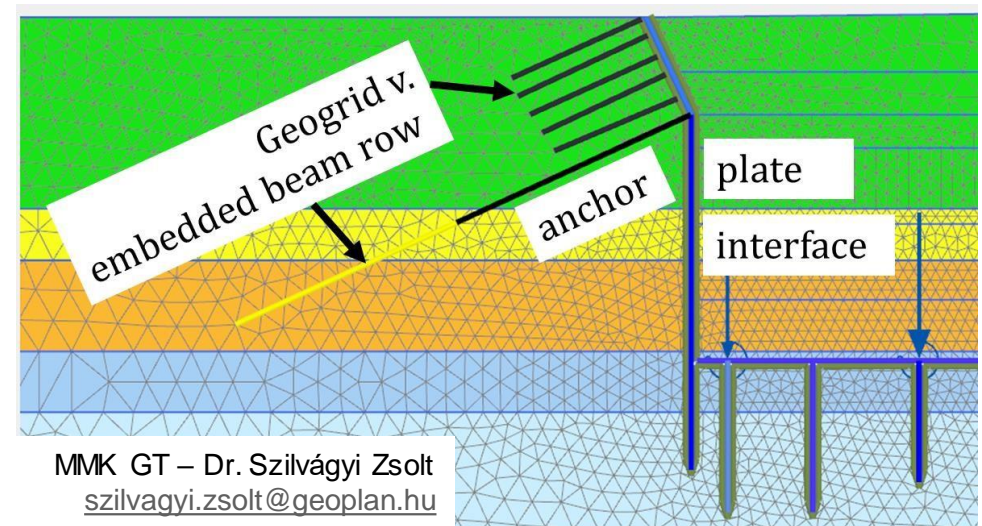
- VEM lehetőségek:
  - Rugalmas-képlékeny anyagmodell
  - Talpellenállás definiálása
  - Vízáteresztés szabályozása
  - Interface  $R_{inter} = 0.5-0.8$ , túlnyújtva
  - 2D térfogatelem vastag falhoz



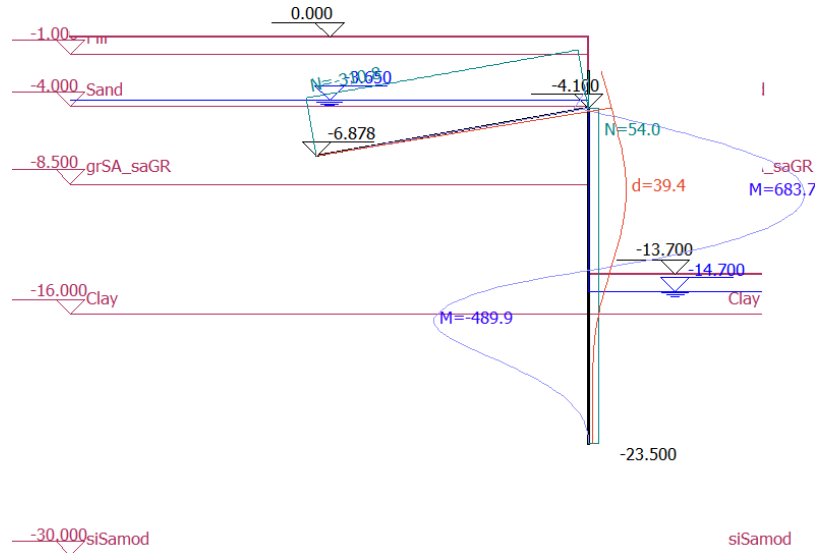
- Talajhorgony – rugalmas ágyazású modell
  - EA [kN/m] normálmerevség
  - Alaprajzi osztásköz [m]
  - Meredekség [°]
  - Elméleti szabad hossz (fiktív végpont) [m]
  - Előfeszítő erő [kN]
  - Alapértelmezés: lin. rug.



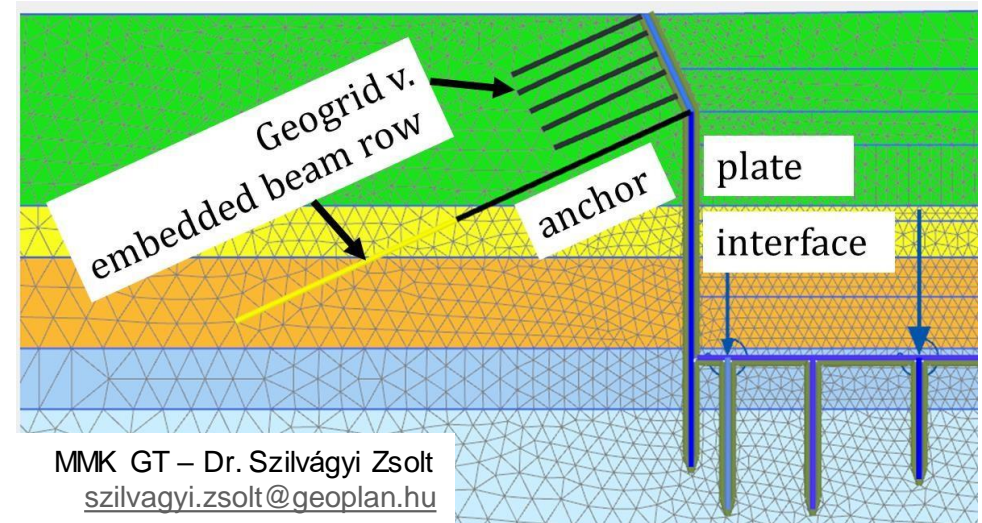
$$C_h = \frac{F_h}{s_h + \frac{0,5 \cdot F_h \cdot L_{hsz}}{A_h \cdot E_h}} \cdot \frac{1}{L_h}$$



- Talajhorgony – rugalmas ágyazású modell
  - EA [kN/m] normálmerevség
  - Alaprajzi osztásköz [m]
  - Meredekség [°]
  - Elméleti szabad hossz (fiktív végpont) [m]
  - Előfeszítő erő [kN]
  - Alapértelmezés: lin. rug.

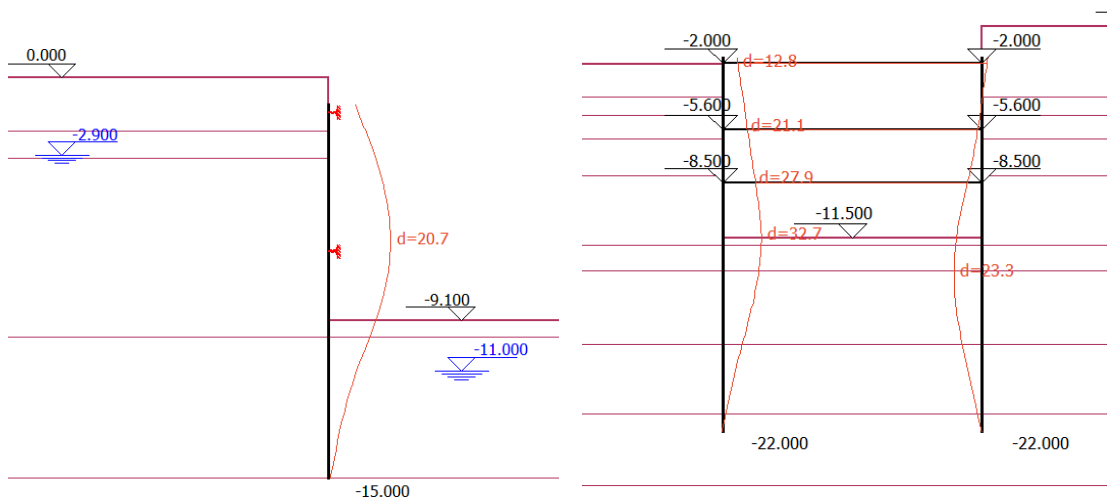


- VEM lehetőségek:
  - Befogott szakaszon „embedded beam row”
  - Rugalmas-képlékeny anyagmodell
  - Talpellenállás definiálása
  - Palástellenállás definiálása
  - ~~Elméleti szabad hossz (fiktív végpont) [m]~~

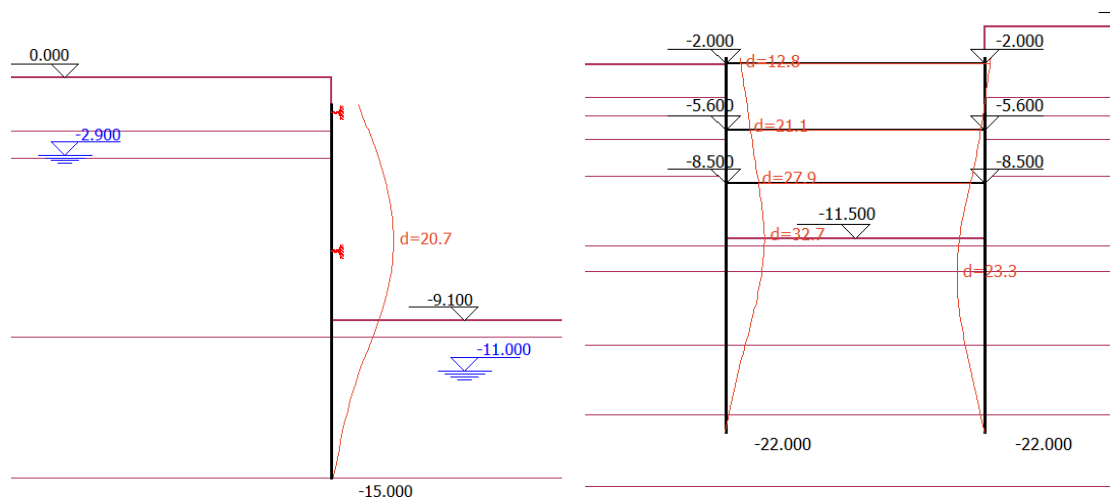




- Acél csőtámasz – rugalmas ágyazású modell
  - Opció 1 – rugalmas támasz
    - EA [kN/m] normálmerevség
    - Elfordulási merevség – jellemzően 0
  - Opció 2 – gerendaelem (több fal 1 modellben)
    - EA [kN/m] normálmerevség
    - Elfordulási merevség – jellemzően 0
    - (EI [kNm<sup>2</sup>/m] hajlítási merevség)
    - (w [kN/m/m] térfoaatsúlv)



- Acél csőtámasz – rugalmas ágyazású modell
  - Opció 1 – rugalmas támasz
    - EA [kN/m] normálmerevség
    - Elfordulási merevség – jellemzően 0
  - Opció 2 – gerendaelem (több fal 1 modellben)
    - EA [kN/m] normálmerevség
    - Elfordulási merevség – jellemzően 0
    - (EI [kNm<sup>2</sup>/m] hajlítási merevség)
    - (w [kN/m/m] térfogatsúly)



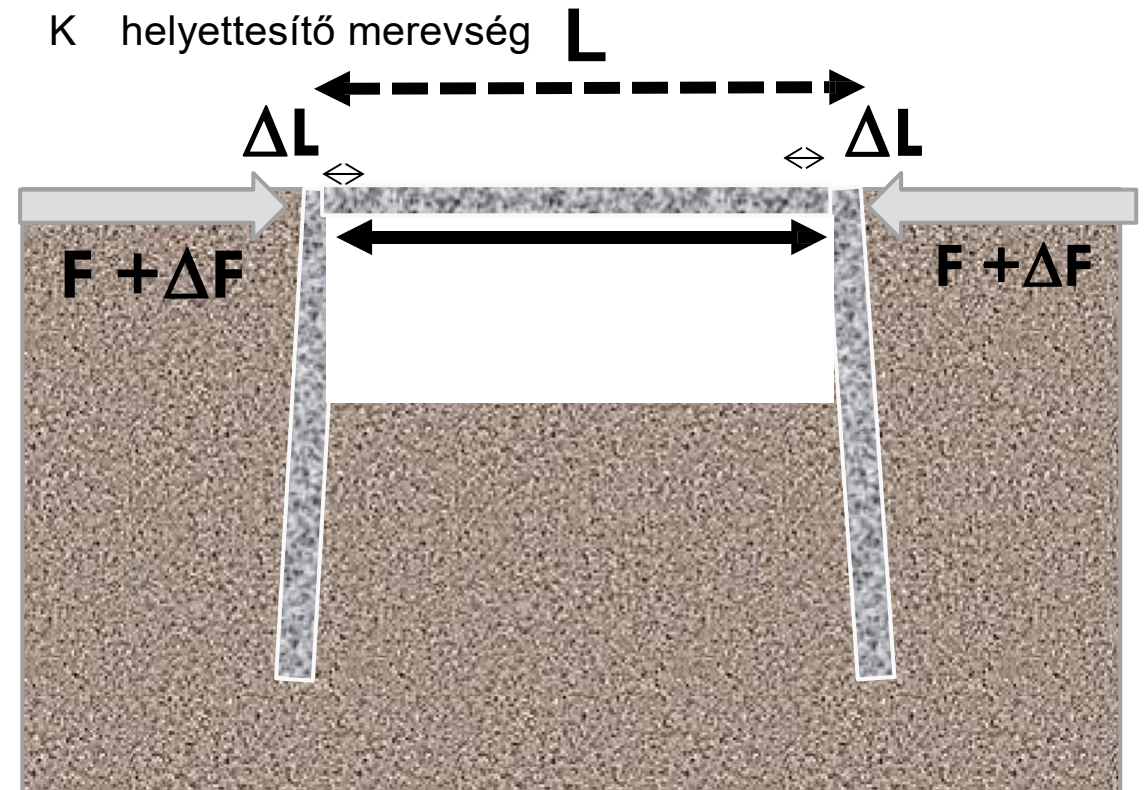
Falra merőleges csőtámasz  
 F szimmetrikus terhelés  
 E rugalmassági modulus  
 A csőtám km. Méret  
 L csőtám hossz  
 K helyettesítő merevség

Hooke törvény szerint

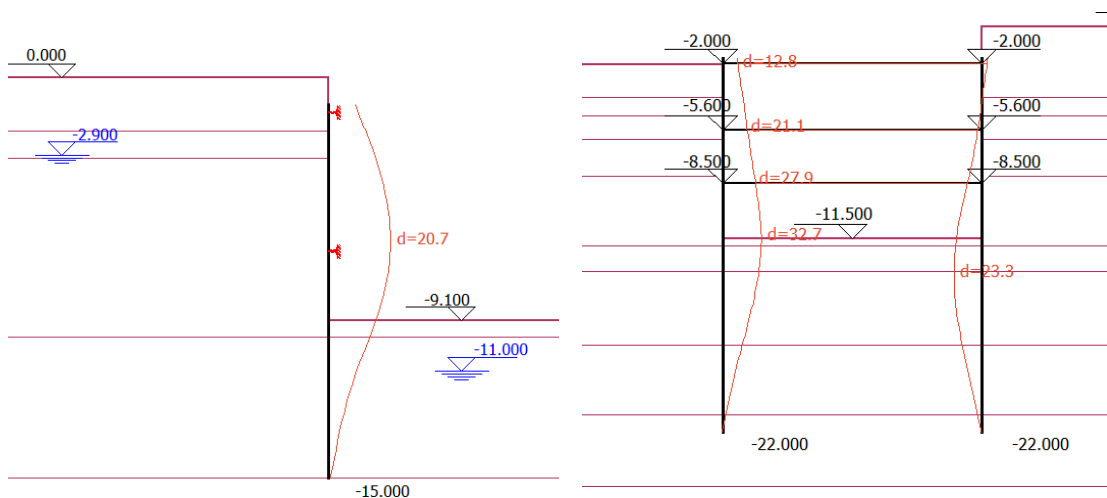
$$\Delta\sigma = \Delta\varepsilon E$$

$$\Delta F/A = (2 \cdot \Delta L/L) \cdot E$$

$$K = \Delta F/\Delta L = 2 \cdot E \cdot A/L$$



- Acél csőtámasz – rugalmas ágyazású modell
  - Opció 1 – rugalmas támasz
    - EA [kN/m] normálmerevség
    - Elfordulási merevség – jellemzően 0
  - Opció 2 – gerendaelem (több fal 1 modellben)
    - EA [kN/m] normálmerevség
    - Elfordulási merevség – jellemzően 0
    - (EI [kNm<sup>2</sup>/m] hajlítási merevség)
    - (w [kN/m/m] térfogatsúly)



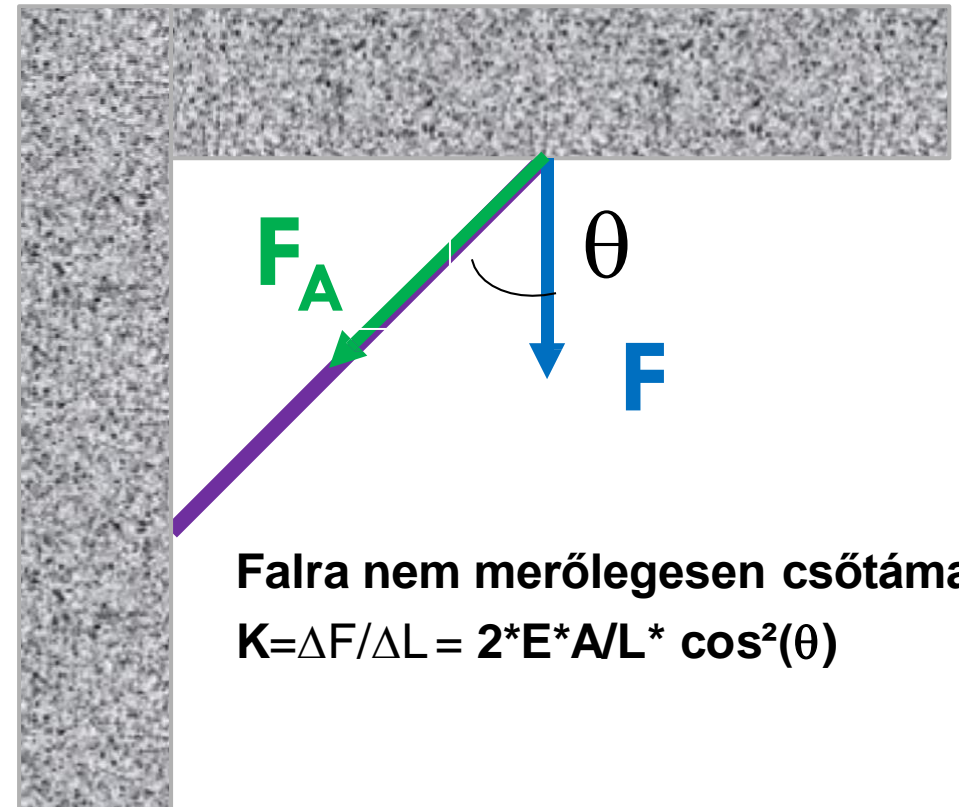
Falra merőleges csőtámasz  
 F szimmetrikus terhelés  
 E rugalmassági modulus  
 A csőtám km. Méret  
 L csőtám hossz  
 K helyettesítő merevség

Hooke törvény szerint

$$\Delta\sigma = \Delta\varepsilon E$$

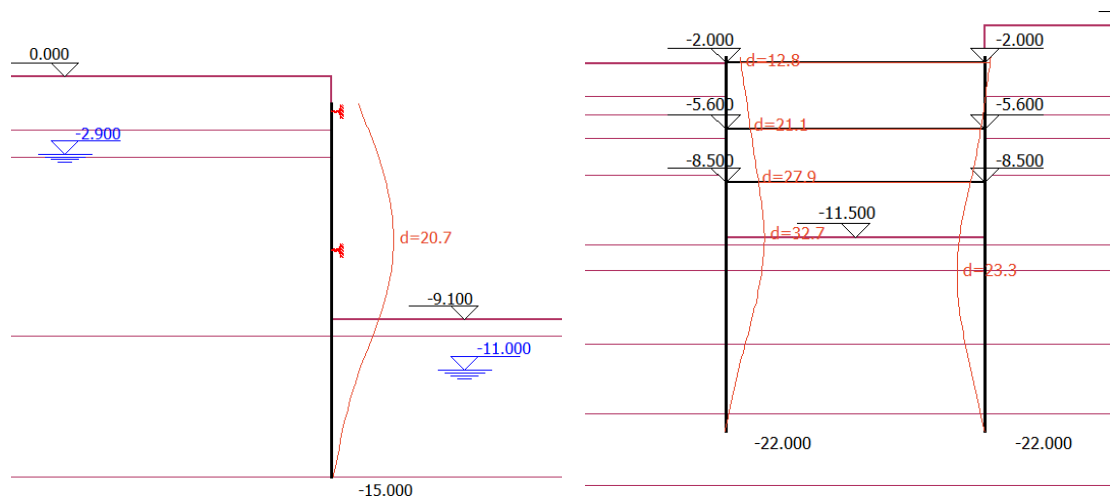
$$\Delta F/A = (2 \cdot \Delta L/L) \cdot E$$

$$K = \Delta F/\Delta L = 2 \cdot E \cdot A/L$$

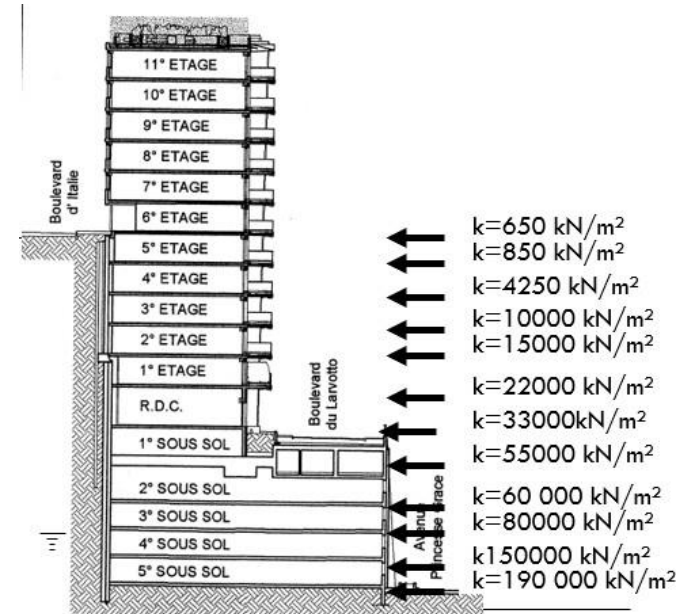


Falra nem merőlegesen csőtámasz  
 $K = \Delta F/\Delta L = 2 \cdot E \cdot A/L \cdot \cos^2(\theta)$

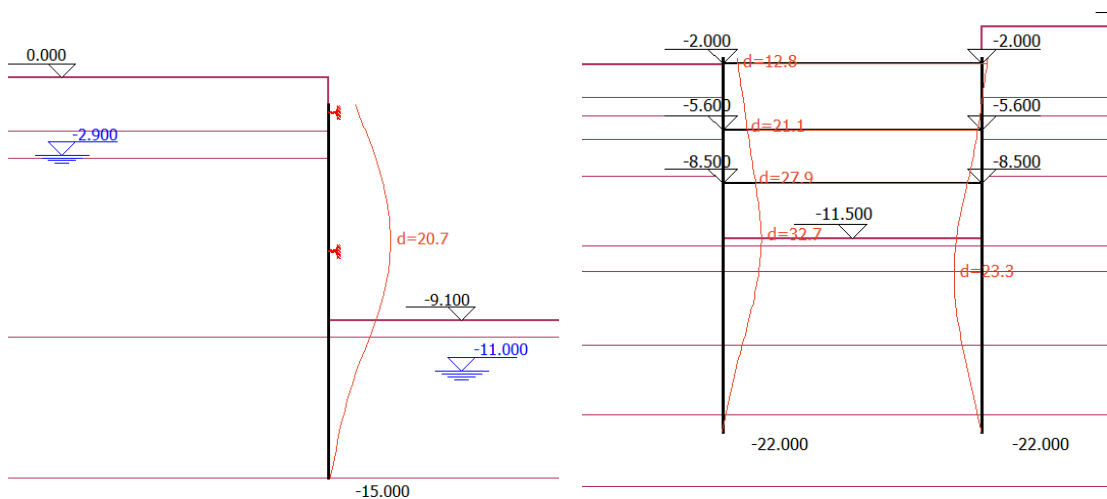
- Acél csőtámasz – rugalmas ágyazású modell
  - Opció 1 – rugalmas támasz
    - EA [kN/m] normálmerevség
    - Elfordulási merevség – jellemzően 0
  - Opció 2 – gerendaelem (több fal 1 modellben)
    - EA [kN/m] normálmerevség
    - Elfordulási merevség – jellemzően 0
    - (EI [kNm<sup>2</sup>/m] hajlítási merevség)
    - (w [kN/m/m] térfogatsúly)



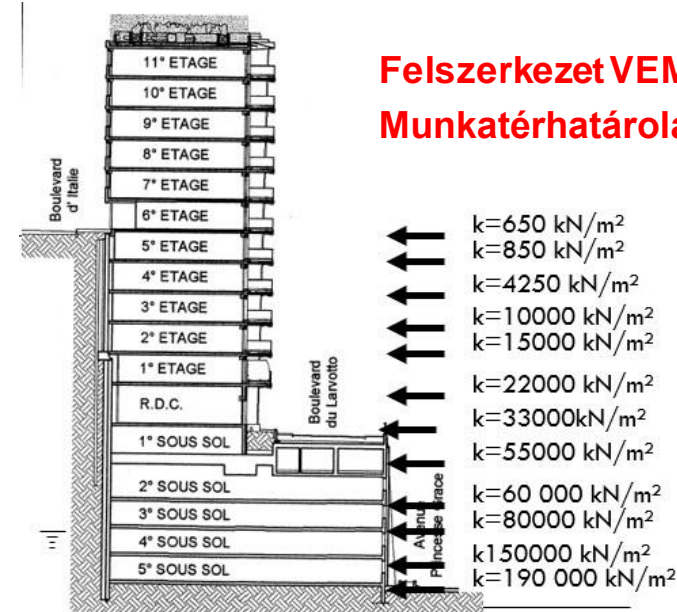
### Kiegyenlített terhelések esete



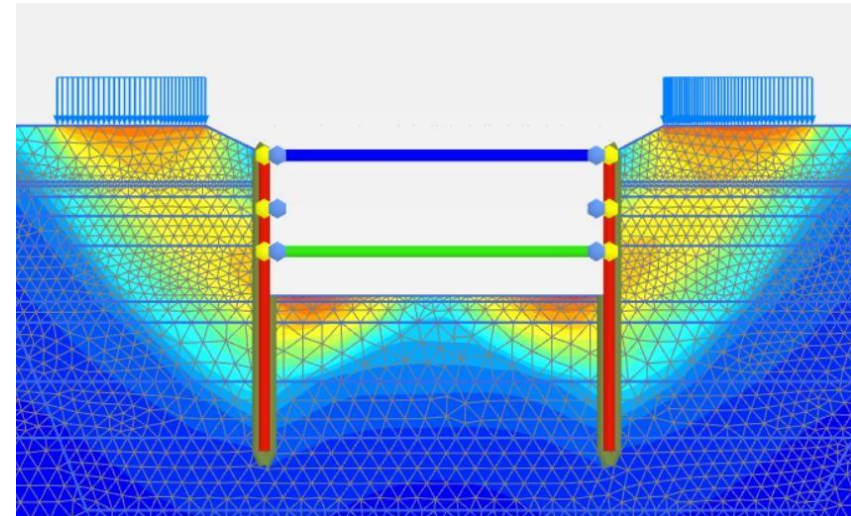
- Acél csőtámasz – rugalmas ágyazású modell
  - Opció 1 – rugalmas támasz
    - EA [kN/m] normálmerevség
    - Elfordulási merevség – jellemzően 0
  - Opció 2 – gerendaelem (több fal 1 modellben)
    - EA [kN/m] normálmerevség
    - Elfordulási merevség – jellemzően 0
    - (EI [kNm<sup>2</sup>/m] hajlítási merevség)
    - (w [kN/m/m] térfogatsúly)



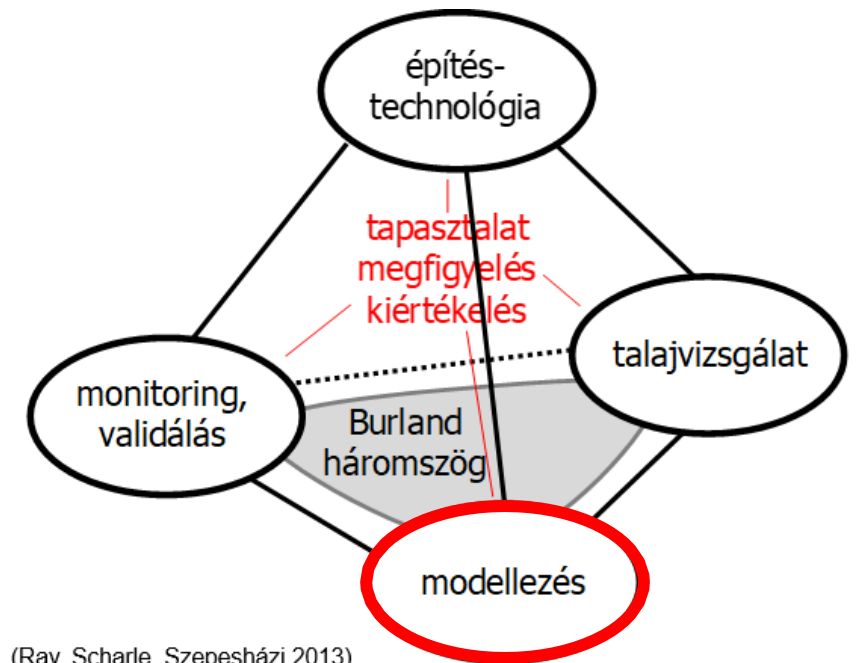
Kiegyenlített terhelések esete



**Felszerkezet VEM modell kalibráció**  
**Munkatérhatárolás VEM modell**



- Modelltípus megválasztása
- Szerkezeti elemek modellezése
- **Talaj-szerkezet kölcsönhatás modellezése**
- Esettanulmány

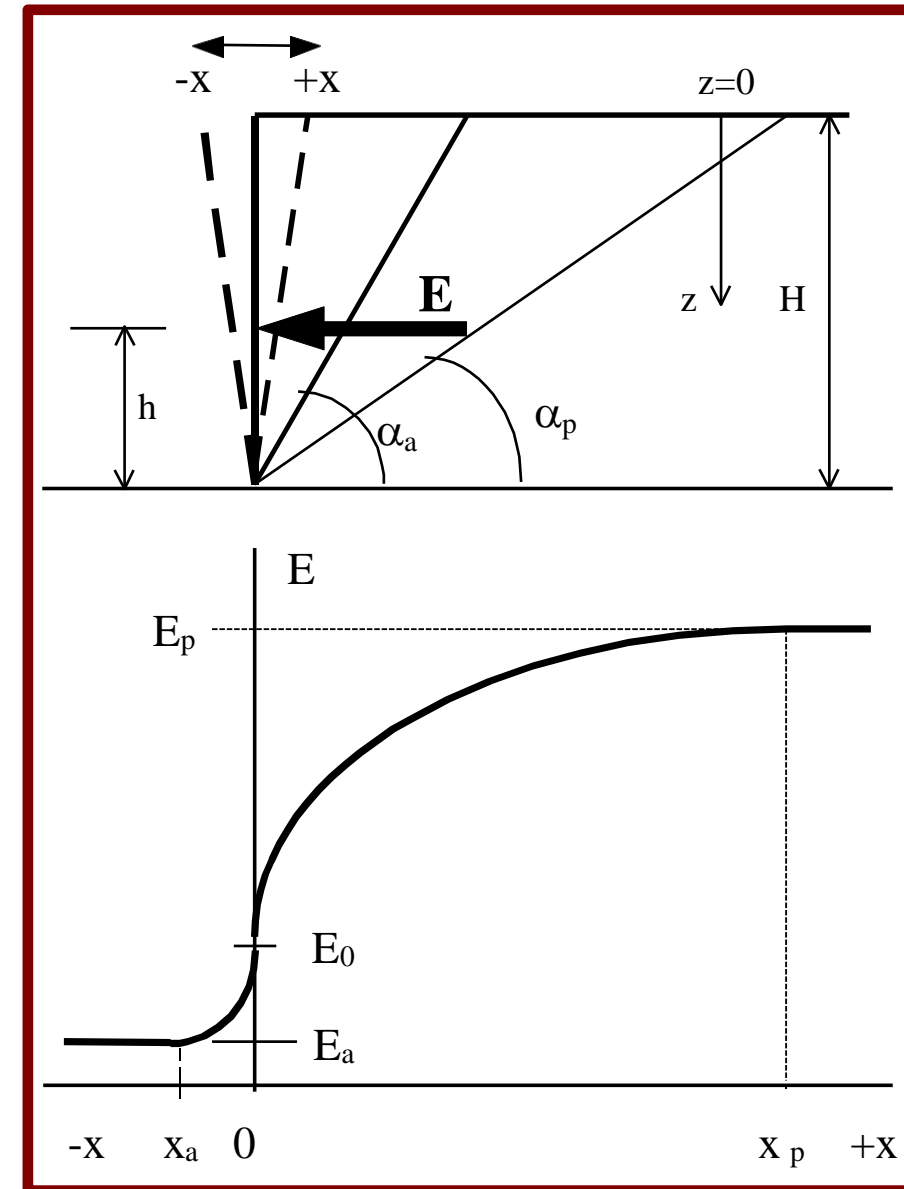
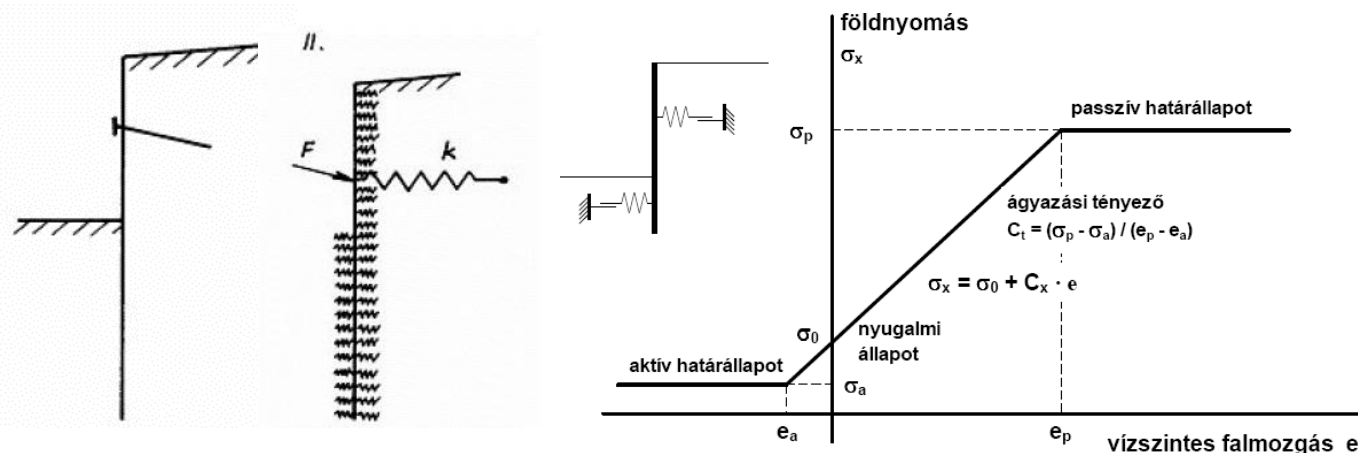


(Ray, Scharle, Szepesházi 2013)

- Talaj-szerkezet kölcsönhatás – rugalmas ágyazású modell
  - Fal terhelései:
    - Földnyomás – analitikus elméletek
    - Felszíni terhek – analitikus feszültségterjedési elméletek
  - Talaj-fal határfelületen rugalmas megtámasztás
    - Rugómerevség:
 

$\sigma = k \cdot w$	
$\sigma$	feszültség
$k$	rugóállandó
$w$	elmozdulás

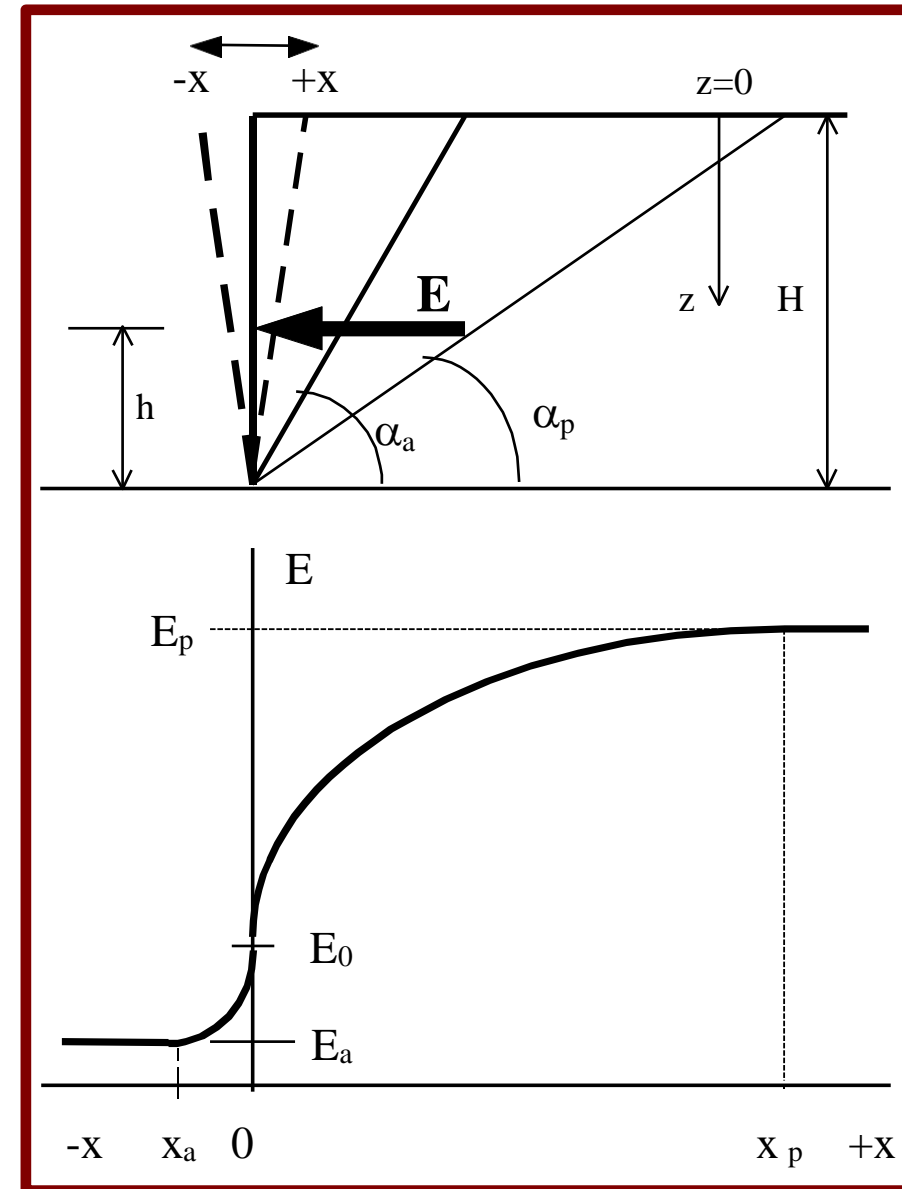
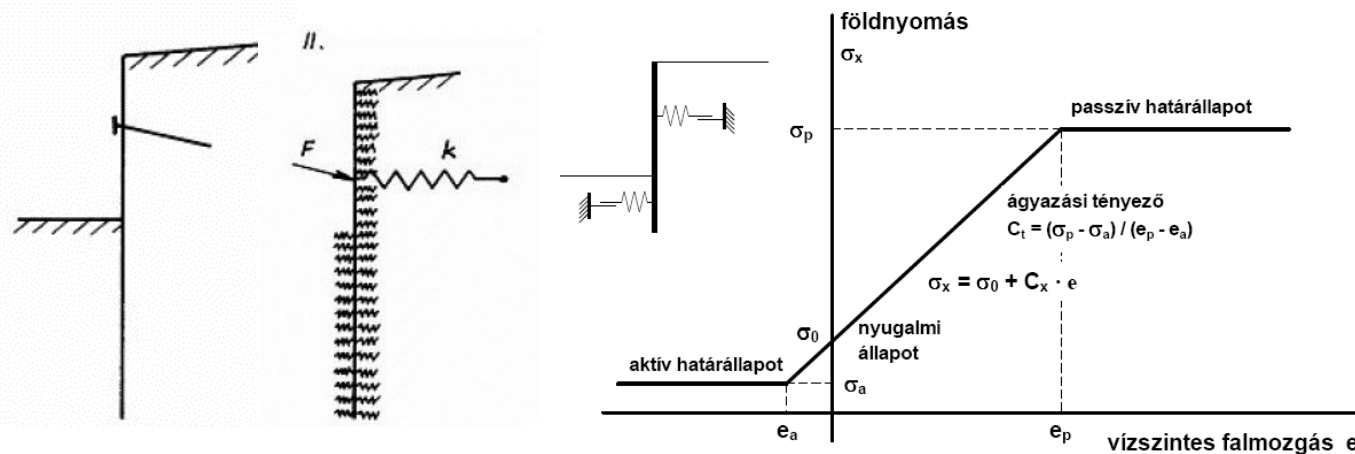
      - Húzásra - 0
      - Nyomásra - szakirodalmi analitikus/empirikus módszerek
  - Építési fázisok – fal és rugó „emlékszik” a megelőző fázisra



- Talaj-szerkezet kölcsönhatás – rugalmas ágyazású modell
  - Fal terhelései:
    - **Földnyomás – analitikus elméletek**
    - Felszíni terhek – analitikus feszültségterjedési elméletek
  - Talaj-fal határfelületen rugalmas megtámasztás
    - Rugómerevség:
 

$\sigma = k \cdot w$	
$\sigma$	feszültség
$k$	rugóállandó
$w$	elmozdulás

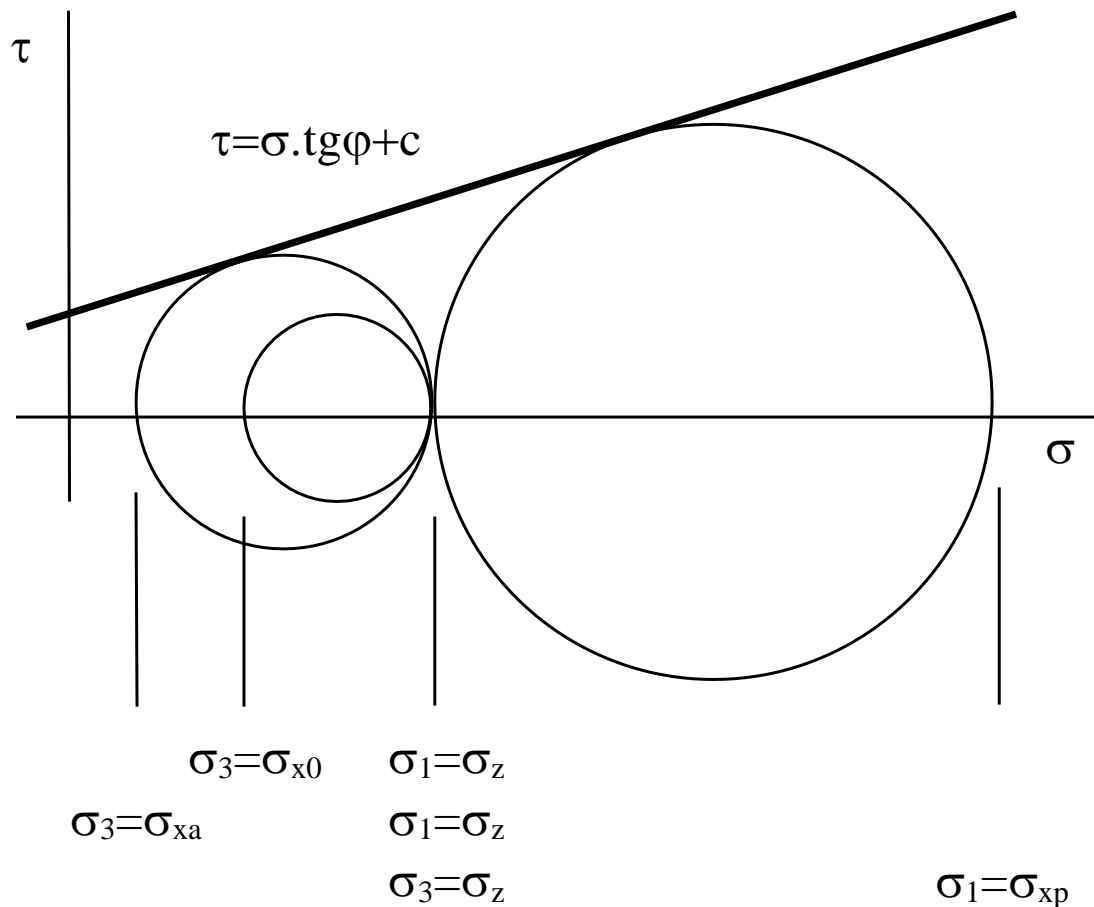
      - Húzásra - 0
      - Nyomásra - szakirodalmi analitikus/empirikus módszerek
  - Építési fázisok – fal és rugó „emlékszik” a megelőző fázisra





## □ Földnyomás – analitikus elméletek

Feszültségszámítás alapján – Rankine – földnyomás a falra ható erők eredője



□ Nyugalmi állapot

$$\begin{aligned} \sigma_z &= \sigma_1 & \sigma_x &= \sigma_3 \\ \sigma_x &= \sigma_{x0} = \sigma_z \cdot K_0 \\ K_0 &= (1 - \sin\varphi) \cdot \sqrt{(\text{OCR})} \end{aligned}$$

□ Aktív állapot

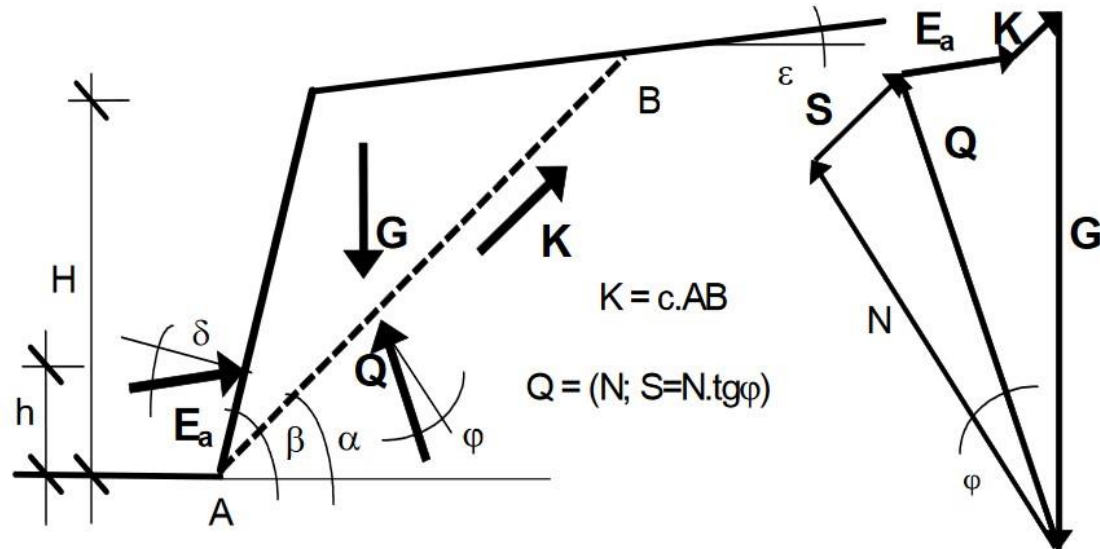
$$\begin{aligned} \sigma_z &= \sigma_1 & \sigma_{xa} &= \sigma_3 \\ \sigma_{xa} &= \sigma_z \cdot \text{tg}^2(45 - \varphi/2) - 2 \cdot c \cdot \text{tg}(45 - \varphi/2) \\ \sigma_{xa} &= (z \cdot \rho \cdot g + p) \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a} \end{aligned}$$

□ Passzív állapot

$$\begin{aligned} \sigma_z &= \sigma_3 & \sigma_{xp} &= \sigma_1 \\ \sigma_{xp} &= \sigma_z \cdot \text{tg}^2(45 + \varphi/2) + 2 \cdot c \cdot \text{tg}(45 + \varphi/2) \\ \sigma_{xp} &= (z \cdot \rho \cdot g + p) \cdot K_p + 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_p} \end{aligned}$$

□ Földnyomás – analitikus elméletek

Földékelmélet alapján – Coulomb – földnyomás a fal mögötti földéket egyensúlyozó erő



Mértékadó földnyomás keresés csúszólap helyzetének függvényében.

Alapeset - Coulomb

$\beta = 90$	$\epsilon = 0$	$\delta = 0$	$p \neq 0$	$c = 0$	$P = 0$
--------------	----------------	--------------	------------	---------	---------

Coulomb = Rankine  $K_a = \text{tg}^2(45 - \phi/2)$

Szemcsés háttöltés

$\beta \neq 90$	$\epsilon \neq 0$	$\delta \neq 0$	$p \neq 0$	$c = 0$	$P = 0$
-----------------	-------------------	-----------------	------------	---------	---------

Rankine nyomán, de  $K_a = f(\phi; \beta; \epsilon; \delta)$

Kohéziós talaj

$\beta \neq 90$	$\epsilon \neq 0$	$\delta \neq 0$	$p \neq 0$	$c \neq 0$	$P = 0$
-----------------	-------------------	-----------------	------------	------------	---------

Gross megoldása (Példatár 2.6. feladat)

□ Tetszőleges peremfeltételek

$\beta \neq 90$	$\epsilon \neq 0$	$\delta \neq 0$	$p \neq 0$	$c \neq 0$	$P \neq 0$
-----------------	-------------------	-----------------	------------	------------	------------

Szerkesztés – szélsőérték-megállapítás az  $E = f(\alpha)$  felrajzolásával

## □ Földnyomás – analitikus elméletek

Aktív földnyomás

$\beta \neq 90$

$\varepsilon \neq 0$

$\delta \neq 0$

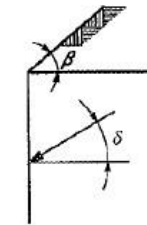
$p \neq 0$

$c \neq 0$

$P = 0$  esetben

közelítésként a „Coulomb = Rankine elv” (elvileg helytelen) kiterjesztésével

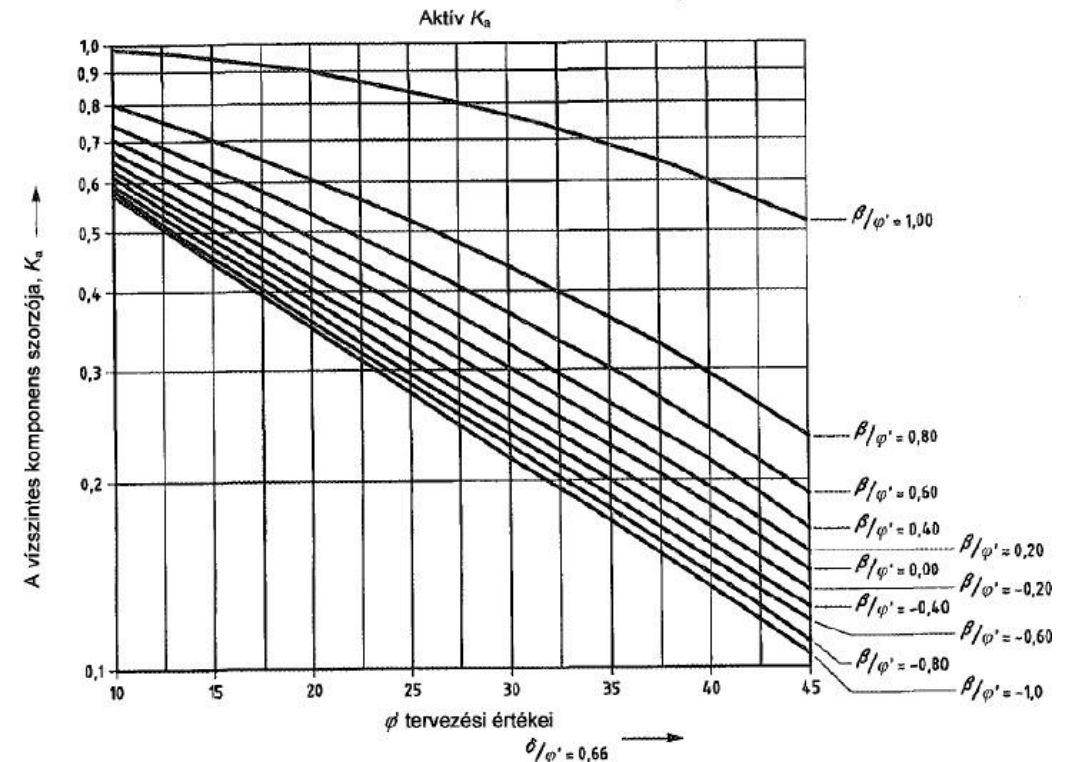
Földnyomási szorzók  
az Eurocode 7 szerint



$$\sigma_{xa} = (p + z \cdot \rho \cdot g) \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

$$K_a = \frac{\sin^2(\beta - \varphi)}{\sin^2\beta \cdot \left[ \sqrt{\sin(\beta + \delta)} + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \varepsilon)}{\sin(\beta - \varepsilon)}} \right]^2}$$

... különböző peremfeltételek esetére  
levezetett különböző megoldások a  
szakirodalomban és beépítve a szoftverekbe



## □ Földnyomás – analitikus elméletek

Passzív földnyomás

$\beta \neq 90$

$\varepsilon \neq 0$

$\delta \neq 0$

$p \neq 0$

$c \neq 0$

$P = 0$  esetben

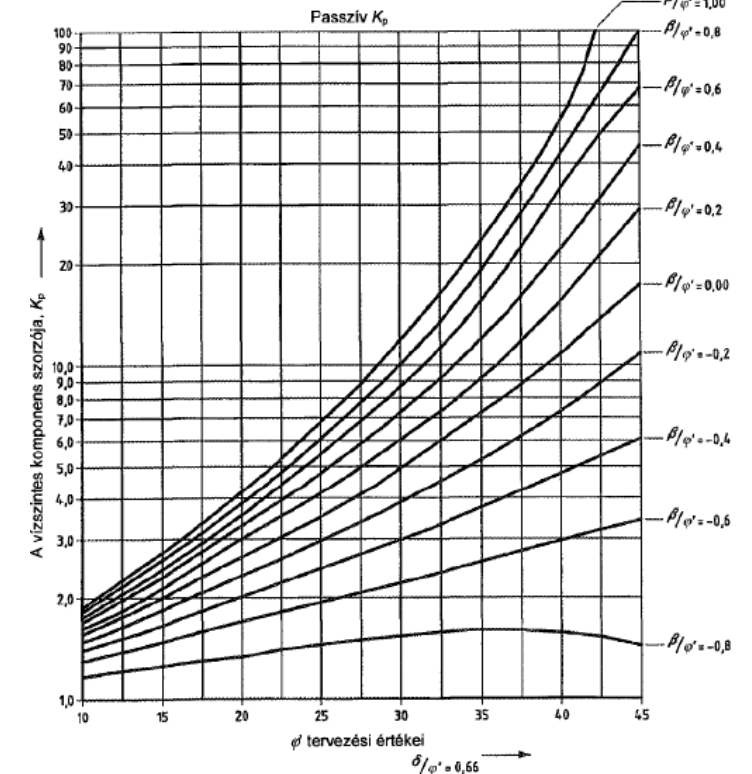
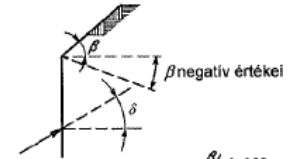
közelítésként a „Coulomb = Rankine elv” (elvileg helytelen) kiterjesztésével

$$\sigma_{xp} = (p + z \cdot \gamma) \cdot K_p + 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_p}$$

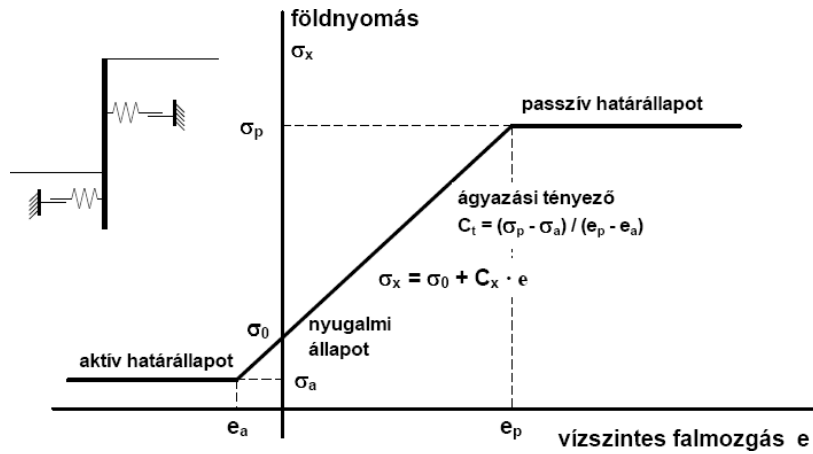
$$K_p = \frac{\sin^2(\beta + \varphi)}{\sin^2\beta \cdot \left[ \sqrt{\sin(\beta + \delta)} - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \varepsilon)}{\sin(\beta - \varepsilon)}} \right]^2}$$

... különböző peremfeltételek esetére  
levezetett különböző megoldások a  
szakirodalomban és beépítve a szoftverekbe

Földnyomási szorzók  
az Eurocode 7 szerint

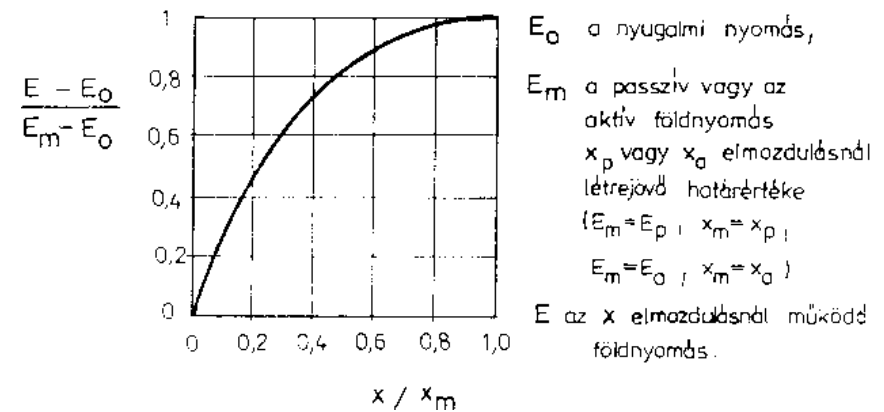
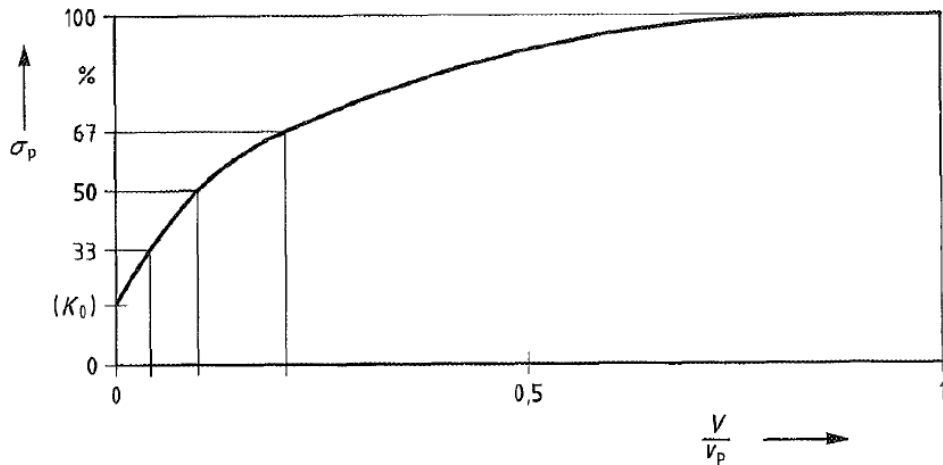


□ Földnyomás – mobilizálódáshoz szükséges elmozdulások határértékei

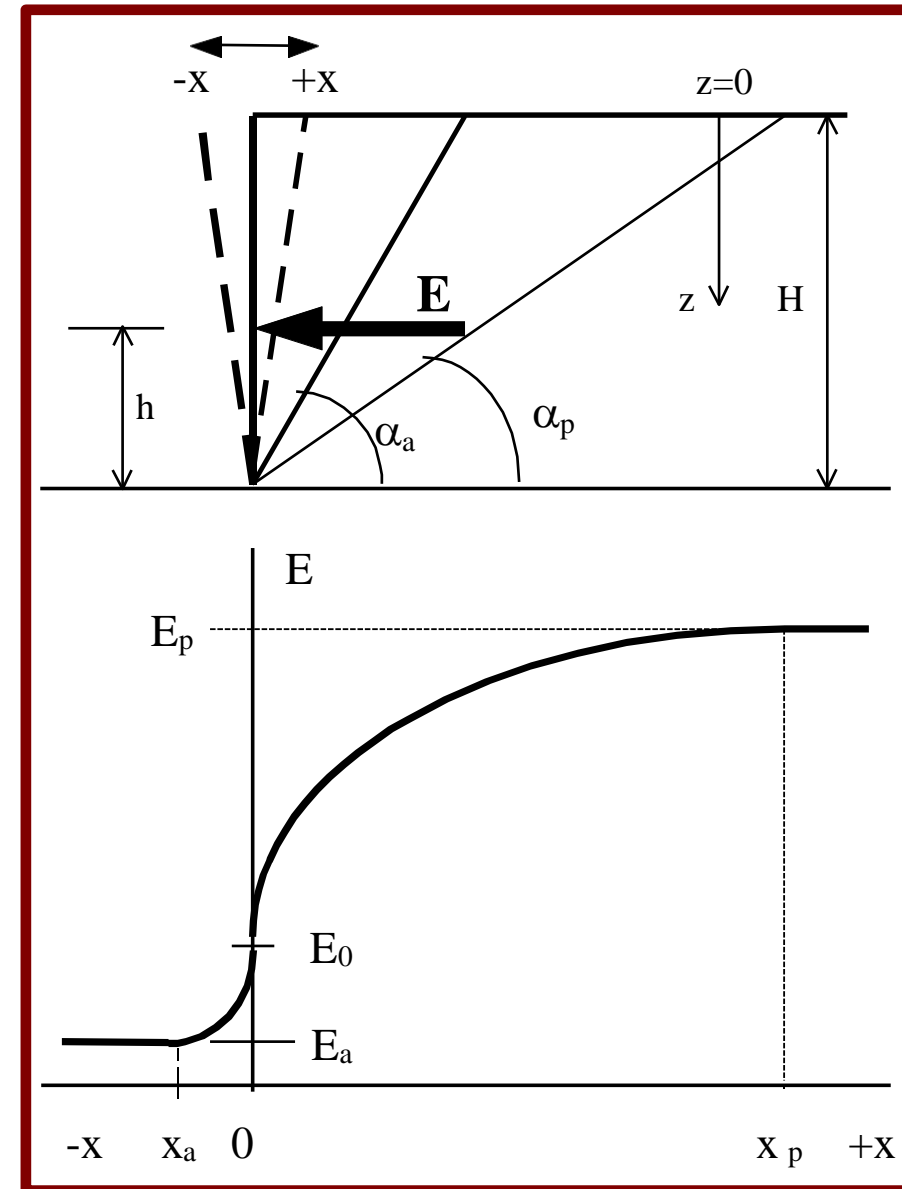
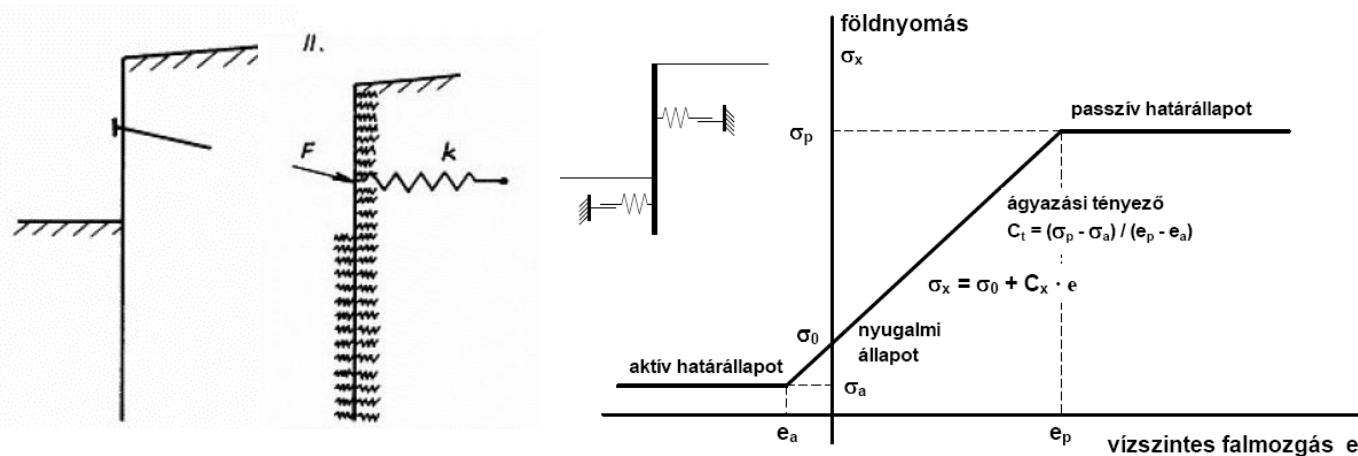


A földnyomások határértékéhez szükséges mozgás

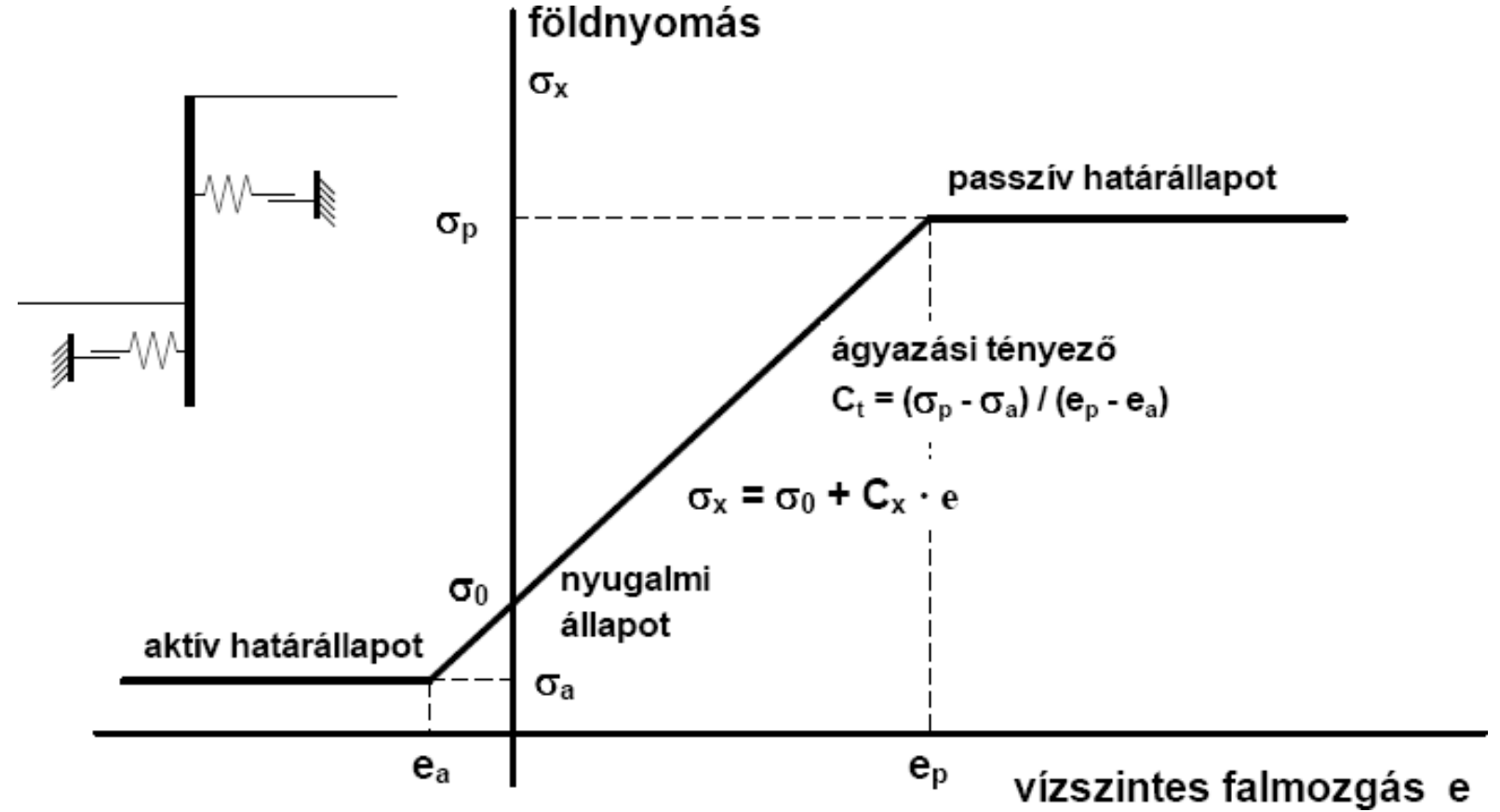
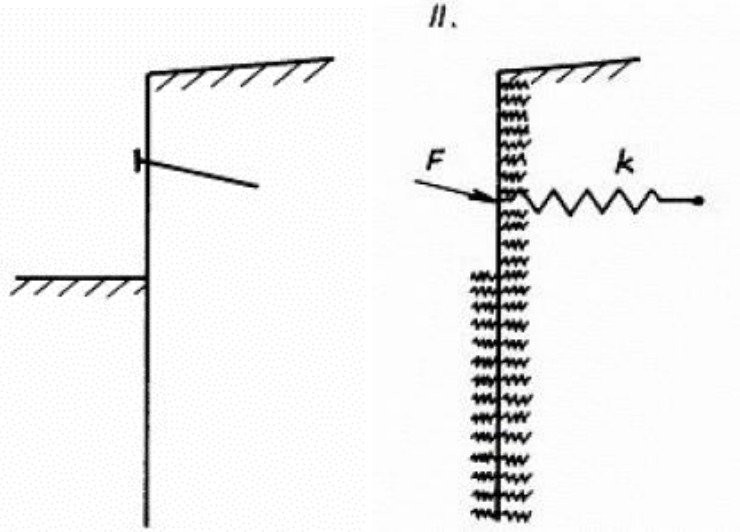
A falmozgás jellege, geometriai adatai		laza		tömör		laza		tömör	
		$x_a$	$x_p$	$x_a$	$x_p$	$x_a$	$x_p$	$x_a$	$x_p$
tömörség		laza	tömör	laza	tömör	laza	tömör	laza	tömör
aktív állapot	$x_a$	0,004 – 0,005	0,001 – 0,002	0,002 – 0,003	0,005 – 0,001	0,008 – 0,01	0,002 – 0,004	0,004 – 0,005	0,001 – 0,002
passzív állapot	$x_p$	0,3	0,1	0,1	0,005	0,15	0,005	—	—



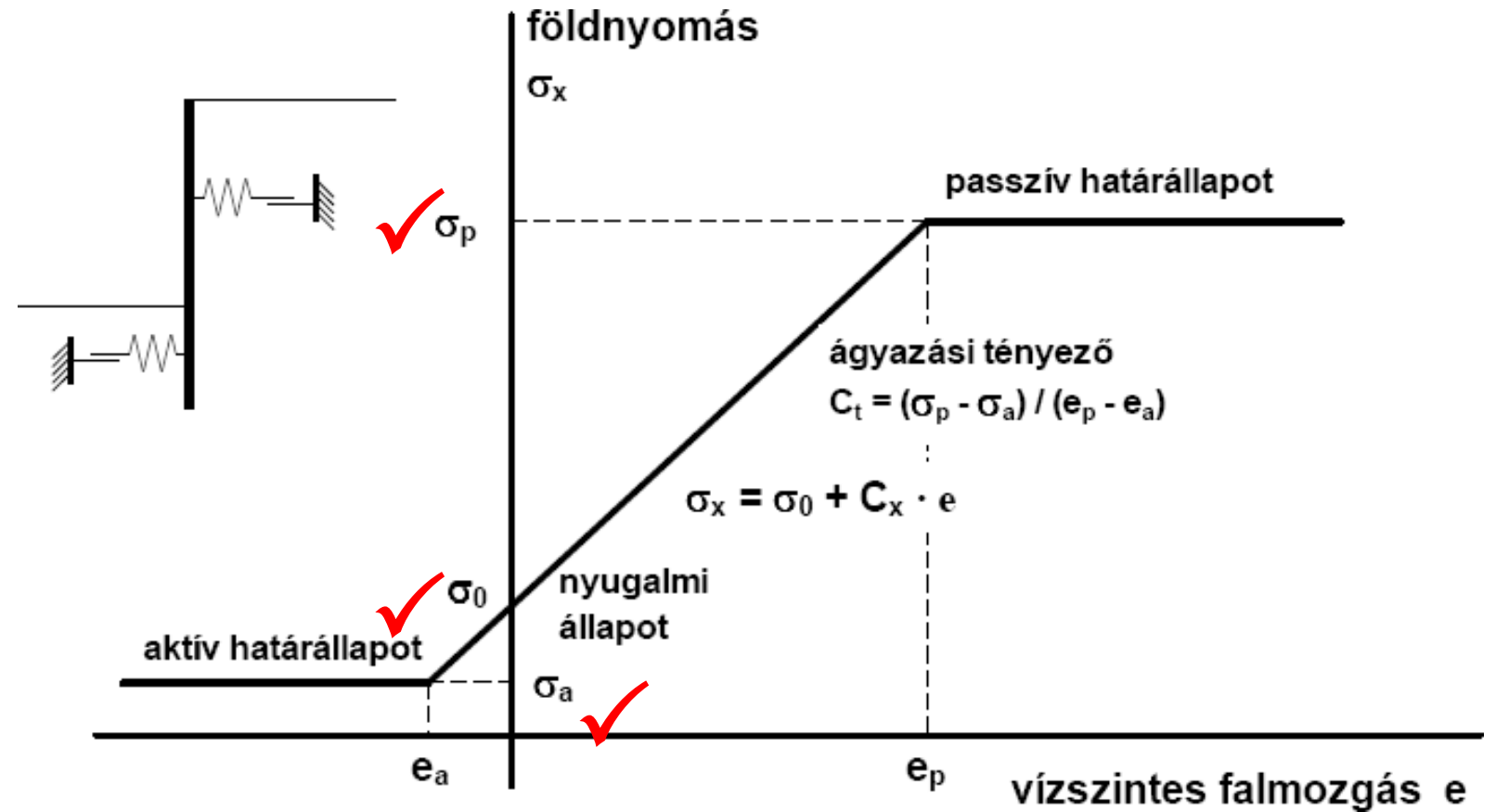
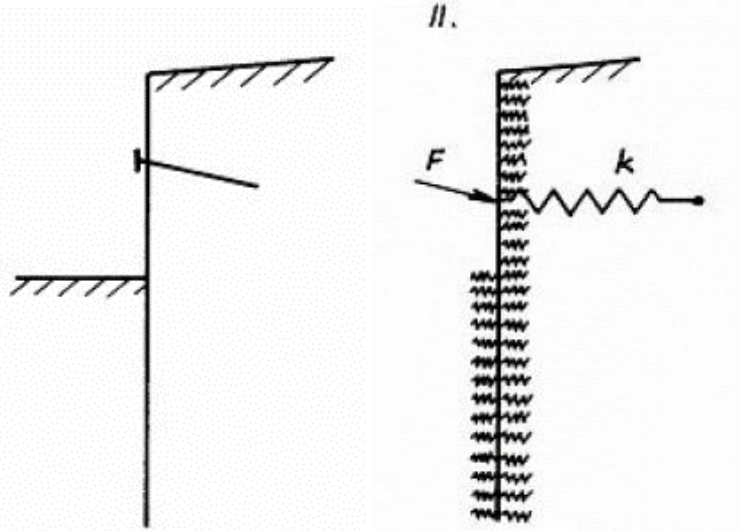
- Talaj-szerkezet kölcsönhatás – rugalmas ágyazású modell
  - Fal terhelései:
    - Földnyomás – analitikus elméletek
    - Felszíni terhek – analitikus feszültségterjedési elméletek
  - **Talaj-fal határfelületen rugalmas megtámasztás**
    - Rugómerevség:  $\sigma = k \cdot w$ 
      - $\sigma$  feszültség
      - $k$  rugóállandó
      - $w$  elmozdulás
    - Húzásra - 0
    - Nyomásra - szakirodalmi analitikus/empirikus módszerek
  - Építési fázisok – fal és rugó „emlékszik” a megelőző fázisra



## □ Talaj-fal határfelületen rugalmas megtámasztás

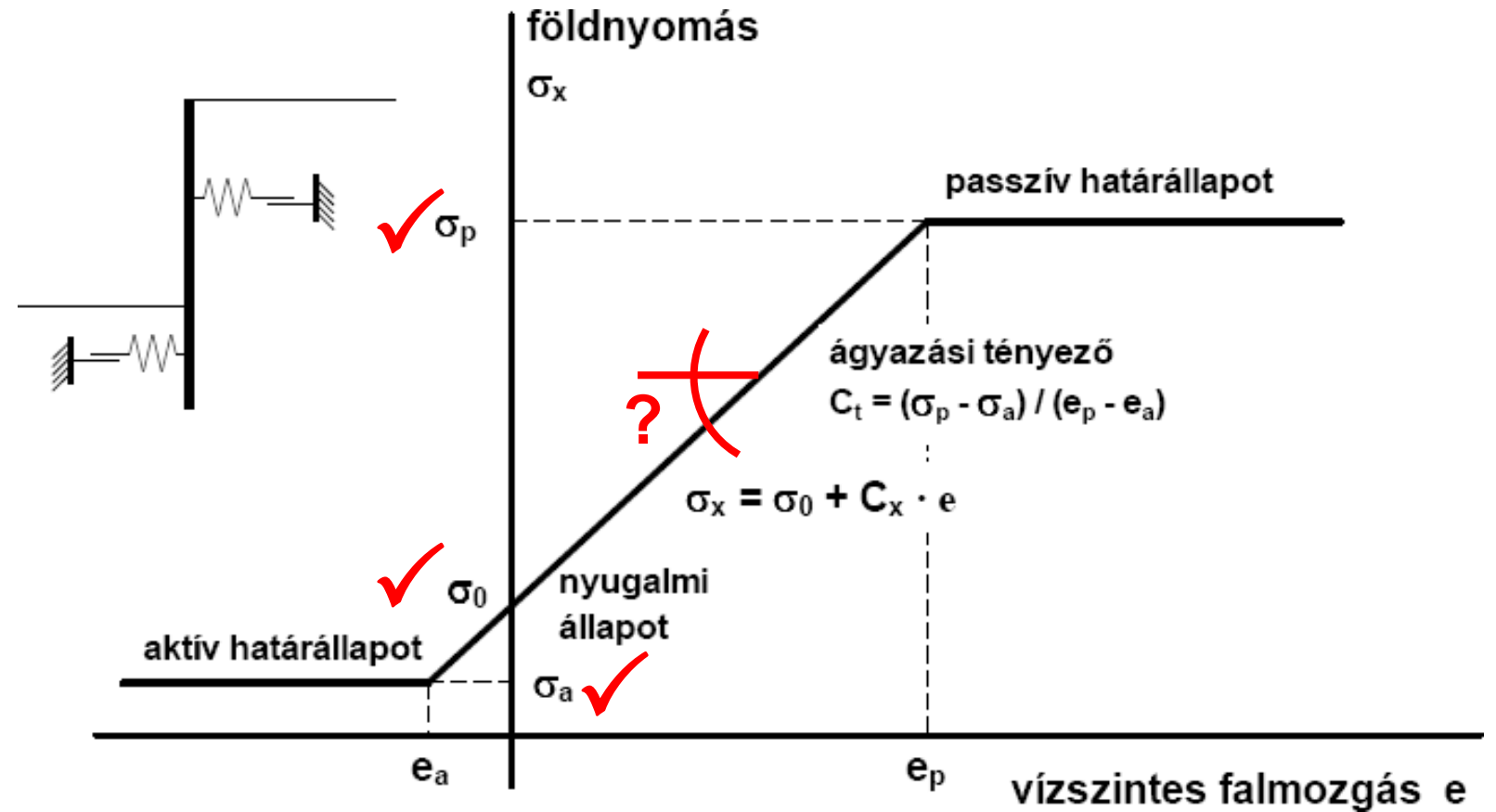
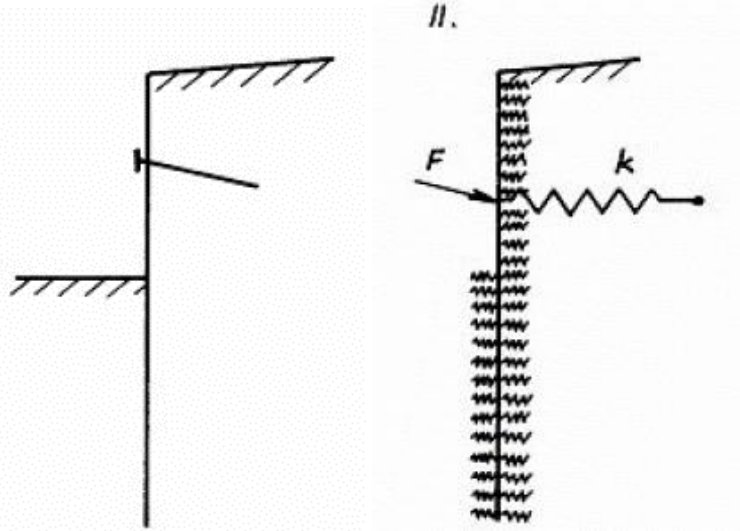


## □ Talaj-fal határfelületen rugalmas megtámasztás





## □ Talaj-fal határfelületen rugalmas megtámasztás



▣ Talaj-fal határfelületen rugalmas megtámasztás

Ménárd

$$K_h = \frac{E_M}{\frac{\alpha \cdot a}{2} + 0,133 \cdot (9 \cdot a)^\alpha}$$

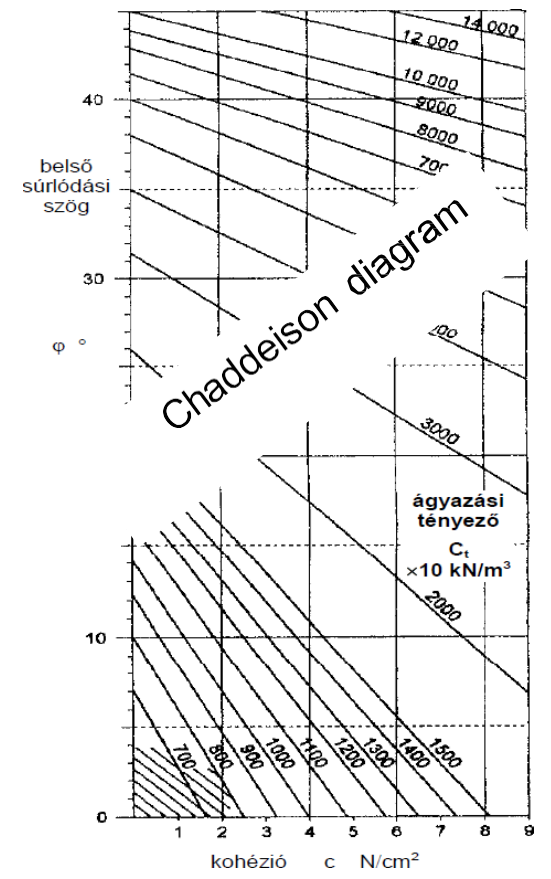
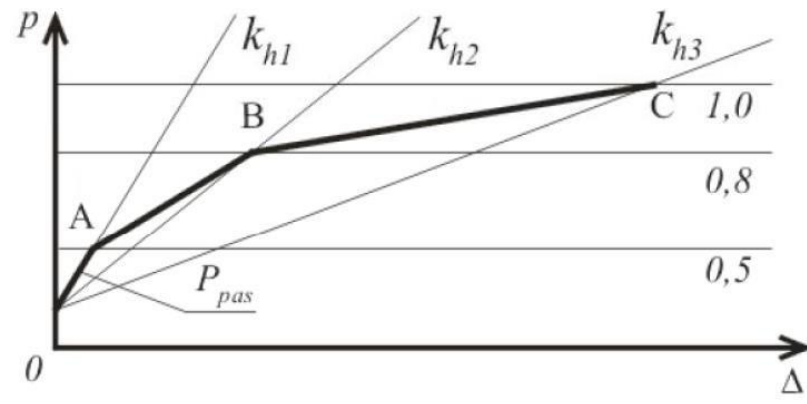
Schmitt szerint

$$K_h = 2,1 \cdot \sqrt[3]{\frac{E_s^4}{E \cdot I}}$$

Chaddeison

$$= 20 \cdot EI \cdot \left( \frac{K_p \cdot \gamma \cdot \left(1 - \frac{K_0}{K_p}\right)^4}{s_{t\phi}} \right)^{1/5} + A_p \cdot c' \cdot \frac{\tanh\left(\frac{c}{c_0}\right)}{s_{tc}}$$

CUR 166



## □ Talaj-fal határfelületen rugalmas megtámasztás

Francia szabvány NF P 94-282

### Schmitt-féle eljárás – empirikus formula

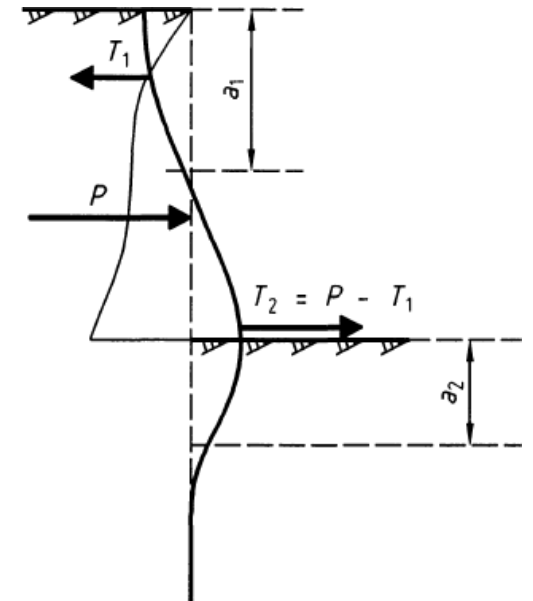
$$k_h = 2 \frac{\left(\frac{E_M}{\alpha}\right)^{\frac{4}{3}}}{\left(\frac{E_{str} I_{str}}{B_0}\right)^{\frac{1}{3}}}$$

□  $E_M$  és  $\alpha$  - Ménárd pressziómérrel talaj karakterizálása  
Elfogadható közelítés (NF-P 94-261)

$$E_{oed} = E_m / \alpha$$

□  $EI$  – fal hajlítómerevsége

□  $B_0 = 1\text{m}$



## □ Talaj-fal határfelületen rugalmas megtámasztás

Francia szabvány NF P 94-282

### Schmitt-féle eljárás – empirikus formula

$$k_h = 2 \frac{\left(\frac{E_M}{\alpha}\right)^{\frac{4}{3}}}{\left(\frac{E_{str} I_{str}}{B_0}\right)^{\frac{1}{3}}}$$

□  $E_M$  és  $\alpha$  - Ménárd pressziómérrel talaj karakterizálása  
Elfogadható közelítés (NF-P 94-261)

$$E_{oed} = E_m / \alpha$$

□  $EI$  – fal hajlítómerevsége

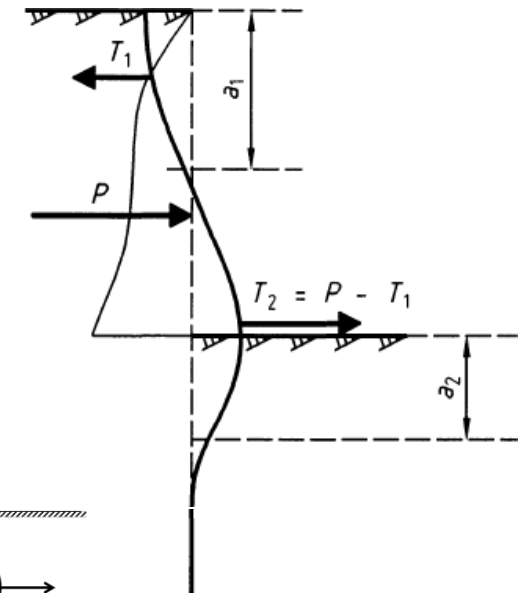
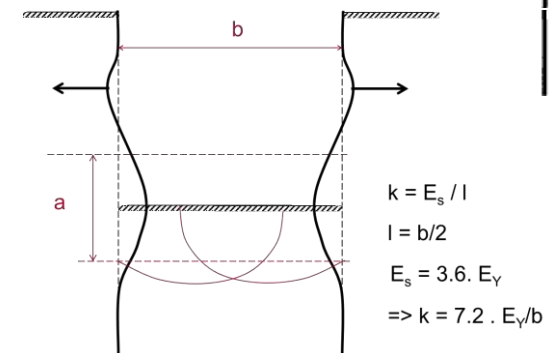
□  $B_0 = 1\text{m}$

#### □ Rövid „f” befogás esetén

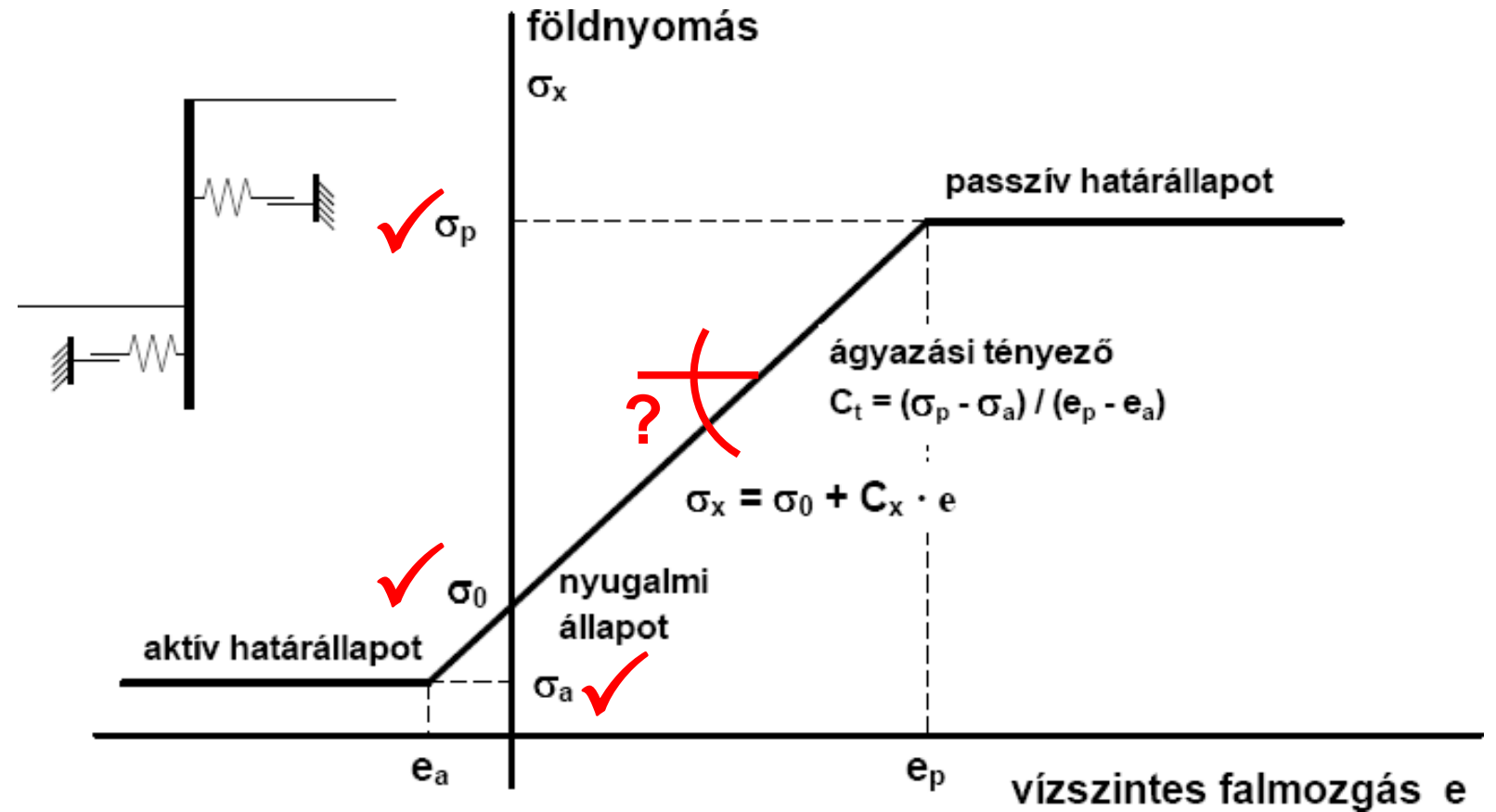
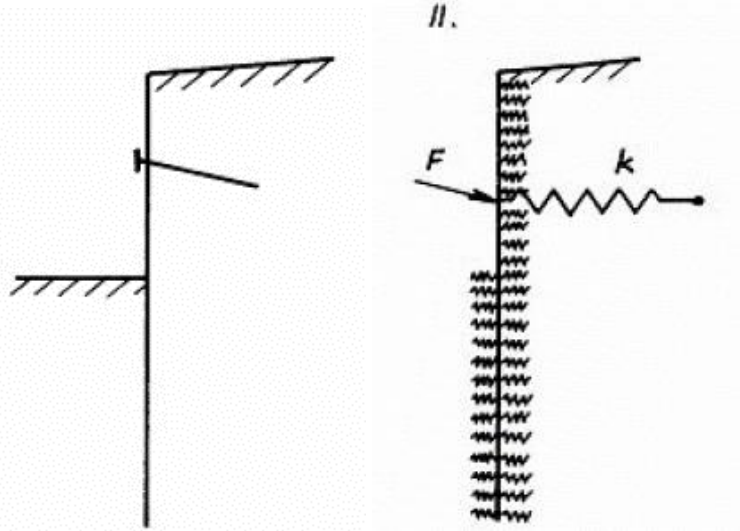
$$k_h = \text{Max} \left[ 2 \frac{\left(\frac{E_M}{\alpha}\right)^{\frac{4}{3}}}{\left(\frac{E_{str} I_{str}}{B_0}\right)^{\frac{1}{3}}}; 5,4 \frac{E_M}{\alpha \cdot f} \right]$$

#### □ Szemközti falak „b” távolsága kicsi

$$k_h = \text{Max} \left[ 2 \frac{\left(\frac{E_M}{\alpha}\right)^{\frac{4}{3}}}{\left(\frac{E_{str} I_{str}}{B_0}\right)^{\frac{1}{3}}}; 7,2 \frac{E_M}{\alpha \cdot b} \right]$$



## □ Talaj-fal határfelületen rugalmas megtámasztás

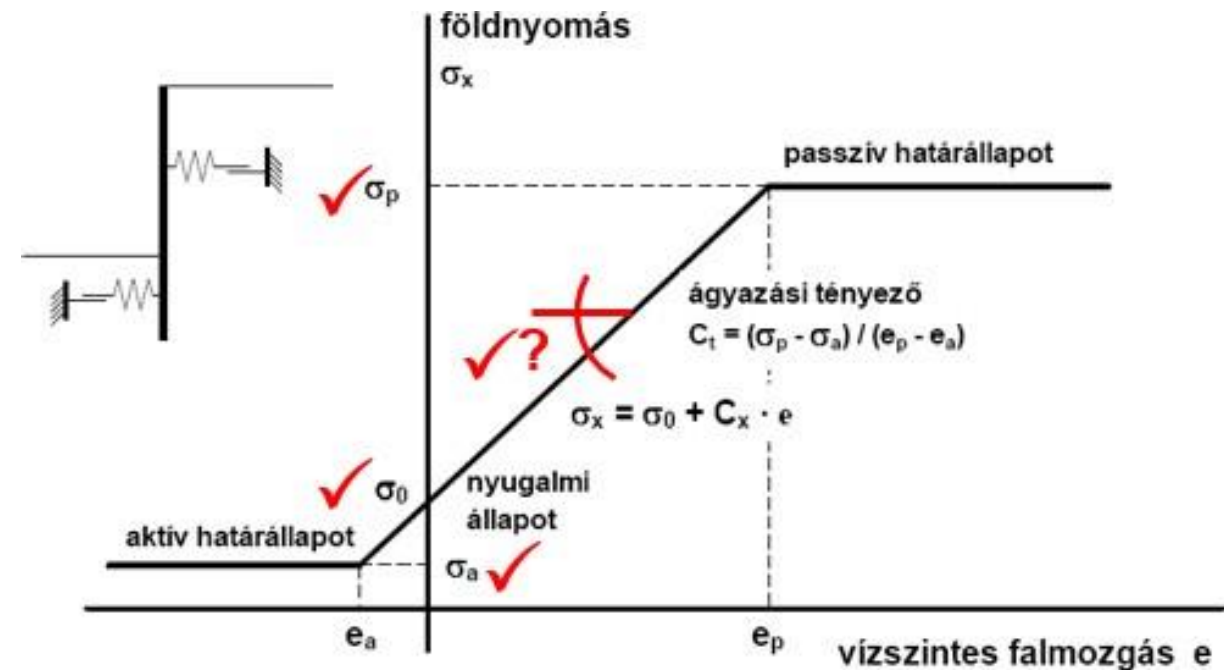




## □ Talaj-fal határfelületen rugalmas megtámasztás

### Korlátok, hiányosságok:

- Időtényező (kúszás, konszolidáció)
- Újraterhelés-tehermentesítés
- Felkeményedő viselkedés
- Általános mozgások
- Szomszédos szerkezetek kölcsönhatásai
- Talajvízáramlás, víztelenítés hatása

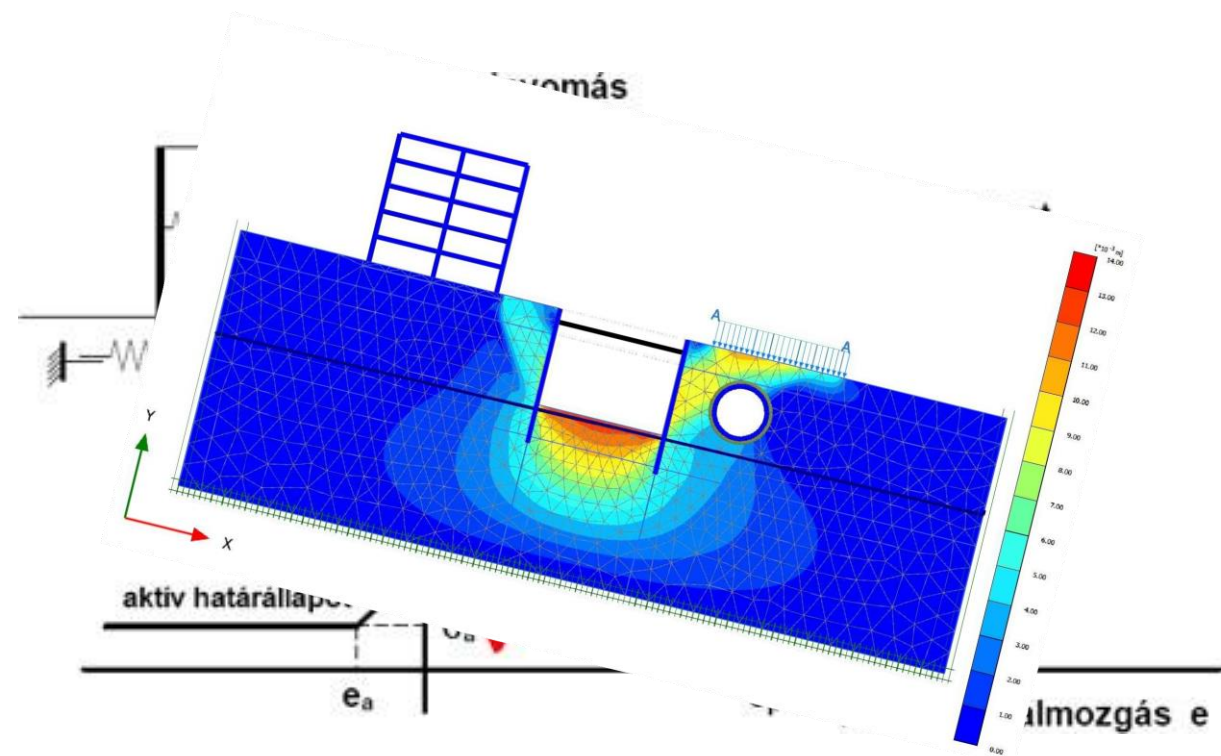


## □ Talaj-fal határfelületen rugalmas megtámasztás

### Korlátok, hiányosságok:

- Időtényező (kúszás, konszolidáció)
- Újraterhelés-tehermentesítés
- Felkeményedő viselkedés
- Általános mozgások
- Szomszédos szerkezetek kölcsönhatásai
- Talajvízáramlás, víztelenítés hatása
- Dinamikus számítások

**7 VEM szükséges**

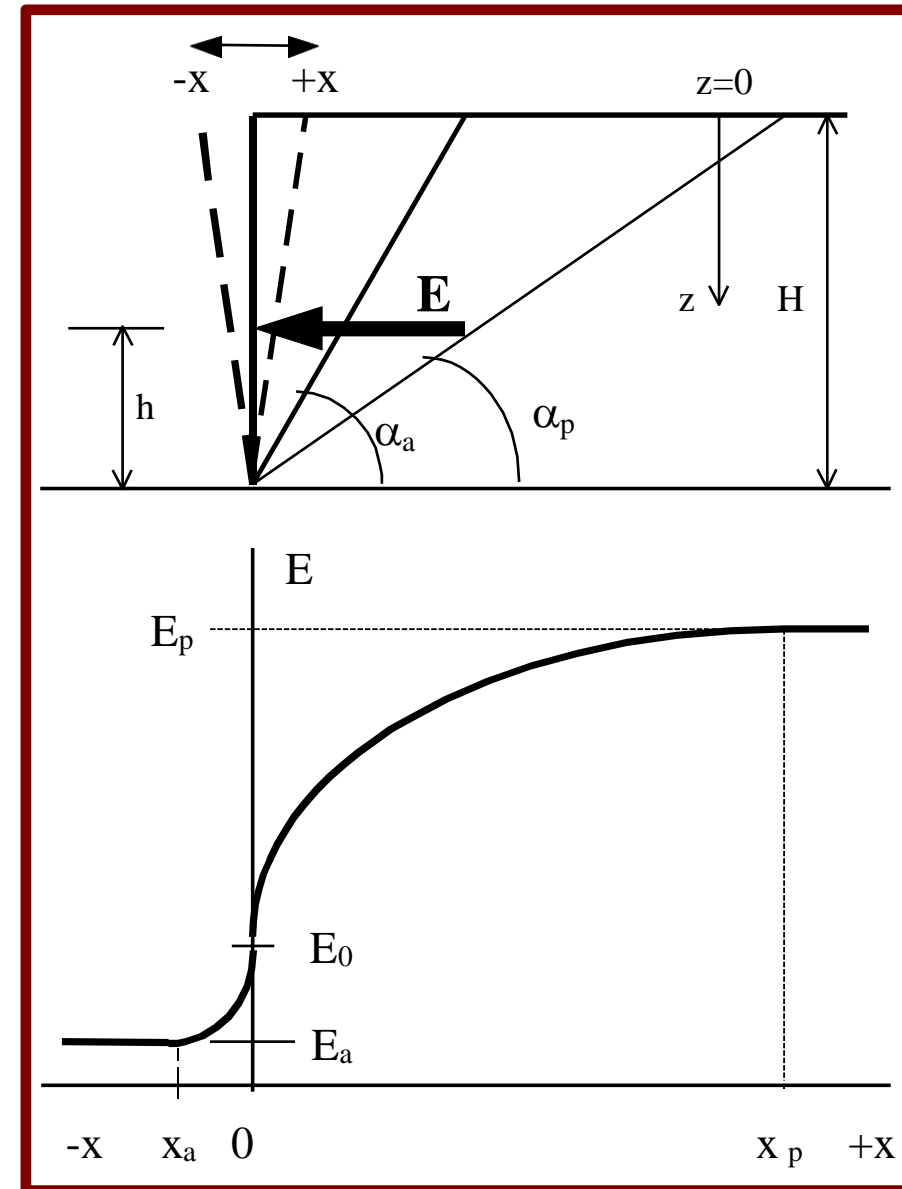
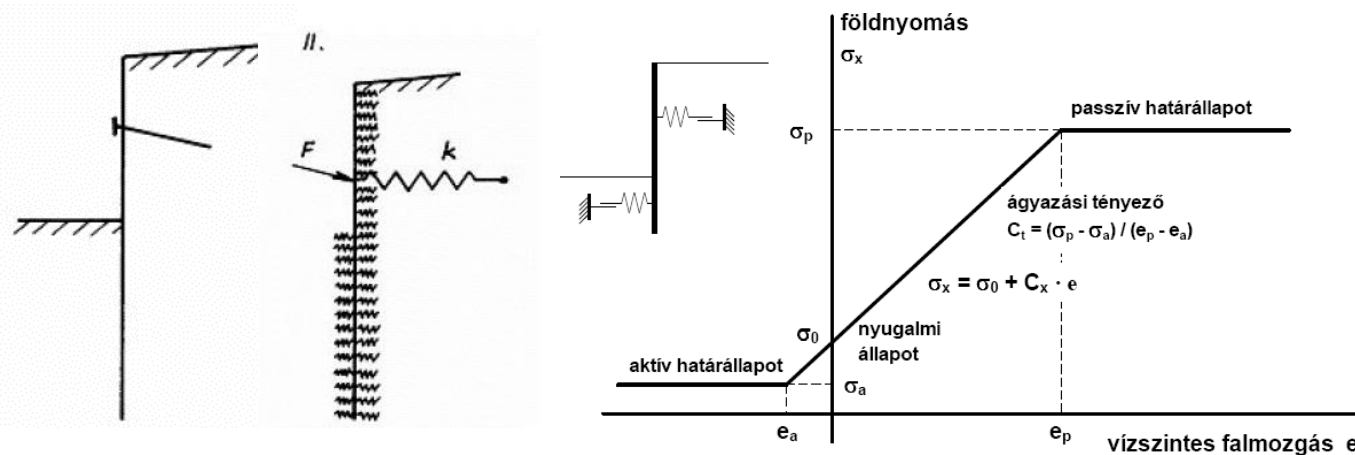




- Talaj-szerkezet kölcsönhatás – rugalmas ágyazású modell
  - Fal terhelései:
    - Földnyomás – analitikus elméletek
    - **Felszíni terhek – analitikus feszültségterjedési elméletek**
  - Talaj-fal határfelületen rugalmas megtámasztás
    - Rugómerevség:
 

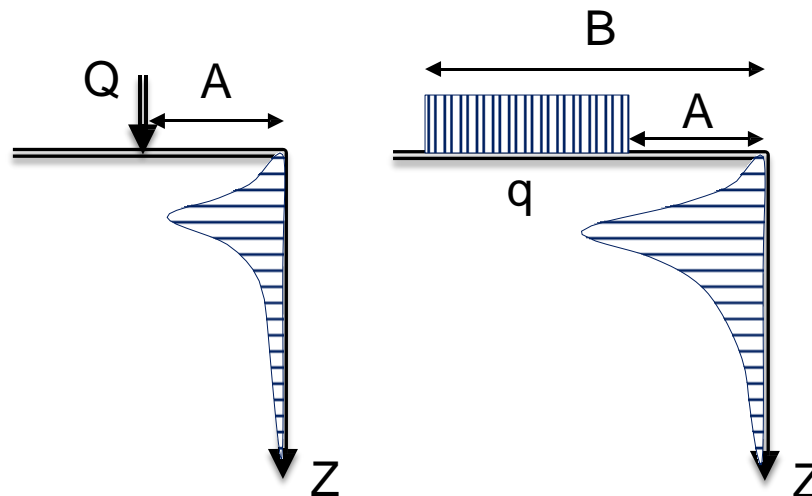
$\sigma = k \cdot w$	
$\sigma$	feszültség
$k$	rugóállandó
$w$	elmozdulás

      - Húzásra - 0
      - Nyomásra - szakirodalmi analitikus/empirikus módszerek
  - Építési fázisok – fal és rugó „emlékszik” a megelőző fázisra



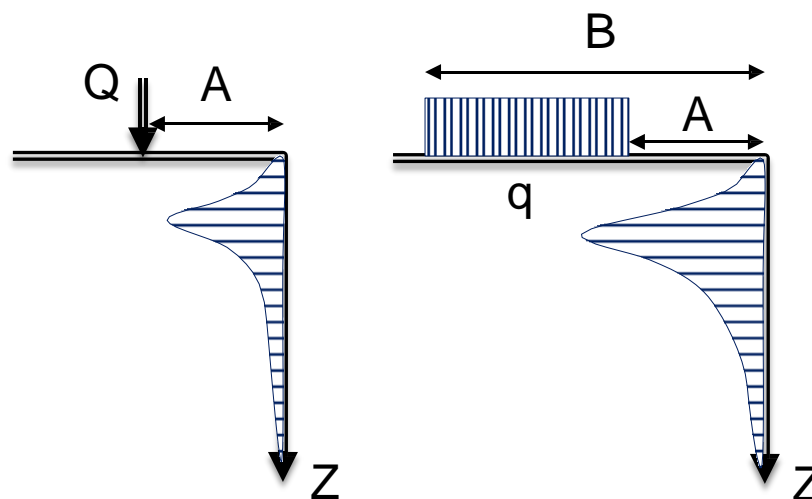
- Felszíni terhelések – analitikus feszültségterjedési elméletek
  - Rugalmasságtan – pl. Boussinesq elmélete

		Rugalmas falak	Merev falak
Vonalenti terhelések	$\sigma(z) = \lambda \frac{2Q}{\pi} \frac{ZA^2}{(A^2 + Z^2)^2}$	$\lambda = 1$	$\lambda = 2$
Sávszerű terhelések	$\sigma(z) = \lambda \frac{Q}{\pi} \left[ \frac{(B - A)Z}{AB + Z^2} + \frac{AZ}{A^2 + Z^2} - \frac{BZ}{B^2 + Z^2} \right]$	$\lambda = 1$	$\lambda = 2$



- Felszíni terhelések – analitikus feszültségterjedési elméletek
  - Rugalmasságtan – pl. Boussinesq elmélete

		Rugalmas falak	Merev falak
Vonalenti terhelések	$\sigma(z) = \lambda \frac{2Q}{\pi} \frac{ZA^2}{(A^2 + Z^2)^2}$	$\lambda = 1$	$\lambda = 2$
Sávszerű terhelések	$\sigma(z) = \lambda \frac{Q}{\pi} \left[ \frac{(B-A)Z}{AB + Z^2} + \frac{AZ}{A^2 + Z^2} - \frac{BZ}{B^2 + Z^2} \right]$	$\lambda = 1$	$\lambda = 2$



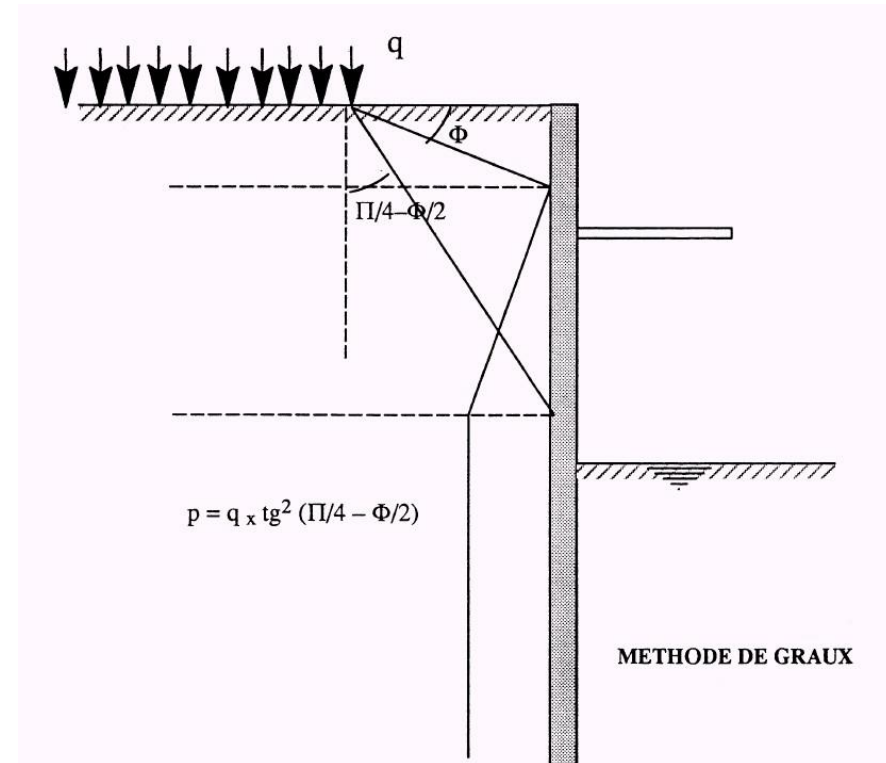
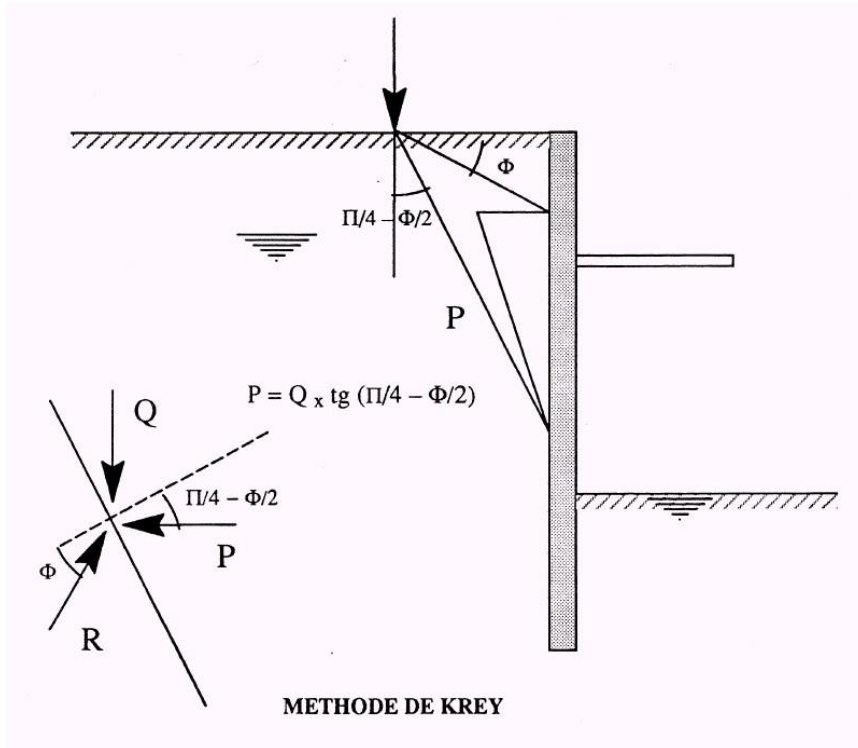
$\lambda = 1 \dots 2$

Terhelés:

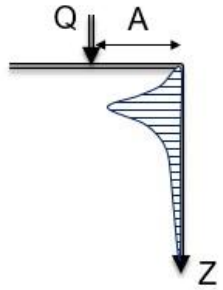
- pozíciójának
- kiterjedésének
- aktiválás idejének

függvénye

- Felszíni terhelések – analitikus feszültségterjedési elméletek
  - Képlékenységtan („ékelmélet”) – pl. Krey, Graux



□ Felszíni terhelések – analitikus feszültségterjedési elméletek



Falra közvetlenül működő erő jelentésen eltérhet a két megközelítésben!

Q=500kN/m A=1m

Q=500kN/m A=10m

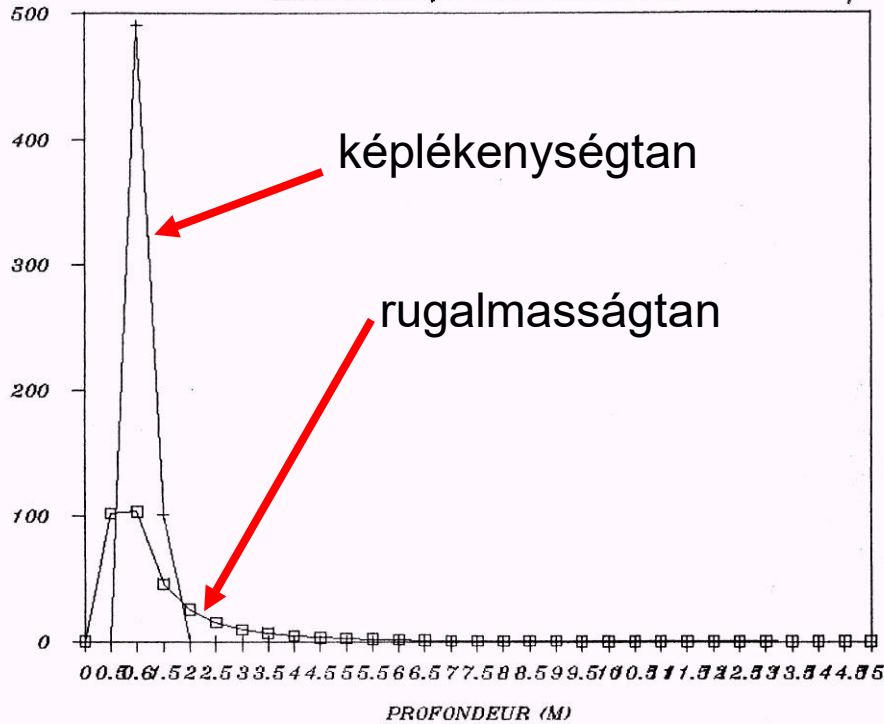
FORMULES DE KREY ET BOUSSINESQ

CHARGE LINEIQUE = 500 KN/M A 1 M

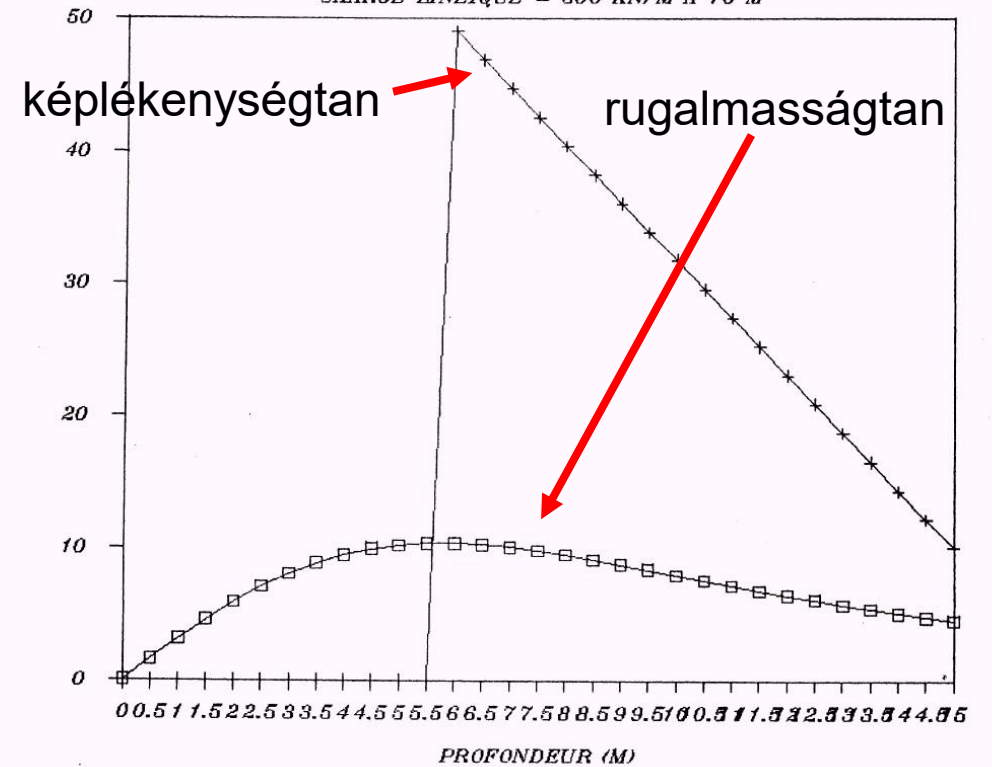
FORMULES DE KREY ET BOUSSINESQ

CHARGE LINEIQUE = 500 KN/M A 10 M

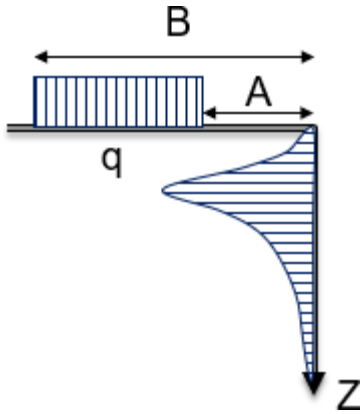
CONTRAINTE HORIZONTALE (KN/M2)



CONTRAINTE HORIZONTALE (KPA)



- Felszíni terhelések – analitikus feszültségterjedési elméletek
  - Képlékenységtani eljárások (ékelmélet) – pl. Krey, Graux

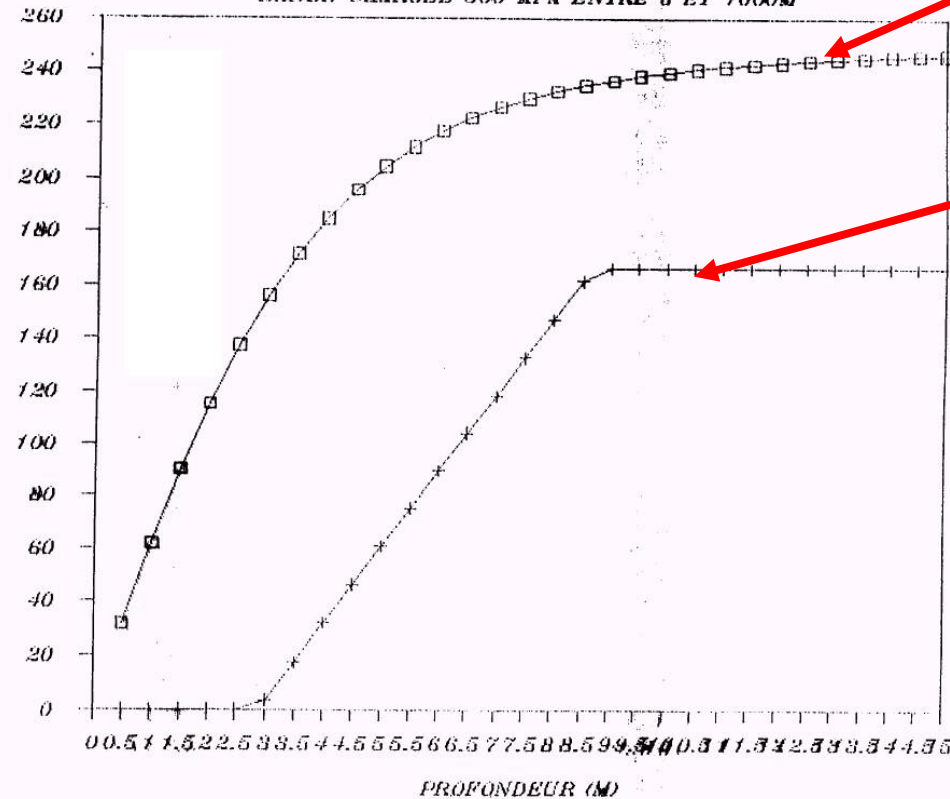


$q=500\text{kN/m}$   $A=5\text{m}$   $B=1000\text{m}$  azaz  $\sim\infty$

FORMULES DE GRAUX ET BOUSSINESQ

DANDE CHARGEE 500 KPA ENTRE 5 ET 1000M

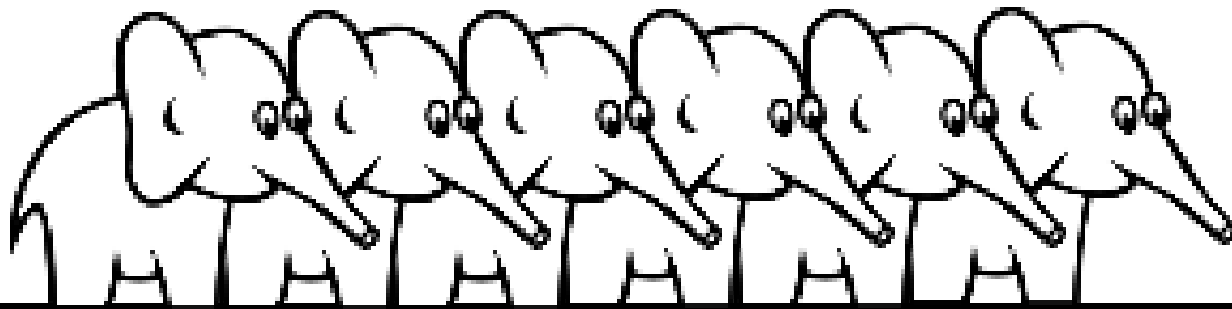
CONTRAINTE HORIZONTALE (KPA)



Rugalmasságtan  
(Boussinesq)

Képlékenységtan  
(Graux)

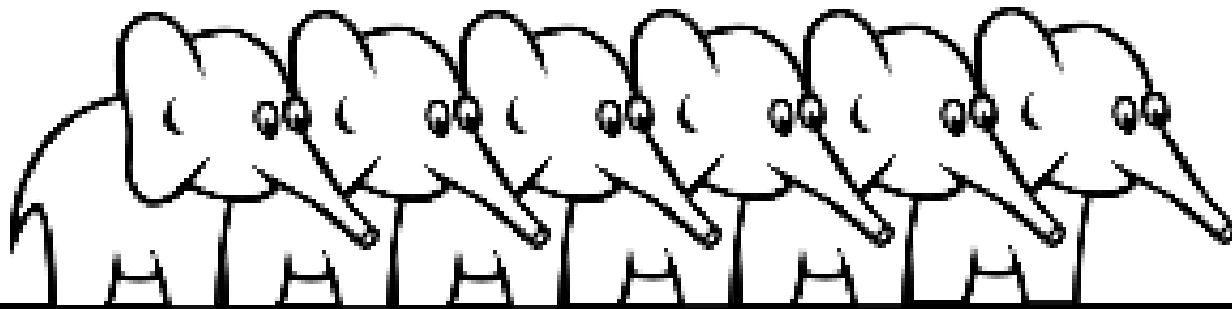
- Felszíni terhelések – analitikus feszültségterjedési elméletek



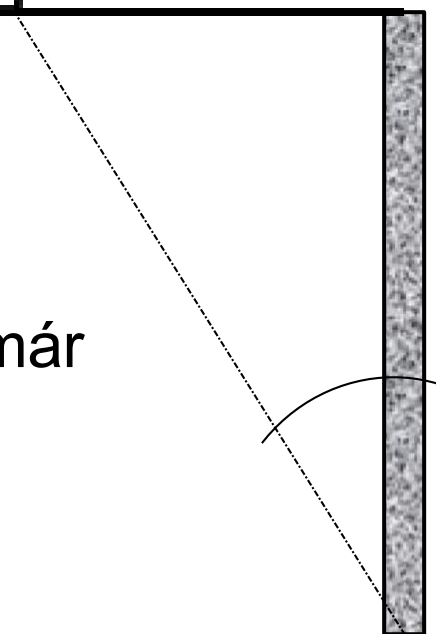
Az aktív csúszólap mögötti terhelések már nem gyakorolnak hatást a falra?

$$\pi/4 - \phi/2$$

- Felszíni terhelések – analitikus feszültségterjedési elméletek



Az aktív csúszólap mögötti terhelések már nem gyakorolnak hatást a falra?


$$\pi/4 - \phi/2$$

**HAMIS!**



- Felszíni terhelések – analitikus feszültségterjedési elméletek



$$\pi/4 - \phi/2$$

a legnagyobb földnyomást eredményező aktív  
csúszólap hajlásszöge

**egyenletes felszíni terhelés esetén**

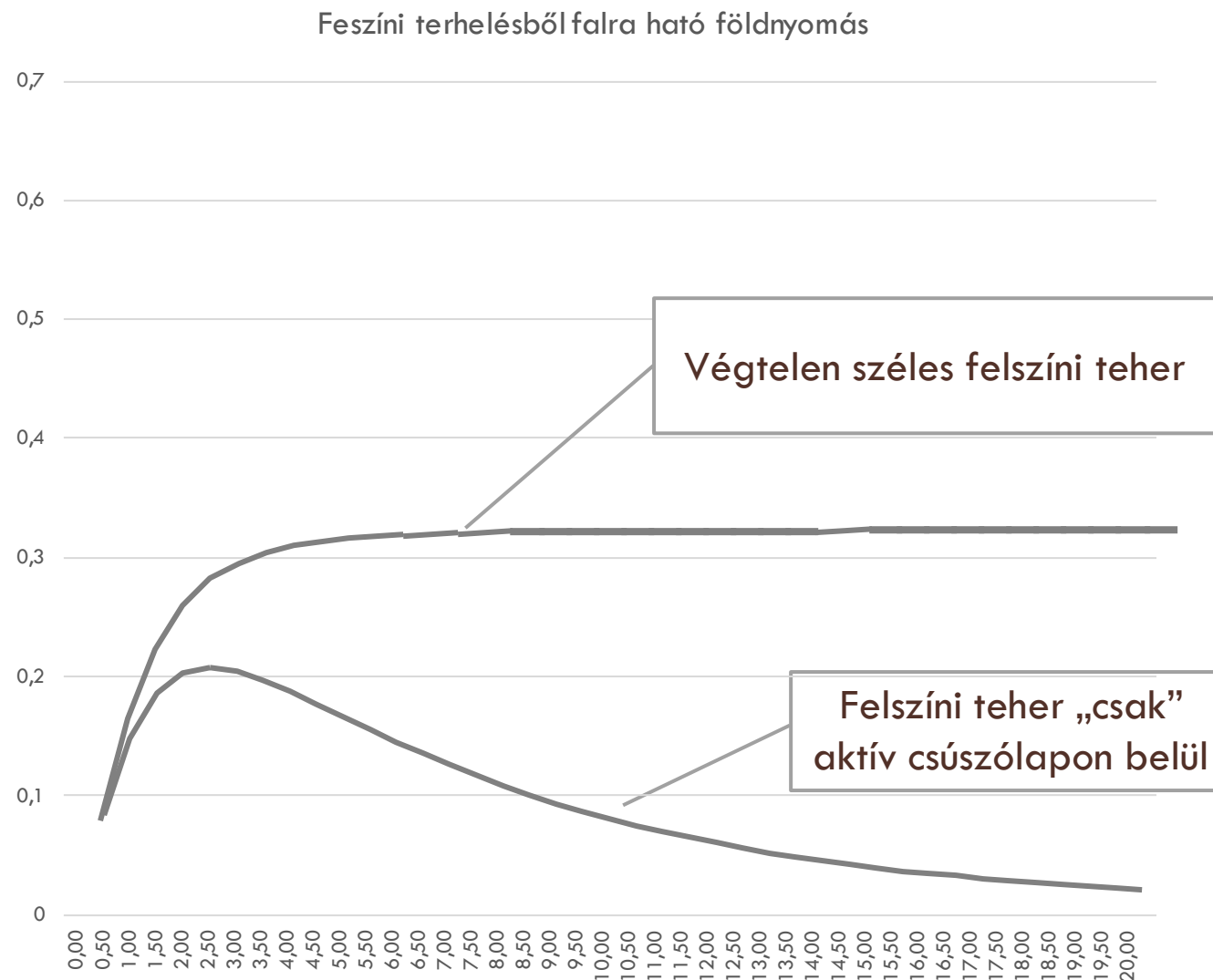
Az aktív csúszólapok  
nem gyakorolnak hatást a falra?

$$\pi/4 - \phi/2$$

□ Felszíni terhelések – analitikus feszültségterjedési elméletek



□ Felszíni terhelések – analitikus feszültségterjedési elméletek

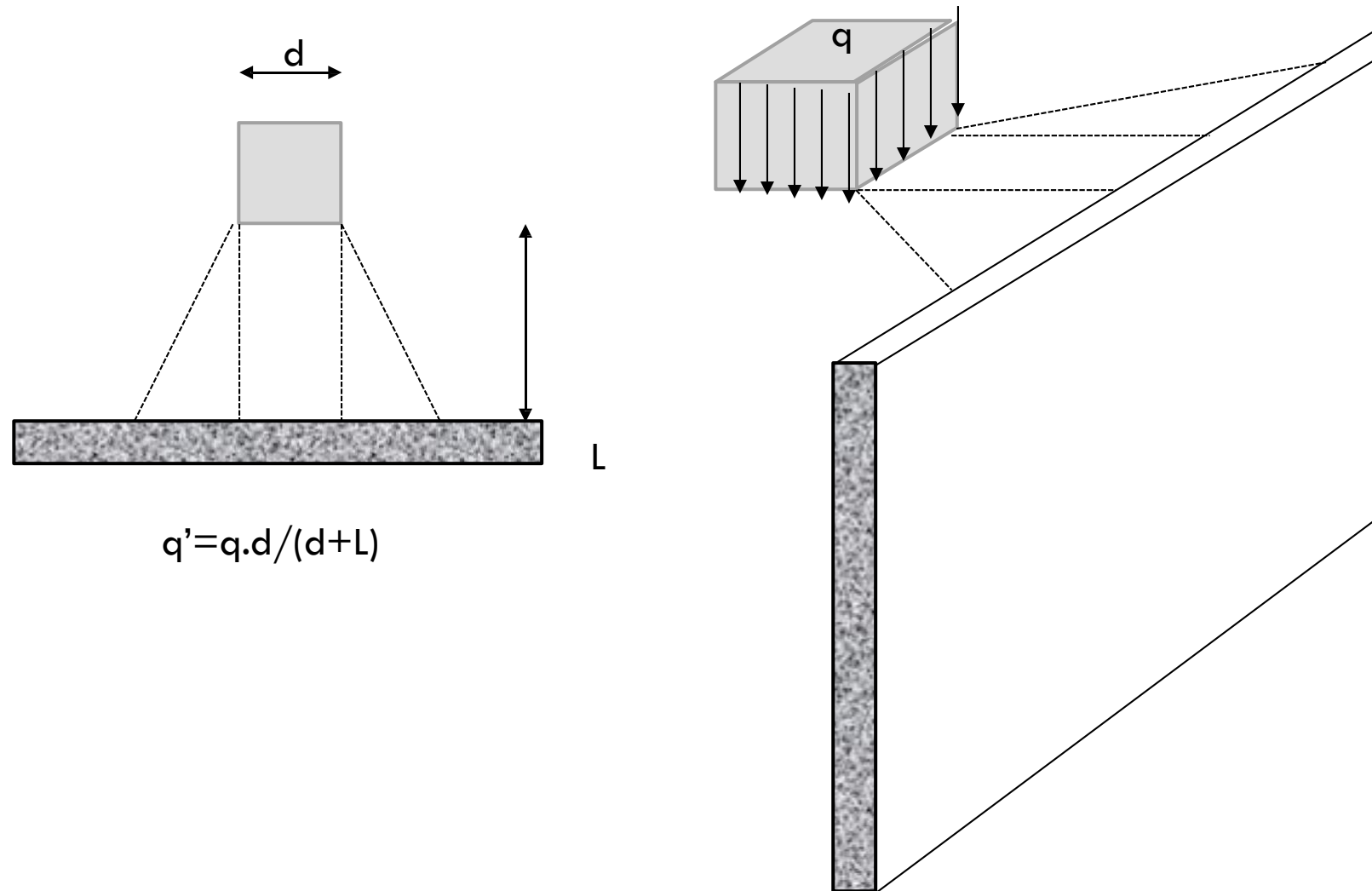


- Felszíni terhelések – analitikus feszültségterjedési elméletek
  - Nincs jó/jobb megoldás.
  - Érdeemes minden esetben egyedileg értékelni az alábbiakat:
    - Terhelés kiterjedése
    - Fal fajlagos rugalmassága/merevsége
    - Teher aktiválásának ideje (fal építés előtt/után)
  - Egy javasolható eljárás
    - Vonalmenti terhelés – Boussinesq (rugalmasságtan)
    - Megoszló terhelés „kicsit széles” sávban – Boussinesq (rugalmasságtan)
    - Megoszló terhelés „nagyon széles” sávban – Graux (képlékenységtan)
    - Átmenet „kicsit széles” és „nagyon széles” között – ?

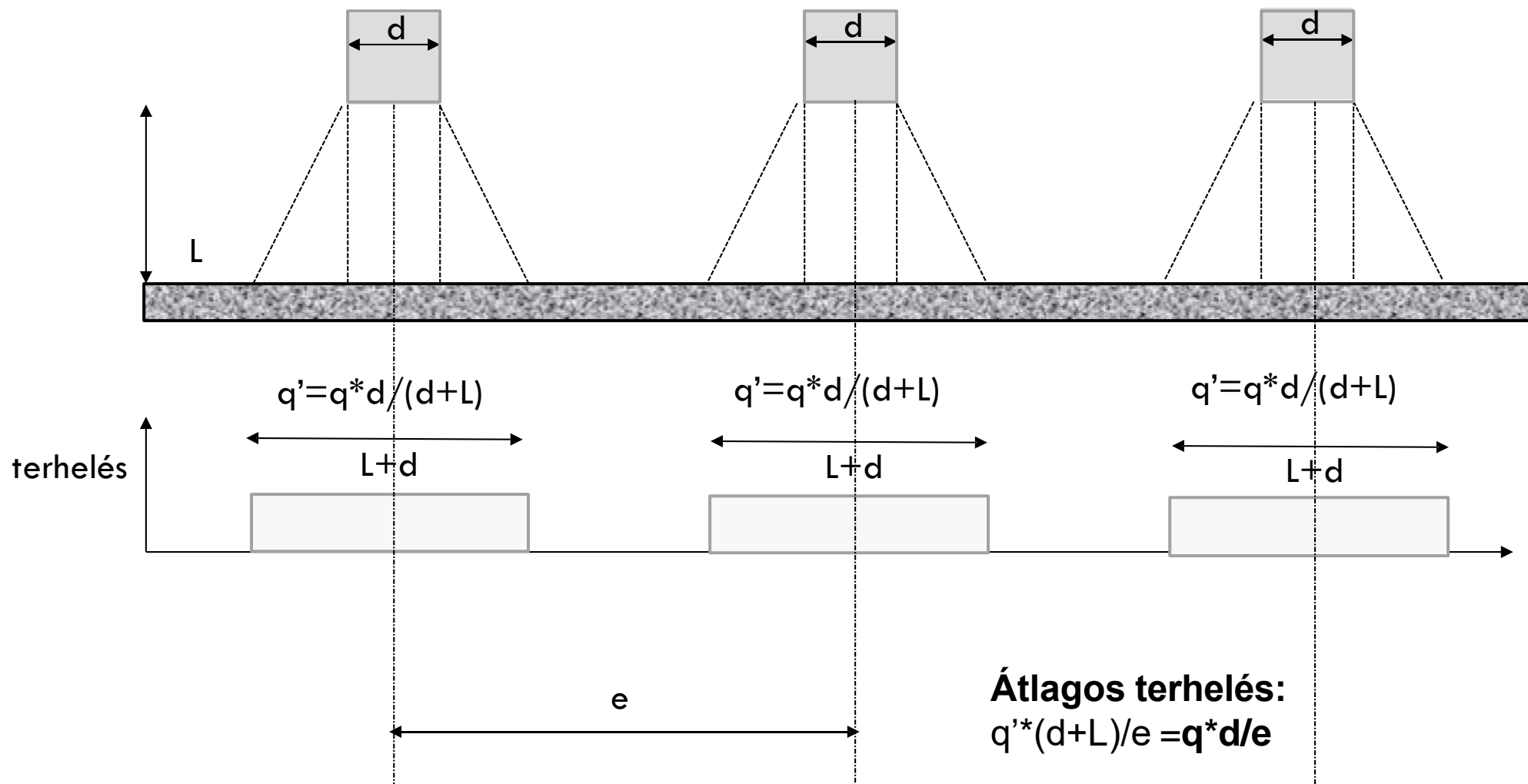
- Felszíni terhelések – analitikus feszültségterjedési elméletek
  - Nincs jó/jobb megoldás.
  - Érdeemes minden esetben egyedileg értékelni az alábbiakat:
    - Terhelés kiterjedése
    - Fal fajlagos rugalmassága/merevsége
    - Teher aktiválásának ideje (fal építés előtt/után)
  - Egy javasolható eljárás
    - Vonalmenti terhelés – Boussinesq (rugalmasságtan)
    - Megoszló terhelés „kicsit széles” sávban – Boussinesq (rugalmasságtan)
    - Megoszló terhelés „nagyon széles” sávban – Graux (képlékenységtan)
    - Átmenet „kicsit széles” és „nagyon széles” között – ?

**⑦ Vagy alkalmazz Véges Elemes Modellt**

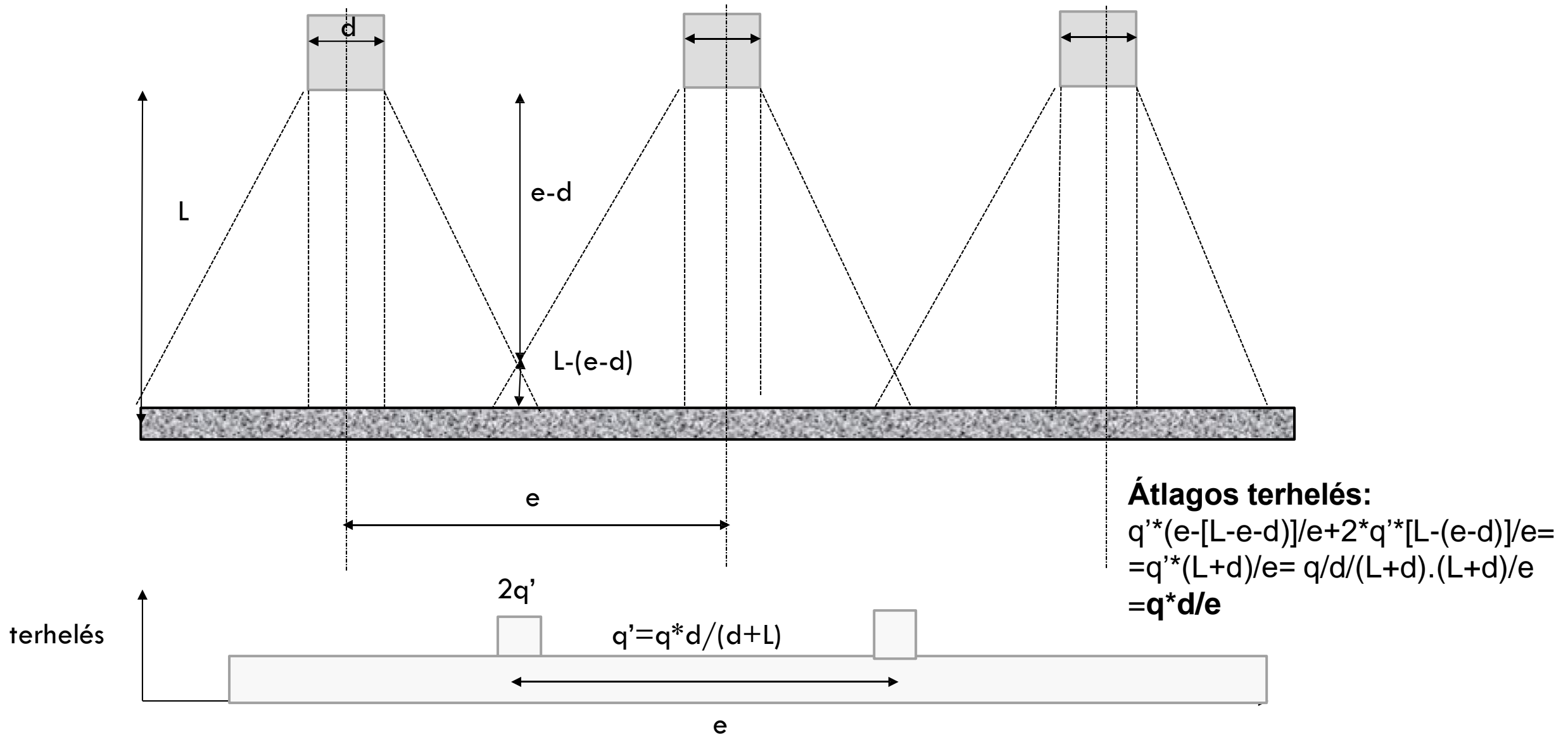
- Felszíni terhelések – fallal nem párhuzamos terhelések



- Felszíni terhelések – fallal nem párhuzamos terhelések

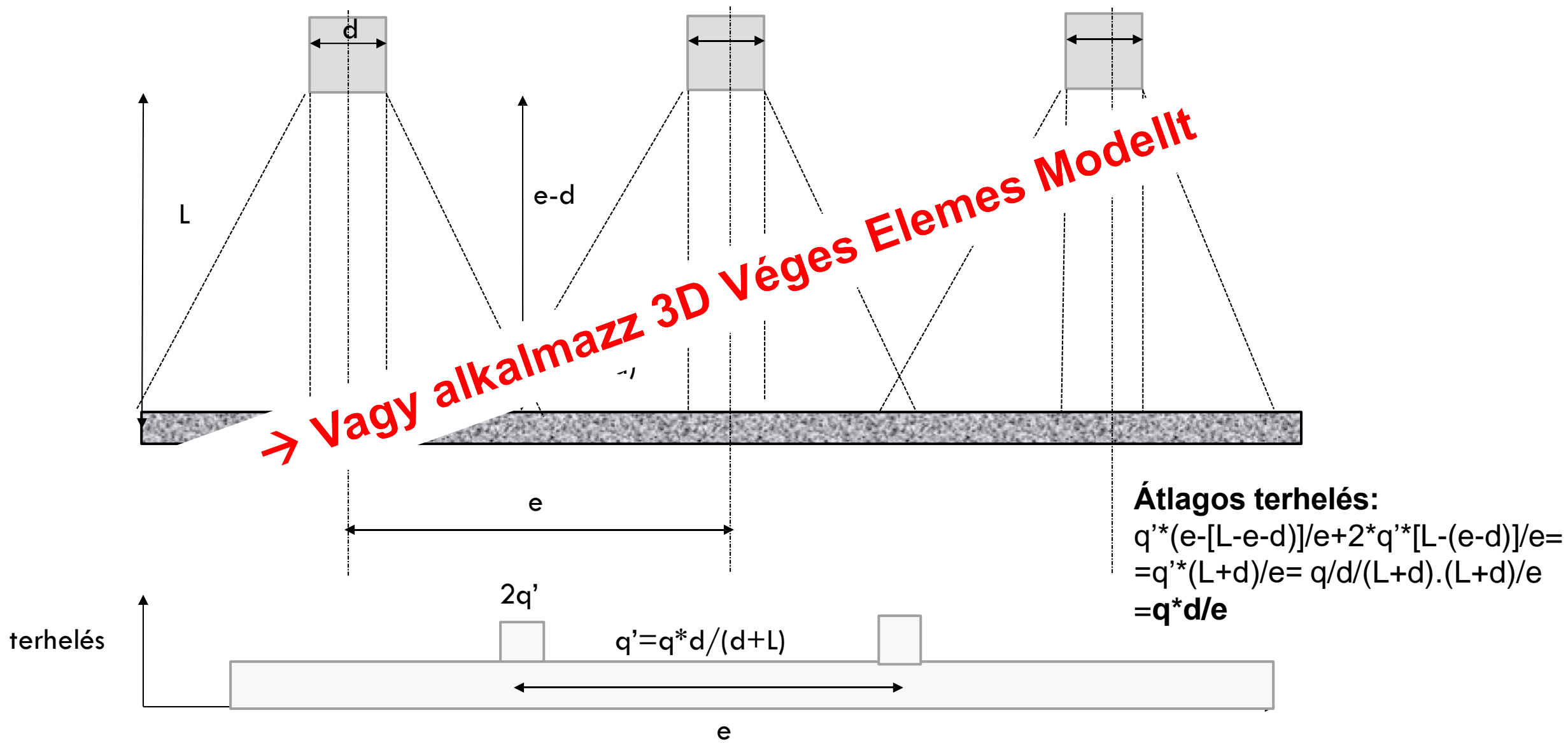


- Felszíni terhelések – fallal nem párhuzamos terhelések ha  $L > e - d$





- Felszíni terhelések – fallal nem párhuzamos terhelések ha  $L > e - d$



## ■ Talaj-szerkezet kölcsönhatás – rugalmas ágyazású modell

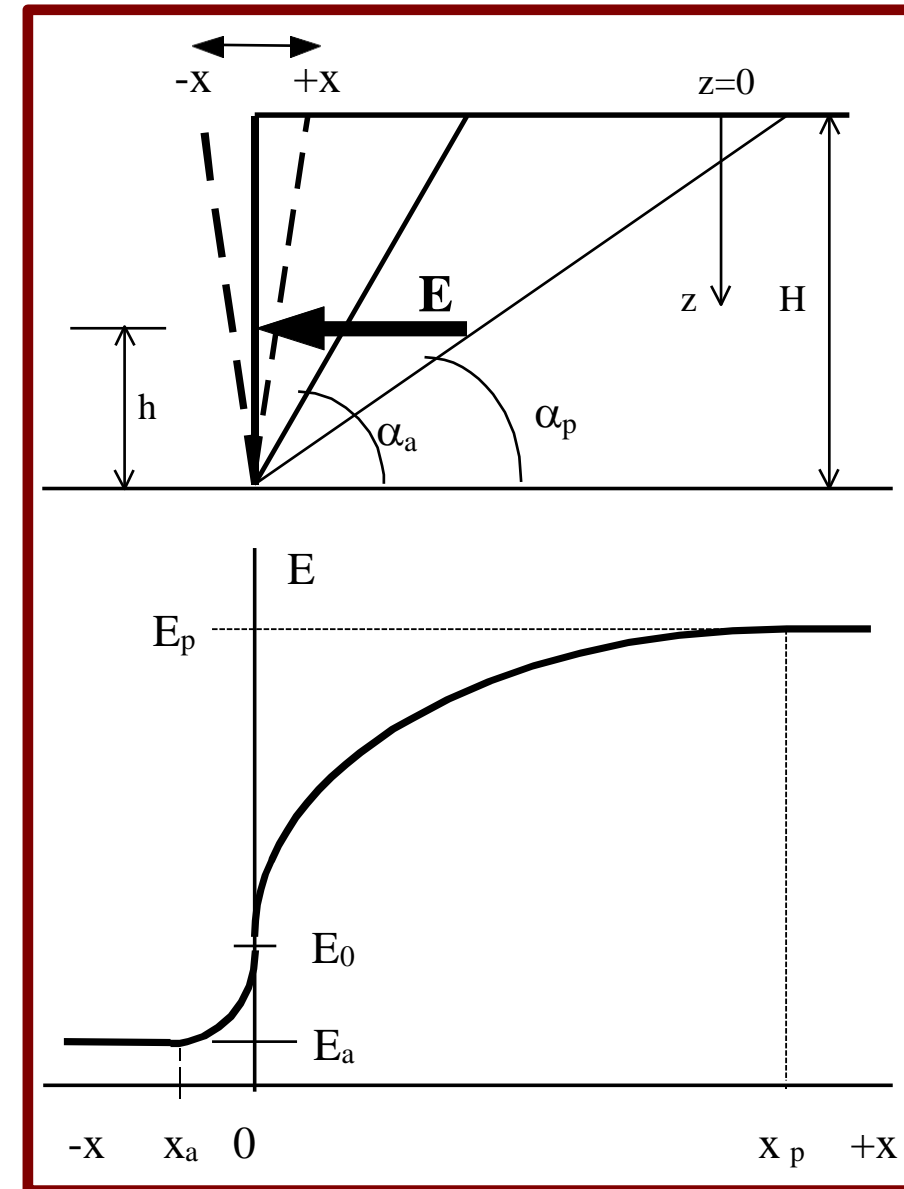
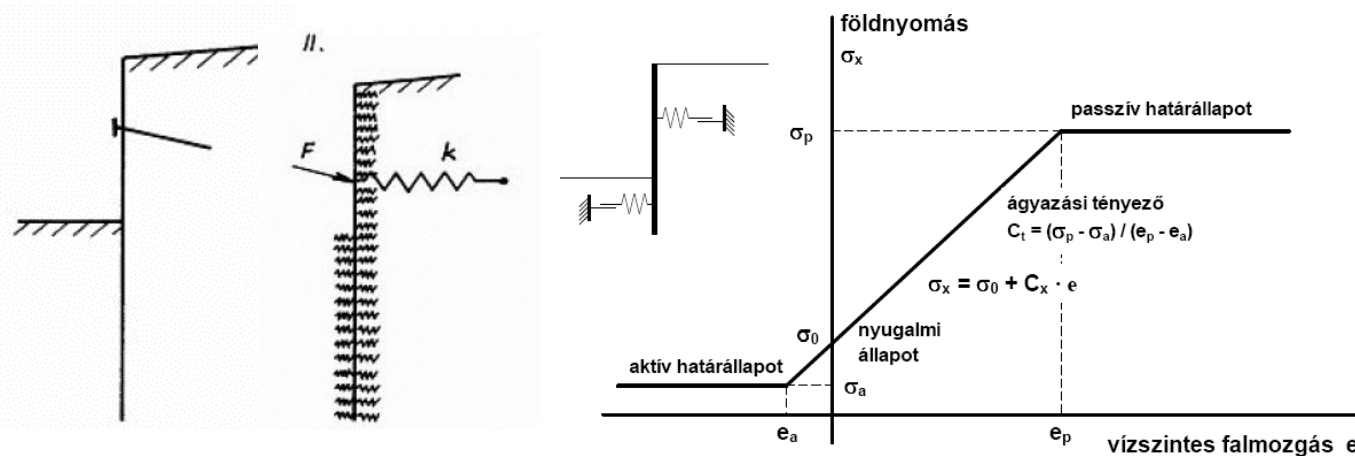
### ■ Fal terhelései:

- Földnyomás – analitikus elméletek
- Felszíni terhek – analitikus feszültségterjedési elméletek

### ■ Talaj-fal határfelületen rugalmas megtámasztás

- Rugómerevség:  $\sigma = k \cdot w$ 
  - Húzásra - 0
  - Nyomásra - szakirodalmi analitikus/empirikus módszerek

### ■ Építési fázisok – fal és rugó „emlékszik” a megelőző fázisra

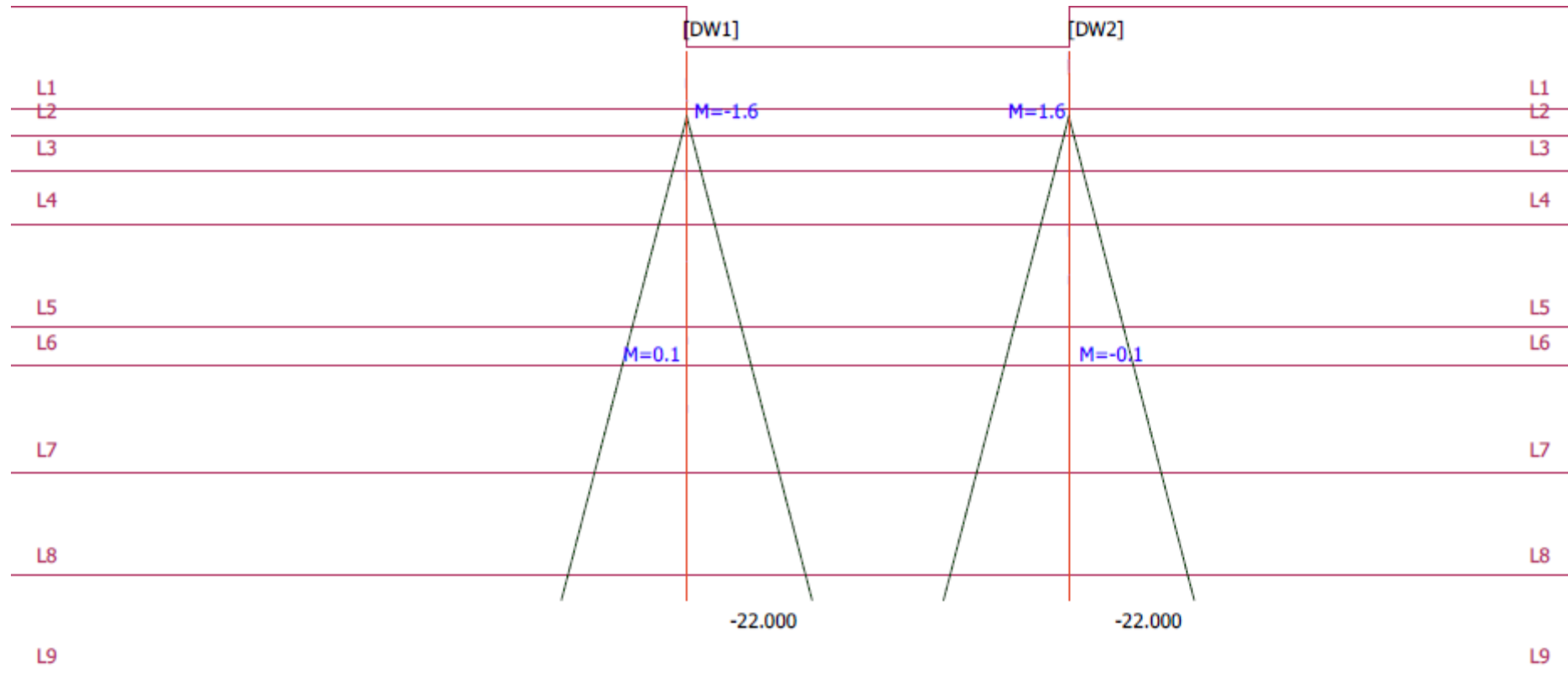


## □ Építési fázisok szerepe

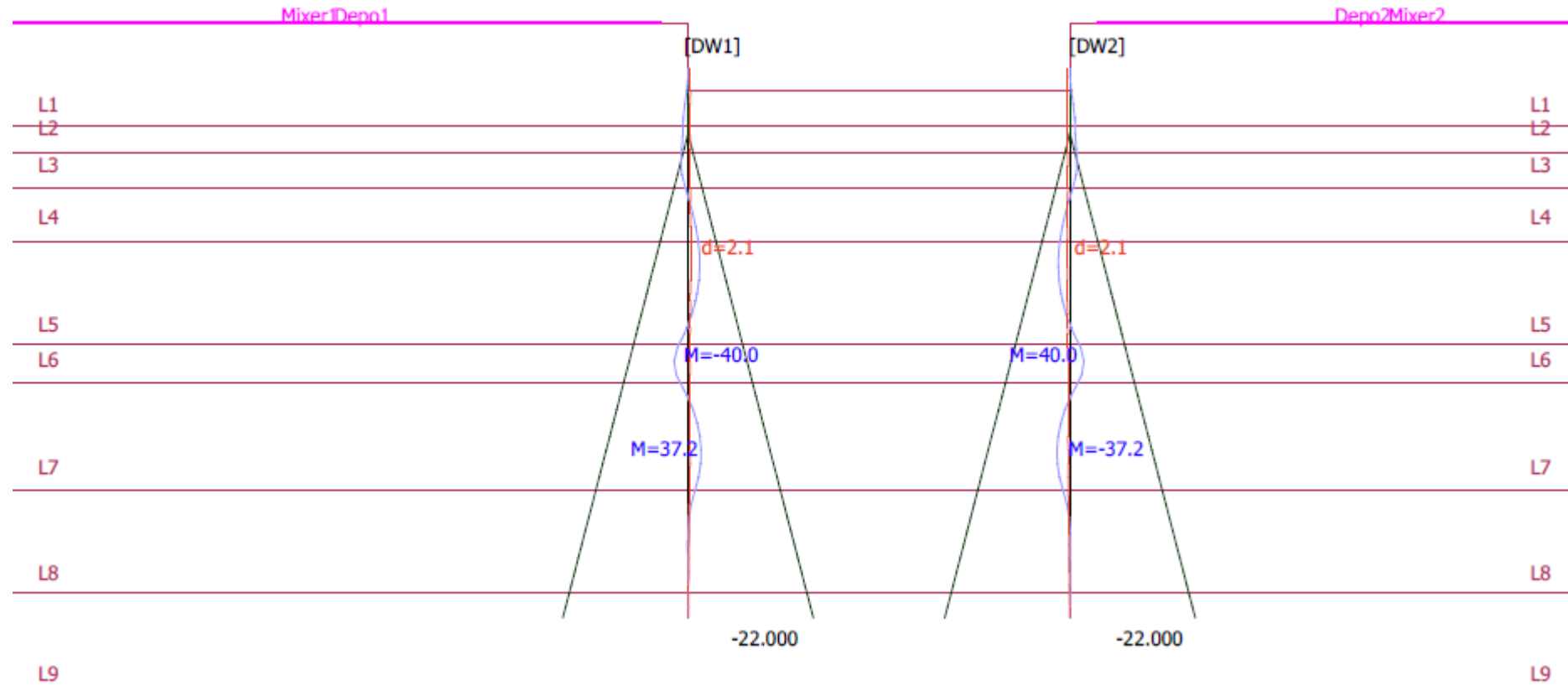
- Minden a fal/horgonyok/csőtámaszok szempontjából releváns fázis modellezése szükséges
  - Közbenső építési fázisok
  - Maximális földkemelés szintje
  - Belső szerkezetek beépítés – támaszok bontása
  - Végállapot – SLS
  - Rendkívüli állapotok - Földrengés
- Technológiai-organizációs kérdések:
  - Víztelenítési szint közbenső fázisokban
  - Földmunkasík horgonyok/dúcok kivitelezéséhez
  - Organizációs terhelések (toronydaru, horgonyzáshoz cementsilók, stb.)
- VEM
  - Platform kiépítés modellezése – szegezett löttbeton rézsű
  - Talaj „előélet” modellezése
  - Fal építés mint építési fázis
  - Víztelenítés fázisok modellezése külön

} Burkoló ULS

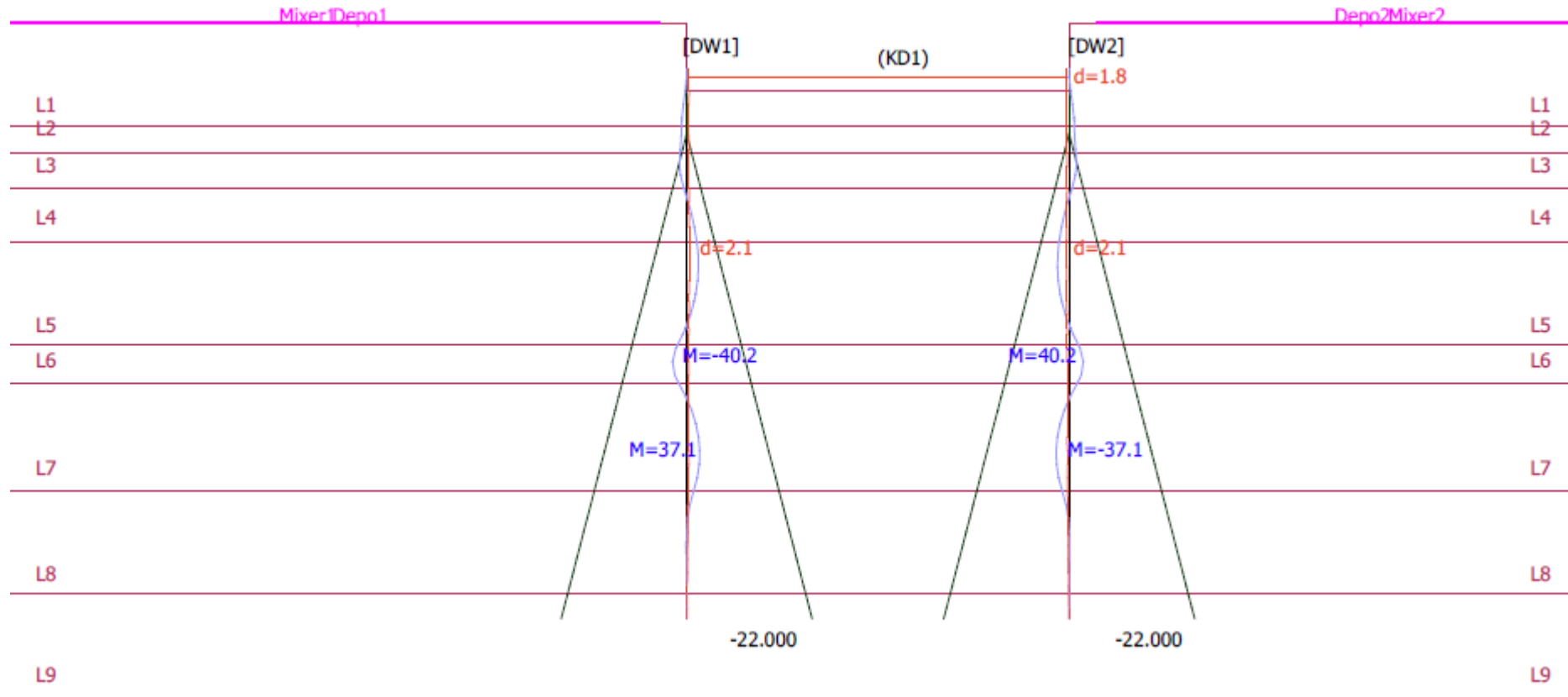
## □ Építési fázisok szerepe



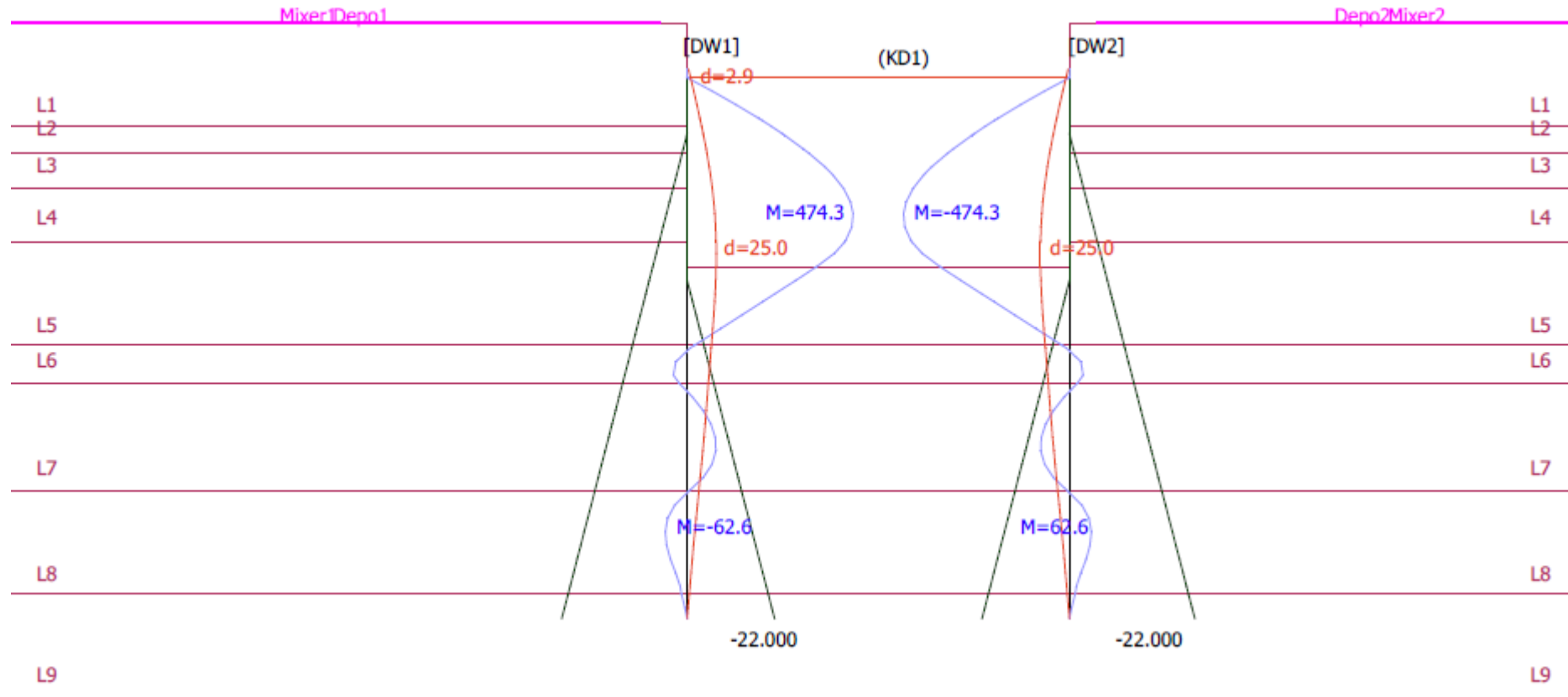
## □ Építési fázisok szerepe



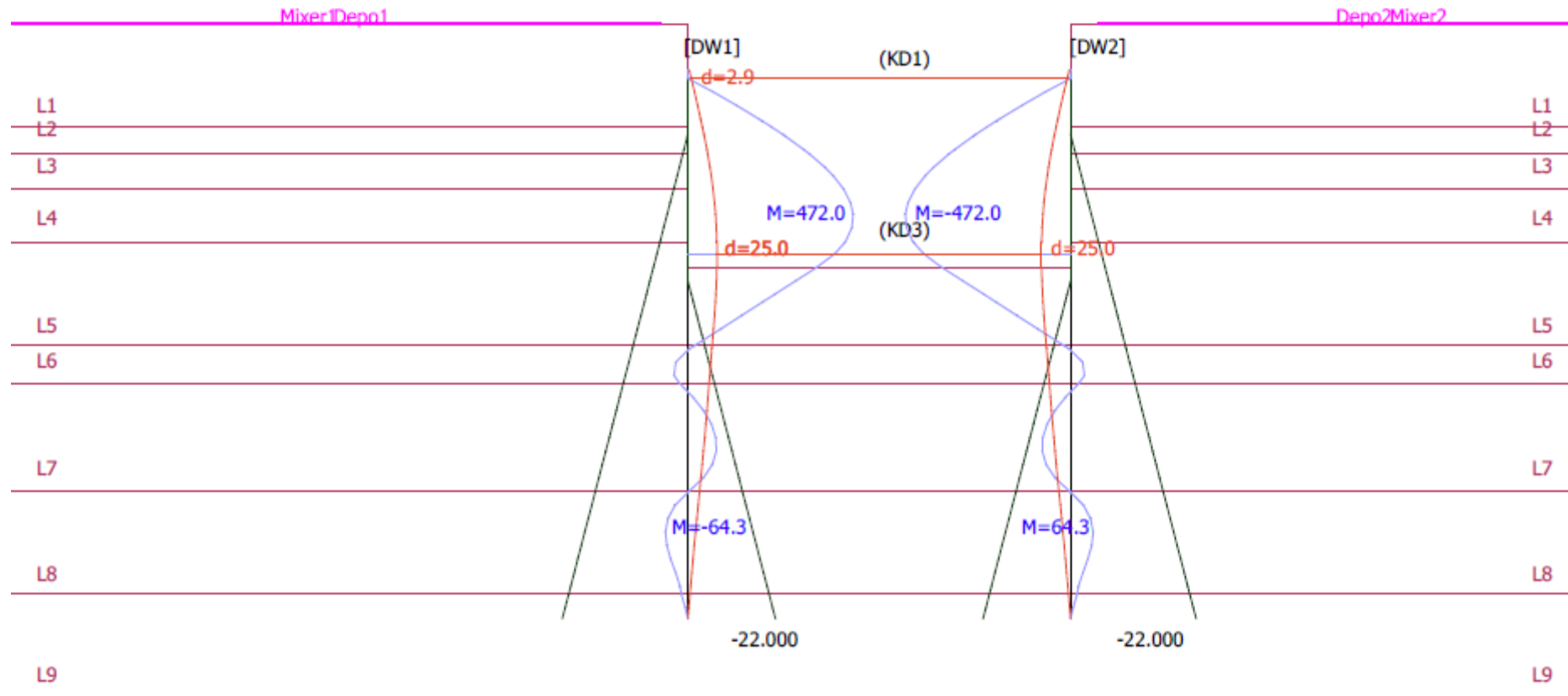
## □ Építési fázisok szerepe



## □ Építési fázisok szerepe

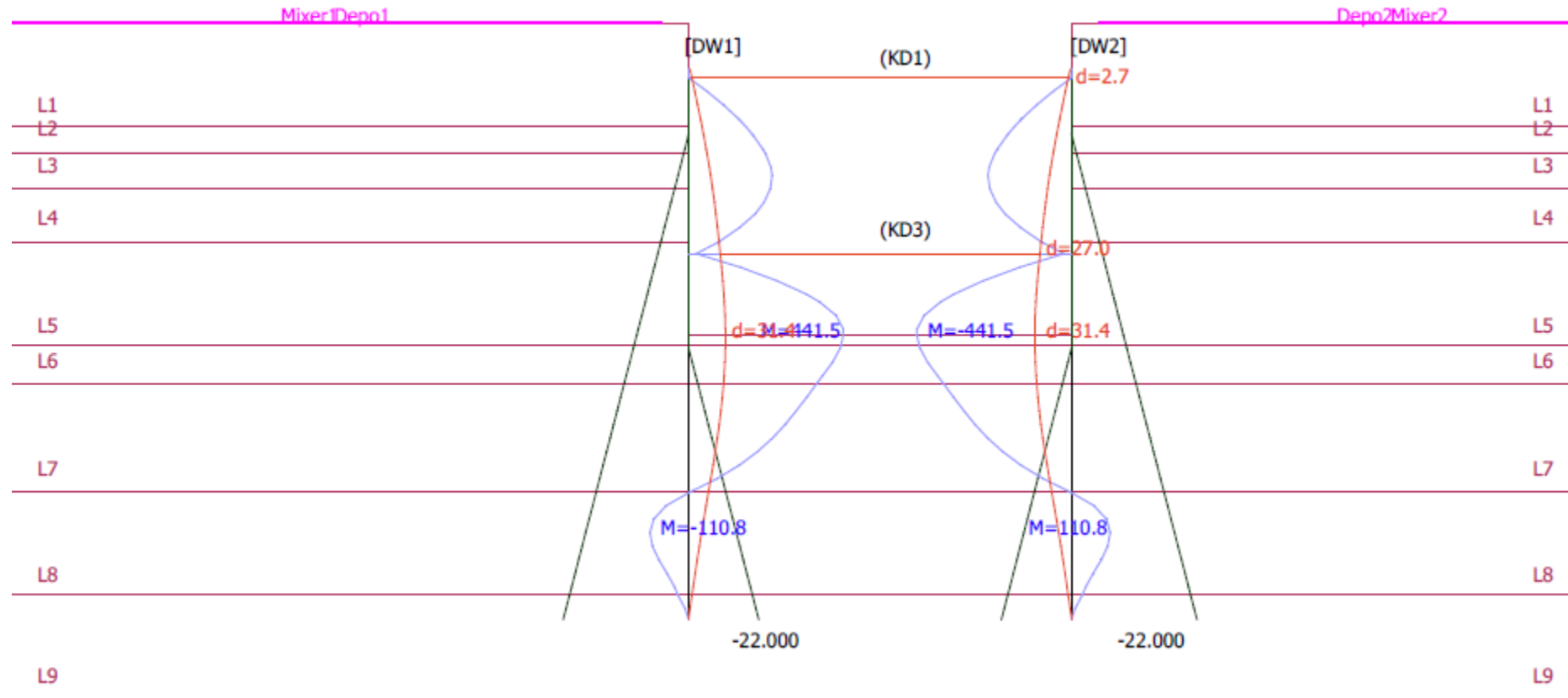


## □ Építési fázisok szerepe

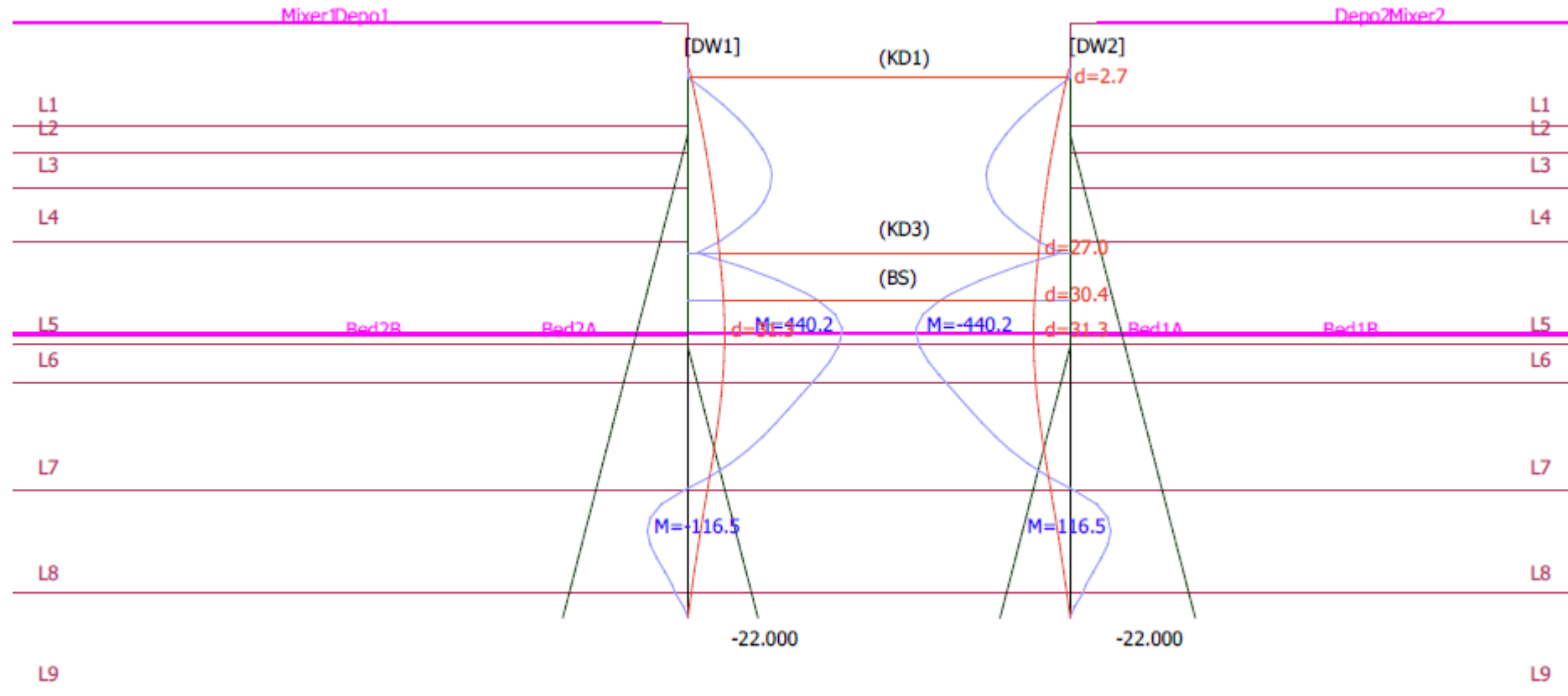




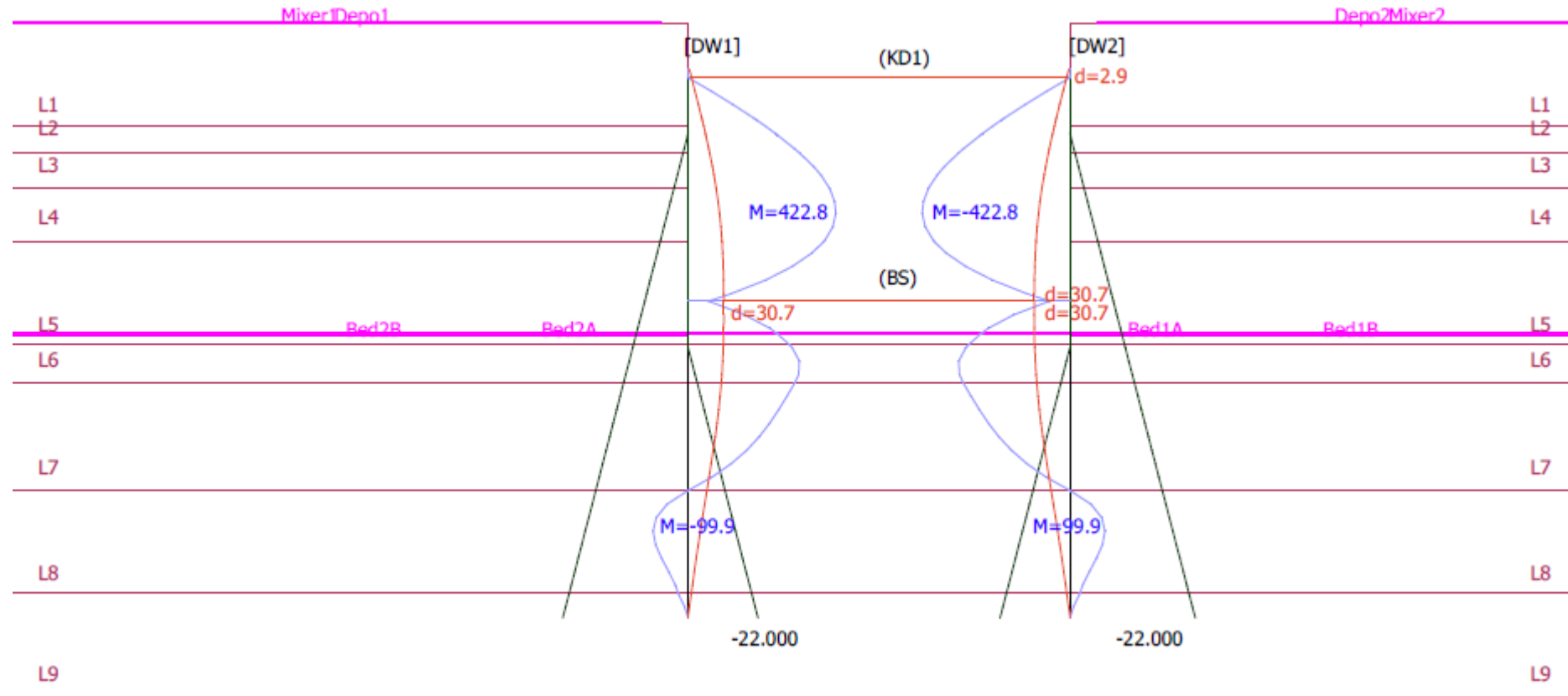
## □ Építési fázisok szerepe



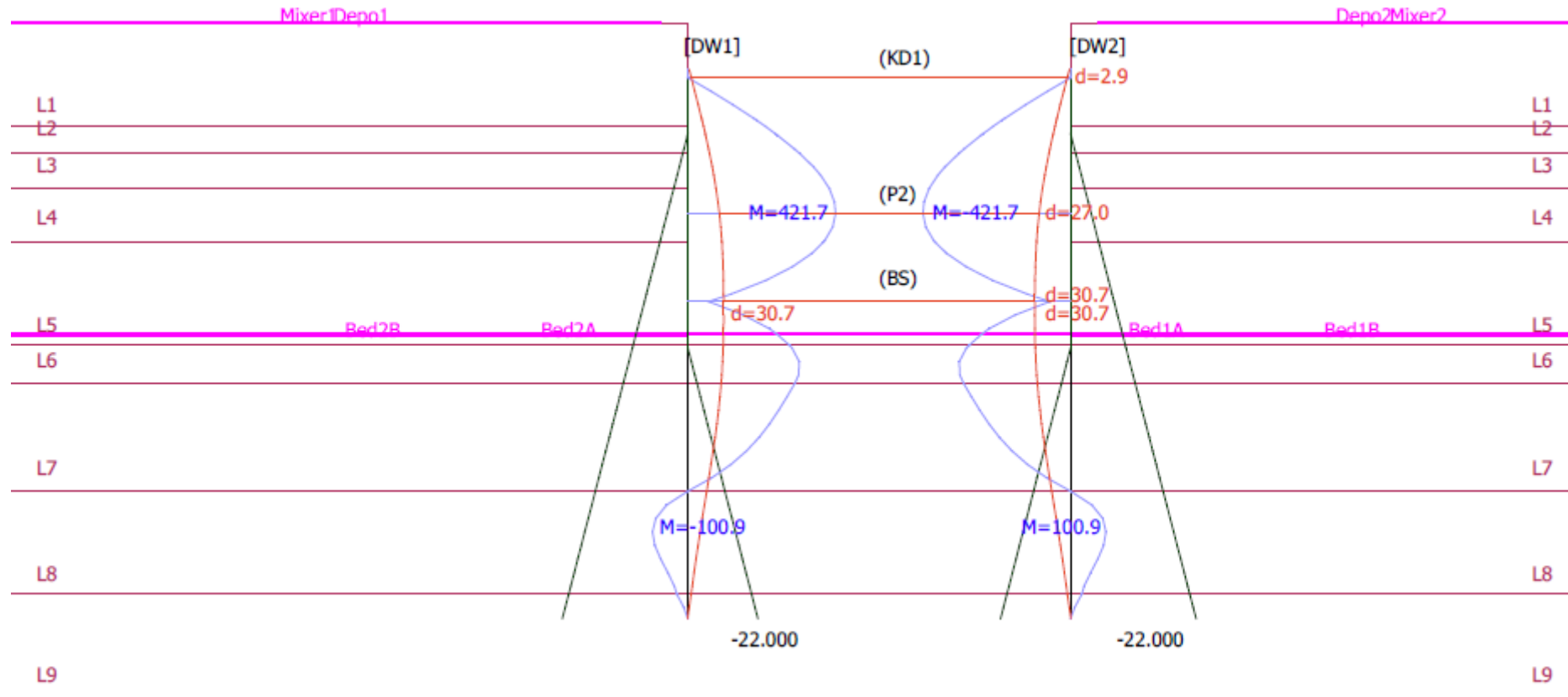
## □ Építési fázisok szerepe



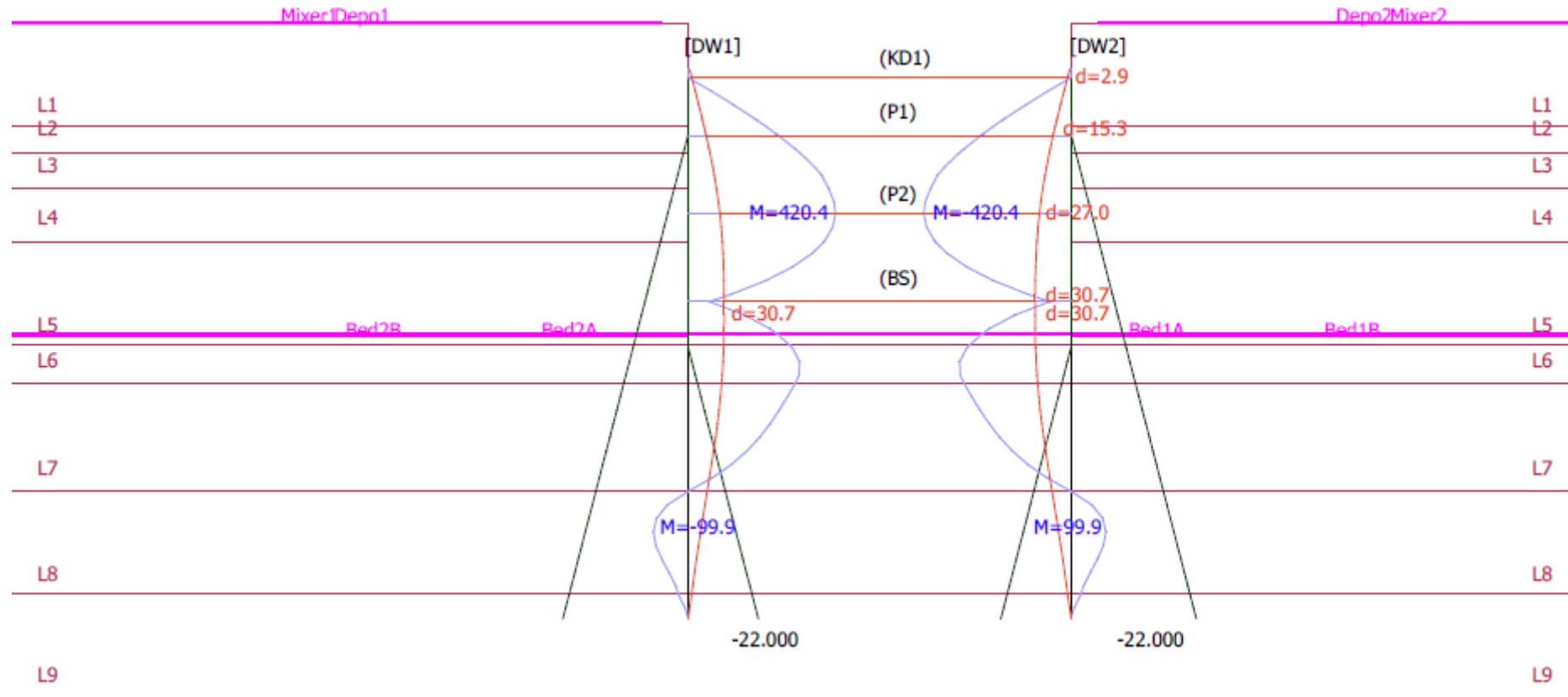
## □ Építési fázisok szerepe



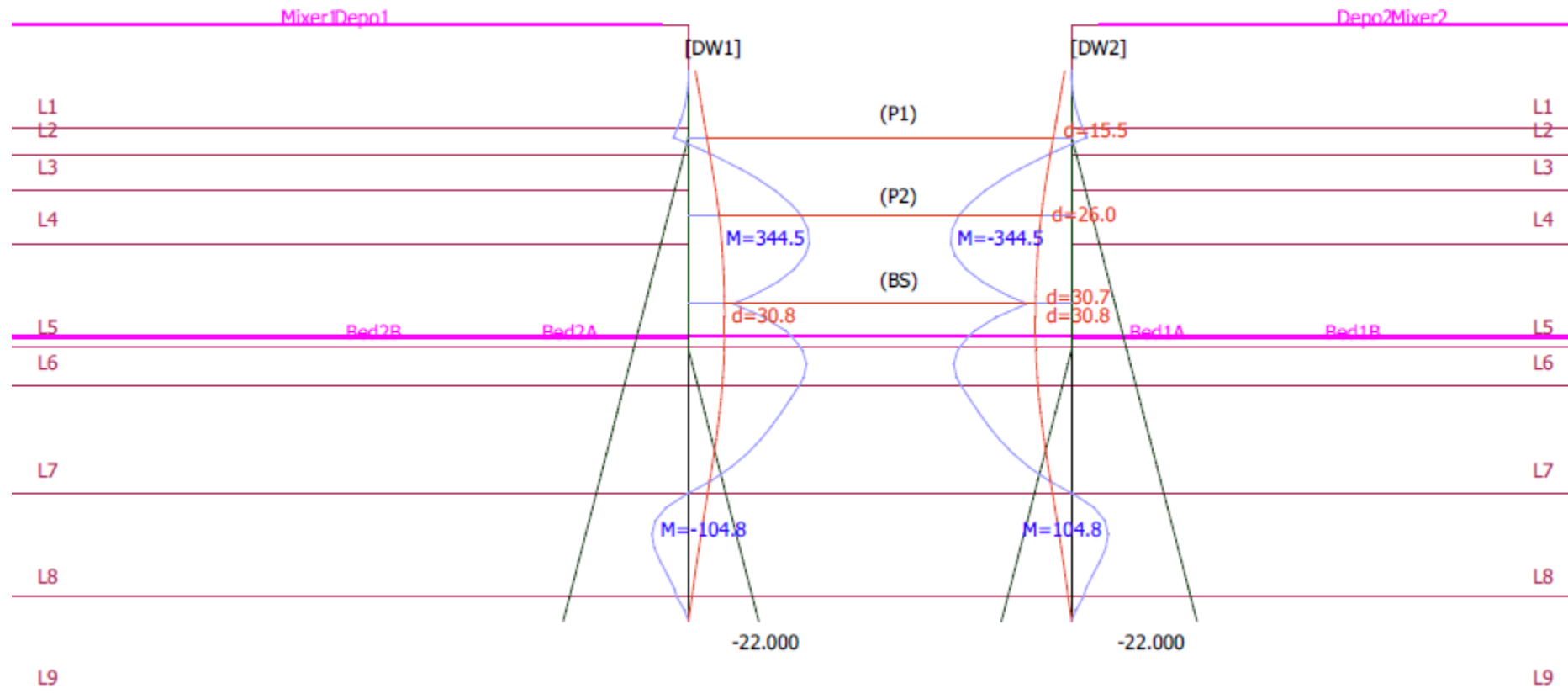
## □ Építési fázisok szerepe



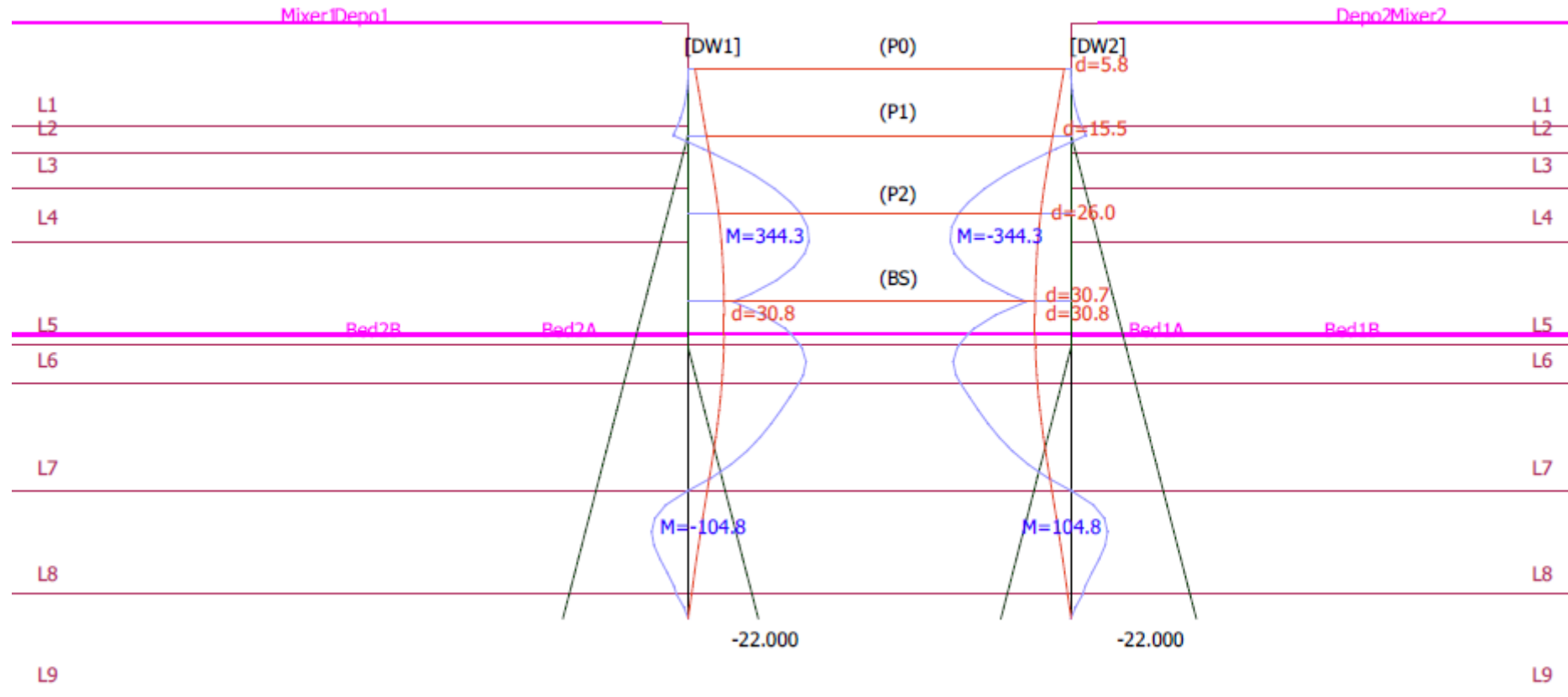
## □ Építési fázisok szerepe



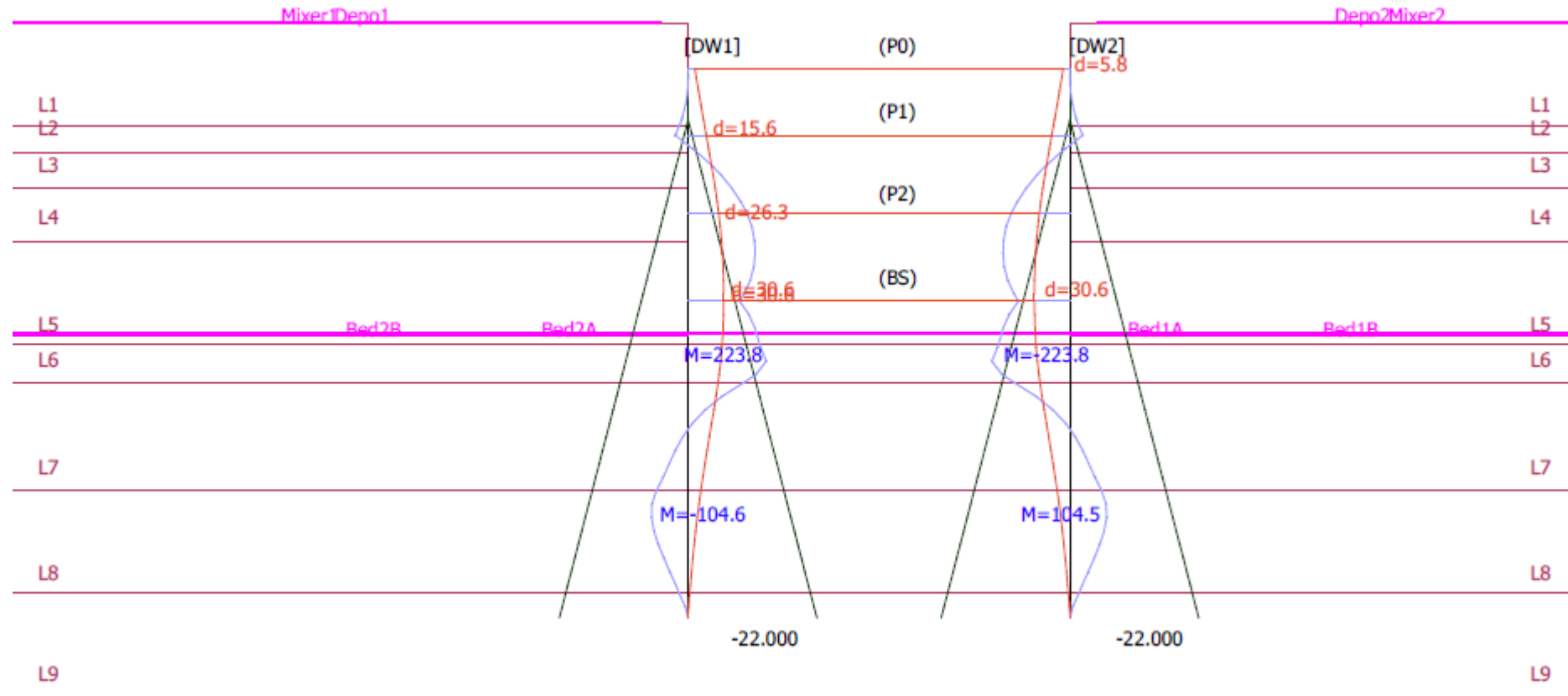
## □ Építési fázisok szerepe



## □ Építési fázisok szerepe

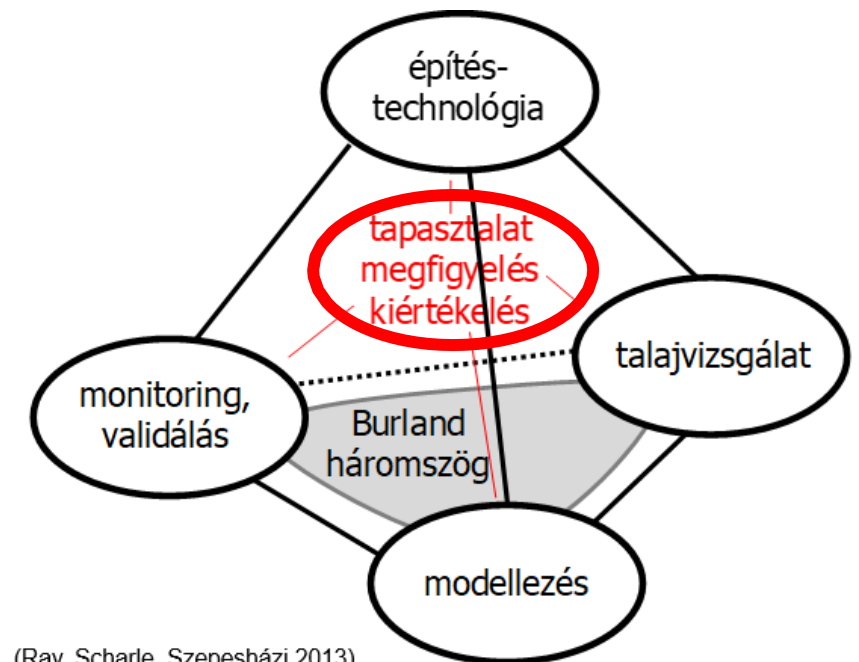


## □ Építési fázisok szerepe



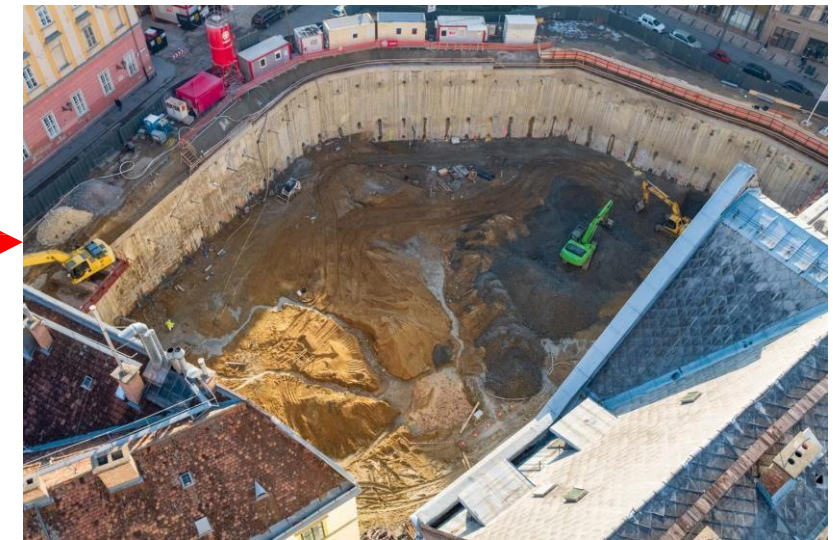
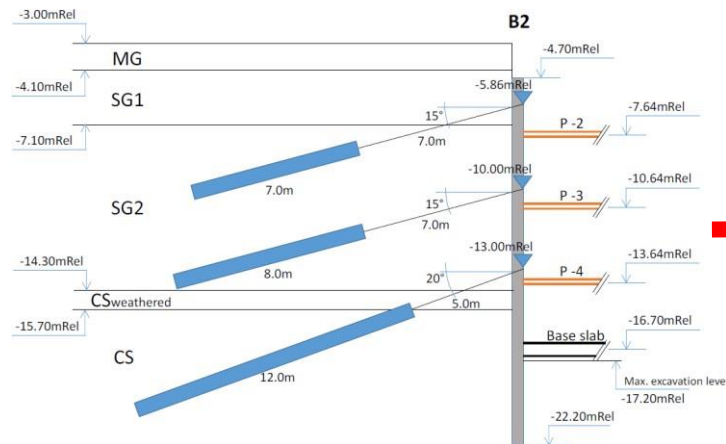
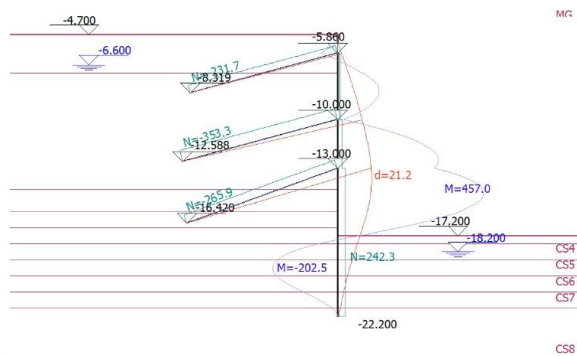
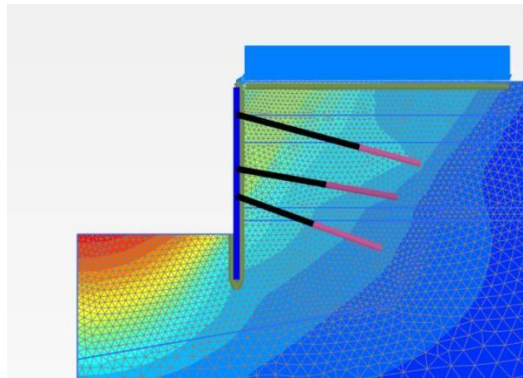


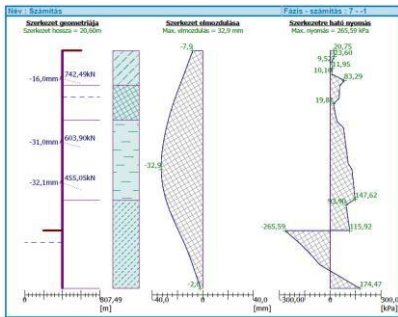
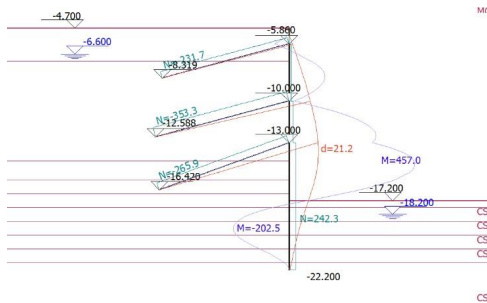
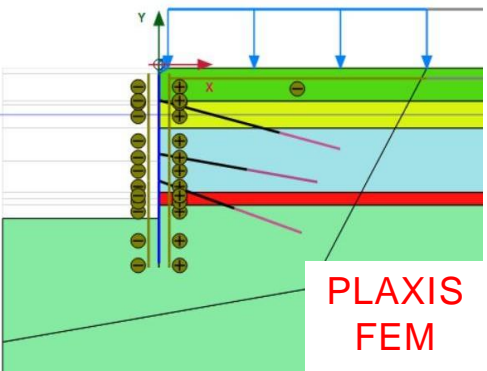
- ❑ Modelltípus megválasztása
- ❑ Szerkezeti elemek modellezése
- ❑ Talaj-szerkezet kölcsönhatás modellezése
- ❑ Terhelések modellezése
- ❑ Építési fázisok
- ❑ **Esettanulmány**



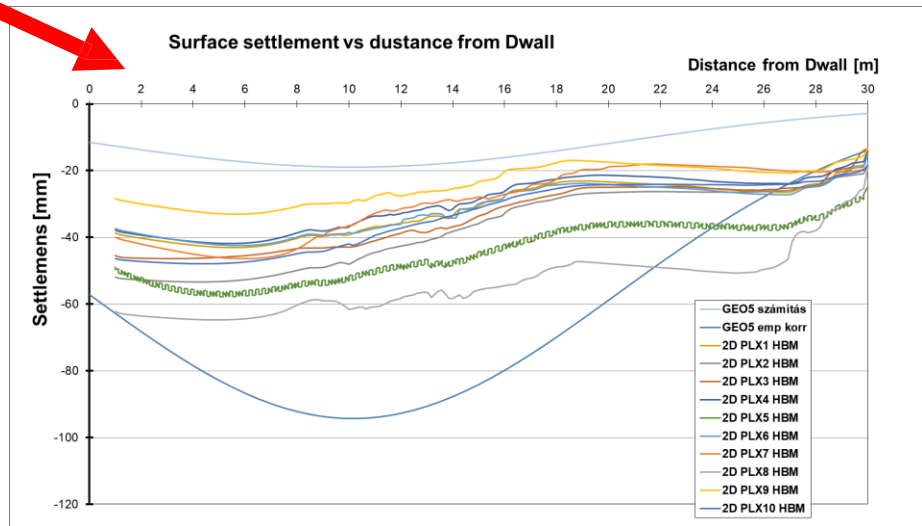
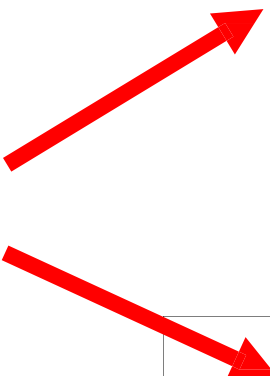
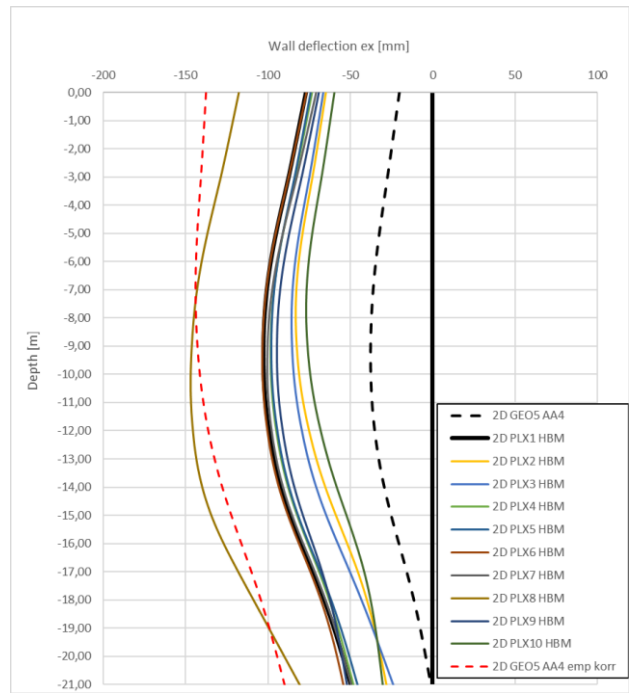
(Ray, Scharle, Szepesházi 2013)

- 2017 Q2 - Q4 koncepcióterv + talajfeltárások
- 2018 Q1 - Q2 kiviteli tervezés és horgony próbaterhelés
- 2018 Q2 - 2019 Q1 kivitelezés
- 2018 Q2 - 2019 Q4 monitoring





GEO5 + SB PARIS  
Winkler



- >10 db részfal modell
- Winkler vs PLAXIS HSS
- Talajviselkedés bizonytalanságainak elemzése
  - OCR
  - drénezett vs. drénezetlen
  - merevség
- Részfal mozgás vs
  - Horgonyhossz
  - Fal befogási mélység

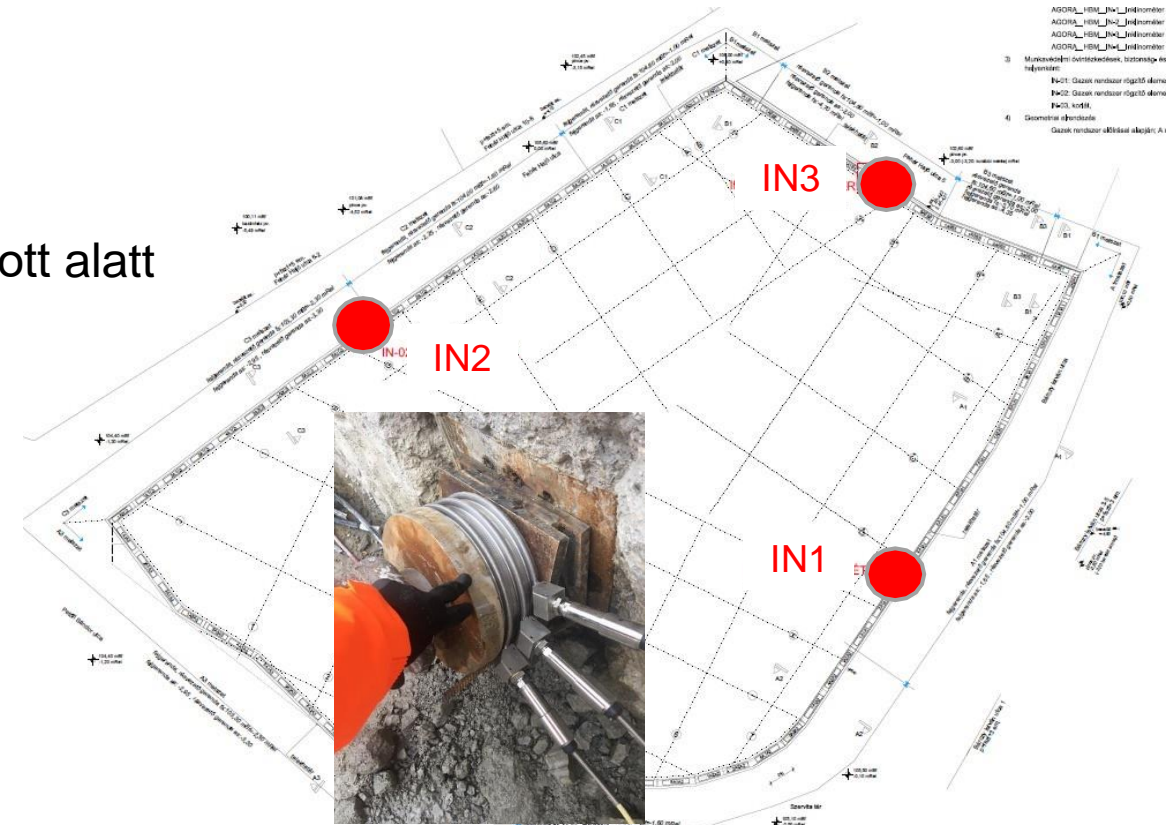
## Modellezési eredmények:

- Winkler modellek ~2-3cm
- PLAXIS modellek ~5-6cm
- Felszínsüllyedések ~2-4cm

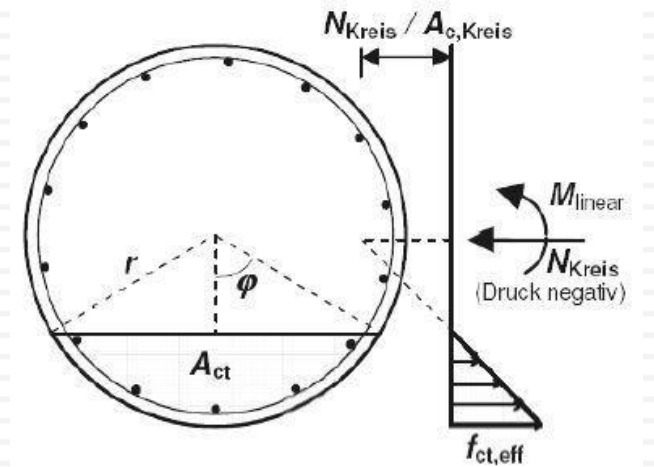
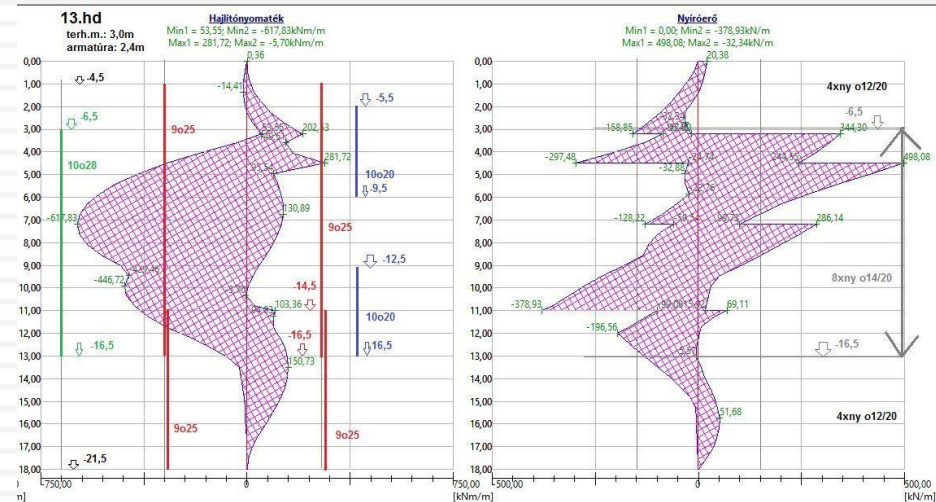
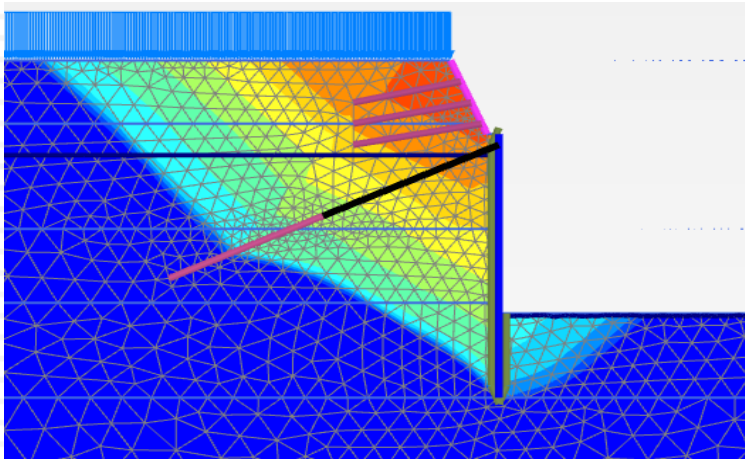
## Monitoring eredmények

- Inklinométer ~2-4cm
- Felszínsüllyedések <1cm
- Horgonyerő 5-10%kal számított alatt

## 7 Elfogadható értékek felső határa

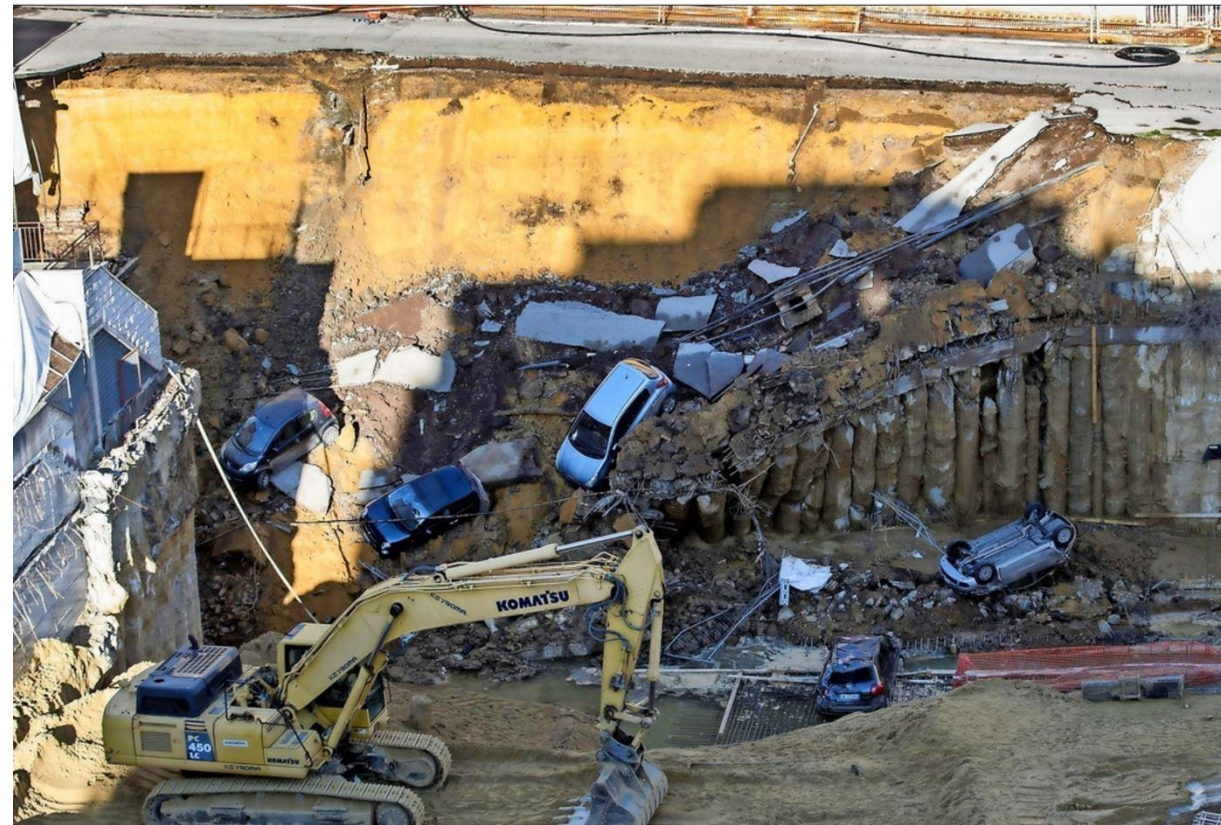


## MÉRETEZÉSI KÉRDÉSEK



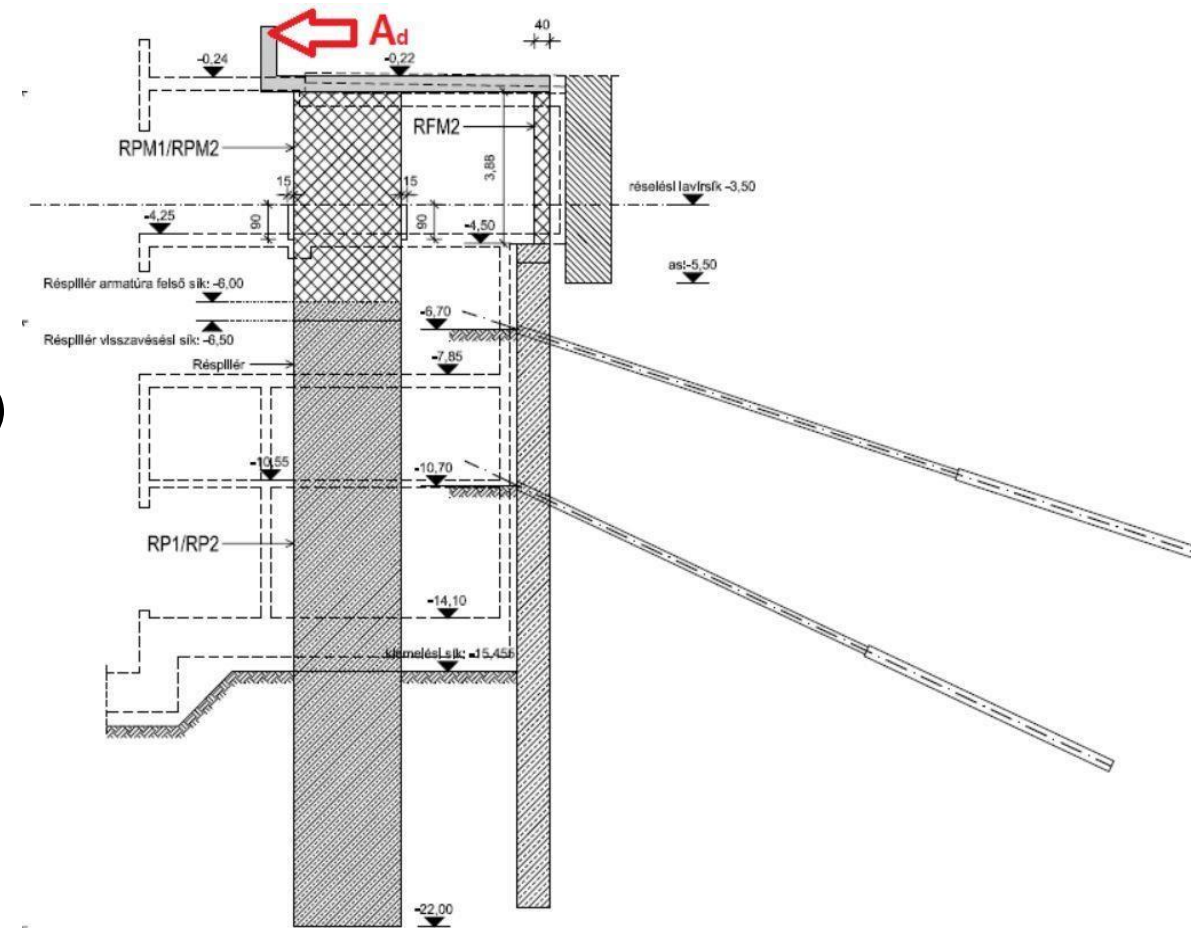
- A munkatér-határoló szerkezetek a befogott támfalak **speciális mélyépítési** technológiával készülnek.
  - Speciális mélyépítés: egy meghatározott munkaszintről a **talaj takarásában** (talajvíz szintje alatt) történő építési tevékenység
  - Szemben a hagyományos szerkezetekkel: nincs zsaluzás, tömörítés, utókezelés...
  - Az elkészült szerkezet méreteinek- , és a tervezett funkciójának való alkalmasság ellenőrzése közvetlen módszerekkel nem lehetséges
  - Az elkészült szerkezet minőségét befolyásolja többek közt a talajkörnyezet feltártságának (tvj, gtb) minősége, várható „szeszélyességének” előzetes ismerete
    - **Speciális tervezési és konstrukciós előírások amik a méretezésre is kihatnak**

- Méretezési kérdések fókuszja:
  - a tervezés során milyen vizsgálatok elvégzése szükséges ahhoz, hogy a támszerkezetek **határállapot**ba kerülését elkerüljük?



## □ Tervezési helyzetek:

- Ideiglenes (max. 2év)
  - (építési talajvíz, MSZ EN vs. DIN EN )
- Tartós
  - (pl. támfal egyben alapozási szerk. is)
  - (nyugalmi földnyomás, tervezési talajvíz)
- (Rendkívüli)
  - (pl. ütközési teher)
- (Szeizmikus)
  - (szabványos érték 50 éves tervezési élettartamhoz)





## □ Határállapotok:

### □ **Teherbírési határállapotok (ULS)**

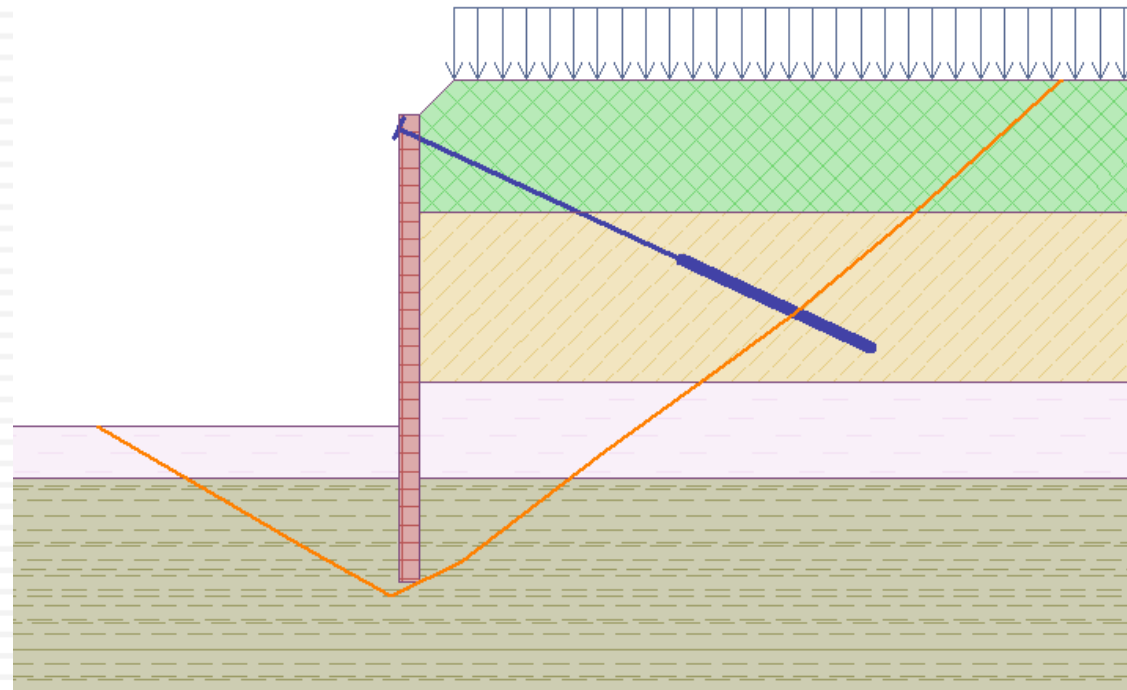
- STR (falszerkezet, dúcok, horgonyok szilárdsági tönkremenetele)
- GEO (talajtörés)
  - Támfal befogása; külső-, belső stabilitás; horgony befogott szakasza, támfal mint mélyalap)
- HYD Hidraulikus talajtörés
  - Gödörfenék stabilitásvizsgálata (buzgárosodás)
- UPL (felúszás)
  - Falszerkezet részt vesz az épület lehorgonyzásában
  - Támfal agyagréteget harántol a kiemelési szinten, alatta szemcsés talaj

### □ **Használhatósági határállapotok (SLS)**

- Alakváltozások ellenőrzése a *környezetre gyakorolt hatás* miatt
- Repedéstágasság vizsgálata vb szerkezet esetén

- Terhelések felvétele:
  - **egyszerűsítések, gyakorlatban alkalmazott szokások, melyek nem helyettesítik a részletes, szabványokon alapuló elemzést!**
    - Földnyomás talaj önsúlyából számítva (min. földnyomás  $0,2 \cdot s_z$  ;  $K_0$  végállapotban)
    - Felszíni állandó terhek
      - **A hatáskörébe eső építményekről alapozásra jutó terheket is tartalmazó tartószerkezeti állapottrögítő szakvélemény!**
        - Előzetes becslésnél, koncepció tervezésnél: pinceszint: ~30kPa, felsőbb szintek: ~15-17kPa)
    - Felszíni hasznos terhek (\*1,1)
      - Közúti hidak terhei az EC szerint részletezett tehermodellek
        - Közelítő becslésként: 24kPa (rég MSZ szerinti hídfőteher)
      - Építési forgalom munkaterületen belül:
        - Közelítő becslésként: ~16,6kPa
    - Víznyomás
      - Ideiglenes tervezési helyzetben tvj szerinti **építési vízszint**
      - Végállapotban (tartós tervezési helyzet) tervezési (mértékadó) talajvízszint
    - Ütközés

# STABILITÁS VIZSGÁLATOK



- A befogott támszerkezetek **globális dimenziói** (horgonyhosszak, határoló fal talpsíkja) stabilitás-vizsgálattal ellenőrizhetőek.
  - Külső stabilitás
  - belső stabilitás
  - passzív megtámasztás
  - gödörfenék hidraulikus talajtörése

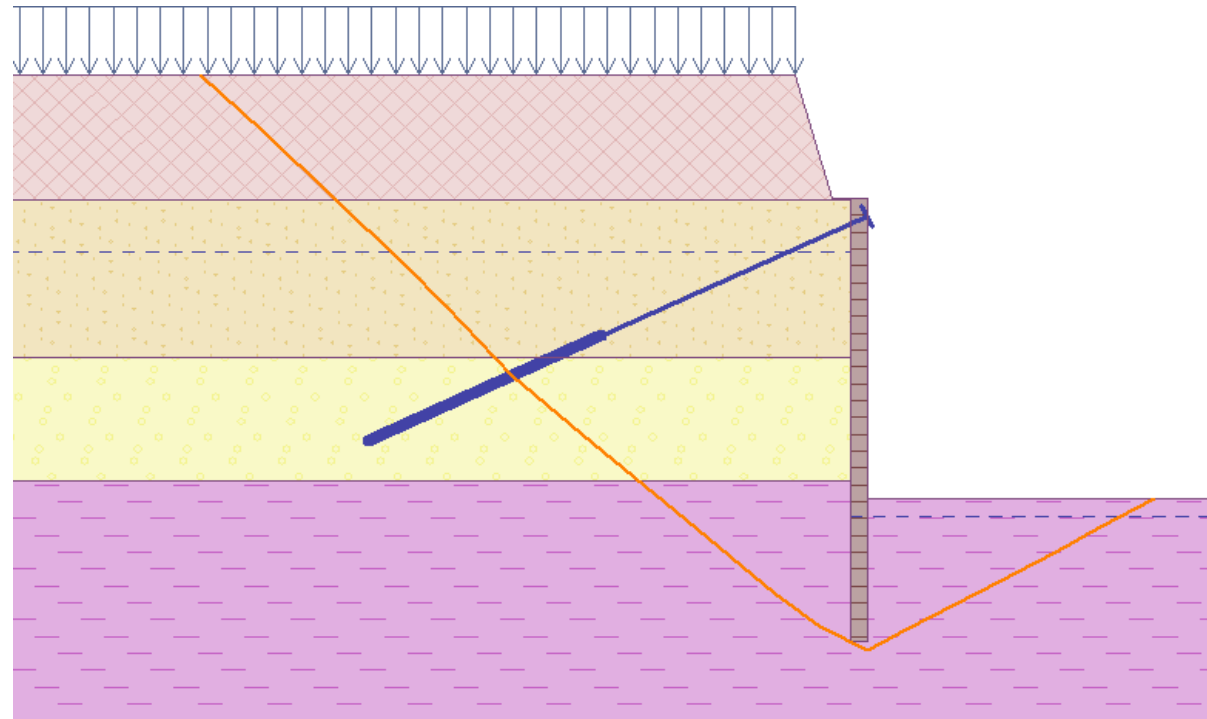
(földstatikai stabilitásvesztés lehetőségének vizsgálata hagyományosan 2D-ben)

## □ Külső stabilitás vizsgálat

- A támfal talpa alatt és a horgony befogási pontja mögött futó legkisebb ellenállású, összetett csúszólap keresése.
- Kritérium:  $R_{\text{stab,d}} / E_{\text{destab,d}} \geq 1$
- DA-3 tervezési módszer **1,35** ( $\text{tg} f_k', c_k'$ ) **1,5** ( $c_{uk}, q_{uk}$ )

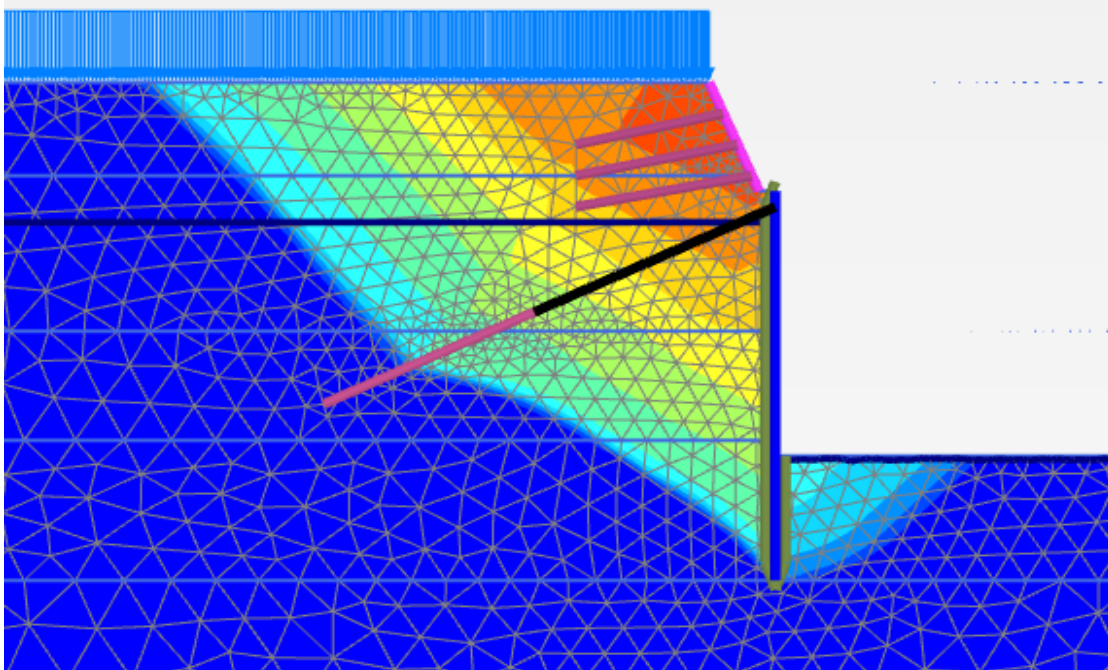
Ha  $R_{\text{stab,d}} / E_{\text{destab,d}} \leq 1 \Rightarrow$  mélyebb befogás és/vagy hosszabb horgony szükséges

### □ Külső stabilitás vizsgálat (analitikus módszer)



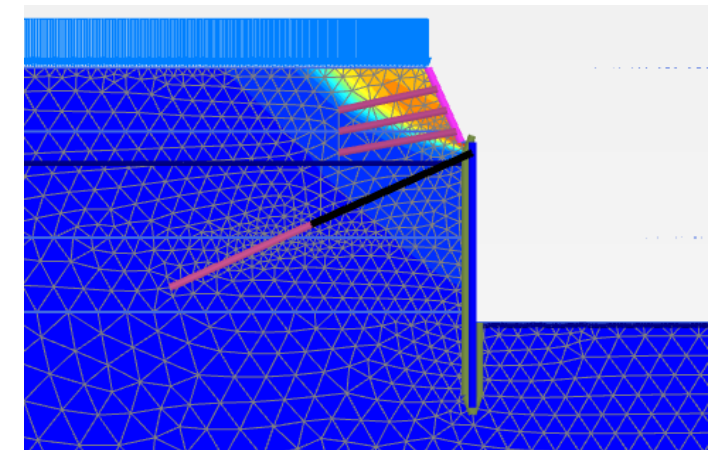
- Felhasználó által definiált csúszólapból indul a számítás (iterációs eljárással jut el a csúszólapig)
- Kör- vagy összetett csúszólap a mértékadó?
- A szerkezeti elemek feszültségei nem korlátozhatóak a számítás során

## □ Külső stabilitás vizsgálat (végelelemes módszer)



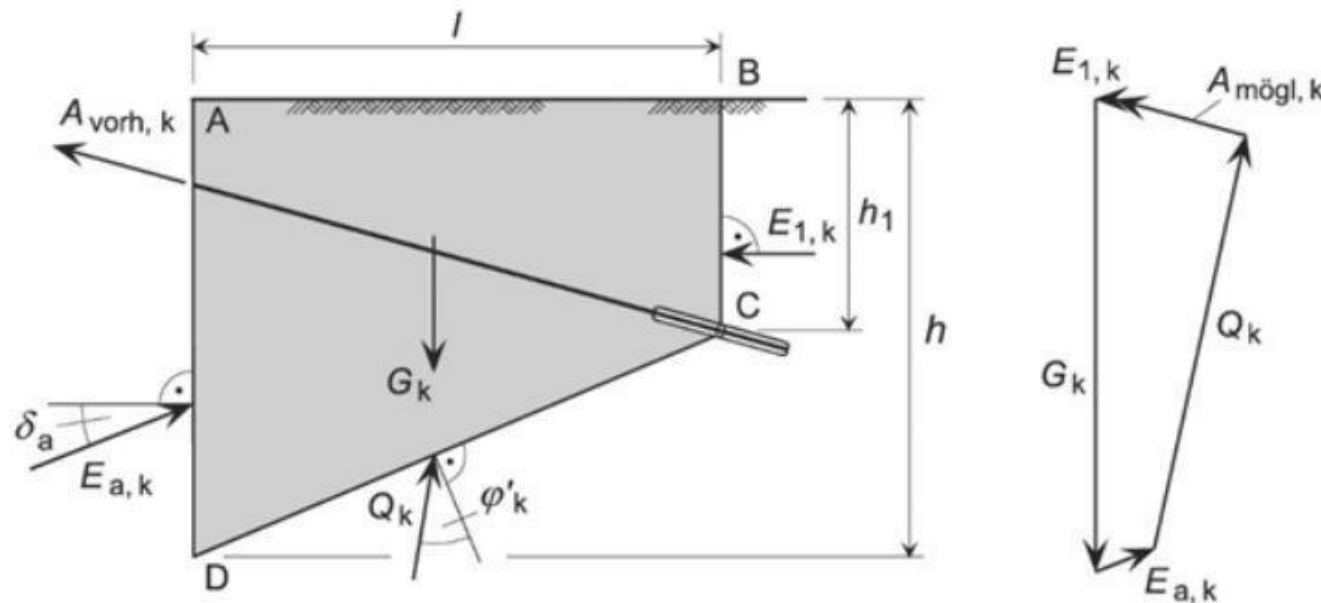
- A szoftver fokozatosan rontja a nyírószilárdsági paramétereket az egyensúlyi határállapot eléréséig
- Szerkezeti elemek definiálása rugalmas-képlékeny anyagmodellel, határfeszültség megadásával

- Talajlamella nyírószilárdsági redukciójának kikapcsolási lehetősége



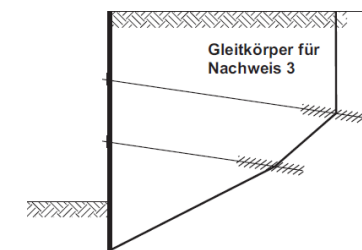
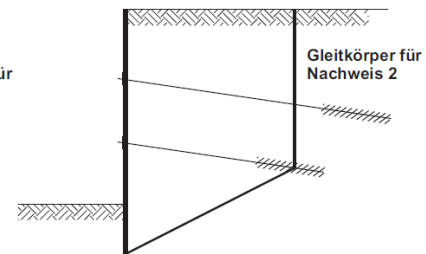
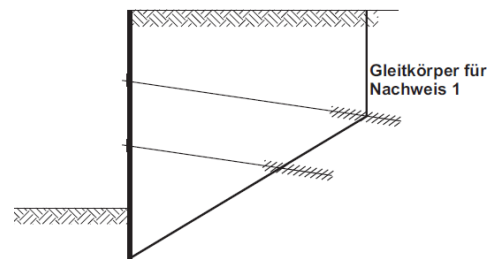
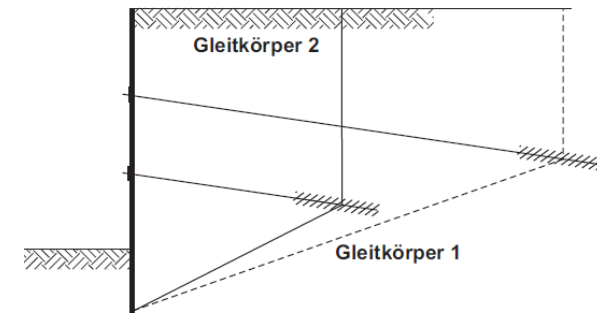
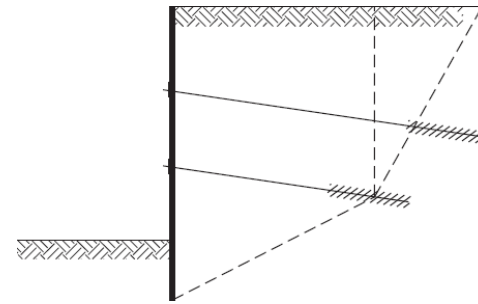
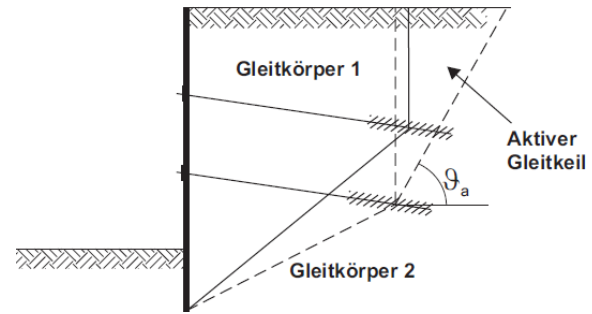
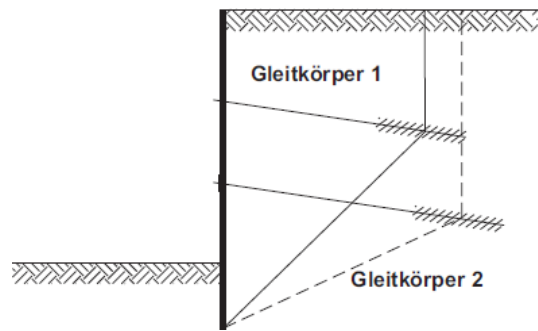
## □ Belső stabilitás vizsgálat

- **Horgony hosszának ellenőrzése** Kranz-féle grafoanalitikus módszerrel
- DA-2 tervezési módszer ( $g_R=1,1$   $g_E=1,35$ )
- $A_{\text{számított},k} \cdot g_E \cdot g_R < A_{\text{lehetséges},k}$  (ha nem teljesül => horgonyhossz növelés)





- Belső stabilitás vizsgálat több horgonyosor esetén



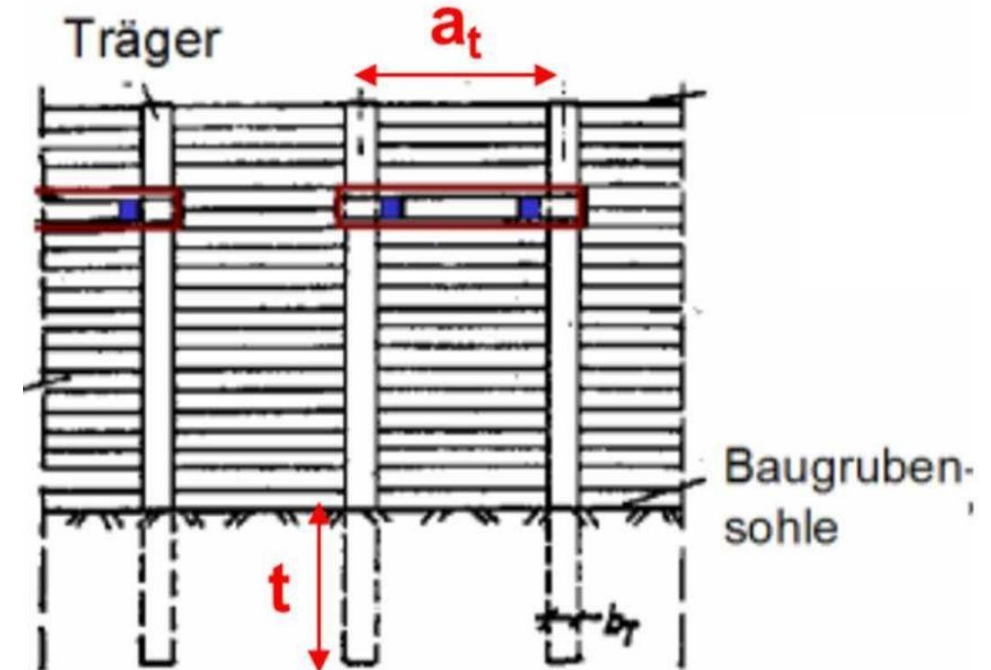
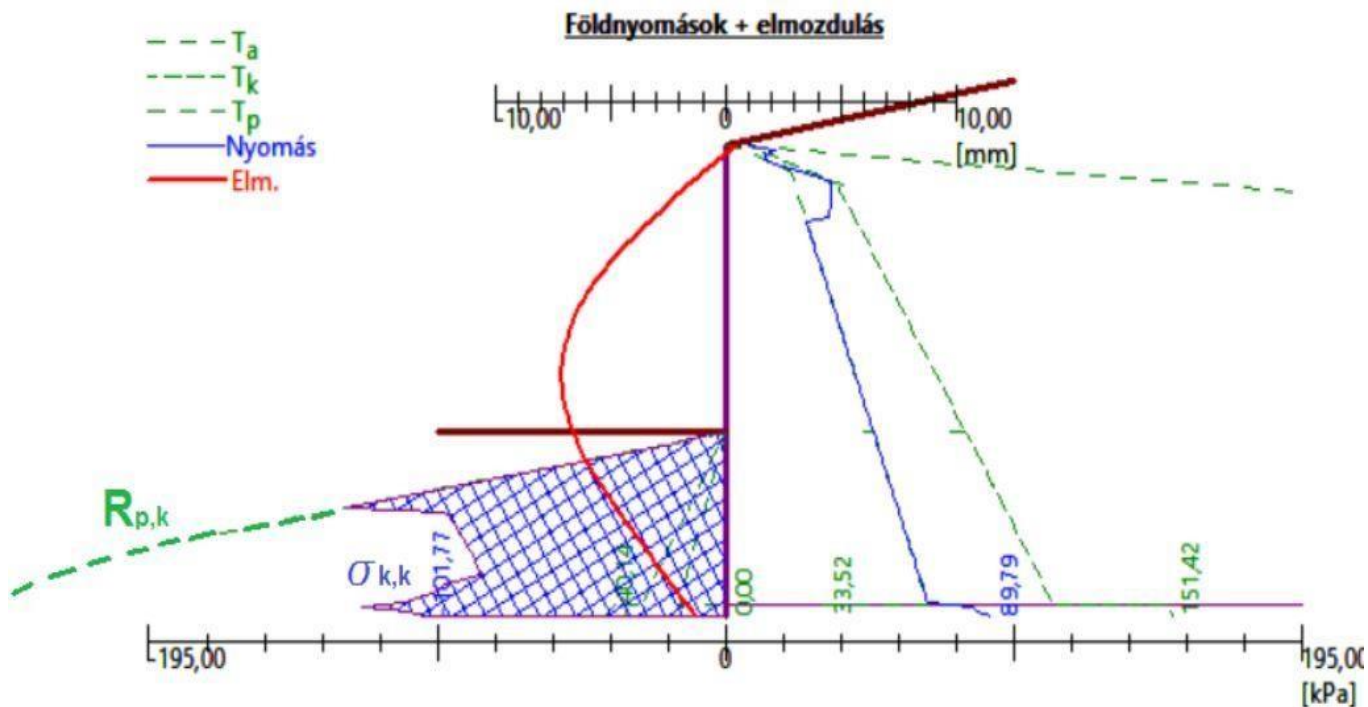
- Különböző horgony típusok



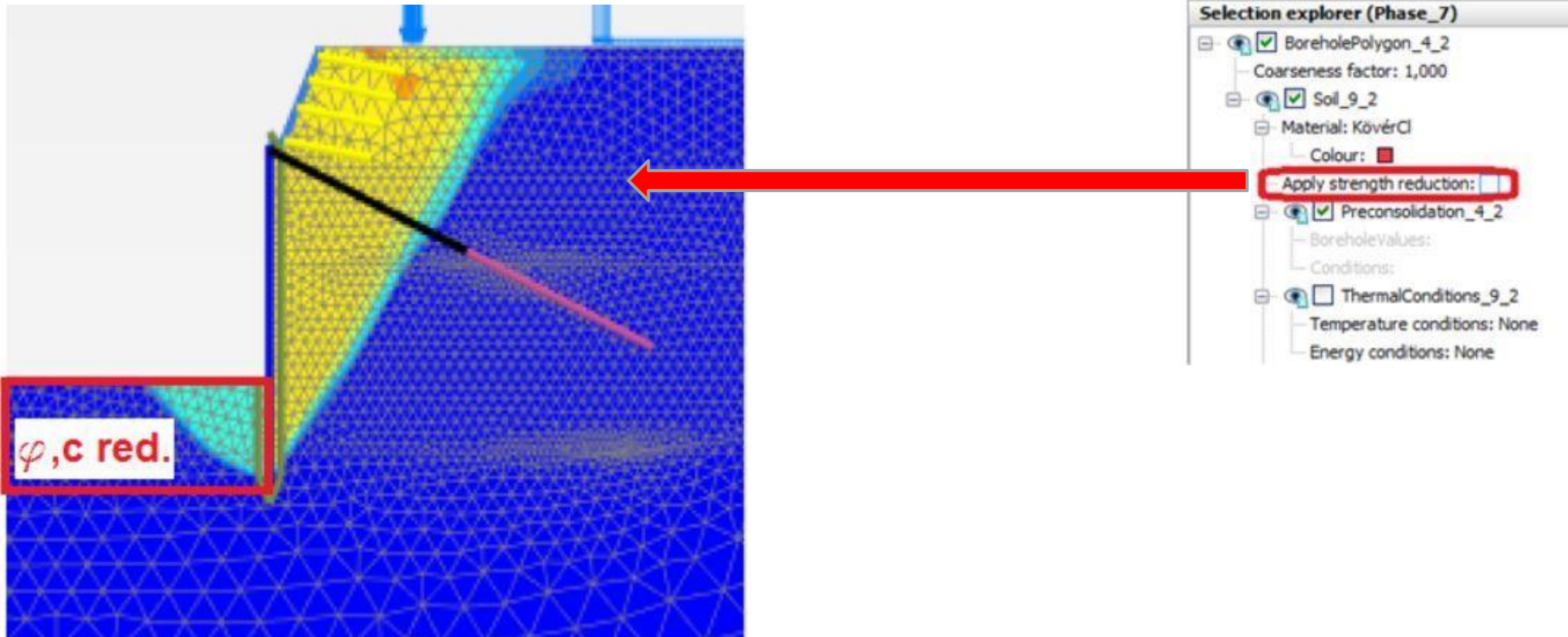
## □ Passzív megtámasztás ellenőrzése (Geo5)

- Teljes kiemelésnél: ágyazati feszültség vs. hatékony passzív földellenállás
- DA-2 tervezési módszer ( $g_R=1,4$   $g_E=1,35$ )

Siemens dúcolatnál vizsgálandó, hogy a térbeli (3D) passzív földellenállás a mértékadó, vagy pedig a feszültségtestek összemetsződnek (~2D fesz. áll.)



- Passzív megtámasztás ellenőrzése (Plaxis)
- $\varphi, c$  redukció működtetése csak a befogás előtti talajzónára
- A kimutatandó általános min. biztonság:  $g_R * g_E = 1,89$



- Passzív megtámasztás ágyazati feszültsége (drénezett vs drénezetlen?)
- Vermeer és Meier időtényező képlete:

$$T = \frac{k \cdot E_{oed}}{\gamma_v \cdot D^2} \cdot t$$

- ha  $T_v < 0,01$  akkor közelítőleg drénezetlen,
- ha  $T_v > 0,4$  akkor drénezett viselkedésről beszélhetünk.

- Passzív megtámasztás ágyazati feszültsége (drénezett vs drénezetlen?)

$$E_{OED} := 18 \text{ MPa}$$

$$t := 1296000 \cdot s$$

$$\gamma_v := 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$D := 2 \text{ m}$$

$$T := 0.01$$

$$k := \frac{T \cdot D^2 \cdot \gamma_v}{E_{OED} \cdot t}$$

$$k = (1.715 \cdot 10^{-11}) \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- Következtetés: kockázatos a munkatér határoló szerkezetet talajkörnyezetének drénezetlen viselkedésével számolni a kedvezőbb eredmény reményében.

- Passzív megtámasztás ágyazati feszültsége (drénezett vs drénezetlen?)
  - Amennyiben a kötött talajok drénezetlen nyírószilárdsága áll csak rendelkezésre (csak azt mérték ki), **ignorálható** a drénezetlen viselkedés figyelembe vétele (**minden egyes építési fázisban** ignorálni kell!)

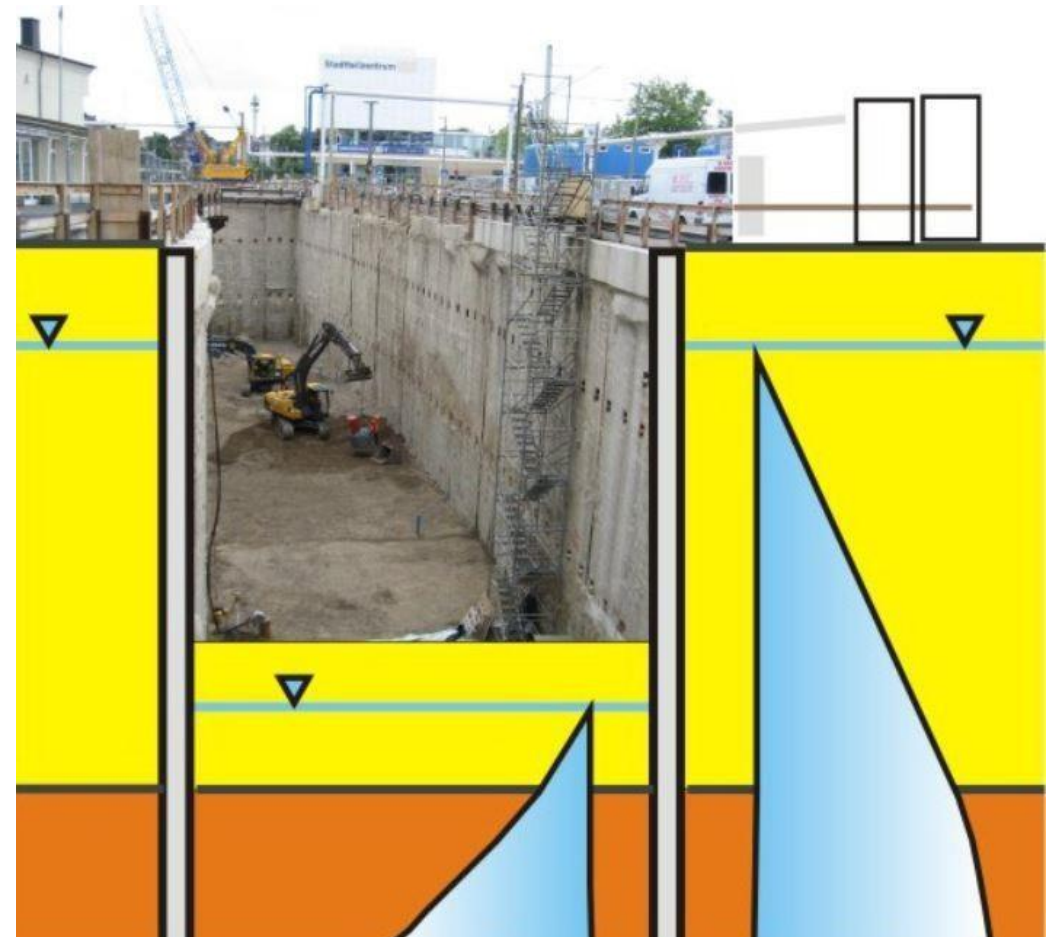
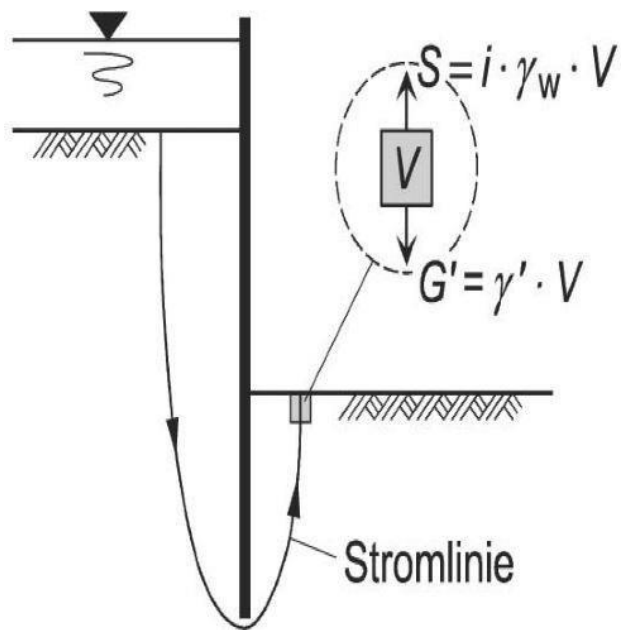
The screenshot shows the 'Phases' dialog box in a software application. The left pane displays a list of phases: Initial phase [InitialPhase], Phase\_1, Phase\_2, Phase\_3, Phase\_4, Phase\_5, Phase\_6, Phase\_7, Phase\_8, Phase\_9, Phase\_10, Phase\_11, Phase\_12, Phase\_13, and Phase\_14. The right pane shows the configuration for Phase\_14, with the 'Deformation control parameters' section expanded. The 'Ignore undr. behaviour (A,B)' checkbox is checked and highlighted with a red box.

Name	Value
<b>General</b>	
ID	Phase_14
Start from phase	Phase_13
Calculation type	Plastic
Loading type	Staged construction
$\Sigma M_{stage}$	1,0
$\Sigma M_{weight}$	1,0
Pore pressure calculation type	Steady state ground
Thermal calculation type	Ignore temperature
Time interval	0,001
First step	4
Last step	4
Design approach	(None)
Special option	
<b>Deformation control parameters</b>	
Ignore undr. behaviour (A,B)	<input checked="" type="checkbox"/>
Reset displacements to zero	<input type="checkbox"/>
Reset small strain	<input type="checkbox"/>
Reset state variables	<input type="checkbox"/>
Reset time	<input type="checkbox"/>
Updated mesh	<input type="checkbox"/>
Updated water pressure	<input type="checkbox"/>
Ignore suction	<input checked="" type="checkbox"/>
Cavitation cut-off	<input type="checkbox"/>

- Gödörfenék stabilitás vizsgálata

- A passzív megtámasztásnál a szivárgó víz megbontja-e a talajszerkezetet?

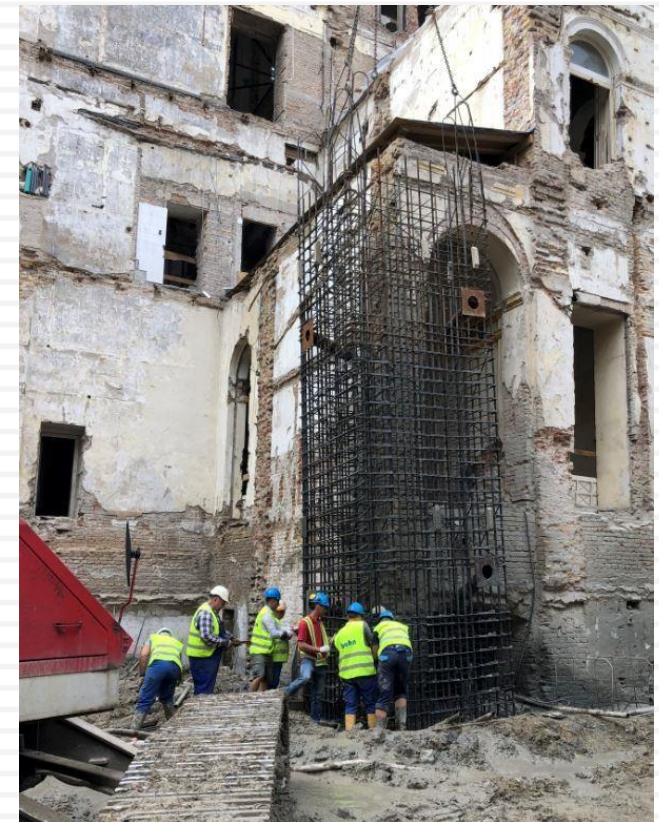
$$1,35 * I_{\max} * \gamma_v \leq 0,9 * \gamma'$$





177

## TARTÓSZERKEZETI ELEMEK MÉRETEZÉSE



## □ Szabványok

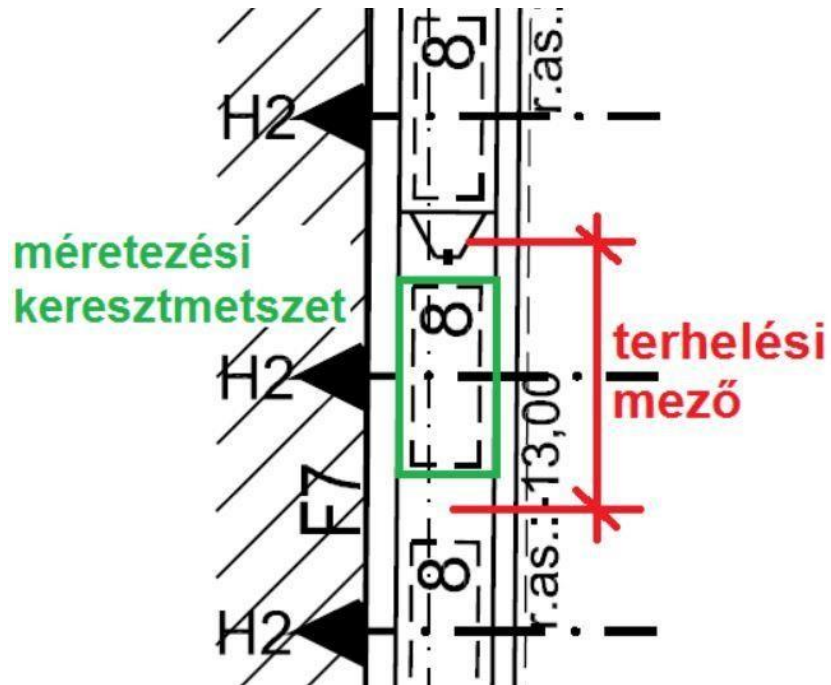
- A teherbírást az MSZ EN 1997-1:2006 szabvány NA9.2 pontja szerint a 2-es tervezési módszert használva az A1 "+" M1 "+" R2 kombinációval kell ellenőrizni
  - Igénybevételek ( $E_k$ ) meghatározása a hatások ( $A_k$ ) és anyagjellemzők ( $M_k$ ) karakterisztikus értékével történik
    - Igénybevétel tervezési értéke  $E_d = g_F * E_k$
    - Ellenállástervezési értéke:  $R_d = R_k / g_F$
- **R2 meghatározása az egyes tartószerkezeti elemek méretezési szabványai szerint**
  - **Az adott tartószerkezet kialakítására vonatkozó szabványok (ld. lent) szerinti szerkesztési elvek betartása!**

Fúrt cölöpök MSZ EN 1536, MSZ EN 12699, Mikrocölöpök MSZ EN 14199, Talajhorgonyok MSZ EN 1537, Résfalak MSZ EN 1538, Szádfalak 12063, Jethabarcosítás MSZ EN 12716

- A méretezési igénybevételek meghatározásához
- **Végleges üzemű** megtámasztó szerkezetnél: **nyugalmi földnyomás, minimális földnyomás**
  - $K_0$  ;  $0,2 * \sigma_z$
  - Geo5, ill. Plaxis alkalmazása
- Emelt földnyomás „kikényszerítése” mesterségesen (pl. magasabb térszíni teherrel) a végállapot fázisában

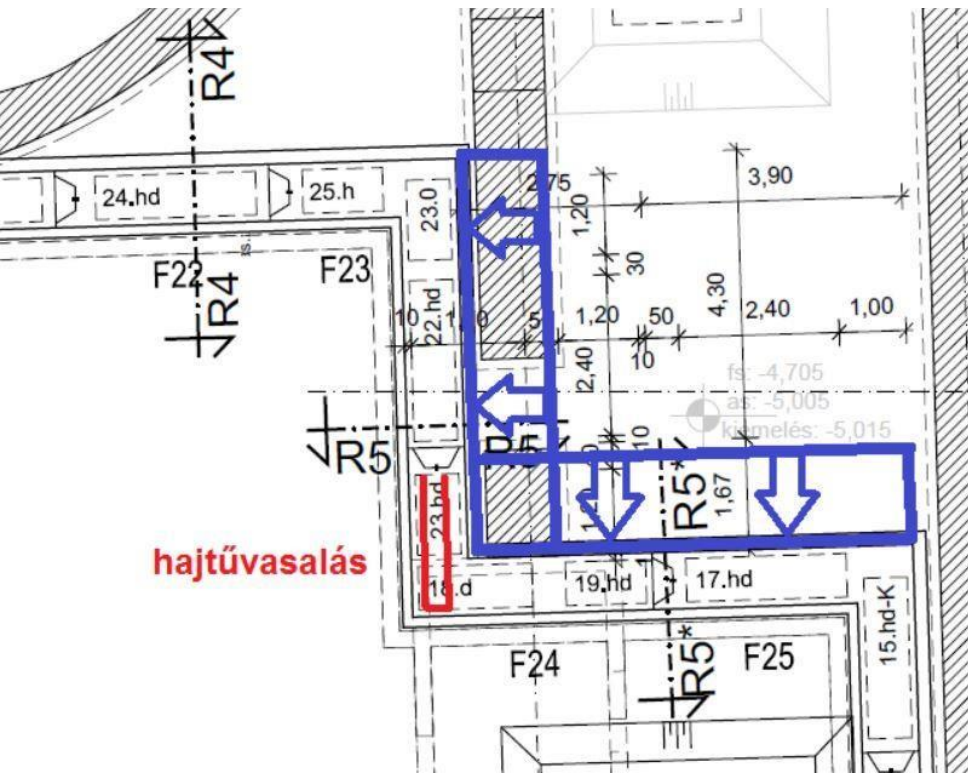


## □ Résfalak (méretezéssel összefüggő előírások)



- betontakarás (7,5cm)
- betonacélok közötti minimális távolság 10cm vagy 8cm ha  $d_g \leq 20\text{mm}$ ;  
(ÖNORM  $\leq 30\text{N/m}^2$  folyáshatárú zagy esetén 5cm-t megenged)
- toldási hossz (ÖNORM átfogásos t.:  $2 \cdot l_{bd}$  a kihasználtságtól függetlenül)
- számításba vehető maximális beton szilárdság: C25/30 (ÖNORM)
- maximális kengyeltávolság: 25cm (ÖNORM)





Saroktábla armarúrainak összefűzése igénybevételek plaxis 3D modellből



□ A résfal vízzárósági szerepe (követelmény osztályok)

3/1 táblázat

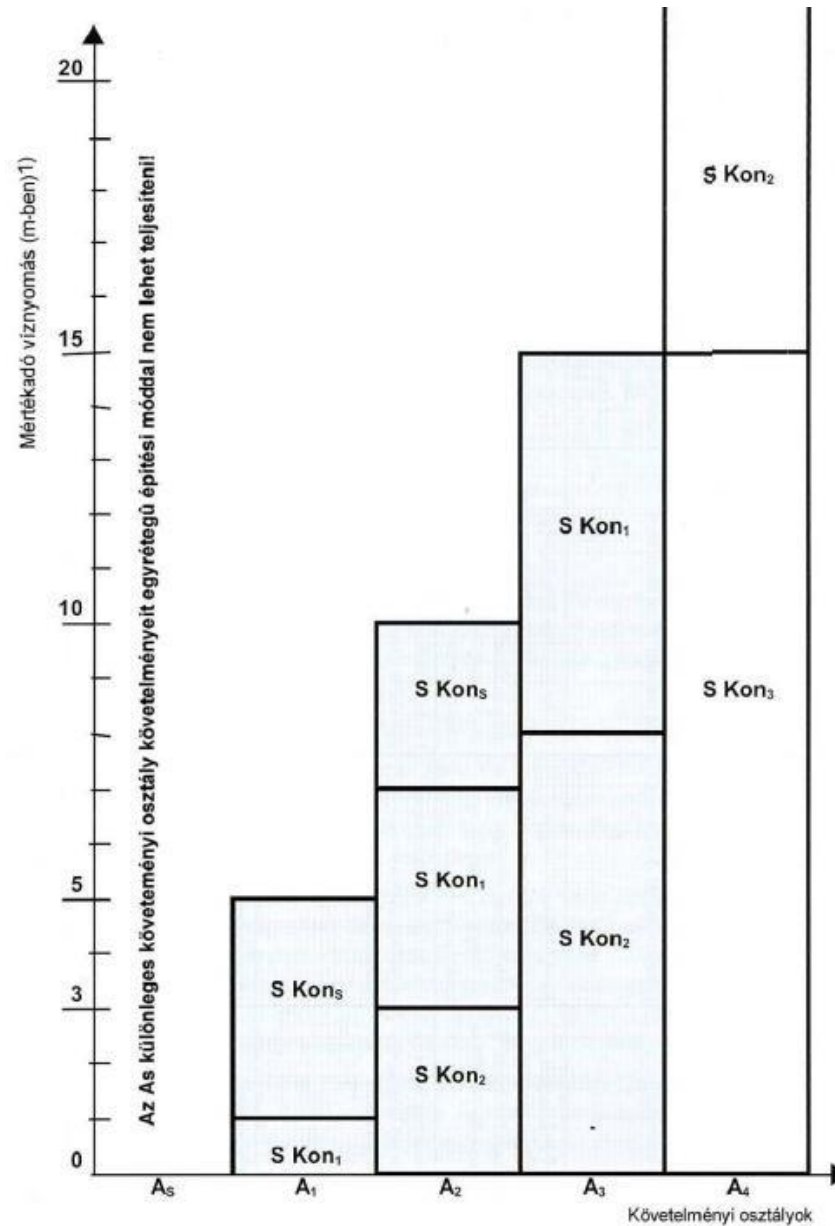
Külső falak, padlólemezek és födémek vízzáróságának követelmény osztályai

Köv. oszt.	Rövid leírás	Betonfelület leírása	Vízzáróság megítélése	Vízzárósági követelmény számszerűsítése a betonfelületen	Kiegészítő lépések	Lehetséges alkalmazási példák	Építési mód
A <sub>s</sub> különleges osztály	teljesen száraz	Nincs szemmel látható nedves hely (sötét elszíneződések).			Ép. fizikai vizsg. és a térség kondicionálása/klimatizálása feltétlenül szükséges	Nedvességre különlegesen érzékeny anyagok külön helyisége és tárolója	
A <sub>1</sub>	messze-mézően száraz	Szemmel látható egyes nedv. helyek (max. matt elszíneződés).	Száraz kézzel (felületileg) érintve a kézen víznyomok (cseppek) nem észlelhetők.	A teljes látható résfal felület 1%-ig nedves helyek lehetségesek, ezek lecsorgásai max. 20 cm-en belül felszáradnak	Ép. fizikai vizsgálat feltétlenül szükséges, ezért a térség kondicionálása/klimatizálása szükséges lehet (pl. hosszabb idejű emberi tartózkodásnál)	Közlekedési létesítmények, nagy követelményekkel, tartózkodók, tárolók, házi pincék, (betároló helyiségek) épületgépészeti terek különleges követelményekkel	egyretekü építési mód
A <sub>2</sub>	enyhén nedves	Szemmel és kézzel megállapítható egyes fénylő nedvesedések a látható felületeken.	A lefolyó víz mennyisége nem mérhető. A fal érintése után a kézen víznyomok észlelhetők.	A résfal teljes felületének 1 %-án nedvesedési helyek megengedhetők. Az egyes lecsorgások a szóban forgó építményrészekon felszáradnak.	Különleges esetekben kondicionálás/klimatizálás szükséges lehet.	Garázsok, épületgépészeti terek (pl. fűtési berendezések, kollektorok), közlekedési létesítmények.	
A <sub>3</sub>	nedves	Vízkilépés cseppekben, vízfoltok képződésével	A lefolyó víz mennyisége gyűjtő edénnyel mérhető.	A résfal látható felületén: a max. vízmennyiség egy hibahelyen, ill. 1 fm résfal munkahézagon nem lehet több, mint 0,2 l/h, a vízbelépés fal m <sup>2</sup> -én átlagosan 0,01 l/h-nál nem lehet több.	Víztelenítést kell előirányozni.	Garázsok (kiegészítő intézkedésekkel, pl. víztelenítő folyókákkal).	Külső héj kértékü
A <sub>4</sub>	Vizes	Egyes lefolyó vízbelépések	A lefolyó víz mennyisége gyűjtő edénnyel mérhető.	A max. vízmennyiség egy hibahelyen nem lehet több, mint 2 l/h, a vízbelépés fal m <sup>2</sup> -én átlagosan 1 l/h-nál nem lehet több. 1)	Víztelenítést kell előirányozni.		építési módban

1) Az átlagképzés csak a kívülről nedvesített falfelületre, a méretezési vízállás és a földkiemelés szintje közötti részre vonatkozhat.



Szerkezeti osztály kiválasztása  
a mértékadó (tervezési) víznyomás  
és a szárazsági követelmény  
függvényében



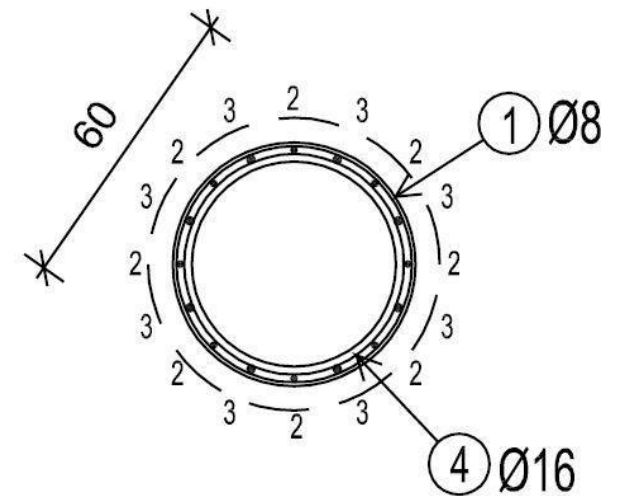
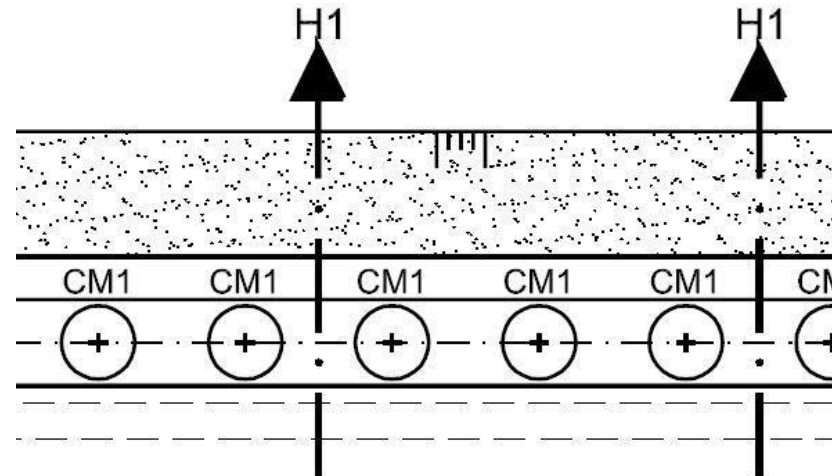
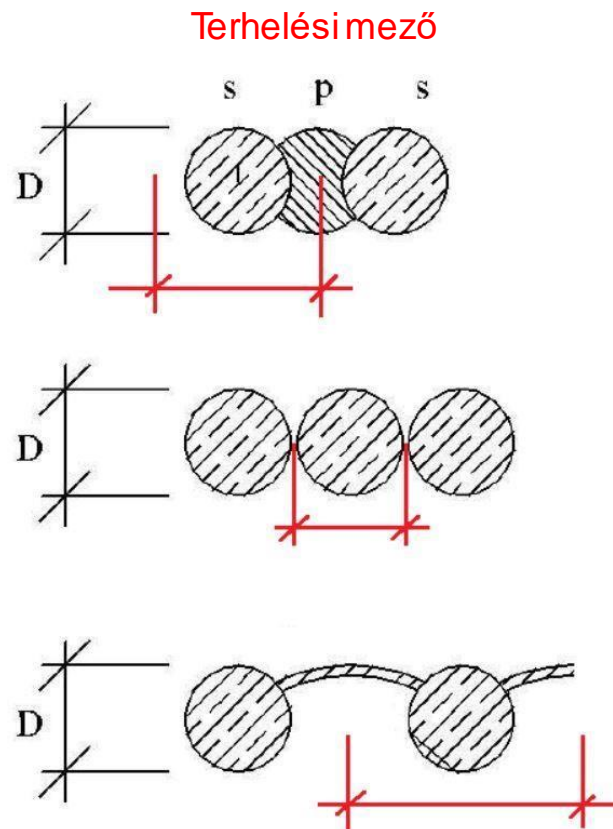
## Szerkezeti osztályok előírásai

	S Kon <sub>s</sub>	S Kon <sub>1</sub>	S Kon <sub>2</sub>	S Kon <sub>3</sub>
egyrétegű/kétrétegű építési mód	egyrétegű építésmódra talajvízben alkalmas maximális megengedett víznyomás 3.1 ábra szerint			talajvízben csak kétrétegű építési módnál alkalmazható
minimális építményrész vastagság	80 cm	80 cm	60 cm	50 cm
tágulási fugák távolsága	≤ 15 m	≤ 30 m	≤ 60 m	nincs korlátozás
keresztmetszet változhatósága	Egy, tágulási fugákon belüli szakaszon belül a geometria, statikai váz, és a behatások nem változhatnak.	Egy, tágulási fugákon belüli szakaszon belül a geometria, a statikai váz, vagy a behatások változhatnak. Mindemellett igazolni kell, hogy a vasalatlan beton az elemfugák mindkét oldalán a kiváltott erőkülönbségeket át tudja adni.	Rendszer változásnál vagy keresztmetszeti lépcsőknél tágulási fugákat kell beiktatni, vagy tömítés kialakításáról kell gondoskodni.	nincs korlátozás
kihagyások	födém vagy padlólemez számára kialakított kihagyások csak a húzott zónában megengedettek			megengedett
kihagyások mélysége	≤ d / 4	< d / 3		-
vasak távolsága (vasak közötti szabad távolság a toldásoknál is)	≥ 7,5 cm	≥ 5 cm	≥ 5 cm	≥ 5 cm
hatékonyan működő normálerők maximális ráadása	25 %	50 %	75 %	100 %
víz oldali repedéstágasság korlátozás	0,15 mm	0,20 mm	0,25 mm	0,35 mm
levegő oldali repedéstávolság korlátozás	0,20 mm	0,25 mm	0,30 mm	
változó irányú nyomatók a méretezési vízszint alatti területen	építési és végleges állapotban ellenkező irányú nyomatók nem megengedettek	Ha építési vagy végleges állapotban ellenkező irányú nyomatók lépnek föl, igazolni kell, hogy a betonok húzott zónái használati állapotban nincsenek átfedésben, vagy ezeken a területeken a repedéstágasságok olyan értékre korlátozottak, hogy 0,05 mm-nél, vagy a fenti értékeknél kisebbek.		

## A repedéstágassági méretezéshez

- A repedéstágasság számításnál 4cm betontakarásnál kell az előírt kritériumot teljesíteni, azaz pl. 60cm-es résfal esetén 56,5cm km vastagsággal és 50cm hasznos magassággal kell számolni
- Repedéstágasság igazolás az átlagos talajvíz szint figyelembe vételével, a kedvezően ható földnyomás függőleges komponens nem vehető figyelembe
- A táblázatban megadott határértékek végállapotra vonatkoznak
- Építési állapotban a 3-as szerkezeti osztály előírásait kell betartani ( $w_k \leq 0,35\text{mm}$ )

- Falszerkezetek méretezése (helyszínen betonozott szerkezetek)
  - **Cölöpfalak**
    - Méretezésük és szerkesztési szabályaik szempontjából **gerendáknak** tekintünk



## □ Falszerkezetek méretezése (helyszínen betonozott szerkezetek)

### □ Cölöpfalak

- Betontakarás: 5cm ha  $D < 60\text{cm}$ ; 6cm  $D > 60\text{cm}$ ; 7,5cm puha talajok esetén ill.
- Betonacélok közötti minimális távolság: 10cm vagy 8cm ha  $d_g < 20\text{mm}$  (átfedéses toldásnál lehet kevesebb), ÖNORM: toldásoknál sem lehet 5cm-nél kevesebb
- Toldás (ÖNORM: nem javasolja a betonacélok törését, elhúzását)

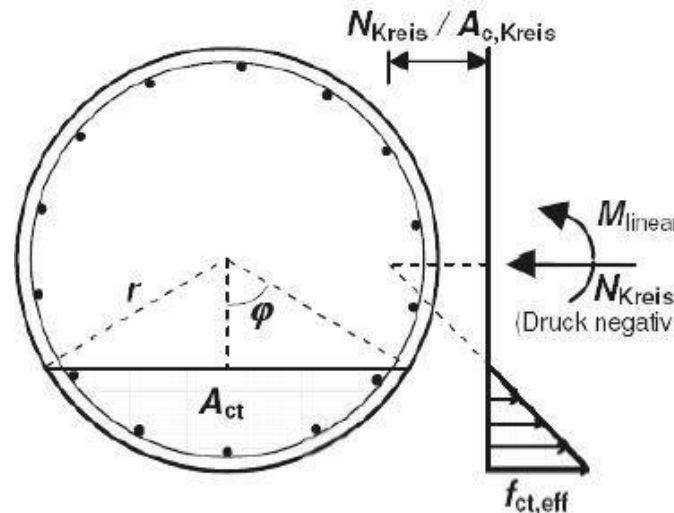
#### Mindestbewehrung für überwiegend biegebeanspruchte Bohrpfähle

Für die Festsetzung der Mindestbewehrung gilt gemäß RVS 09.01.41:

ø 300 - 550 mm	längs 6 ø 16	Wendel ø 8
ø 600 - 650 mm	längs 8 ø 16	Wendel ø 8
ø 700 - 750 mm	längs 10 ø 16	Wendel ø 8
ø 880 - 900 mm	längs 12 ø 20	Wendel ø 10
ø 1180 - 1200 mm	längs 16 ø 20	Wendel ø 10
ø 1350 - 1500 mm	längs 20 ø 20	Wendel ø 12
ø 1800 mm	längs 24 ø 20	Wendel ø 12

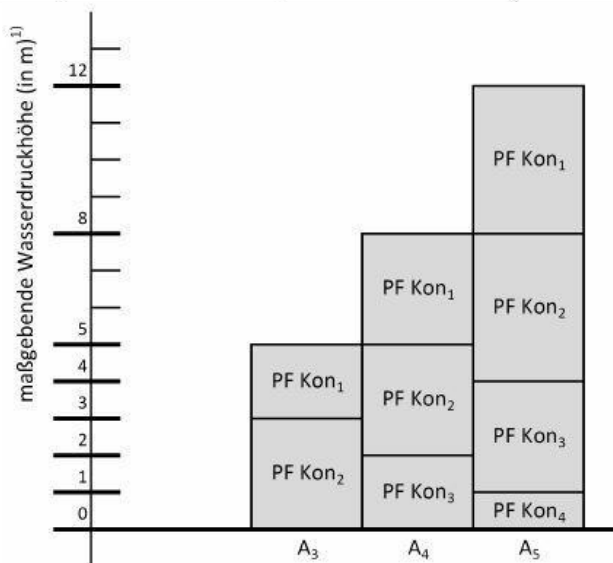
## □ Cölöpfalak

- Nyírési méretezés: egyértékű felülettel rendelkező négyzet keresztmetszetként (MSZ EN 1536)
- Hajlítási méretezés: pl. Axis-sal előállított M-N teherbírasi felület segítségével
- Repedéstágassági méretezés:  $w_k \leq 0,35\text{mm}$  (végállapotban)
  - Számítási mód pl.: RVS 09.01.41 Offene Bauweise tervezési irányelv szerint a hatékony betonfelület és a számításba vehető effektív betonacél felület meghatározásával



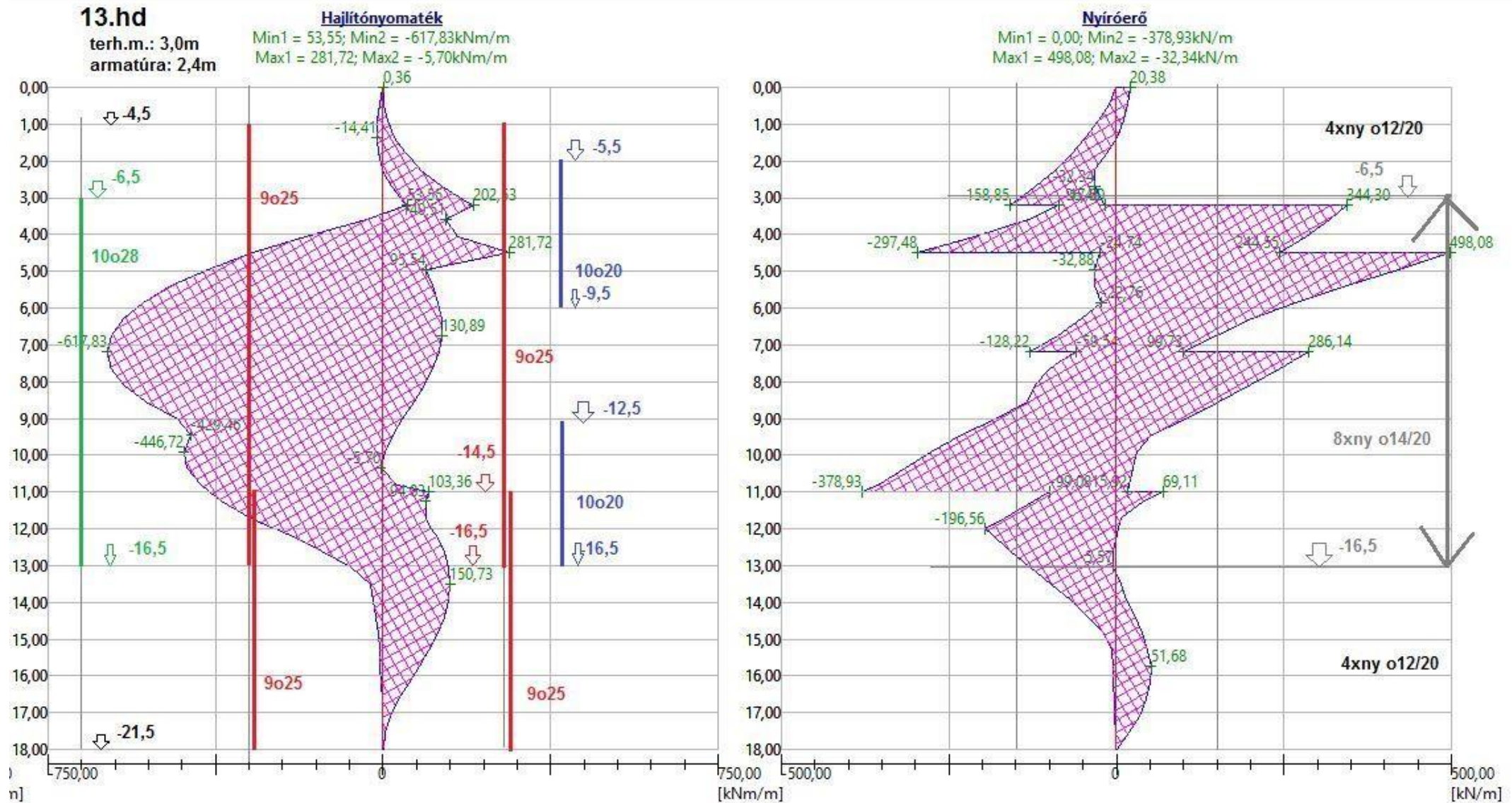
## □ Összemetsző cölöpfalak vízzárósági igény esetén

Anforderungsklasse <sup>1)</sup>	Kurzbezeichnung	Beschreibung der Dichtheit	Beurteilung der Dichtheit	Quantifizierung der Dichtheit	Zusatzmaßnahmen <sup>2)</sup>	Anwendungsbeispiele
A <sub>3</sub>	feucht	tropfenweiser Wasseraustritt mit Bildung von Wasserschlieren	das ablaufende Wasser kann in Auffanggefäßen mengenmäßig gemessen werden.	die maximale Wassermenge pro Fehlstelle bzw. 1m Bohrpfahlarbeitsfuge darf 0,2 l/h nicht überschreiten, wobei der Wasserdurchtritt pro m <sup>2</sup> Wand im Mittel 0,01 l/h nicht überschreiten darf. <sup>3)</sup>	Entwässerungsmaßnahmen vorsehen (Rinnen, Rigole, Pumpenstümpfe)	Garagen (mit Zusatzmaßnahmen, z.B. Entwässerungsrinnen) etc.
A <sub>4</sub>	nass	einzelne rinnende Wasseraustrittsstellen	das ablaufende Wasser kann in Auffanggefäßen mengenmäßig gemessen werden.	die maximale Wassermenge pro Fehlstelle darf 2 l/h nicht überschreiten, wobei der Wasserdurchtritt pro m <sup>2</sup> Wand im Mittel 1 l/h nicht überschreiten darf. <sup>3)</sup>	Entwässerungsmaßnahmen vorsehen (Rinnen, Rigole, Pumpenstümpfe)	Außenschale der zweischaligen Bauweise.
A <sub>5</sub>	rinnend nass	viele rinnende Wasseraustrittsstellen	das ablaufende Wasser kann in Auffanggefäßen mengenmäßig gemessen werden.	max. 10 l/h und Fehlstelle bzw. 2 l/h und m <sup>2</sup> Sichtfläche	Entwässerungsmaßnahmen vorsehen	untergeordnete Bauwerke z.B. Außenschale der zweischaligen Bauweise



Konstruktionsklassen	PF-Kon <sub>1</sub>	PF-Kon <sub>2</sub>	PF-Kon <sub>3</sub>	PF-Kon <sub>4</sub>
Mindestpfahldurchmesser [cm]	118	88	52	42
Günstig wirkende Normalkräfte aus der Pfahlaufast dürfen maximal angesetzt werden mit	100 %			
Rissbreitenbeschränkung [mm]	0,30 bei einer rechnerischen Betondeckung von 4,0 cm			
Wechselmomente im Bereich unter dem Bemessungswasserstand	Sofern Momente mit unterschiedlichen Vorzeichen im Bau- und Endzustand auftreten, ist nachzuweisen, dass sich die Betonzugzonen im Gebrauchszustand nicht übergreifen, oder es sind in diesen Bereichen die Rissbreiten beiderseits auf Werte zu beschränken, die 0,05 mm kleiner sind als die oben angegebenen Werte.			
Betonqualität	BS TB1 und BS TBP			
Kurzbezeichnung der Überschnittlänge	hoch	mittel	gering	sehr gering
Mindestüberschnittlänge <sup>1)</sup> im Baugrubenaushubbereich [cm]	70	50	30	7

## □ Armatúrák





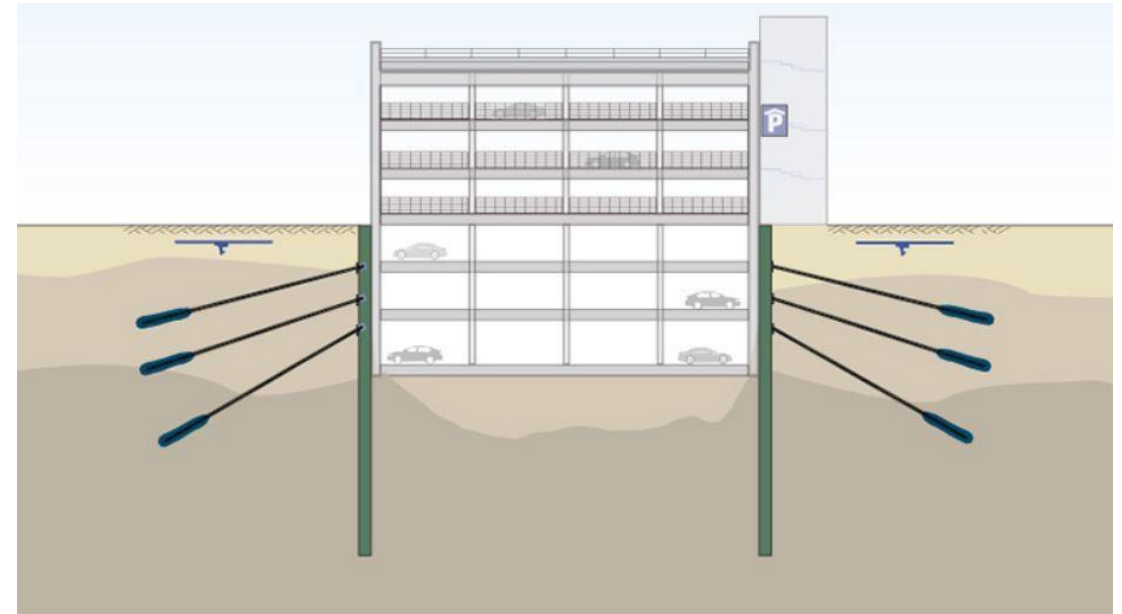
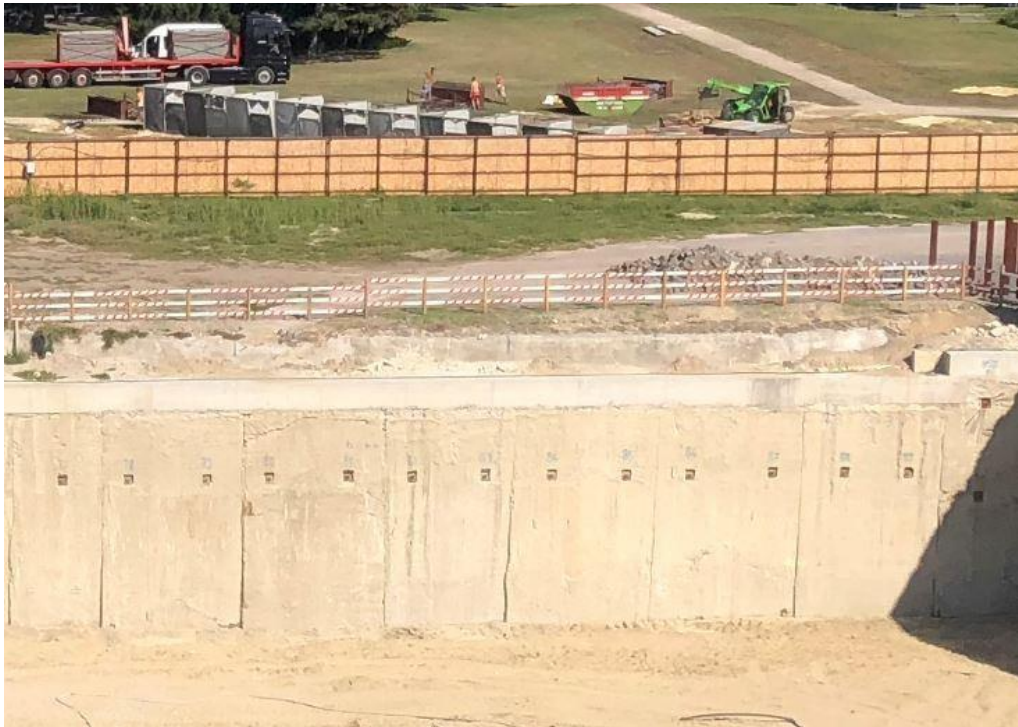
## □ Merev acélbetétek, szádfalak, Siemens-dúcolat

- A fal hossza mentén azonos keresztmetszet, szilárdsági méretezés az MSZ EN 1993 szerint az igénybevételi maximumra.
- Merevacélbetétes jet-oszlop esetén a max. átmérő: kb. 18cm (talajfüggő, korona átm. függő, gép teljesítményfüggő)
- Toldás (ha szükséges) helyszíni hevederes csavarozott
- Teherbírasi tartalék képzése a furatállékonyság bizonytalansága (acél betét lejtathatósága) miatt



## □ Támszerkezetek méretezése; **Horgonyok**

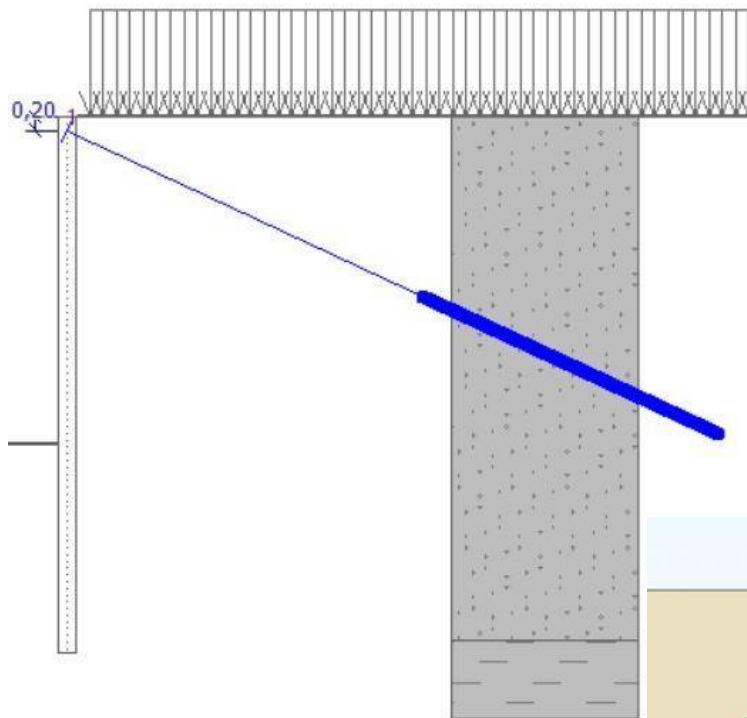
- Előfeszített (az alakváltozások csökkentése érdekében), a földnyomásnak (víznyomásnak) ellent tartó húzott acél szerkezetek (MSZ EN 1537 és MSZ 465:1987)
- Konstruktív szabályok:
  - Fejgerendán keresztül talajhorgonnyal gyámoltott falszerkezeteknél a horgonykiosztás tetszőleges ( $b_{\min}=1,5\text{m}$ )
  - Amennyiben mélyebb síkon (is) készül gyámolítás, a horgony osztásnak igazodnia kell a résarmatúra ill. a cölöpkiosztáshoz, hogy az egymás melletti gerendák statikai váza, igénybevételei közel azonosak legyenek.



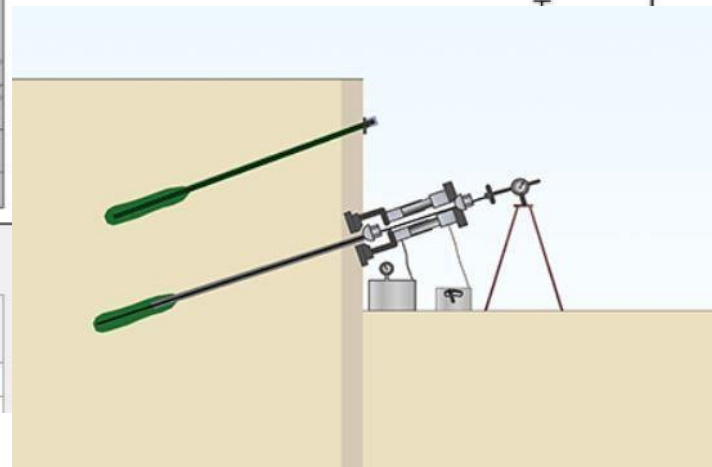
## □ Horgonyok talajoldali ellenállása

□ Számított karakterisztikus horgonyerő:  $P_k=484,3\text{kN}$

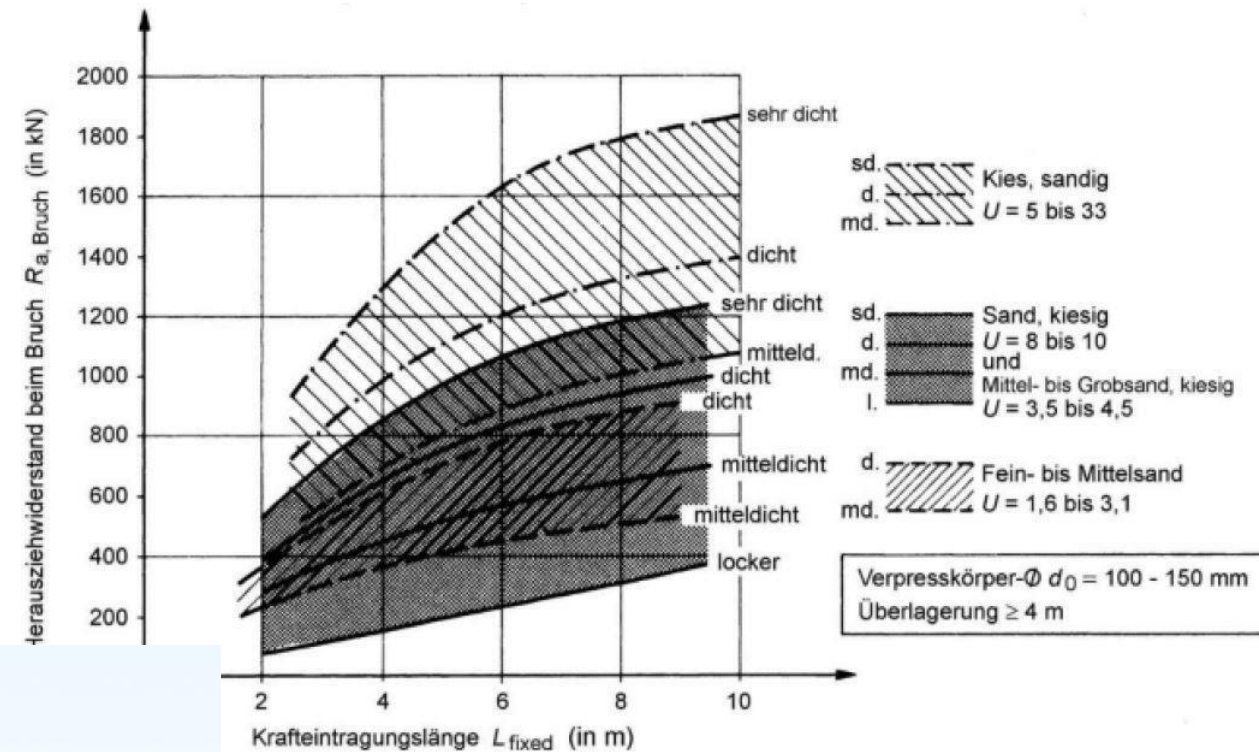
□ Vizsgálati horgonyerő:  $P_p=F_k \cdot g_E \cdot 1,1=720\text{kN}$



Név	Távolság b [m]	Erő F [kN]
	3,60	484,26

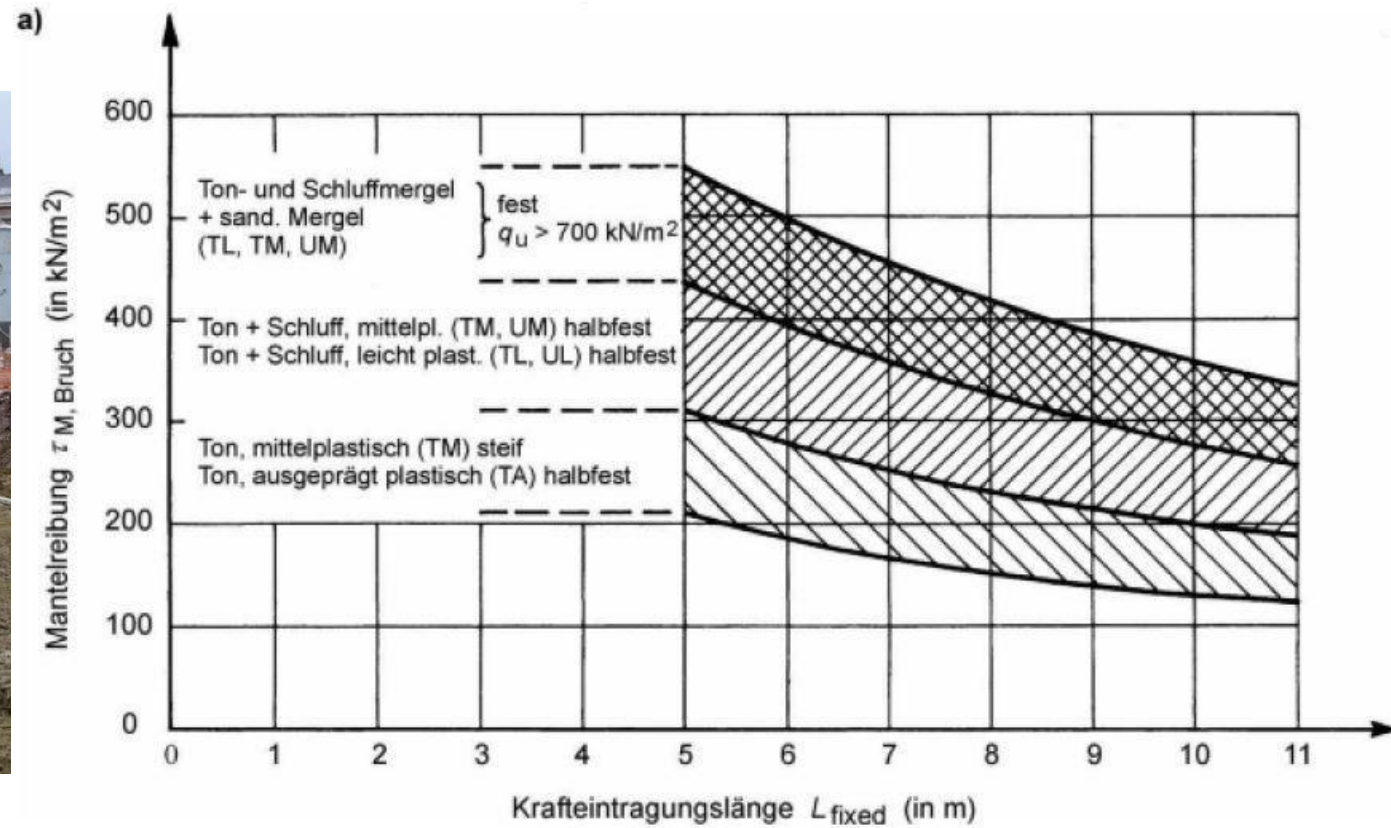


Ostermayer-féle tapasztalati diagramm (szemcsés t.)



- Próbaterhelés utáni záróerő (statikai vázat befolyásolja)
- Horgony acélbetét méretezése: MSZ EN 1993

- Horgonyok talajoldali ellenállása  
Ostermayer-féle tapasztalati diagramm (kötött t.)



## □ Támszerkezetek méretezése; **Dúccok**

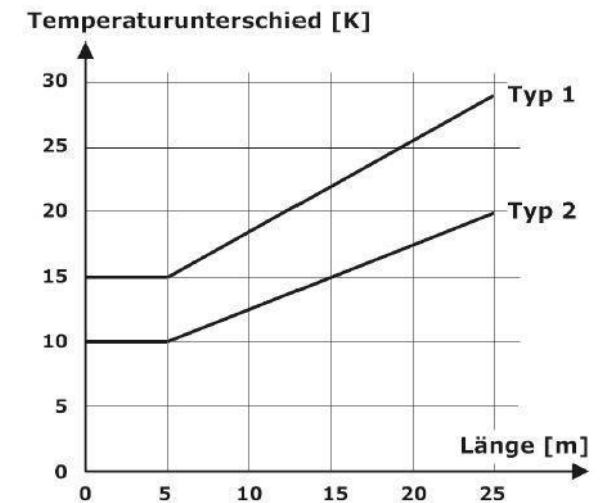


Bei Berücksichtigung einer elastischen Nachgiebigkeit der Baugrubenwand ist je nach Tiefenlage des Aussteifungshorizontes folgender Temperaturunterschied anzusetzen:

Tiefenlage von 0,00 m bis 5,00 m:	40 K
Tiefenlage $\geq 15,00$ m:	30 K

- A dúccok méretezését a **kihajlási vizsgálat** vezérli ( $L_0 \geq 0,75 \cdot L$ )
- A földnyomásnak, víznyomásnak ellent tartó erőn felül:

- Önsúly+hasznos teher (1kN/m)
- Hőmérsékleti teher (takarás, hűtés, festés)
- Baleseti teher



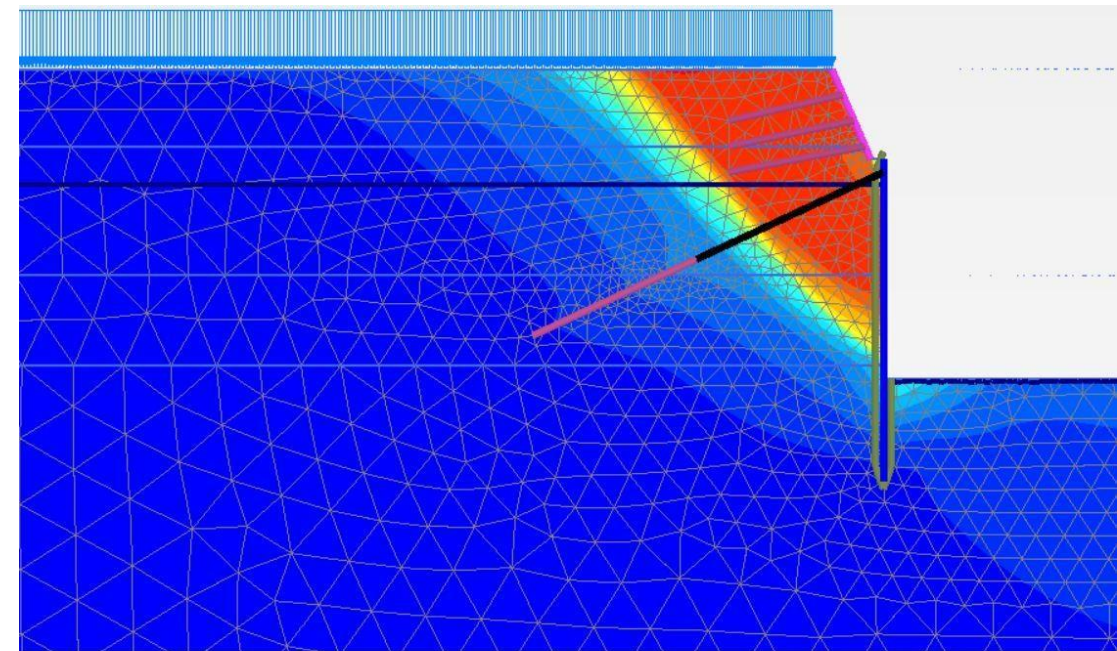
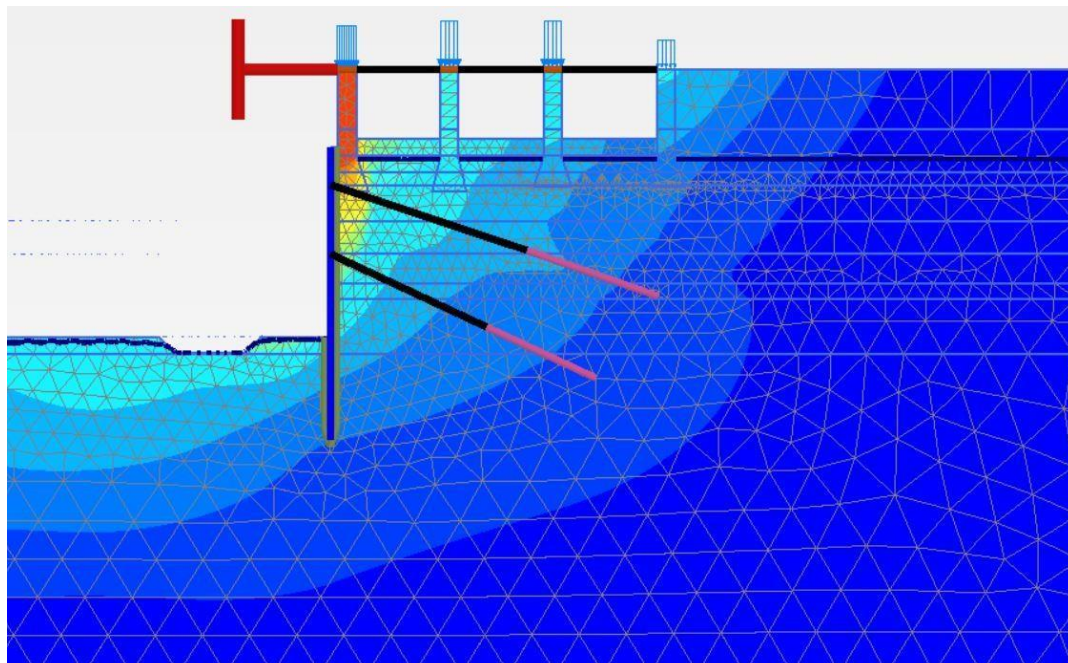
**Abb. 11:** Anzusetzender Temperaturunterschied bei Stahlaussteifung bei starrer Lagerung

## A KÖRNYEZŐ LÉTESÍTMÉNYEKRE GYAKOROLT HATÁS



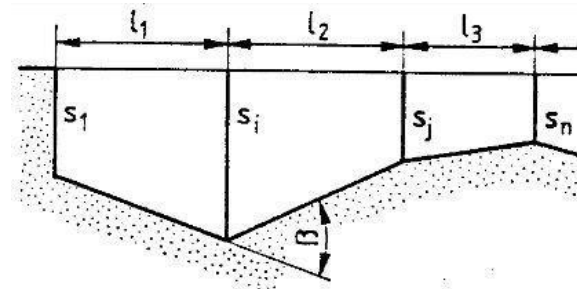
## □ Környezetre gyakorolt hatás

- Földkiemelés hatására feszültségátrendeződés történik, ez pedig elmozdulással, alakváltozással jár együtt. Előzetes elemzés szükséges.
- Földkiemelés hatáshatárja (kb. kiemelés ~2-szerese)
- Hatáshatárba eső építmények előzetes szakértői felülvizsgálata (tartószerkezeti állapottrögztítő szakvélemény (MMK 2017-es szabályzata); adatszolgáltatás



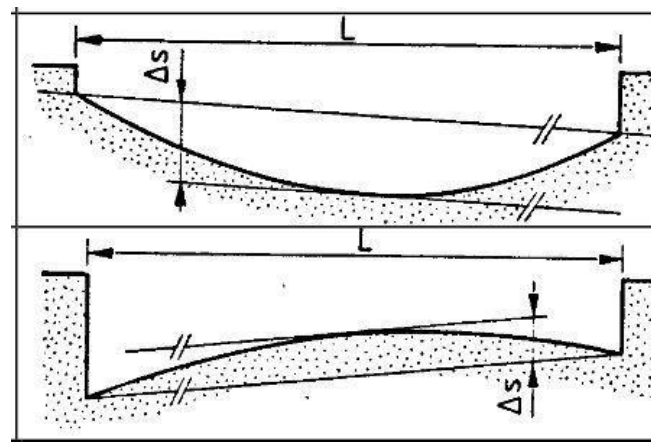
## □ Környezetre gyakorolt hatás

Az építmény szerkezeti és alapozási jellemzői		Az alakváltozás jelege	Az alakváltozás határértéke	
			ha a konszolidáció	
			gyors	lassú
Építmények teherhordó vázszerkezettel	Statikailag határozatlan vasbeton vagy acélvázak	Relatív elfordulás	0,0020	
	Statikailag határozatlan vasbeton vagy acél-vázak téglával kitöltött szélső pillérsorokkal	Relatív elfordulás	0,0007	0,0010
	Statikailag határozott vázszerkezetek	Relatív elfordulás	0,0050	
Építmények teherhordó vázszerkezet nélkül	Váz nélküli nagyblokk vagy vasalatlan téglafal	Relatív lehajlás	0,0007	0,0010
		Relatív áthajlás	0,00035	0,0005
	Vasbeton, illetve acélbetétes nagyblokk vagy téglafal	Relatív lehajlás	0,0010	0,0013
		Relatív áthajlás	0,0005	0,0006
Egyszintes ipari vagy hasonló szerkezetű épületek		Relatív lehajlás	0,0010	
		Relatív áthajlás	0,0005	
Magas súlypontú merev vagy merev alapozású épületek		Billenés	0,01·L/H	
Darupályák (sínje)	Hosszirányban	Relatív elfordulás	0,0040	
	Keresztirányban	Relatív elfordulás	0,0030	



$$\text{Relatív süllyedéskülönbség} \frac{s_i - s_j}{l_1}$$

$$\text{Szögforrás: } \beta \approx \frac{s_i - s_1}{l_1} + \frac{s_i - s_j}{l_2}$$

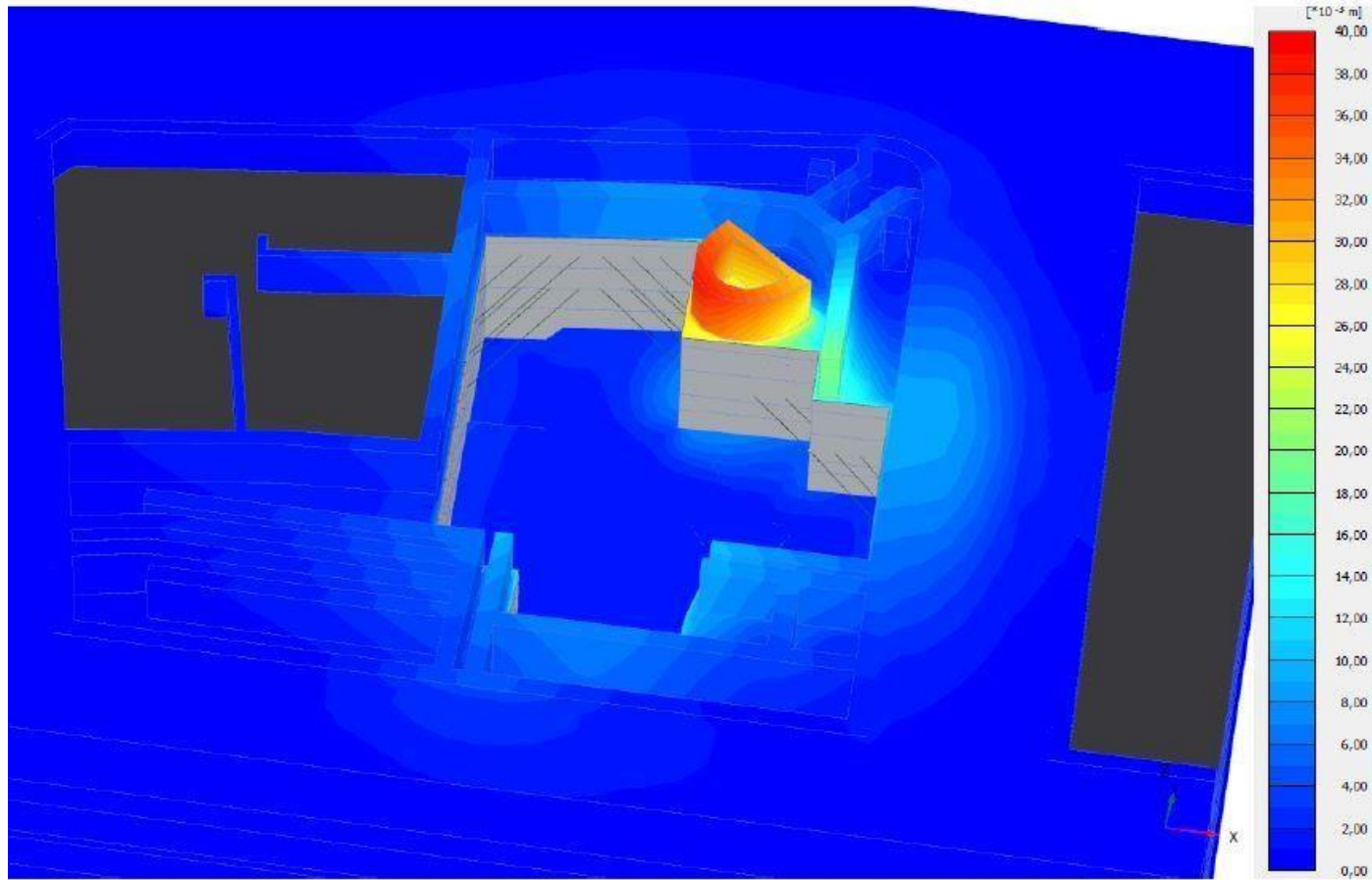


$$\text{Relatív lehajlás: } \frac{\Delta s}{L}$$

$$\text{Relatív áthajlás: } \frac{\Delta s}{L}$$

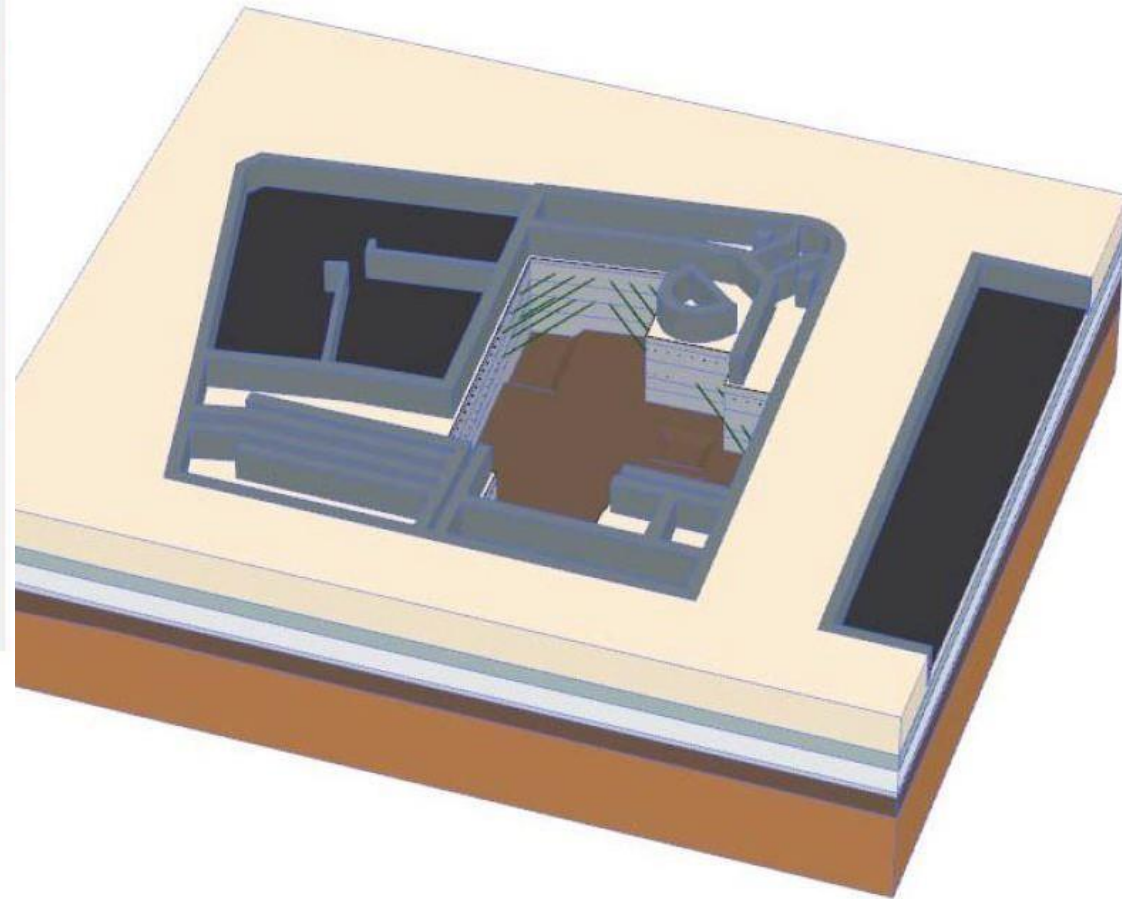
30. ábra: Az építmények szerkezetét nem károsító alakváltozások határértékei





9. ábra: A teljes elmozdulások ábrája a munkagödör kiemelését követően

Bonyolult alaprajz, ill. meghatározó térbeli feszültségállapot esetén 3D analízis.  
HSS talajparaméterek kimérése





**Köszönöm a figyelmet!**