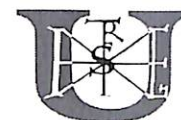


EZAKTOSÁGI

KÁNTÉR ANDRÁS

2013



SZENT ISTVÁN
EGYETEM

Dr. Dombay Gábor PhD.
intézetigazgató, főiskolai tanár



YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST

Építőmérnöki Intézet

Cím: 1146 Budapest, Thököly út 74.

Tel.: +36-1-252-1270

e-mail: epitomernoki.intezet@ybl.szie.hu

SZAKDOLGOZAT KIÍRÁS 2017/18

Kainer András

Nappali Építőmérnök szakos
hallgató részére

A feladat címe:	Érd-Százhalombatta vasútvonal egy szakaszának töltésmegtámasztásához készült terv ellenőrzése és áttervezése
Belső konzulens:	Keszeyné Dr. Say Emma egyetemi docens
Külső konzulens:	Kárpáti László főmérnök, ViaCon Hungary Kft.

A szakdolgozat beadási határideje: 2018. május 18. (péntek) 12 óra

Budapest, 2018. május 11.

Dr. Dombay Gábor
intézetigazgató

Kainer András

Szakdolgozat

Érd-Százhalombatta vasútvonal egy szakaszának töltés
megtámasztásához készült terv ellenőrzése és
áttervezése

Budapest, 2018

Tartalomjegyzék:

1. Bevezetés, témaválasztás
2. Földmegtámasztásokról általánosságban
3. Földmegtámasztások típusai
 - 3.1. Hagyományos támszerkezetek
 - 3.2. Szádfalak
 - 3.3. Cölöpfalak
 - 3.4. Résfalak
 - 3.5. Támfalak
 - 3.5.1. Támfalakról általánosságban
 - 3.5.1.1. A támfalak erőjátéka
 - 3.5.1.2. Külső stabilitásvizsgálat
 - 3.5.1.3. Belső stabilitásvizsgálat
 - 3.5.2. Támfal típusok
 - 3.5.2.1. Súly- és szögtámfalak
 - 3.5.2.2. Máglyafalak
 - 3.5.2.3. Vasalt talajtámfalak és szegezett falak
 - 3.5.2.4. Horgonyzott falak
 - 3.5.2.5. Fúrt, injektált, előfeszített talajhorgonyok
 - 3.5.2.6. Gabion falak
 - 3.5.3. Támfal típusok összehasonlítása
4. Feladat bemutatása, probléma felvetése
 - 4.1. Tervezési rendelkezés
 - 4.2. Meglévő terv részletezése, ellenőrzése
 - 4.2.1. Terület ismertetése
 - 4.2.2. Talajfeltárások, talajrétegződés, talajvíz (Az eredeti tervhez készült talajmechanika alapján)
 - 4.2.3. Az eredeti terv alapján tervezett szerkezet rövid bemutatása
 - 4.2.4. Az eredeti terv ellenőrzése során tapasztaltak összegzése

- 4.3. Alternatív megoldások keresése, azok számítása és ellenőrzése
 - 4.3.1. Kiselemes vasalt talajtámfal
 - 4.3.2. Gabion támfal
 - 4.3.3. Gabion szegezett fal
- 4.4. Eredmények összehasonlítása
- 5. Összegzés, legideálisabb megoldás kiválasztása, konklúzió levonása
- 6. Források, hivatkozások
- 7. Mellékletek

1. Bevezetés, témaválasztás:

Kelenföld-Százhalmobatta vasútvonalon a 18+00 hm és 256+00 hm szelvény mentén a vasútvonalat korszerűsítették, így a töltés egy részének támfallal történő megtámasztása vált szükségessé. Szakdolgozatomban 217+50 hm és 219+00 hm szelvény közötti töltés megtámasztással foglalkozom.

A geotechnika iránti érdeklődésem a tanulmányaim során bontakozott ki, ezért is választottam a mélyépítés szakirányt. A félévek során a számos feladat, amit el kellett végezni, rávilágított a szakma nehézségeire és szépségeire egyaránt. Ezek közül a Geotechnika III. illetve Geotechnika IV. tantárgyak féléves tervei alakították ki bennem, hogy a szakdolgozatomban milyen irányban induljak el, mi legyen a vezérvonala. Ezek a különböző rézsűállékonyság vizsgálatok, rézsús illetve különféle szerkezetekkel való földmegtámasztások voltak. Innen alakult ki tehát, hogy valami hasonlóban gondolkodtam a témaválasztás alkalmával.

Több megoldandó feladat közül e vasúti töltés támfalának tervezése keltette fel leginkább az érdeklődésemet.

Szakdolgozatom 4 fő részre osztható fel. Az első részben általánosságban mutatom be a földműveket, talajmegtámasztó szerkezeteket, ezek fajtáit, sajátosságait. Kitérek a működési elveikre, előnyeikre, hátrányaikra, valamint összehasonlítom őket, különböző szempontok alapján.

A második részben bemutatok egy kész tervet, ugyanerre a szakaszra vonatkozóan. (Ez a terv végül nem valósult meg, hanem egy másik terv alapján került kivitelezésre a 217+50 és 219+00 hm szelvény közötti töltés támfallal történő megtámasztása.)

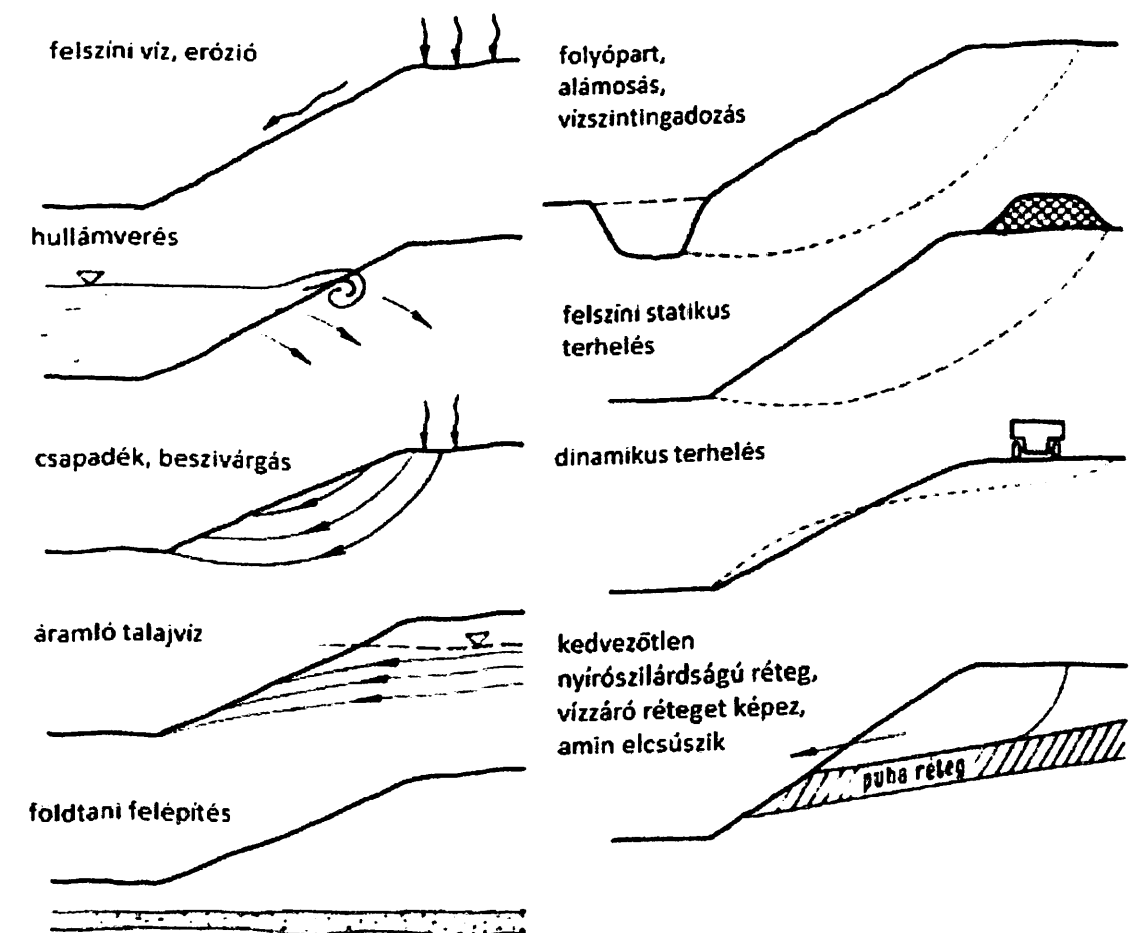
A harmadik részben a fenti kialakítástól eltérő megoldásokat keresek a támfal kivitelezésére vonatkozóan. A meglévő tervben lévő, nem a legköltséghatékonyabb kialakítási módot átervezem, többféle megtámasztási móddal újratervezem a támfalat.

Végül az utolsó részben a megtervezett támfalak közül kiválasztom a legjobb és legköltséghatékonyabb kialakítási módot. Költségszámítást is végzek alapszinten. Majd összegzem a Szakdolgozatom során tapasztaltakat és javaslatot teszek az általam vélt legjobb megoldáshoz.

2. Földmegtámasztásokról általánosságban

Földművet, feltöltést vagy bevágást építve, annak határoló felületei nem alakíthatók ki tetszőlegesen meredekséggel, hanem csak egy bizonyos, a földanyag tulajdonságai által megszabott hajlásszöggel (belső súrlódási szög). A rézsús határolás során a talajban nyírófeszültségek alakulnak ki a földtömeg önsúlya, valamint a külső többletterhelések hatására. Ha a nyírófeszültségek elérik rézsú talajának és az altalajnak a nyírószilárdságát, talajtörés következik be a törési felületen, azaz a csúszó lapon és a földtest lecsúszik.

Ez a mozgás létrejöhet nemcsak mesterségesen kialakított rézsúk, hanem természetes lejtőknél, domboldalaknál is, abban az esetben, ha az állékonysági viszonyok megváltoznak, vagy azokat megváltoztatjuk (például bevágás, többletterhelés, pórusvíznyomás növekedés stb.). Egy rézsú állékonyságát akár feltöltésről, akár bevágásról, vagy akár természetes hajlású domboldallról legyen szó, számtalan tényező befolyásolja. [1]



1. ábra: A bevágási rézsúk állékonyságára kiható legfontosabb tényezők [1]

A rézsű állékonyságát befolyásoló legfontosabb hatások, melyeket az 1. ábra szemléltet:

- A víz hatásai: például felszíni vízerodáló hatása, talajba beszivárgó csapadékvíz, felszín alatti vizek hatásai, stb.
- Hőmérséklet és víz együttes hatása: például kiszáradás. zsugorodás. fagyhatás. hévhatás, stb.
- Légmozgás: például szél okozta erózió, koptató hatás.

A közművek, az alapok, a felszín alatti jelentősebb méretű létesítmények. a partfalak és a földművek építésekor az esetek jelentős részében kell tereplécsőket. függőleges (illetve közel függőleges) falakat kialakítani. Ezeket meg kell támasztani valamilyen szerkezettel. Abban az esetben, ha a talaj szilárdsága által megengedett legnagyobb rézsűhajlásnál nagyobb hajlásszögű határolás szükséges, akkor a kialakuló földnyomások felvételére képes támasztó szerkezeteket kell alkalmazni.

A támszerkezetek funkcióik szerint több csoportba oszthatóak:

- A munkateret (gödör vagy árok) határoló szerkezetek ideiglenesen, segédszerkezetként épülnek, idővel a felszín alatti munkatér visszatöltésekor elbontják őket.
- A végleges építmények felszín alatti oldalfalaként működő szerkezetek, ilyenek például a mélygarázsok, aluljárók, alagutak stb.
- Földműveket, természetes lejtőket megerősítő önálló szerkezetek, ilyenek például a támfalak, partfalak, stb.

Hasznos, ha egy szerkezet több funkciót is ellát. Sokszor előfordul például a széles munkaterek olyan szerkezettel való határolása, amelyek az elkészült szerkezet oldalfalát (ráadásul a szélső falak alapját) is képezik. Ilyenek a résfalas munkatérhatárolások.

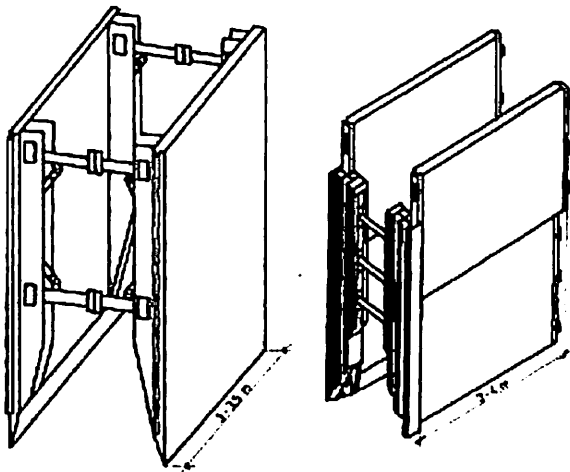
A támszerkezetek egyensúlyát biztosítja:

- A belső megtámasztás (dúcolatok).
- A szerkezet alsó részének altalajba való befogása (befogott szerkezetek).
- A szerkezet saját vagy a környezetükből bevont földtömeg súlya (támfalak).
- Hátrahorgonyzás a megtámasztandó földtömeg mögé (horgonyzott szerkezetek).

Több esetben ezen megoldások párosítása adja a legmegfelelőbb eredményt. gyakoriak például a befogott és hátrahorgonyzott szerkezetek. [2]

3. Földmegtámasztások típusai

3.1. Hagyományos támszerkezetek



2. ábra: Előregyártott dúctáblák [2]

Sávalapok, közművezetékek építéséhez szükséges munkaárkok függőleges földfalának megtámasztására alkalmazzák a dúcolatokat. A föld nyomása pallókra, az ezekkel merőleges állásban elhelyezkedő hevederekre és a hevedereket megtámasztó dúcok rendszerére hárítódik. Ezzel a dúcolatok ideiglenesen kiváltják a kiemelt földtestet. Fontos elemei még a dúcolási rendszernek az ékek, amely elemek biztosítják a teljes szerkezet merevségét, ezzel együtt a biztonságos megtámasztást. [2]

A dúcolatok kialakítása erősen függ a talaj adottságoktól, a munkagödör vagy alapárok szélességi méretétől, és a mélységtől. Ezek függvényében határozzák meg, hogy hol milyen dúcolási módszert szükséges alkalmazni. Ezt foglalja össze az 1. táblázat.

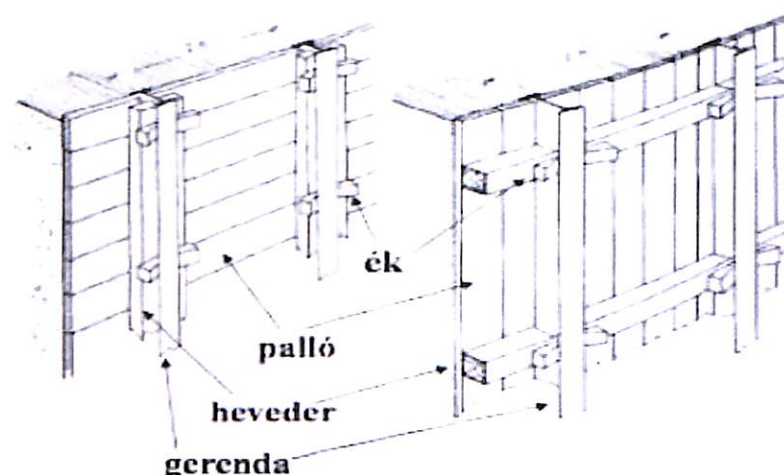
1. táblázat: Dúcolások kialakításának módjai [1.]

Dúcolat anyaga	Típus	Felhasználási terület
Fa	utánhajtott dúcolás	kisebb magasságig áll meg megtámasztás nélkül
	előrehajtott dúcolás	nagyon laza, folyós talajokban
	fa szádfal	2-6 m mélységig ott, ahol véglegesen bennmaradhatnak, mert visszahúzásuk körülményes
Vasbeton	vb. szádfal	végleges szádoláshoz, nagyobb mélységben
Acél	acél szádfal	könnyen verhetők, kihúzhatók, többször felhasználhatók, vízzáró képességük a legjobb
Vegyes	Siemens rendszerű	acél I-tartók közé vízszintes pallók

Régen a dúcolást kizárólag fából készítették. Azonban az ipari fejlődés hatására megjelentek előregyártott, fémből készített dúcrendszerek, melyre a 2. ábrán látható példa. A dúcolatok fő részei (dúcpalló, heveder, ék) azonban még mindig többnyire fából készülnek. Hazánkban is előtérbe kerültek már a különböző, főként merevített acéllemezből készült előregyártott dúctáblák. [1.]

A 3 méternél szélesebb munkagödör alkalmazásakor már figyelembe kell venni a dúcolatok kihajlását, emiatt minden irányba kimerevítve kell elkészíteni a dúcolatot.

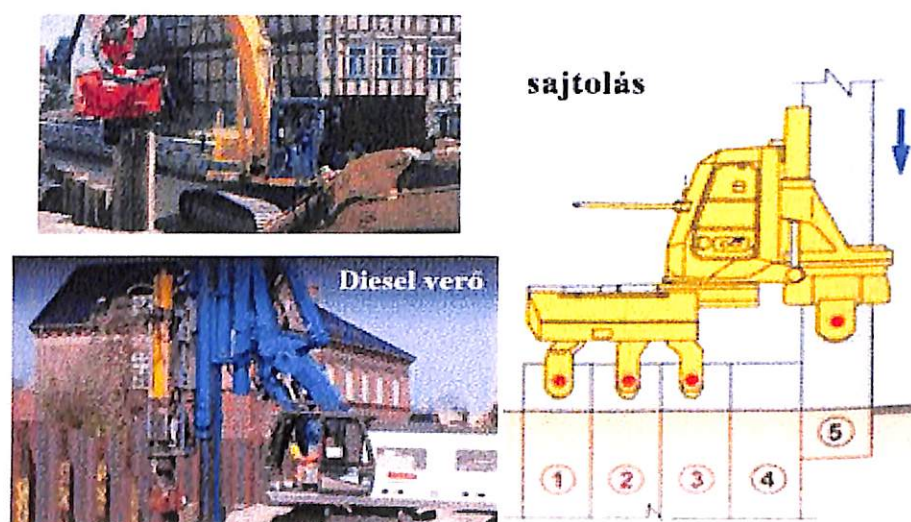
Széles munkagödörben általában nincs mód a dúcolat keskeny munkaárokhoz hasonló belső megtámasztására, a támszerkezetet hátra kell horgonyozni, illetve be kell fogni, s ennek az egyik alapmódszere a berlini dúcolattal (más néven Siemens) való megtámasztás, mely a 3. ábrán látható. [2]



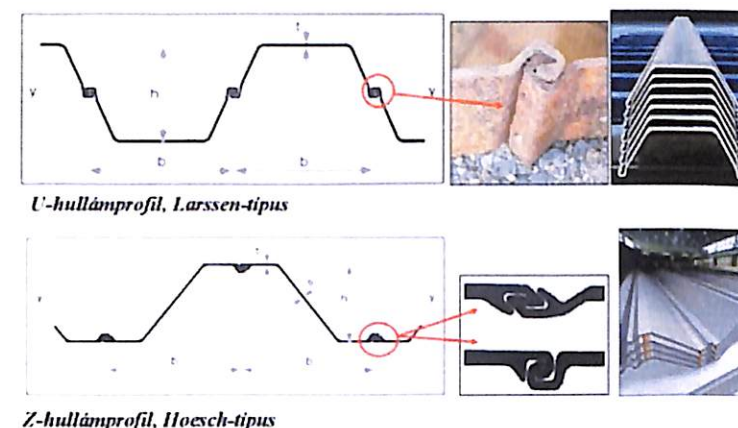
3. ábra: Berlini (Siemens) dúcolatok [2]

3.2. Szádfalak

A szádfalak főként acélanyagú szádpallókból állnak, melyeket veréssel, vibrálással, sajtolással hajtanak le (4. ábra). Kellő befogás és hornyos csatlakozásával vízzáró kapcsolat alakul ki. Gyakran hátra is horgonyozzák, vagy belülről kitámasztják őket. A legismertebb szádpalló típusokat az 5. ábra mutatja be.

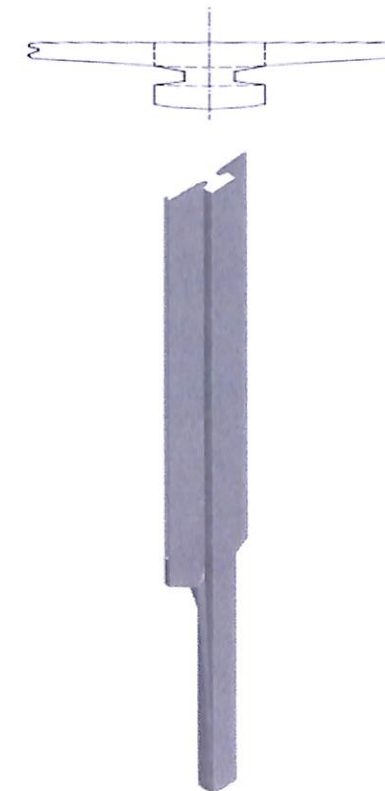


4. ábra: Szádfalazó gépek [2]



5. ábra: A legismertebb szádpalló típusok [2]

hajtják le, aminek következtében nem feltétlenül szükséges állványt, illetve megvezetést kiépíteni. A zajcsökkentés érdekében az elemekre zajárnyékoló hengert szerelnek, illetve sajtolással próbálkoznak. Alkalmazásának feltétele, hogy a leverést a talaj illetve az abban található épületmaradványok ne akadályozzák meg. Talajvízbe mélyülő gödör esetén igen előnyös ideiglenes munkatérhatárolásként, amikor vízkizárás is szükséges. Gyakran alkalmazzák vízepítésnél, pl. kikötők, mólók partfalaként. Közlekedési pályák mentén végleges szerkezetként is használható, korrózióvédelemmel ellátva, illetve ezen felhasználásnál érdekes színezéssel és kiegészítő megoldásokkal javítani esztétikai megjelenését. [2]



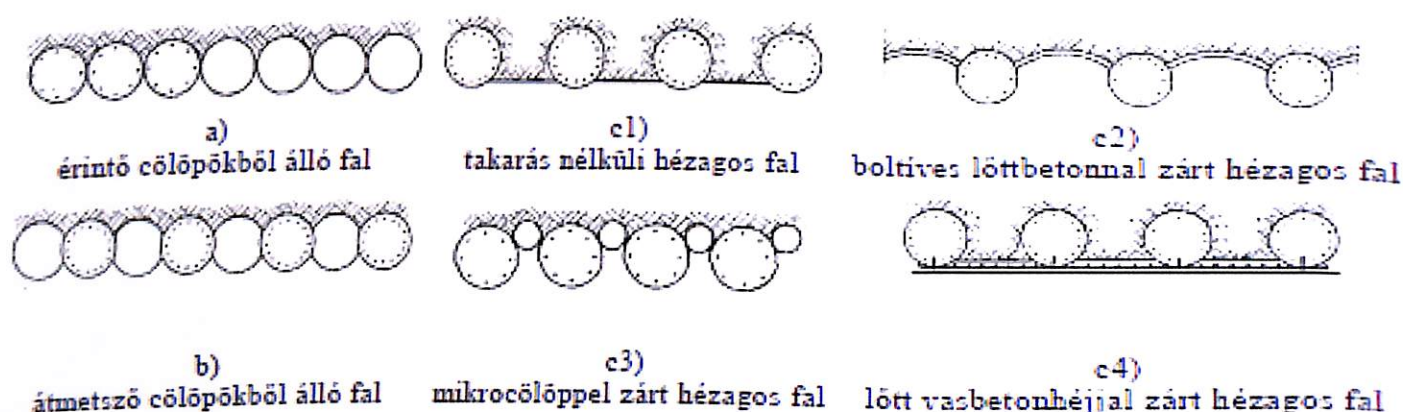
6. ábra: Szádcölöp AXIS modell [3]

Manapság egyre nagyobb társadalmi igény van az élővizek védelmére, azok életterünkbe való aktívabb bevonásra. Ennek egyik fő eleme a partvédelem, amelynek segítségével megakadályozhatjuk az eróziót, valamint sporttevékenységhez (pl.: vitorlás kikötő) és vízközelű kikapcsolódáshoz (pl.: lidos parti sétány) hozhatunk létre partszakaszokat. A múlt év során kifejlesztett előregyártott vasbeton szádfal (lásd 6. ábra) elem ezeket a célokat kívánja kiszolgálni. Az elemcsalád fejlesztése során a geotechnikai, statikai, betontechnológiai és kivitelezési szempontok egyaránt figyelembe vételre kerültek, amelynek eredményeként műszakilag hatékony, de esztétikailag mégis megfelelő termék jöhetett létre. A termékcsalád kifejlesztésekor a geotechnikai viszonyoknál az élővizek partjainál általában előforduló

kedvezőtlen, szerves, puha talajok jelenlétével is számoltak, azonban a borda rész megnyújtásával a mélyebben található, kedvezőbb rétegeket is sikerült az erőjátékba bevonni. A termékfejlesztés műszaki újdonságát és sikerét mutatja, hogy a szádcölöp elnevezésű előregyártott vasbeton szádfalelem család ipar jogvédelem alatt álló termék lett, amely 2017-ben a Magyar Termék Nagydíj elismerést is megkapta. [3]

3.3. Cölöpfal

Egymás mellé, sorban, általában talajhelyettesítési technológiával, többnyire béléscső védelme mellett fúrással kialakított cölöpökből a résfalakhoz hasonló földmegtámasztó szerkezet készíthető, amely sok esetben előnyösebb is lehet a résfalas megtámasztásnál, készítése ugyanis egyszerűbb, kisebb a helyigénye, s a cölöpöző gépek lejtős terepen is alkalmazhatók. Foghíjbeépítések esetén pedig az szől mellett, hogy kisebb mértékben veszélyezteti a meglévő épületek alapjait, a cölöpfurat állékonyságának könnyebben biztosítása miatt. Amennyiben vízzárósági igény áll fenn, a résfal helyezhető előtérbe, noha zárt cölöpfal is előállítható. [4]



7. ábra: Cölöpfal típusok [4]

Bizonyos esetekben a cölöpfalakat hátra kell horgonyozni. A horgonycsatlakoztatás lehetőségei:

- a horgonyok a fejgerendához csatlakoznak,
- minden vasalt cölöpöt átfúrnak egy horgonnyal,
- két-két cölöp közé kerül egy horgony, s ezeket hevedergerenda kapcsolja össze.

A cölöpfalak elrendezési típusait a 7. árba szemlélteti.

A cölöpfalas technológia időben korábban kifejlődött, mint a résfalas technológia. Tulajdonképpen a cölöpfalas megoldás tovább fejlesztett változata a résfalas munkatérhatárolás.

3.4. Résfalak

A résfalak tetszőleges hosszban kialakítható, nagy mélységig lenyúló táblák. Többnyire vasbeton anyagú falak, melyekhez a talajt speciális gépekkel termelik ki (drótköteles markoló, marótárcsás hidraulikus réselőgép). Ezt szemlélteti a 8. ábra. Eközben a rés beomlását bentonit szuszpenzió gátolja meg.

Földmegtámasztó falként abban az esetben jön szóba, ha:

- az ideiglenes munkagödör határolás meglévő épület mellé kerül, és vízzárás is szükséges;
- a résfal a felszín alatti szerkezet (aluljáró, alagút, mélygarázs,) végleges oldalfala is lesz.

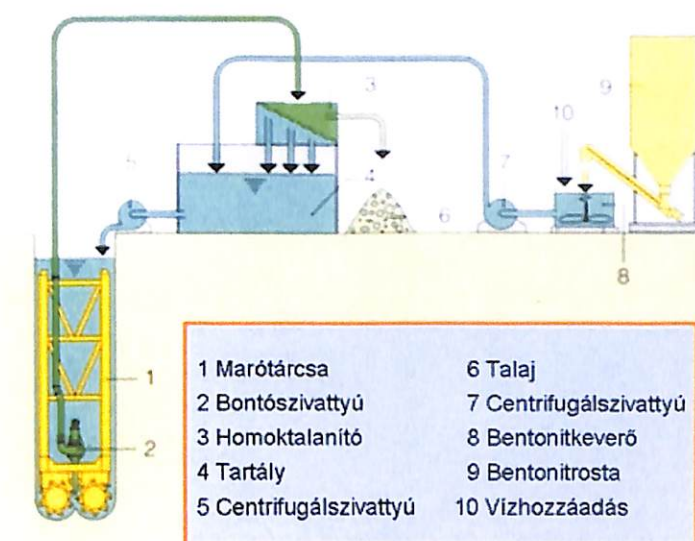
Esetenként építik lejtők stabilizálására és partfalként is földmegtámasztás céljából.

Egyéb alkalmazási területei közül kiemelendő:

- utólagos vízzárás, mely pl. gátak alatti szivárgás megakadályozását, valamint talaj- és talajvízszennyezések lokalizálását szolgálhatja,
- alapozási szerkezetként való felhasználása.

A résfal költséges, de előnyös lehet, ha több feladatot is ellát. Nagy felvonulási területet igényel, valamint a veszélyes hulladékként keletkező bentonitos zagy elszállítását és elhelyezését is meg kell oldani. [4]

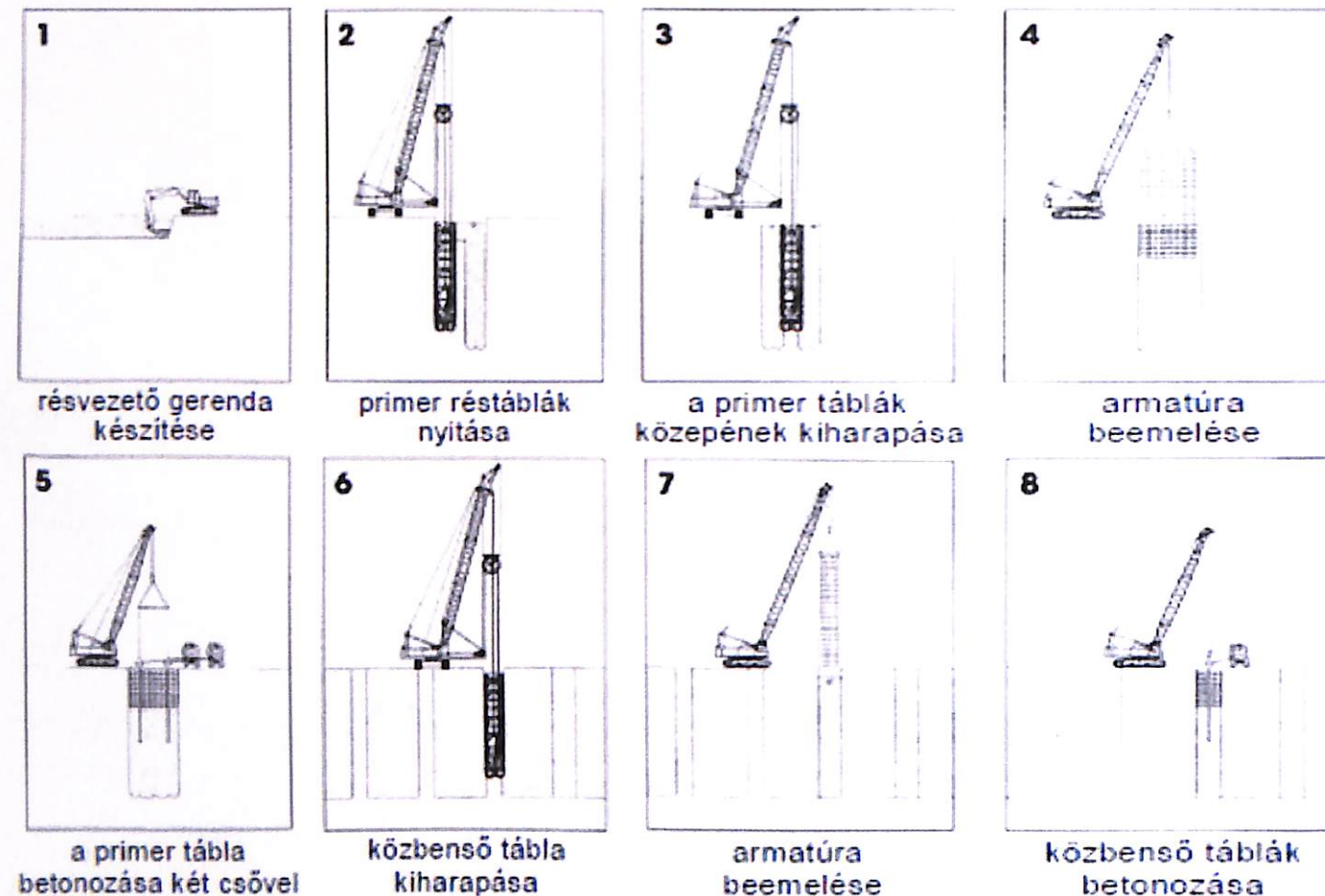
Résfalas munkatérhatárolás tervezése során fő kérdés a munkagödör fenékszintje alatti befogás szükséges mélysége, valamint a belső támaszok és horgonysorok száma. A falmélységet nem a statika határozza meg elsősorban, hanem a biztonságos vízzárás, ezért fontos jól ismerni a kötött réteg minőségét, repedezettségét. A horgonyok, horgonysorok számát az a talaj határozza meg, amibe beköthető a horgony. 7-8 méternél hosszabb befogási szakaszt (injektált horgonyoknál) nem érdemes alkalmazni. Kb. 10 méteres munkagödör mélységig egy sor horgony alkalmazása elegendő. Ha túl nagy a fesztáv (max 30 méter), akkor belső csőtámaszt kell alkalmazni. Ha az sem ad megfelelő biztonságot, akkor milánói



8. ábra: Marótárcsás (hydrofrás), folyadékszállítású réselőgép [II.]

módszert vagy belső magos módszert kell igénybe venni. Fontos megoldani még a víztelenítést.

A résfalas technológia lépéseit a 9. ábra mutatja be.



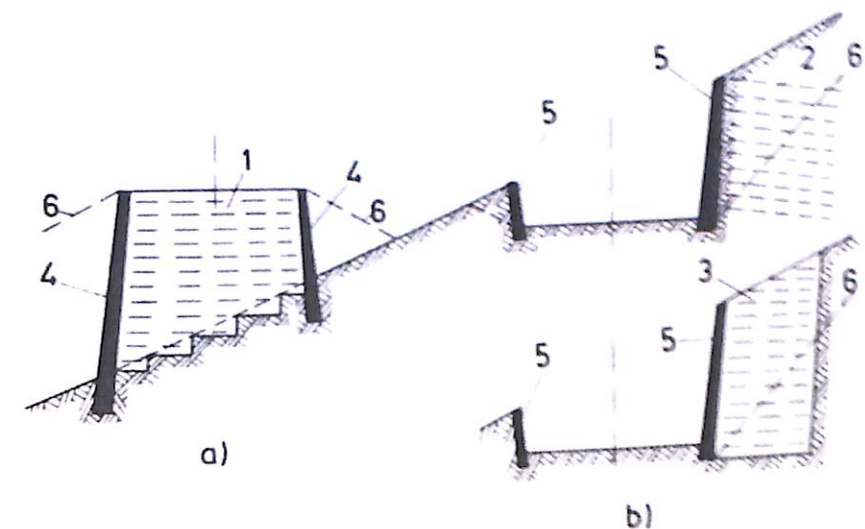
9. ábra: Résfalas technológia fázisai [4]

3.5. Támfalak

3.5.1. Támfalokról általánosságban

A támfalakat tereplépcsők kialakításakor, valamint a földmű szintkülönbségei esetén a merdek rézsúben nem állékony földtestek megtámasztására alkalmazzák. A földfal nyomását lényegében a szerkezet saját tömegével (súlytámfalak) vagy a földfal egy részének erre felhasznált tömegével ellensúlyozzák (szögtámfalak). [4]

A ferde földfelület megbontása, a vízszintes és a merdek hajlású felületek kialakítása a 10. ábrán látható lehetőségeket eredményezi:



a) támfalak; b) bélésfalak; 1. erősített talaj; 2. közvetlen erősítés; 3. erősített visszatöltés; 4. támfal; 5. bélésfal; 6. esetleges rézsú

10. ábra: Földszerkezetű támfalak és bélésfalak [5]

Ha a területrendezés töltés készítését teszi szükségessé, a rézsúk helyére támfal is kerülhet, amelyet érdemes talajtámfalként, a töltéstest erősítésével összehangoltan tervezni, méretezni és megépíteni. A töltés természetes talajkörnyezete jelentős részben háborítatlan marad, ennek állapota és várható viselkedése a tervezés során alapadatként használható fel. Az erősítés elhelyezése és a homlokfelület lezárása egyszerű technológiákkal megvalósítható (kiselemes-, nagyelemes támfal, burkolt felület, szegezett rács). [5]

3.5.1.1. A támfalak erőjátéka

A támfalak erőjátéka igencsak bonyolult. A különféle mechanikai modellek, méretezési gondolatmenetek ebből kifolyólag nagyon sok közelítést tartalmaznak. Az elhanyagolások mértéke is jelentősen változhat, attól függően, hogy az adott szerkezeti változatra vonatkozó kísérleti tapasztalatok, elméleti megfontolások mennyire teszik lehetővé a várható viselkedés megbízható leírását. A méretezési módszerek nagy része a határállapot vizsgálatával foglalkozik, ritkán akad csak olyan mód, amely a falak alakváltozásait, elmozdulásait is figyelembe veszi. A számos szerkezeti módszer között sok olyan van, amelyek intuitív mérnöki megfontolások alapján alakultak ki, és a teherbírásukra vonatkozó durva becslések miatt ismeretlen mértékű rejtett biztonsággal rendelkeznek. Ennek ellenére általános az az álláspont, hogy a földtámfalakhoz indokolt a szokásosnál nagyobb parciális tényezőket alkalmazni. Az előírás szerint a felveendő parciális tényező értéke régen 1,5 volt, azonban ennek értéke az Eurocode szerint 1,35. A túlméretezésből fakadóan gazdasági következményei jól ismertek, napjainkban széleskörű kutatás témája e szerkezetek mechanikája. A méretezéshez szükséges vizsgálatok két fő csoportot alkotnak, a külső és a belső stabilitásvizsgálatot, amelyeket a következőkben mutatok be. [5]

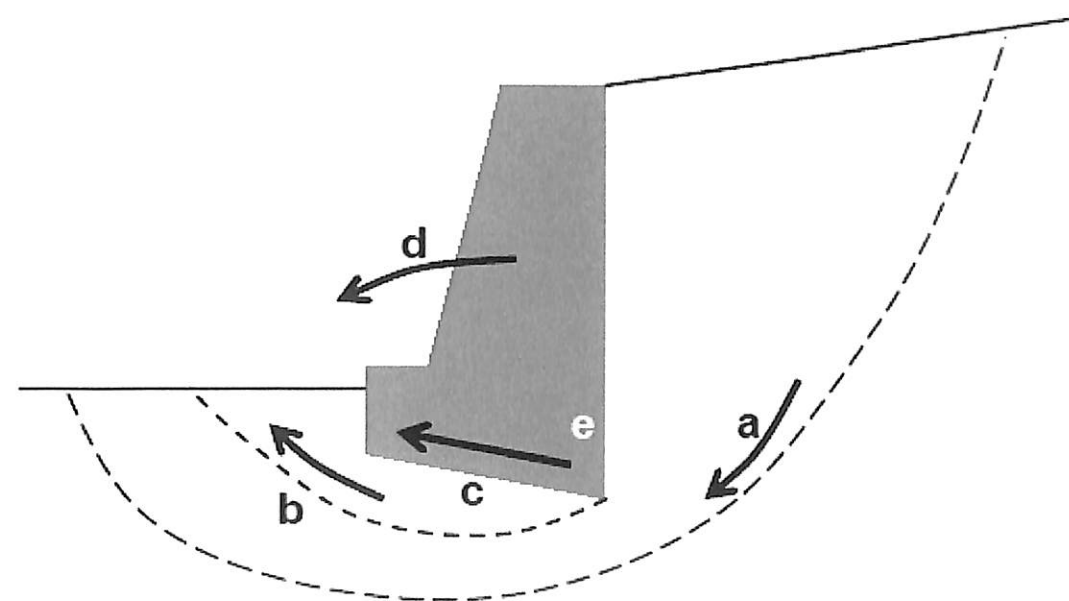
3.5.1.2. Külső stabilitásvizsgálat

A támfalakat első közelítésben súlytámfalnak tekintve, el kell végezni azon vizsgálatokat, amelyek feltételezik, hogy a fal teljes tömege merev testként mozdul el. Ezen vizsgálatok lényege az ellenőrzés: meg kell állapítani az feltételezett mozgást okozó, valamint az ezt akadályozó erők és nyomatékok értékét. Ezek hányadosa szolgáltatja a parciális tényezőt.

A síkban számos elmozdulás tényezőt feltételezve, elcsúszás, alaptörés és billenés (kiborulás) talajtörés és általános stabilitásvesztés elleni biztonságot kell meghatározni. A hagyományos (vetületi és nyomatéki egyenleteket ellenőrző) eljárások a támfalaknál is minden különösebb bonyodalom nélkül alkalmazhatók, viszont a különböző erők és hatások felvétele a megszokottnál több odafigyelést igényel. [5] A támfalak károsodási veszélyeit, azok vizsgálati módszereit, valamint a károsodás okozta esetleges szerkezet változásokat a 2. táblázat és a hozzá tartozó 11. ábra foglalja össze.

2. táblázat: Súlytámfalak statikai méretezése [4]

	károsodási veszély	vizsgálati módszer	szerkezeti változtatás
a	általános stabilitásvesztés	rézsűállékonyság	a fal mélysége
b	alaptörés	síkalapteherbírás	alapszélesség növelés
c	elcsúszás	erők egyensúlya	alapsík hátradöntése
d	elbillenés	nyomatéki egyensúly	forgáspont előretolás
e	falszerkezet repedése	feszültségeloszlás	szélesítés előre és lefelé



11. ábra: Súlytámfalak statikai méretezése [4]

3.5.1.3. Belső stabilitásvizsgálat

A belső stabilitásvizsgálatok csoportjába tartoznak azok az egyensúlyi és kompatibilitási ellenőrzések, amelyek alapján megbizonyosodhatunk a fal anizotróp tömbként való viselkedéséről. Általában ki kell mutatni, hogy:

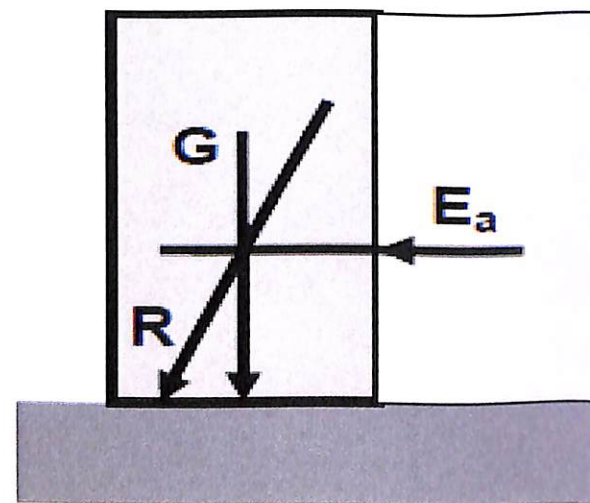
- Az erősítés (illetve az elemei) megfelel az ébredő igénybevételeknek,
- Teljesülnek a feltételei a talaj és az erősítés együttműködésének,
- A földtömeget héjaló elemek megfelelő szilárdságúak,
- A szerkezeti kialakításból esetlegesen adódó kinematikai rendellenességek (kihúzóadás, kitüremkedés stb.) nem következhetnek be.

A belső stabilitás vizsgálatok mutatkozik meg legjobban a szerkezeti megoldások változatosságának a hatása. [5]

3.5.2. Támfalak típusai

3.5.2.1. Súly- és szögtámfalak

A **súlytámfal** a támfalak alaptípusa, ezeket már ősidők óta alkalmazzák. Lényegét a 12. ábra szemlélteti, amely lényegében a többi típusok alapelvét is jelent. A megtámasztott föld "E" földnyomásához a fal a saját "G" súlyát adja, s így olyan "R" eredő jön létre, amely nem "túlságosan" ferde, és a fal alapsíkján a sarokponttól elég távol fejt ki hatását, azaz az eredő erő a magidomon belül, illetve annak határán hat. Ahhoz, hogy a fal és vele a háttöltés állékony maradjon, ennek a két feltételnek kell teljesülnie.



12. ábra: A súlytámfalak erőjátéka [4]



13. ábra: Súlytámfalak [2]

A súlytámfalak anyaga lehet:

- természetes, előregyártott betonelemek betonhabarcsba (esetleg szárazon) rakva,
- monolit beton, esetleg gyenge vasalással. [5]

A súlytámfalak kialakításának csoportosítását a 13. ábra mutatja be.

A súlytámfalak esetében kőburkolattal esztétikus felületet kialakítani.

Hátrányuk azonban, hogy gazdaságtalanok, a víztelenítésüket meg kell oldani. Erre két lehetőség van. Az egyik a hagyományos hátszivárgó kialakítással, amely során egy szivárgótestet építenek kavicsból szűrő geotextília réteggel, a döngölt agyagban pedig folyókát illetve dréncsővet helyeznek el. A másik módszer a geoműanyag drénrendszer, a drénpaplan, amely vízzáró fóliából, műanyag térrácsból, valamint szűrő geotextíliából épül fel.

Szögtámfalakat is régóta építenek, ezek száma kisebb mértékű, mert általában költségesebbek. Esetek jelentős részében csak töltések megtámasztása céljából készülnek. A stabilitásukat jelentős hányadban a vízszintes talp fölötti részre visszatöltött földtömeg súlya adja. Mivel háttöltése szemcsés anyagból készül, víztelenítéséhez egy perforált cső esésben való elhelyezése elegendő a két falrész szegletébe, és annak szakaszonkénti átvezetése a falon.

A szögtámfalak anyaga minden esetben vasbeton.

Tervezés menete:

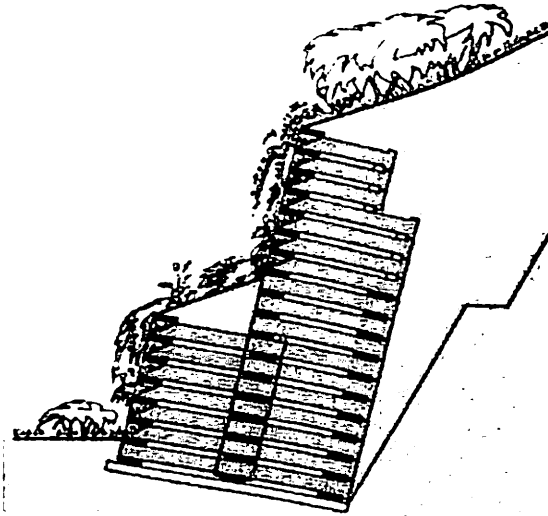
A támfalak esetén a méretezésénél illetve az ellenőrzésénél először az **általános stabilitás** viszonyokat kell megvizsgálni. Ezt követően a **külső stabilitás** vizsgálatot kell elvégezni, amely áll az alaptörés, az elcsúszás és az elbillenés vizsgálatából. Ezek után a **belső stabilitás** vizsgálat következik. A súlytámfalak esetén nem jöhet létre húzás a fal egyik keresztmetszetében sem, míg a szögtámfalak esetén e vizsgálat a vasalás méretezéséből áll.

3.5.2.2. Máglyafalak

A máglyafalak különösen Ausztriában terjedtek el, de már idehaza is épült ilyen szerkezet (pl. M5 autópálya Budapest utáni szakasz). Nem kizárólag földmegtámasztó szerkezetként alkalmazzák őket, inkább zajszigetelő falként. Elterjedésük fő oka környezetbarát, esztétikus kinézetük, ami az utóbbi időkben fontos szerepet kapott, különösen a hegyvidéki tájakon. Az előregyártott vasbeton (esetlegesen fa) elemeket máglyaszerűen egymásra helyezik, és az elemeket csapolással vagy tüskézéssel kapcsolják össze. Az így létrejövő térbeli rácsszerkezet belsejébe szemcsés földanyag kerül, és ennek elülső részébe növényzetet telepítenek. A terepadottságokhoz jól illeszthető, magas fal esetén két sorban is építhető, ahogy a 14. ábra szemlélteti is. Kivitelezése egyszerű, a szabad felületen a víz elszivárog, ezért nincs szükség víztelenítésre. Méretezésnél a földdel kitöltött szerkezetet a külső stabilitásvizsgálat szempontjából egyetlen súlytámfalnak tekintik, a belső stabilitásvizsgálatnak pedig az elemek hajlítási vizsgálatára és a kapcsolatok ellenőrzésére kell kiterjednie. Ez utóbbi számítása során azt feltételezik, hogy a háttöltés felől aktív, a belső földtömeg oldaláról viszont silónyomás hat. [4]

Egyéb támfal típusok:

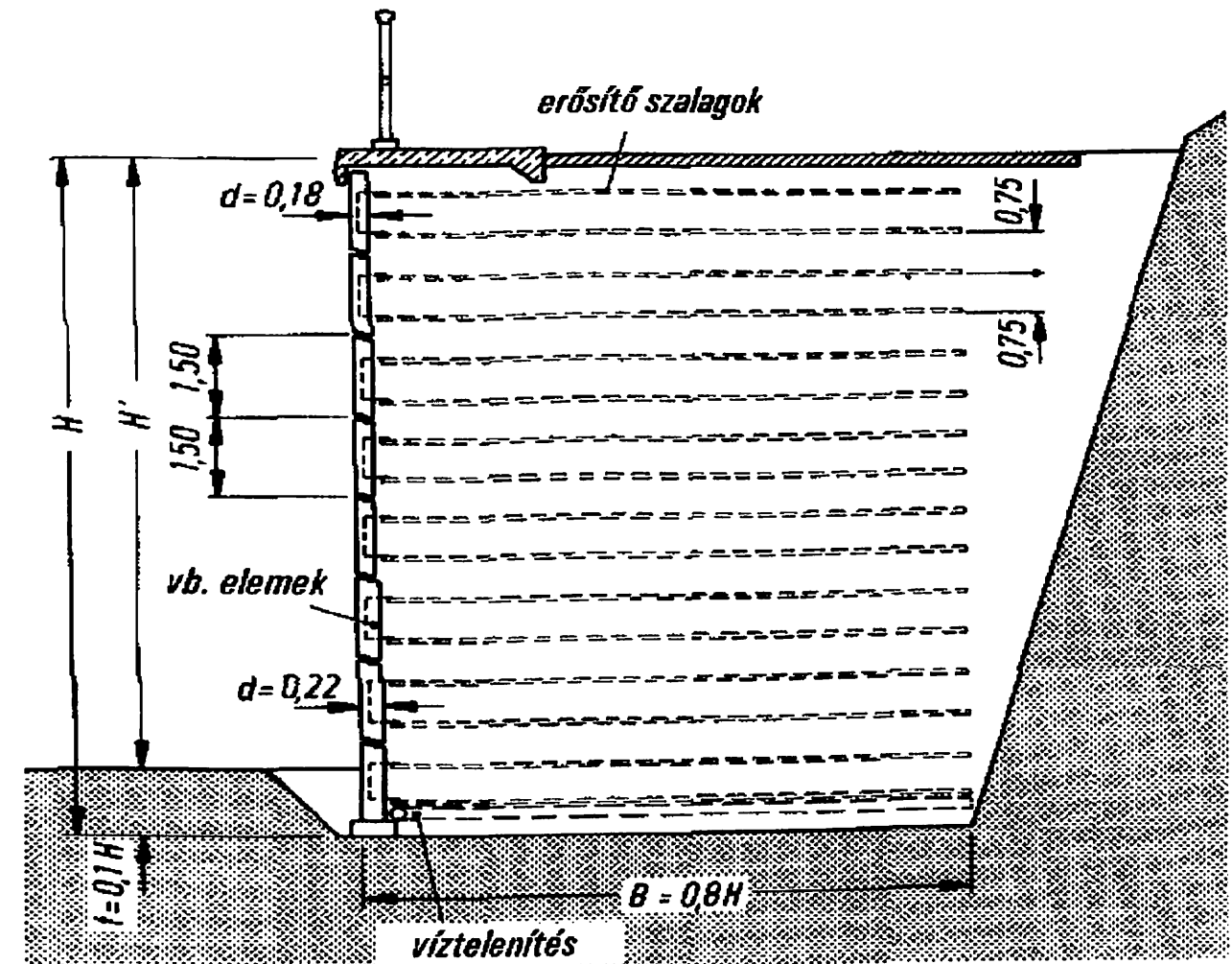
- szekrényfalak (zárt és nyitott),
- könnyű kerti támfalak (keretes kistámfal, betonlapos kerti fal, svéd földtámfal, polcos kistámfal),
- ideiglenes és korlátozott jelentőségű földtámfalak (réteggel erősített földfalak, gabionfalak, könnyű kistámfalak,
- földtámfalak hulladékanyagból



14. ábra: Máglyafal [4]

3.5.2.3. Vasalt talajtámfalak és szegezett falak

A vasalt talajtámfalakat töltések megtámasztására hozzák létre (lásd 15. ábra). Az elmúlt 20 évben rendkívüli módon elterjedtek, különösen mióta változatos és esztétikus homlokfelületeket lehet kialakítani. Legfőbb előnyük a gazdaságosság és az egyszerű megvalósítás. Alkalmazzák őket hídfökként is. A szerkezet együttdolgozó tömbként viselkedik. A vasalás a háttöltést húzóerő felvételére is képessé teszi, a homlokfalra kisebb nyomások nehezednek. A föld és a szalagok együtt dolgozását a köztük fellépő súrlódás teszi lehetővé. Határállapotként azt feltételezik, hogy a homlokfalra (vízszintes) aktív nyomás hat, és azt a szalagok ellensúlyozzák. Ezen húzott elemek az aktív állapot csúszólapja mögé nyúló szakaszon horgonyzódnak le, és a háttöltés e részére adják át a töltés elülső feléből ható erőket.



15. ábra: Vasalt talajtámfal [III.]

A következőkben részletesen bemutatom azokat a kialakítási módokat, amelyeket alkalmaztam a vasúti szakasz töltésének támfallal való megtámasztása során.

A **szegezett falak** vasalt talajtámfalak közvetlen rokonai, de amíg a vasalt talajtámfalakat töltések, addig e szerkezeteket bevágások megtámasztásához alkalmazzák.

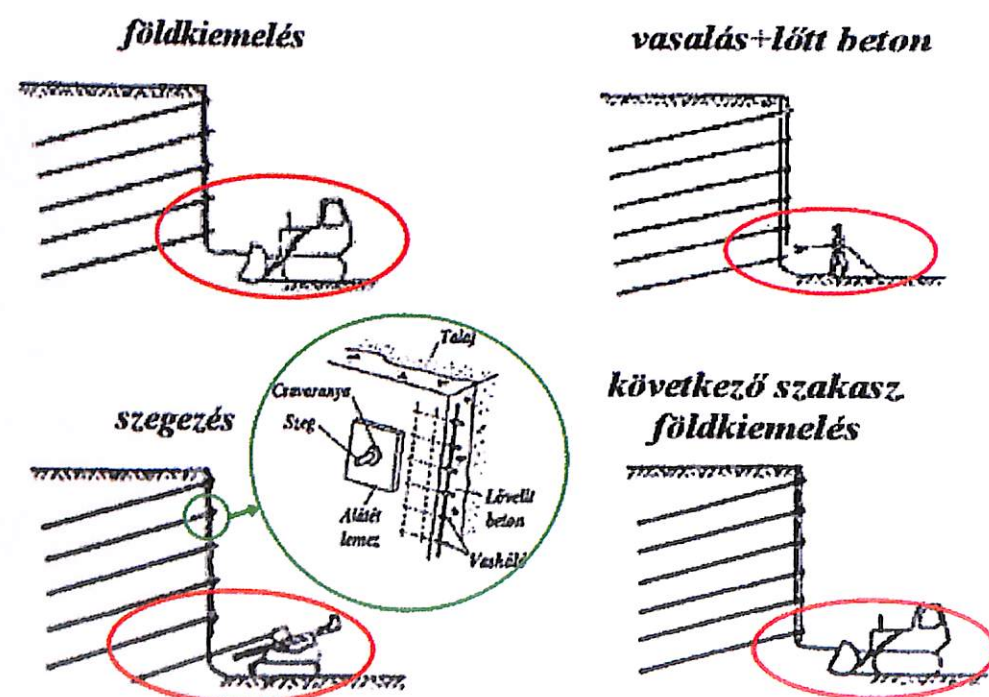
Technológiája a leggyakrabban alkalmazott lövellt betonos eljárását a 16. ábra szemlélteti.

Technológiai lépései a következők:

- szakaszos földkiemelés mélyásó kotróval,
- a talajtámfalra egy- (esetleg két-) soros acélhálót fektetnek és azt száraz vagy nedves lött betonos eljárással, 5-20 cm vastag betonréteggel vonják be,
- ~1,0 méterenként a falmagasság kb. 60 %-ának megfelelő mélységig $\sim \varnothing 32$ mm betonacélokat vernek be a talajba, vagy fúrt lyukba cementlével kötik be őket,
- megkezdik az újabb lépcső mélyítését.

A szegezett falas kivitelezési módot széles körben alkalmazzák:

- önmagában, burkolófal nélkül munkagödrök ideiglenes megtámasztására vagy rézsűk végleges stabilizálására
- lövellt betonzárással együtt munkagödrök földfalának ideiglenes biztosítására
- lövellt betonnal együtt végleges falként csak valamilyen esztétikai célú burkolattal - leggyakrabban előre gyártott vasbeton elemekkel - építik, amiket zártan vagy hézagosan fektetnek a kismértékben ferde falra. [4]



16. ábra: Szegezett, lött betonos talajtámfal [2]

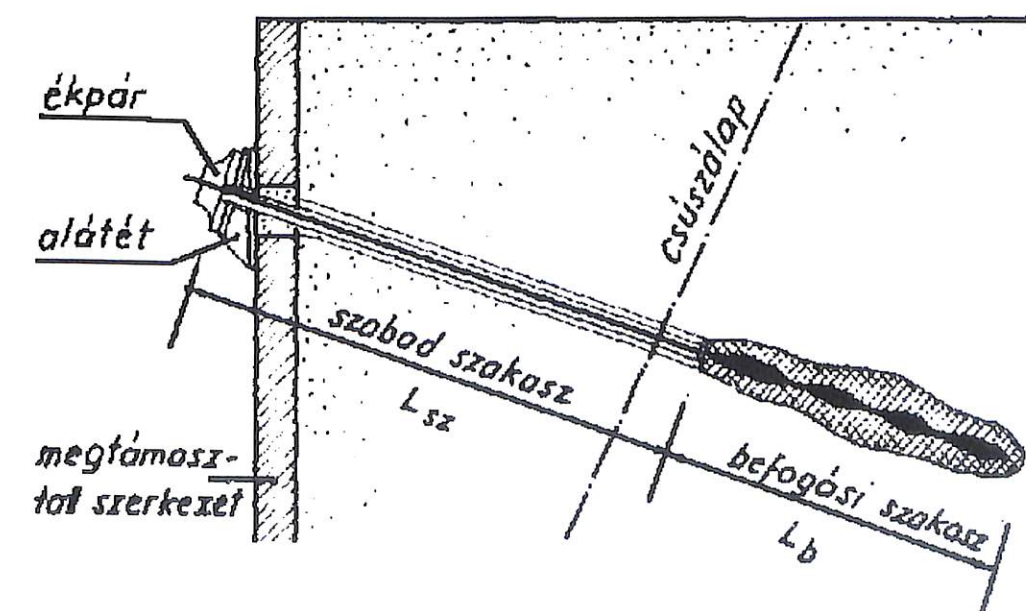
3.5.2.4. Horgonyzott falak

A horgonyzott szerkezetek esetén a horgonyokkal az aktív csúszólap mögötti talajzónára terhelik a megtámasztó falra ható földnyomást. A horgonyzás alapvetően a következő okok miatt különbözik a talajvasalástól és a talajszegezéstől:

- a horgonyok első szakasza nem érintkezik a talajjal, nem dolgozik együtt a talajjal
- a horgonyok mérete jóval nagyobb, 12-20 m hossz és 10-20 cm átmérő a jellemző,
- a horgonyok teherbírása is közel egy nagyságrenddel nagyobb,
- valamint a horgonyokat általában előfeszítik, így nem csak a talajmozgások után kezdenek dolgozni.

A horgonyzott szerkezet részeit a 17. ábra szemlélteti.

Régebben a megtámasztott szerkezettől jelentősen távol lemélyített, párhuzamos falhoz, horgonylaphoz, cölöpökhöz erősítették a horgonyokat. Ezek ma már egyre ritkábbak, mert költségesek, az építési területtől távolabb lévő területek igénybevételét is szükségessé tennék, és a horgonyok helyzetét is megszabják, mert a felszínről építve túlságosan mélyre nem vihetők. Esetenként még alkalmazzák az ilyeneket partfalakhoz, főleg ha mögéjük magasabb feltöltés készül. Újabban szinte kizárólagosan fúrt, injektált, előfeszített horgonyokat alkalmaznak. Léteznek ideiglenes, vagyis 2 évnél rövidebb ideig használt, illetve tartós változatuk. A kettő legfőképp abban különbözik, hogy tartós horgonyt fokozott korrózióvédelemmel kell ellátni. [4]



17. ábra: Horgonyzott szerkezet részei [4]

3.5.2.5. Fúrt, injektált, előfeszített talajhorgonyok

Az fúrt, injektált horgonyok a következő szerkezeti részekből állnak:

- a) A horgonyfej, melynek feladata a fal és a szár közötti kapcsolat biztosítása.
- b) A horgonyszár, ami közvetíti az erőt a fej és az injektált test között.
- c) Az injektált test, aminek feladata az erő közvetítése a horgonyszárról a talajra.

Az ideiglenes horgonyoknál a húzóerő átadása az injektált test elejétől kezdődik és a köpeny, valamint a talaj között ébredő nyíróerők csökkentik le, a horgony végső szakaszán üzemi állapotban esetleg nincs is erő. Így az injektált testben húzás keletkezik, ezért berepedezik, kellő védelem híján az acél korrodálhat.

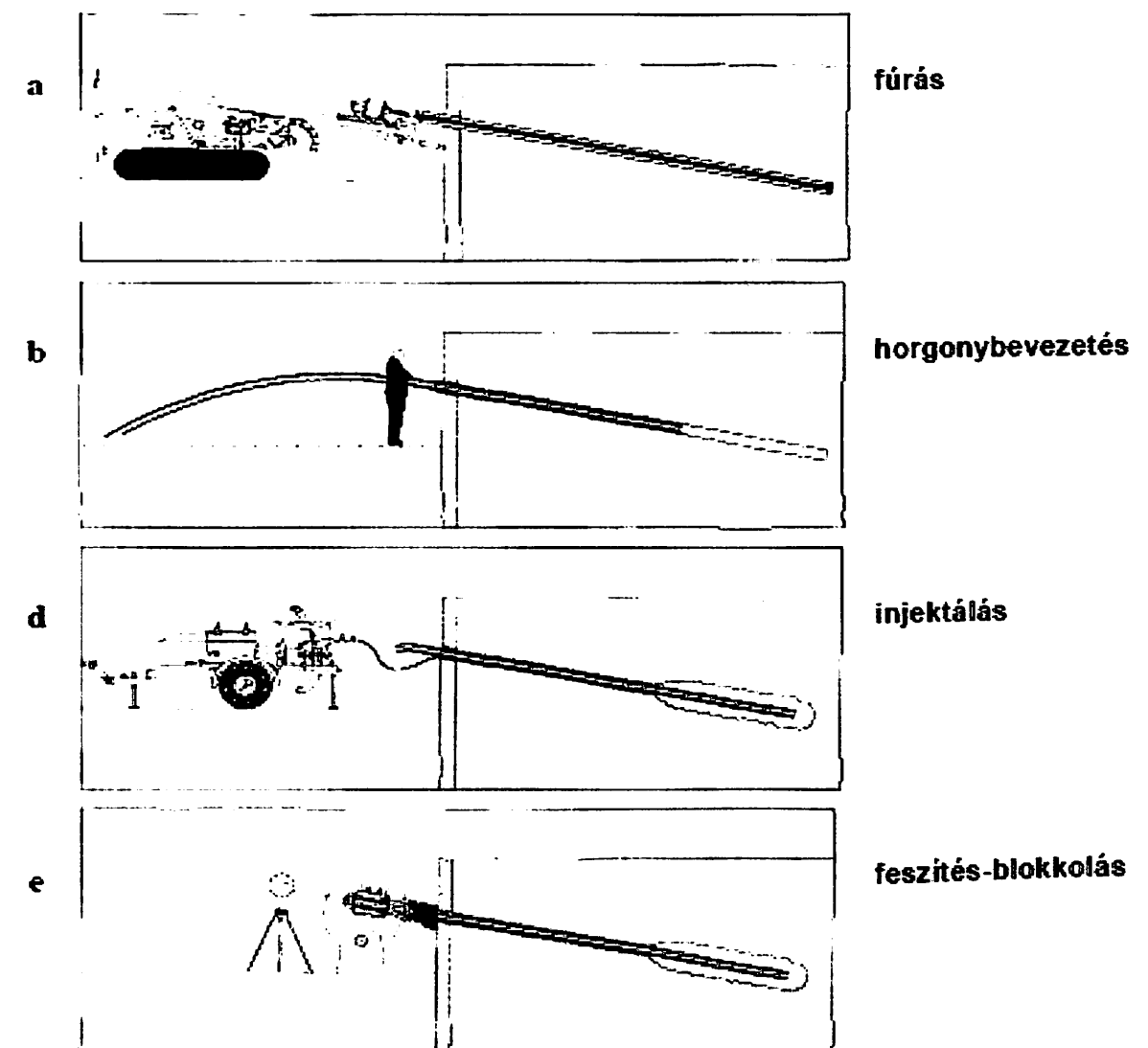
A végleges horgonyokat ezért valamelyest másként alakítják ki.

- a) A nyomócsöves szerkezetben a horgonyszár az injektált testen belül sem érintkezik a cementtel, egy külön csőben halad. A cső az injektált test végétől adja át a húzóerőt a testre, és az erő a testben a köpenyellenállás által a horgonyfej irányában csökken. Így az injektált test nyomott lesz, nem repedezik be, a nyomott cső és benne a szár sem korrodálódik.
- b) A hullámcsőves szerkezetben a horgonyszár egy hullámos PVC-csőben található, és az injektált test ezen a csövön kívül készül. A cső és a szár közötti tér is ki van öntve cementhabarccsal, ez biztosítja az erőátadást a szár és a cső között. A horgonyszár ennek hatására többszörös védelmet kap a korrózióval szemben.

A horgonyzás technológiai lépései, amelyet a 18. ábra mutat be:

- a) A fúrás során a fúrószárat és -fejet általában ütve - forgatva hajtják le, de alkalmaznak végtelen spirált is. A furatot a talajtípustól függően béléscsővel vagy fúróiszappal (esetleg cementlével) támasztják meg. A furadékot a fúróiszap, víz vagy levegő hozza elő.
- b) A horgony bevezetésével egy időben cementhabarccsal kell kitölteni a furat befogási szakaszát. Béléscsővezetés esetén a horgony a béléscsőbe kerül és ezután a béléscsőn át, annak visszahúzása közben, nyomás alatt zajlik a kitöltés. Béléscső nélküli furatban a fúrás végén a vízzel, cementlével vagy levegővel kitisztított furatot gravitációsan töltik fel cementhabarccsal, és a horgonyszárat előtte illetve utána is behelyezhetik.
- c) A befogási szakaszt a fúrószár mellett bevezetett injektáló csövön át nagy nyomáson injektálják, szükség esetén több lépcsőben is, mindig a megfelelő nyomásemelkedésig jutva.

d) A horgony feszítése tulajdonképpen próbaterhelés, általában a tervezett erő 10-25 %-ával feszítik meg a horgonyokat, majd kissé visszaengedve blokkolják őket.



18. ábra: A horgonyok készítésének munkafázisai [4]

A teherbírás szempontjából nagyon fontos, hogy

- a fúróiszapot gondosan cseréljék ki cementhabarcsra, mert a bennmaradó bentonitos fúróiszap csökkentené a nyírási ellenállást,
- az injektálás megfelelően befeszítse a befogási szakaszt a talajba. A horgonyzási munkák egy vagy több úgynevezett alkalmassági próbahorgonyzással kezdődnek, melynek útján megállapítják, pontosítják, hogy az adott talajban az szükséges horgonyerő milyen technológiával érhető el. Ezek alkalmával a tervezett horgonyerő kb. másfélszereséig feszítik a horgonyokat. Az egyes horgony feszítése tulajdonképpen szintén próbaterhelésnek tekinthető, ezzel az összes horgony teherbírása ellenőrizhető.

A horgonyerőt építés közben és után is tanácsos ellenőrizni, mivel az a földkiemelések, illetve egyéb hatások (terhek, hőmérséklet, ernyedés, stb.) következtében változhat. Szükség esetén póthorgonyokat kell beépíteni, ami relatív könnyen megoldható, és ez a horgonyzott szerkezetek egyik jelentős előnye. [4]

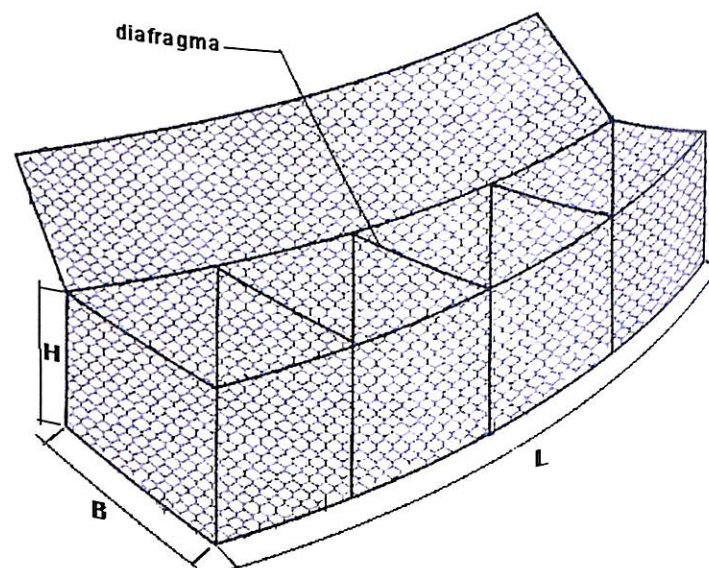
3.5.2.6. Gabion támfalak

Az ókori római építészeti találmányt a XX. század derekán olasz mérnökök újragondolták, majd német mérnökök tökéletesítették. A Gabion olasz eredetű kifejezés, eredeti jelentése „ketrec”. A 16. században már elkezdték katonai céllal alkalmazni a homokkal, földdel töltött hengeres „ketrecek”. Később az erózió ellen védekeztek kövel teletöltött gabionnal.

Érdekesség: Leonardo da Vinci nevéhez köthető az ún. Corbeille Leonard (=Leonard kosár), melyet a milánói San Marco vár építésénél gabionként alkalmaztak.

A gabion kosarat dróthálóból készítik hasáb vagy matrac alakban (lásd 19. ábra). A fal tömegét a kitöltő kőanyag adja. A gyárban készített dróthálós kosarakat kifejtett állapotban szállítják a beépítés helyszínére. A kifejtett gabiont sík terepen vagy szerelőpadon kiterítik és átformálják kosár alakúra, miközben a keskenyebb oldalakat lágy kötöződróttal egymáshoz rögzítik. Ezt követően az üres kosarakat a beépítés pontos helyén felállítják és az egymás mellett lévő kosarakat ugyancsak kötöződróttal segítségével egymáshoz erősítik, majd az üres kosarakat

terméskővel megrakott kortóval, puttonyos rakodóval vagy szállítószalaggal elkezdik megtölteni. A már belekerült köveket munkások kézi erővel a helyükre teszik, hogy a kosár a lehető legjobban ki legyen rakva. Ezért ez az eljárás jelentős élő munkaerőt igényel. A kosarat mindig túl kell tölteni finom anyaggal, amelyek a későbbiekben a szabadon maradt hézagokat kitöltik. A telerakott kosár fedőlapját lehajtják és kötöződróttal leerősítik. A hosszukás hasáb alakú gabionoknál diafragmákat helyeznek be térelválasztásként.



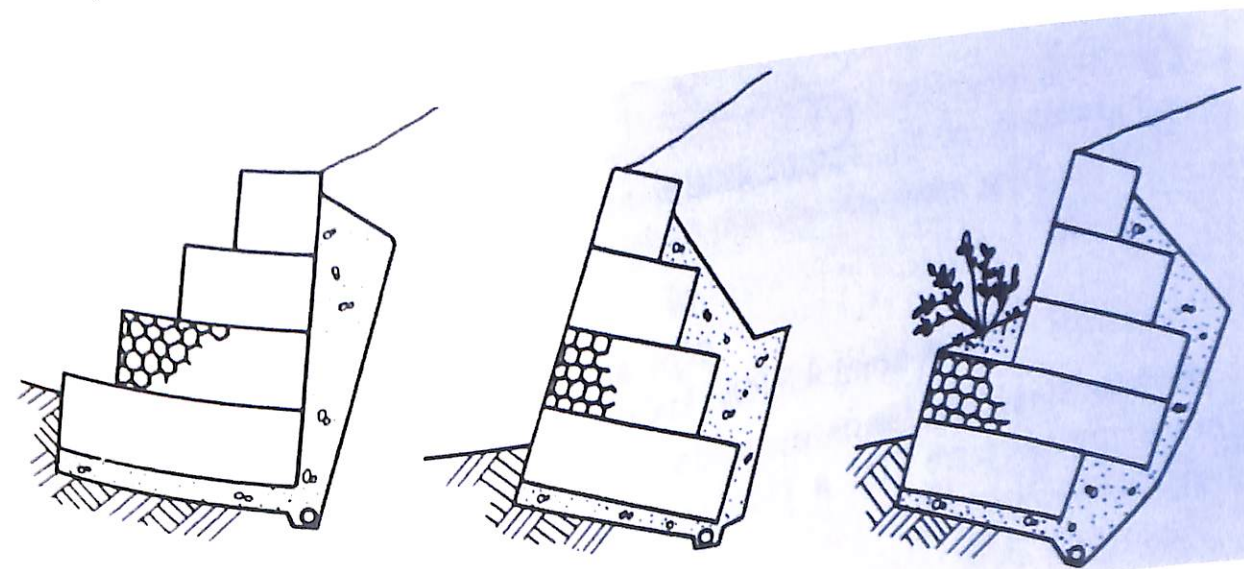
19. ábra: Gabion kosár [IV.]

A gabion támfalak szinte tetszőleges méretűek lehetnek, félméteres léptékben tulajdonképpen bármennyig növelhető a mérete. Homlokzati kialakítási módjaikat a 20. ábra illusztrálja.

Előnyük, hogy vízáteresztőek, a vízvezetést nem kell megoldani külön. Gazdaságosan kivitelezhető. Relatív egyszerű és gyorsan elkészíthető, nem kell várni az anyag kötését, viszont a kövek elhelyezése, valamint az egyes részek összedrótozása sok élő munkaerőt igényel, ami jelentős hátrány. Továbbá hátrány még a partoldalakra való bekötésük, amely kivitelezési mód a monolit falashoz képest gyengébb.

A gabionokból épített támfalat vagy a homloksíkhöz vagy a hátoldalhoz lépcsőztetik. Ha a gabion fal homlokfelületét síkfelületként képzik ki, akkor 2-3°-os szögben hátradöntik, mert így állékonysága jobban biztosítva van.

A kosarak feltöltésére a Cp90/250-es terméskő (andezit, bazalt, mészkő) a legalkalmasabb. A gabion kosár alá vagy 20-30 cm-es homokos kavics ágyazatot készítenek, vagy süllyedésre érzékenyebb, rossz leterhelésű talaj esetén 20 cm C30/37-es vasalt betont (Ø8, Ø10-es hálóból).



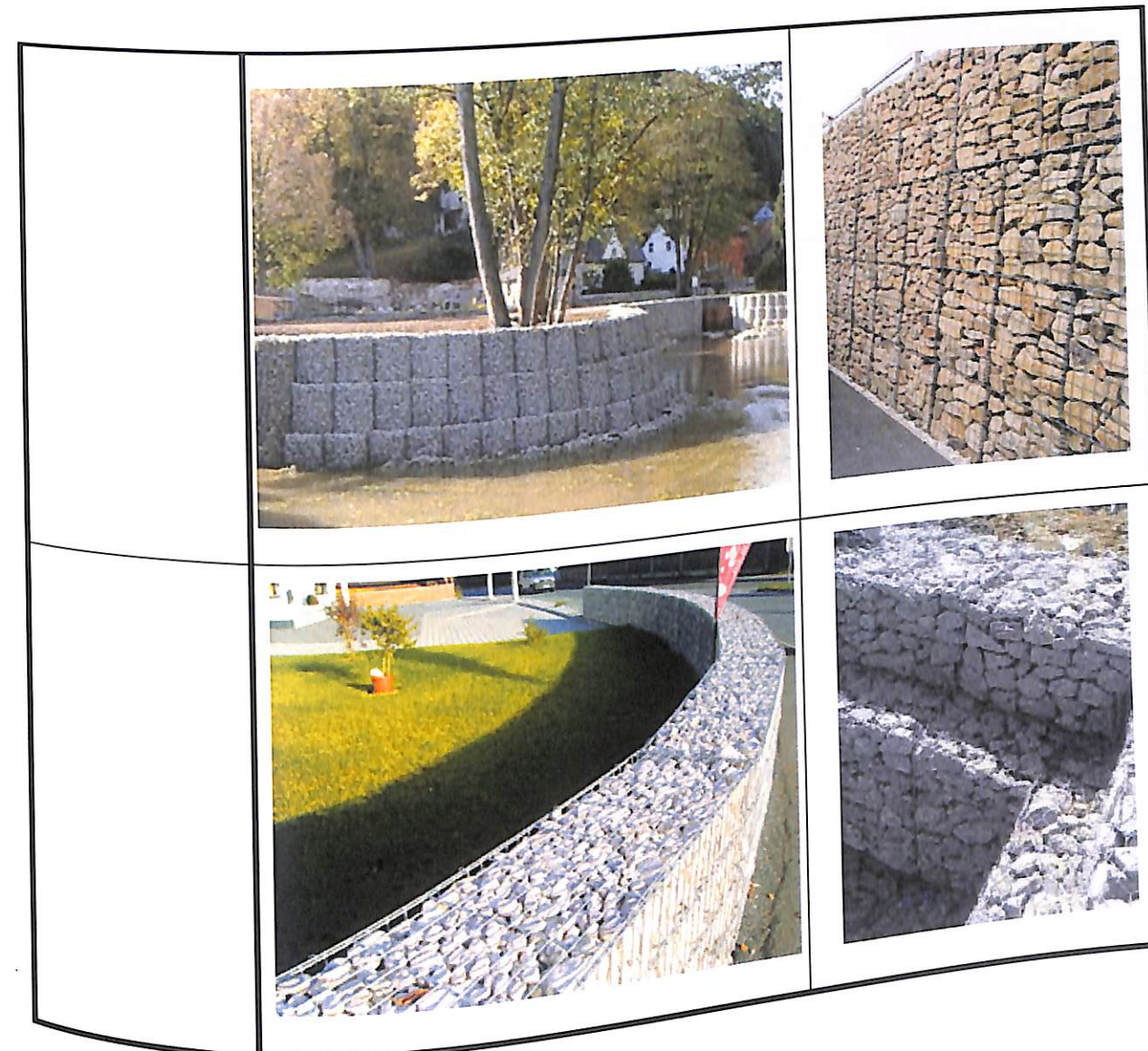
20. ábra: Gabion támfal [5]

Alapvetően 2 fajta gabiont különböztetünk meg: fonott, sodrott hálósat és a hegesztett hálósat. Anyagukban, megjelenésükben, de elsősorban felhasználási területükben különböznek leginkább egymástól. A két fajta gabion összehasonlítását a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat: Hegesztett és fonott hálós gabion összehasonlítása [V.]

Szempont	Hegesztett hálós gabion	Sodrott hálós gabion
Teherviselés	A hegesztett típusnál nem a rács, hanem a drót (illetve egészen pontosan a hegesztett pont) viseli a terhet, törés esetén pedig az egész terhet a legközelebbi hegesztett pont veszi át, így akkumulálódik a terhelés egy szakítószilárdság csökkenéséhez vezet. A fonott drótrács egyenletes módon képes megosztani a terhelést és törés esetén a tört rácsra eső terhelés egyenletes módon feloszlik a többi rács között, így a törés nem befolyásolja a szomszédos rácsok teherbírását. Egy drót szakadása 2% szakítószilárdság csökkenéséhez vezet.	A fonott drótrács egyenletes módon képes megosztani a terhelést és törés esetén a tört rácsra eső terhelés egyenletes módon feloszlik a többi rács között, így a törés nem befolyásolja a szomszédos rácsok teherbírását. Egy drót szakadása 2% szakítószilárdság csökkenéséhez vezet.
Rugalmasság, merevség	Merev konstrukciót alkot a hegesztett háló. Nem deformálódik, alak és formátartó. A hegesztett, íves elemekre is ez jellemző.	Jól alkalmazkodik a terepi adottságokhoz. Lekövethető a vele a felszín görbületei.
Bevonat	Tűzhorganyzott, AlZn bevonatos, a - DIN-EN-ISO 1461 szabványnak megfelelően.	Horganyzott, AlZn bevonatos, indokolt esetben kaphat PVC bevonatot is.
Építés	Rendkívül kreatívan alkalmazható, abszolút egyedi igényekhez igazítható.	Előre gyártott, meghatározott méretekből, standard módon építhető.
Megjelenés	Tökéletes síkok, pontos illesztések, egyenes vonalak jellemzik.	Kialakíthatóak homlokzatok, vonalak kevésbé egyenesek.
Javasolt beépítési hely	Ott, ahol számít a megjelenés, a pontosság, és ahol elengedhetetlen a tökéletes síkok, illesztések.	Ott, ahol fontos a terepre való illeszkedés, ahol nem fontos annyira az esztétikum.
Főbb felhasználási területek	Közterekre, családi házas környezetbe, kertekbe, kerítésnek, padnak, asztalnak, térfatárolónak	Eróziógátlás, mederburkolás

Támfal, (víz) part-védelem



3.5.3. A támfaltípusok összehasonlítása

A támfalak alakját, lehetséges szerkezeti kialakítását a következő kritériumok befolyásolják:

- a megtámasztandó földtömeg geometriája
- töltést vagy bevágást kell megtámasztani
- a talaj nyírószilárdsága (φ , c)
- az építkezés helyigénye
- a ható terhek nagysága és típusa
- a megengedhető alakváltozások (különös tekintettel a szomszédos építményekre és közművekre)
- a rendelkezésre álló építési idő
- a rendelkezésre álló építési anyag
- költségek

Súlytámfal körülbelül 2-3 méter magasságig (gazdasági megfontolásból) ott alkalmazunk, ahol terméskő vagy beton adalékanyag a közelben beszerezhető. Tájbá jól beilleszthető, zsaluzást nem igényel, de sok kézi munkaerő szükséges hozzá.

Bordás-talpas vasbeton **szögtámfal** 5-11 méter magasságban alkalmazzák. 5-8 méter magasság esetén a bordás-talpas vasbeton szögtámfal kb. 30%-kal olcsóbb, mint a vele megegyező magasságú súlytámfal. 8 méter felett ez az arány tovább növekszik.

A **máglyafalak** 5-6 méter magasságig párhuzamos homlok- és hátfallal egyszerűen és gyorsan kivitelezhetőek. Megjelenése esztétikailag kellemes, változatos képet ad.

A **gabion falak** sok tekintetben a máglyafalakhoz hasonlóak, fontos hogy nem korrodáló szakadásmentes dróthálóval készüljön. Általában 5-6 méterig alkalmazzák. A legolcsóbban előállítható támfaltípusok közé tartozik.

A különböző támfal típusok összehasonlítását a 4. táblázatban foglalom össze:

4. táblázat: Támfal típusok összehasonlítása

típus	előnyök	hátrányok
súlytámfal	jól alakítható kőburkolattal esztétikus felület alakítható ki	gazdaságtalan bizonyos magasság felett vízteleníteni kell
szögtámfal	magasság rugalmas (max 6-7m) helyszíni betonozást nem igényel víztelenítése könnyen megoldható	ma már gyakorlatilag csak töltések megtámasztására alkalmazzák kiszorulóban vannak
máglyafal	víz ki tud lépni, nem kell vízteleníteni terepadottságokhoz jól illeszthető nem érzékeny a süllyedéssel szemben egyszerűen, gyorsan kivitelezhető esztétikus környezetbarát újrafelhasználható	csak kb. 4 méter magasságtól gazdaságos
gabionfal	geometriailag rugalmas esztétikus vízáteresztő (nem kell vízteleníteni) gazdaságos	korrozó ellen védeni kell a rácsot sok élő munkaerőt igényel partoldalhoz való bekötés a monolit falakéhoz képest gyengébb
vasalt talajtámfal	rugalmas geometria	költséges
szegezett fal	rugalmas, könnyen módosítható szerkezet egyszerre kicsi a megtámasztatlan földtömeg egyszerű és viszonylag olcsó	költséges

Belső stabilitás, azaz a falszerkezet méretezés elvének összehasonlítása:

- **Súlytámfal:** a fal szélessége és alakja biztosítsa, hogy a fal talaj felőli oldalán ne legyen húzófeszültség
- **Szögtámfal:** a hajlítást megfelelő vasalás vegye fel
- **Máglyafal:** a tüskézés és a csapolás gátolja meg az elemek szétcsúszását, valamint az elemek vegyék fel a hajlítást
- **Gabionfal:** a háló ne szakadjon szét, illetve a blokkok ne csússzanak el egymáson

Az erősített talajtámfalak belső stabilitás vizsgálata:

- Az erősítő elemek szakadási vizsgálata során az egyes elemek erősségét vizsgálják.
- Az erősítő elemek kihúzóadásának vizsgálata, valamint az erősítő elemek közötti csúszólapokon való elcsúszás vizsgálata esetén az elemek hosszát és távolságát vizsgálják.

Ezzel befejeztem a földmegtámasztó szerkezetek típusainak bemutatásáról szóló részt. A következők fő részben a megkapott kész támfal tervet mutatom be.

4. Feladat bemutatása

Szakdolgozatomhoz kézhez kaptam az Érd – Százhalombatta vasútvonal 217+50 és 219+00 hm szelvény közötti szakasz átalakításának kivitelezési terveit. Feladatomban a dokumentációban lévő kiviteli módok ellenőrzése, valamint egyéb alternatív megoldások keresése. Először a meglévő tervet ismertetem és részletezem. Azt követően kitérek az ebben a tervben lévő olyan dolgokra, amit másképp, esetlegesen jobban is meg lehetne oldani. Ezután rátérek a szerintem jónak vélt megoldási módszerekre, amelyeket számítással, ellenőrzéssel mutatok be. Összehasonlítom a kapott eredményeket és konklúzióként kiválasztom a legtöbb szempontból megfelelő megoldást.

4.1. Tervezési rendelkezés

Eredetileg a pálya a Kelenföld – Százhalombatta állomás vonalszakaszon, a tervezéssel érintett 18+00 – 256+00 hm szelvények közötti szakasza kétvágányú, villamosított, az engedélyezett sebesség $v = 120$ km/óra, helyenként kisebb sebességű szakaszokkal. A tengelyterhelés 210 kN. A felépítmény a teljes hosszon hézagnélküli kivitelben épült.

A vonalat teljes hosszában, $v = 120$ km/h sebességre kellett alkalmassá tenni, az állomásokat úgy kellett átalakítani, hogy megfeleljenek a teherforgalom jellegében bekövetkező változásoknak, az utasforgalmat a lehető legmagasabb színvonalon tudják lebonyolítani.

A korszerűsítésre kerülő pályaszakaszok (minimális korrekciós részek), az átépítést követően ugyancsak kétvágányúak és villamosítottak lettek, a tengelyterhelés 225 kN-ra nőtt. A korszerűsítést és az aktuális szabályzatokat figyelembe véve a vágány melletti területet vízszintes értelemben meg kellett növelni 1 méter szélesre és 5%-os oldalesést kellett biztosítani. [VI.]

A töltés aljánál nem volt megoldva a vízelvezetés, vízelvezető árok létesítése is kötelezővé vált. A meglévő rézsű aljától nem messze húzódik a kisajátítási határ. A rézsű kialakítását az előírások alapján 1:1,5-es lejtéssel kellett megoldani. Azonban, ha csak ilyen lejtéssel lett volna kivitelezve a terep és mellé épült volna még a vízelvezető árok, az már nem a MÁV által birtokolt területre esett volna. Emiatt az árok helyzete adott lett, ehhez képest kellett kialakítani a rézsűt úgy, hogy minden elvárásnak megfeleljen. Ezen okoknál fogva az 1:1,5 rézsűhajlást úgy kellett megvalósítani, hogy ahol szükséges a rézsű lábánál megtámasztó támfalat kellett beépíteni, úgy hogy előtte még elférjen a vízelvezető árok a MÁV által birtokolt területen. A munkálatokat úgy kellett végre hajtani, hogy a kétvágányú vonalpályán a munkaterülettel ellentétes oldalra eső vágányon problémamentesen történhessen a

vonatforgalom. Ezt a tervezésnél a végső terep állékonyság-vizsgálatánál és a munkafolyamatoknál a földkiemelés tervezésénél is figyelembe kellett venni a szabadon álló rézsű állékonyságát. Mivel állandó vasútforgalom mellett zajlottak a munkálatok, a tervezés során dinamikus tényezőket is figyelembe kellett venni.

4.2. Meglévő terv részletezése, ellenőrzése

4.2.1. Terület ismertetése

Földtani, vízföldtani viszonyok:

A Tétényi-fennsík (Budafok, Diósd, Érd, Nagytétény) a Budai-hegység déli szélén elhelyezkedő, szerkezeti vonalakkal határolt alacsony fennsík. Letarolt felszíntípus. Az enyhe vápákat, völgyeléseket 1-1,5 méter vastag lejtő-üledékek fedik.

Kopár, száraz, egész évben vízhiányos felszíne terméketlen, erdőgazdasági hasznosításra is alkalmatlan, igen mostoha ökológiai adottságú terület.

Vizeit a Törökbálinti patak (5km, 17 km²) a Hosszúréti-patak, az érdi Sulák-csatorna (7km, 48km²) pedig közvetlenül a Dunába vezeti le. Egyes területeken csak időszakos vízfolyások vannak. Fokozottan vízhiányos terület.

Kevés talajvíz a peremi lejtők közelében található, 4-6 méter mélységben. Mennyiség nem jelentős.

A rétegvíz készlet csekély, csak úgy, mint az ártézi kutak száma. Mélységük 100 méter körüli, de a szélein sokkal mélyebb kutak is előfordulnak, amelyek vízhozama is jelentős.

Annak ellenére, hogy valamennyi településen van csatornahálózat, a közcsonnával ellátott lakások aránya 2008-ban mindössze 33,1%-os volt. Ennek oka elsősorban Érd problémája, mivel itt a lakások csak körülbelül 1/4-e csatornázott.

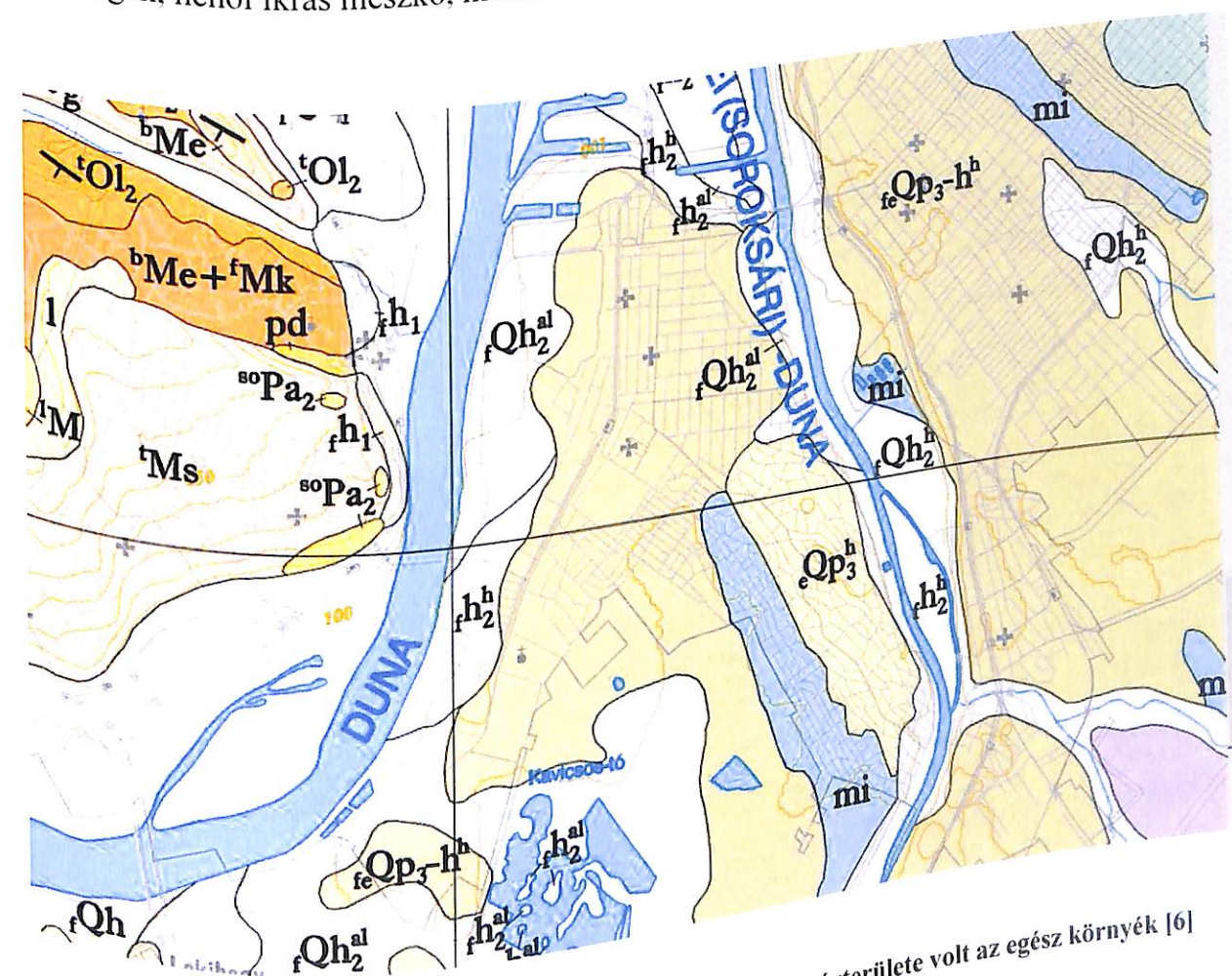
A kistáj jelentős részén (33%) települések, pl. Érd területén el. A táj területének 20%-át kitevő szarmata pados mészkőfelszíneken barna rendzina talajok találhatók, amelyek Söskút és Kamaraerdő környékén kb. 50%-ban gyepterületként hasznosíthatók. A kistáj legkiterjedtebb (38%) talajtípusa a löszös üledékeken képződött, vályog mechanikai összetételű barnaföld. A barnaföldek vízgazdálkodása kedvező, termékenységi besorolásuk a 45-60 (int.) termékenységi kategória. Jelentős hányaduk szőlőként (30%) és gyümölcsösöként (30%), míg szántóföldként mindössze körülbelül 5%, erdőként pedig 15% hasznosítható. Területük mintegy 20%-át települések foglalják el.

Érd alatt és attól délre mészlepedékes csernozjom talajok képződtek (6%). Igen kedvező termékenységgű talajok (int. 70-85). Használhatóságuk változatos: szántó (30%), szőlő (25%),

gyep (20%), erdő (15%) és település (10%). A kistáj nyugati határa mentén húzódó Benta-völgy réti öntéstalajainak területi részaránya 3%. Főként (75%) szántóként hasznosíthatóak, de jelentős (25%) településterület is.

Csomóponti (Érd) közlekedési hálózati helyzetű, több forgalmi tengelyű terület. Kelet-nyugati irányban szel át az M0-ás, északkelet-délnyugati irányban az M7-es autópályák, valamint keleti peremét a 7. Számú főút. Északi szélén futnak a Budapest-Győr, keleti szegélyén a Budapest-Székesfehérvár és a Budapest-Pécs kétvágányú villamosított vasúti fővonalak..

A terület geológiai fedőrétegét mutatja az alábbi térképrészlet (lásd 21. ábra), amely szerint a területet a folyóvízi üledékes formáció, mely szürke, molluszkás agyagmárgás aleurit lemezesen rétegzett aleurit és finom-aprószemű homok rétegeinek váltakozása építi fel, valamint szarmata Tinneyi formáció, amely sárga, kőzetalkotó tömegű molluszkás kőből álló biogén, néhol ikrás mészkő, meszes molluszkás homok. [6]

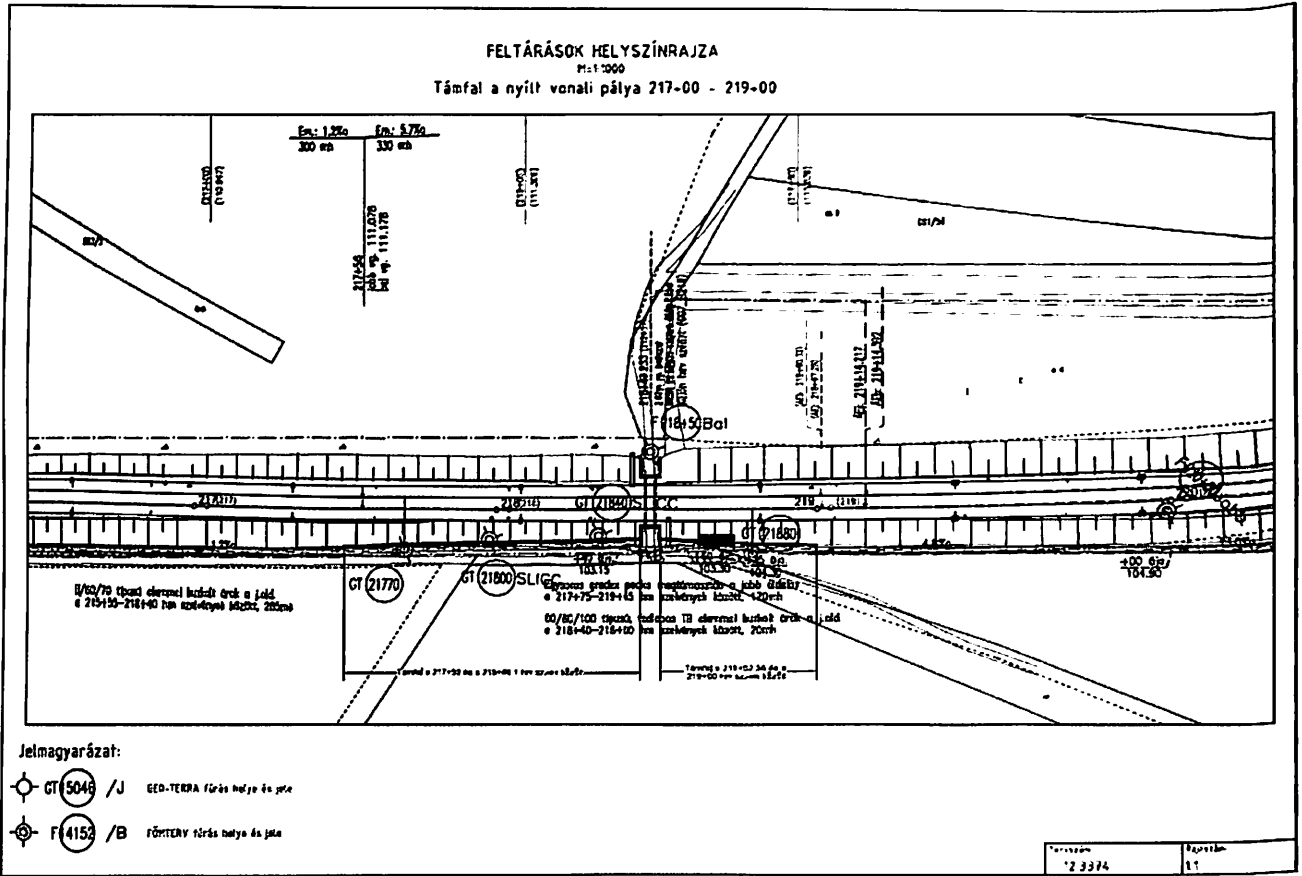


21. ábra: A vasútvonal, majd az M6 út megépítéséig a Duna árterülete volt az egész környék [6]

4.2.2. Talajfeltárások, talajrétegződés, talajvíz (Az eredeti tervhez készült talajmechanika alapján)

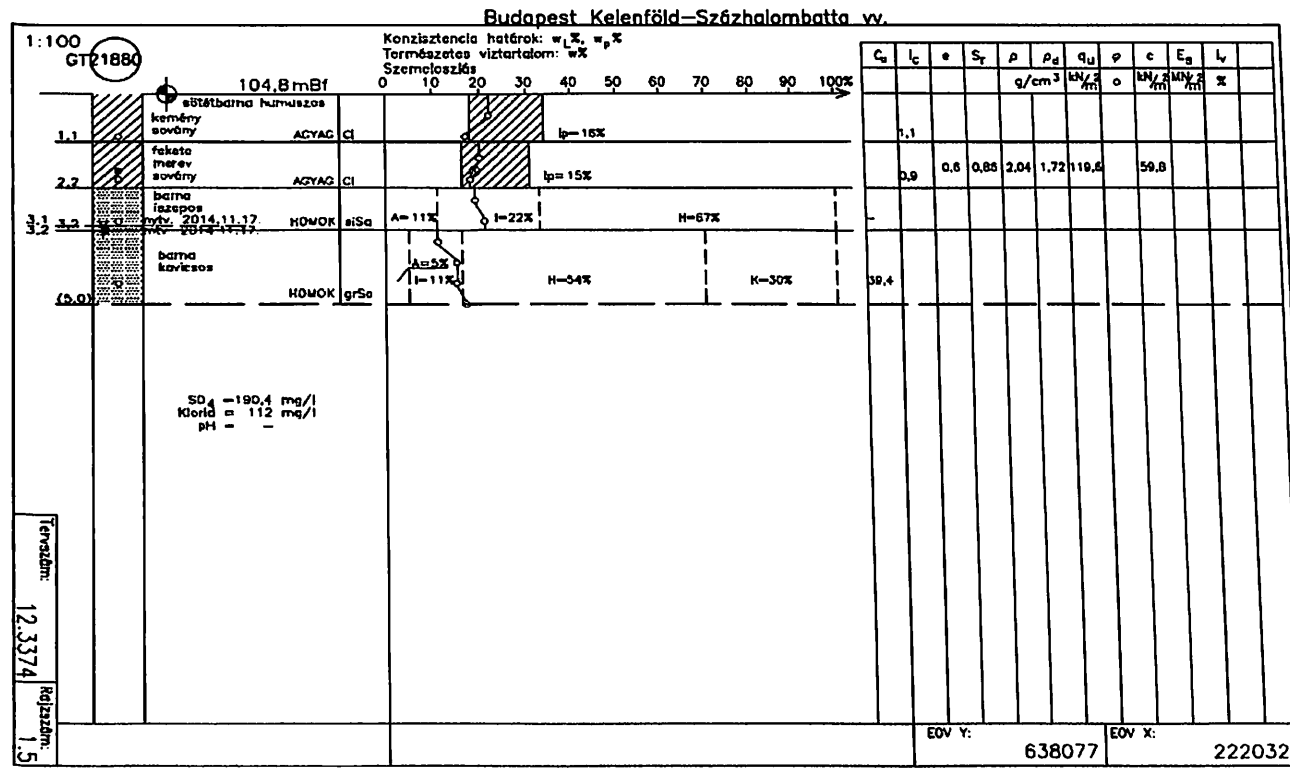
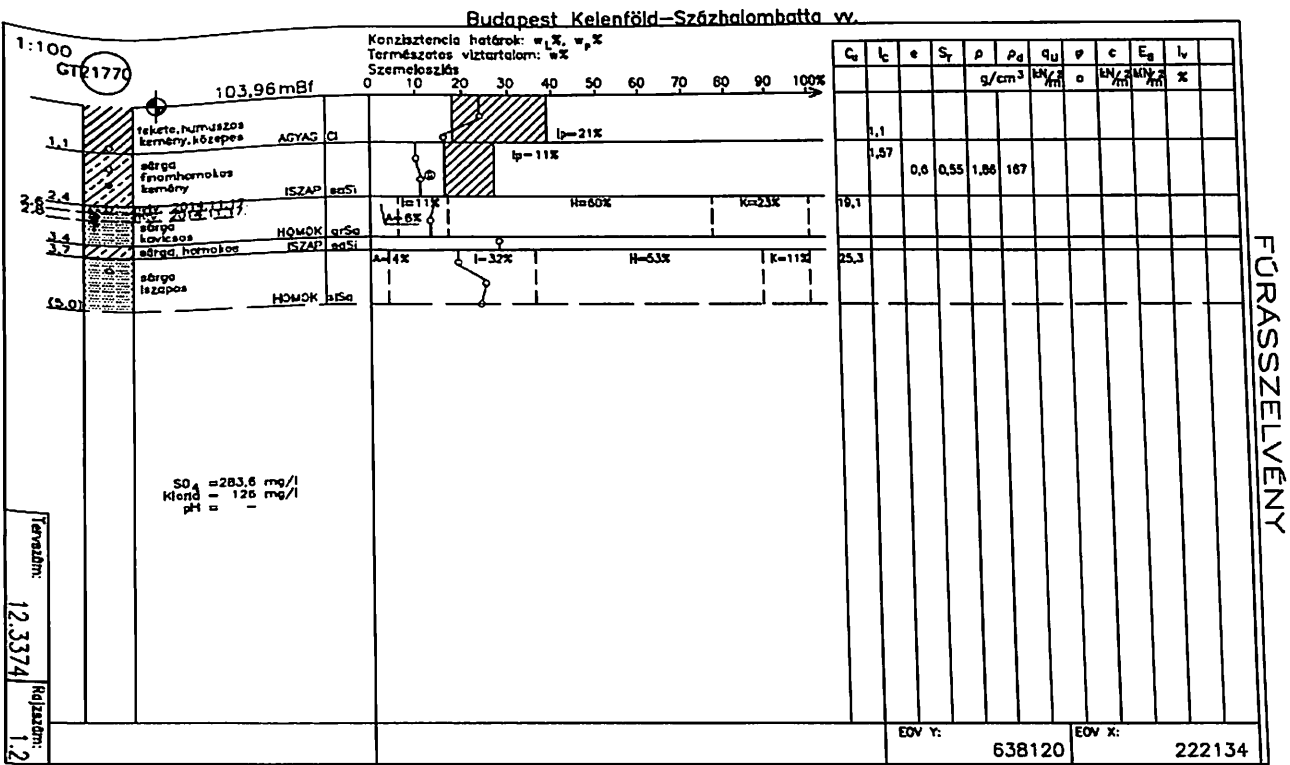
A tervezéshez két darab 5,0 méteres fúrás készült 2014 novemberében. A fúrások helyzetét a 22. ábrán látható feltérési helyszínrajz azonosítja.

A fúrásból 0,5 méterenként vettek zavartalan és zavart mintákat.



22. ábra: Feltérési helyszínrajz [VI.]

A fúrásokra vonatkozó rétegazonosító vizsgálati eredmények, réteg határok a fúrásszelvényeken találhatóak. A 23. ábra a fúrásszelvényeket ábrázolja.



23. ábra: GT21770 jelű feltérési fúrásszelvénye (felső ábra),
GT21880 jelű feltérési fúrásszelvénye (alsó ábra) [VI.]

A két feltárás alapján a következők lehet megállapítani. A felső ~1 méteren humuszos agyag található. Ez alatt ~1,1-1,3 méteres vastagságban kis plaszticitású iszap ($I_p=11\%$) és közepes plaszticitású sovány agyag ($I_p=15-16\%$) található. Konzisztenciájukat tekintve kemények ($I_c>1$).

E réteg alatt jellemzően a feltárás mélységéig szemcsés talajokat tártak fel a fúrások. A feltárt homok talaj iszapos (iszap tartalom 11-32% közötti) illetve kavicsos (kavics tartalom 11-30% közötti).

Talajvíz mindkét fúrásban jelentkezett, melynek adatai az 5. táblázatban láthatóak.

A feltáráskor (2014. Nov.) megütött talajvízszint a terep alatti 2.8-3.2 méteren jelent meg a szemcsés homok rétegben. A nyugalmi talajvízszint 1 illetve 2 decimétert emelkedett, nem tekinthető nyomás alattinak. A feltárás ideje kis vizes időszaknak felel meg.

5. táblázat: Talajvízre vonatkozó adatok [VI.]

Feltárás jele	Magassága [mBf]	Megütött tv [m]	Megütött tv [mBf]	Nyugalmi tv [m]	Nyugalmi tv [mBf]
GT21770	103,96	2,8			
GT21880	104,8	3,2	101,16	2,6	101,36
			101,6	3,1	101,7

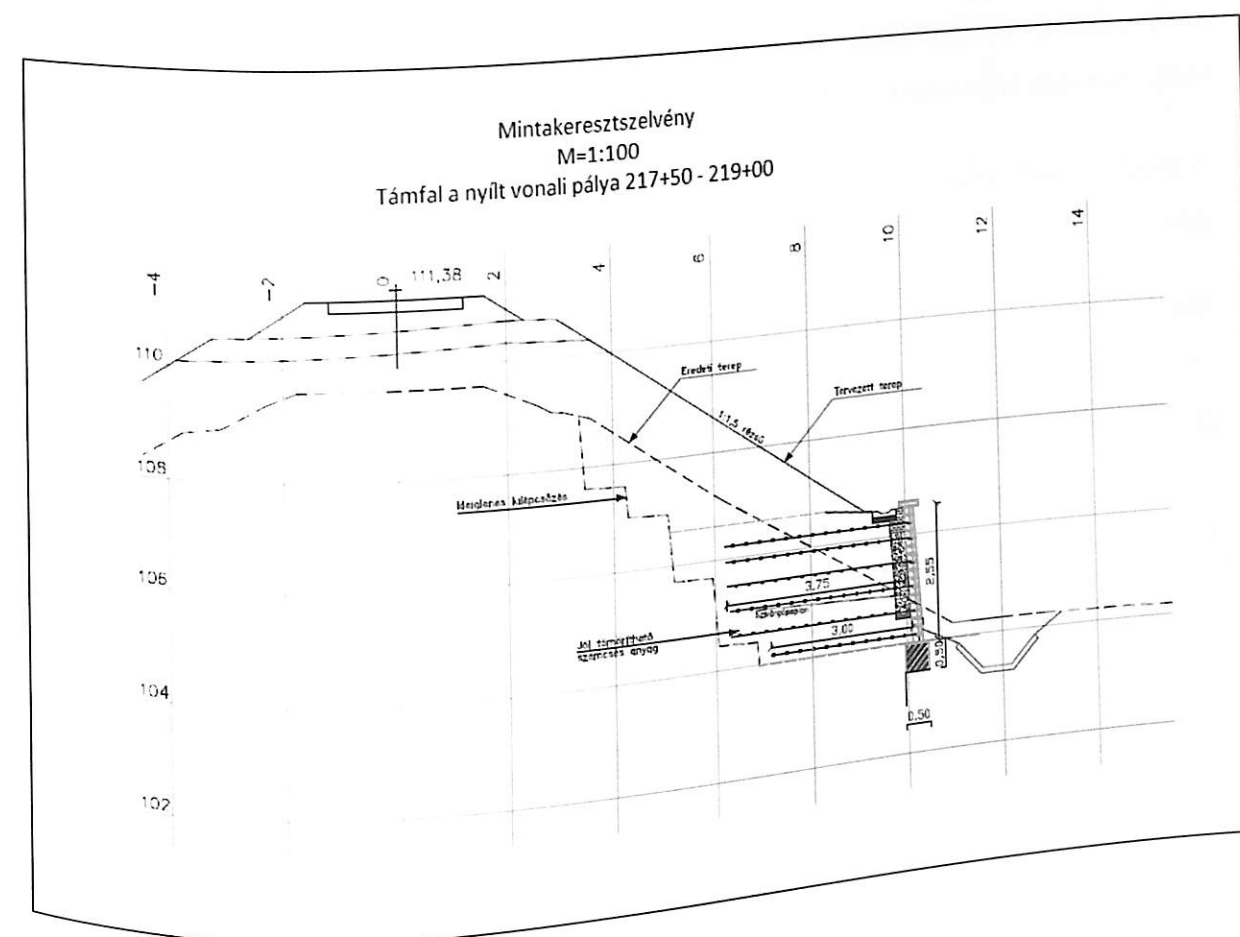
A becsült maximális talajvízszint a terep alatt 2 méteren, a mértékadó talajvíz pedig 1,5 méteren vehető fel, így a becsült maximális talajvízszint 102,7 mBf szintre adódott.

4.2.3. Az eredeti terv alapján tervezett szerkezet rövid bemutatása

A nyílt vonal megadott szelvényében a meglévő töltés magassága megváltozik, emiatt az 1:1,5 -es hajlással tervezett részsűt a kisajátítási területen nem lehet megépíteni. Ezen a szakaszon a töltéslábnál megtámasztó támfal beépítése szükséges.

A tervezett támfal a Százhalombatta-Érd vasútvonalon, a jobb oldalon létesül. A 217+50 hm szelvényben kezdődik, innentől folyamatosan emelkedik a 218+46 hm szelvényig, ahol a hídhoz csatlakozik. A híd másik oldalán a támfal kb. a 218+52,37 hm szelvényből indul és a 219+00 hm szelvényig tart. A fal magassága változó a legalacsonyabb ponton 1,65m a legmagasabb ponton 4,2m. A támfal homlokfelülete 86°-os kialakítású. A támfal feletti lévő töltést 1:1,5-es részsűvel kell megépíteni. A támfal az eredeti terv szerint vasalt talajtámfalként épült volna meg. [VI.]

A részsű aljához tervezett támfal mintakeresztmetszét a 24. ábra szemlélteti.



24. ábra: Mintakeresztmetszet [VI.]

A vasalt talajtámfal alapozási síkja az 6. táblázat szerint változott volna:

6. táblázat: Támfal alapozási síkja az eredeti terv esetén [VI.]

Kezdő szelvény	Végsszelvény	Magasság [m]
217+50 hm	218+46,1 hm	102,54 (utolsó fellépcsőzve a meglévő alaptesthez)
218+54 hm	218+63,67 hm	102,776 (első fellépcsőzve a meglévő alaptesthez)
218+63,67 hm	218+68,149 hm	103,076
218+68,149 hm	218+75,333 hm	103,376
218+75,333 hm	219+00 hm	103,675

A támfal magassága a 217+50 hm és a 218+46,1 hm szelvények között fokozatosan emelkedik 105,04 mBf-ről 107,44 mBf szintre, majd a 218+52,36 hm szelvénytől a 219+00 hm szelvényig fokozatosan csökken 105,85 mBf szintre.

A támfal munkagödréhez a kitermelendő földtömeget 1:1,5-es rézsűvel lehet kiemelni 1,5 m-es lépcsőkben. A támfalépítés első üteme a földkiemelés, amit vasúti üzem mellett csak ideiglenes rézsűbiztosítás (pl. talajszegezés) mellett lehet elvégezni.

A munkatérhatárolásra a felpályás vonatforgalom fenntartása (bal pálya) miatt van szükség. A jobb pályán még talajszegezés mellett sem tartható fent a vasúti forgalom.

Alkalmazott talajszegések:

- 8m-es fűrt, injektált talajszegések: 20mm-es betonacél, 90mm-es furat – alsó két sorban, 1,5m-es vízszintes és 1,2m-es függőleges raszterben.

- 6m-es fűrt, injektált talajszegések: 20mm-es betonacél, 90mm-es furat – felette két sorban, 1,5m-es vízszintes és 1,2m-es függőleges raszterben.

A felületre geotextiliát kell teríteni, ami áteresztí a vizet, de a finomszemcsét visszatartja. A geotextília terítésre 100x100x10mm-es betonacélháló kerül, ami a talajszegések 200x200x8mm-es leszorító tányérjával kerül rögzítésre.

A talajszegezést a rézsűállékonysági vizsgálat alapján a 218+00 hm szelvényben (itt kb. 3m-es a hátraszedés talpa) már nem kell alkalmazni, a biztonság talajszegezés nélkül is megfelelő.

Ezért a talajszegezést a fentiekhez igazodva a következők szerint kell elkészíteni:

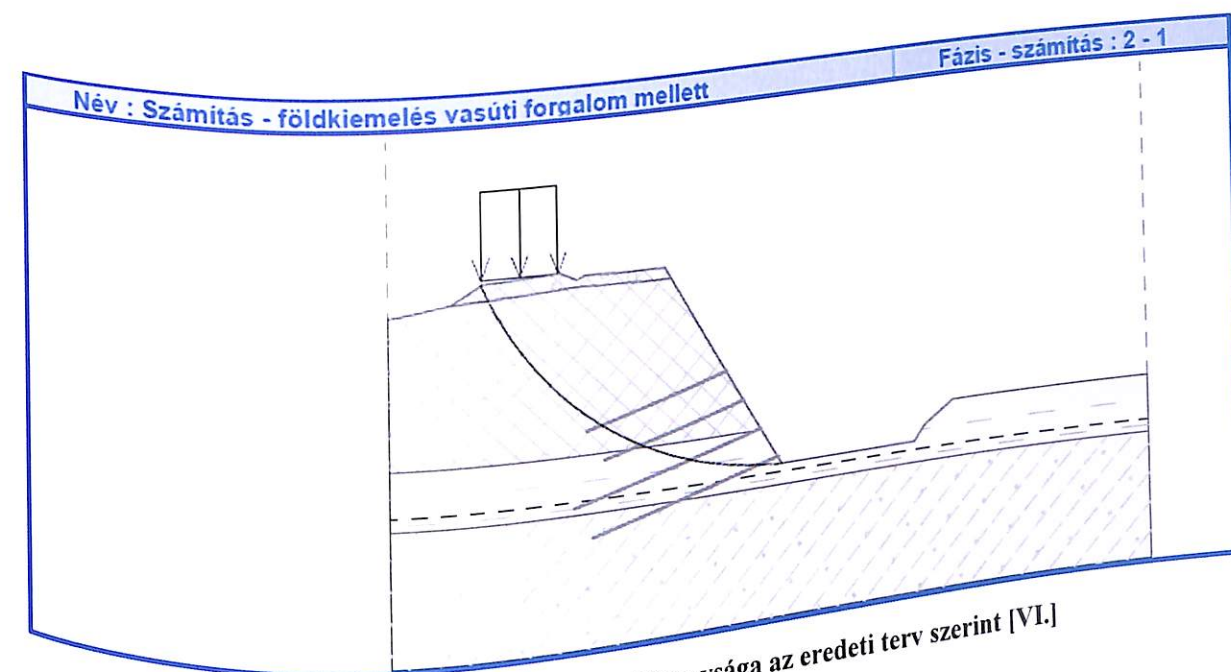
- a 218+05,5 – 218+20 hm szelvényig az alsó három sor (2db 8m-es és 1db 6m-es) készül, kb. 14,5m hosszban;

- a 218+20 hm szelvénytől a B.218 j. hídhöz való csatlakozásig négy sor (2db 8m-es és 2db 6m-es) készül, kb. 26m hosszban;

- a B.218 j. hídtól 218+67,5 hm szelvényig négy sor készül, kb. 15m hosszban.

Az eredeti tervben meghatározott talajszegéssel erősített rézsű állékonyságát a 25. ábra szemlélteti.

Spencer :	Kihasználtság =	MEGFÉ-
	90,4 %	LELŐ
Janbu :	Kihasználtság =	MEGFÉ-
	81,8 %	LELŐ
Morgenstern-	Kihasználtság =	MEGFÉ-
Price :	90,2 %	LELŐ



25. ábra: Talajszegezett rézsű állékonysága az eredeti terv szerint [VI.]

A kiselemes homlokfelület alá egy 0,5 x 0,5 m-es vasbeton sávalapot kell készíteni. Az egyenletes felfekvés biztosítása érdekében a sávalap alá 0,2 m vastag jól tömöríthető homokos kavicsot kell beépíteni.

A vasbeton alaptestet 20-25 méterenként dilatációs hézaggal kell megszakítani.

A pálya rekonstrukciójából adódó többletterhelésből számottevő talajösszenyomódás nem várható, maximálisan 1 cm süllyedésre lehet számítani.

A támfal indítógerendáját egy 50x50cm-es beton alap biztosítja, a betonminőség C25/30- XC2. Az indítógerenda hosszvasalása 6 db Ø16-os betonacél, kengyelvasalását pedig 30 cm-esként kiosztott Ø12-es átmérőjű betonacél szál adja. Az indítógerenda lépcsőzése 30cm-es ugrásokban készíthető, ami illeszkedik a homlokfelületet képező előregyártott elemekhez. Az indítógerenda alatt 20cm homokos kavics ágyazat készül. A talajcsere min. 8cm szerelőbeton készül, amire már el lehet készíteni a vasszerelést, a mellékelt vasalási tervnek

megfelelően, illetve a gerenda zsaluzatát. A monolit gerenda mixeres betonnal készül, tűvibrátorral tömörítve.

Az indítógerenda elkészítését követően kerül sor az első sor támfalelem leragasztására, majd a mögötte lévő 15 cm magas zóna tömörítésére $\text{Trp} \geq 93\%$ tömörségre.

A támfal homlokfelülete mögötti 30 cm-es zónába nagy szemcséjű (10-35 mm-es) anyagot kell beépíteni, hogy egy szivárgó-szellőző felület alakuljon ki. Ebbe a szivárgótestbe kerül egy DN100-as hossz szivárgó geotextíliába tekerve. A támfal legfelső elemsorára előre gyártott záróelem kerül leragasztással beépítésre. A támfal elkészültét követően lehet elkezdeni a vízelvezető folyóka építését. Az előregyártott folyóka a támfal fölé kerül. 10 cm homokos kavics ágyazatra. A támfal végein a vizet előregyártott surrantóelemek vezetik le a burkolt árokba.

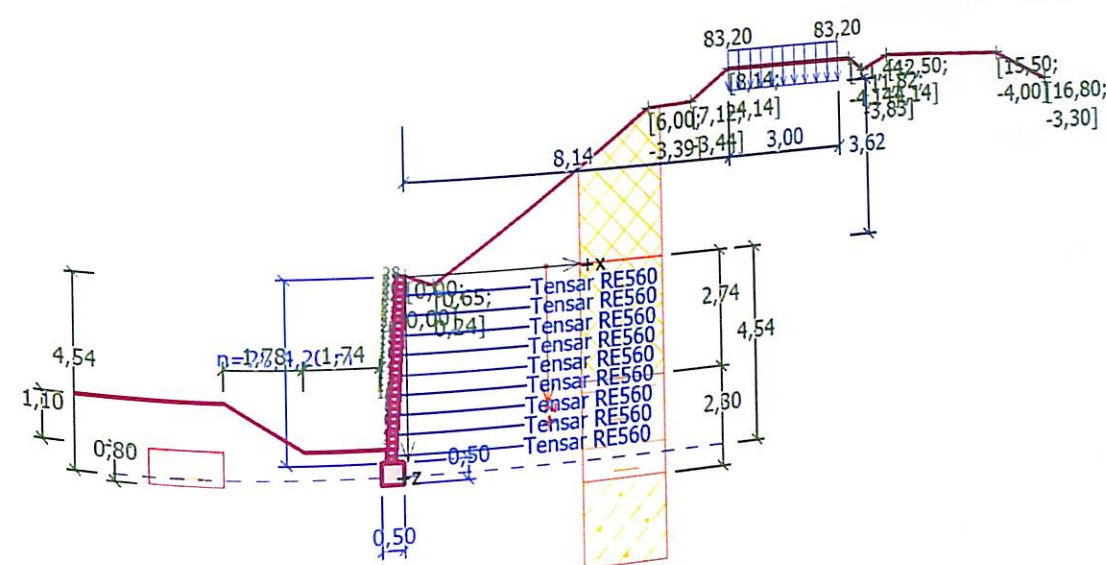
A támfal előtti árkot az előtöltés elkészültét követően lehet elkészíteni, erről külön vízépítési terv készül. [VI.]

4.2.4. Az eredeti terv ellenőrzésének összegzése

Az eredeti terv számításainak eredményeképp az adódott, hogy ideiglenes állapotban (építés közben) a vonatforgalom csak valamilyen munkatérhatárolás (pl. talajszegezés) mellett tartható fent. A földkiemelést modellezve a 218+00 hm keresztshelvényben, már a vasúti forgalom mellett is megvan a kellő biztonság, ezért ott a talajszegezés szükséges a talajszegezés alkalmazása. A két szelvény közötti talajszegezés szükséges a talajszegezés alkalmazása.

Az eredeti terv számítása során GEO5 programot használtak, annak is az MSF fál és Rézsűállékonyság moduljait. Meghatározták a rézsűállékonyságot a 218+40 hm és a 218+00 hm szelvényekben a különböző építési fázisokra, valamint a végleges, támfallal megtámasztott állapotra is. Az ott kapott eredményeket a talajszelvények [VI.]

Az eredeti terv alapján létrehozott végleges alkalmazási modellt a 26. ábra jeleníti meg.



26. ábra: Eredeti tervben létrehozott végleges modell [VI.]

A számításokat ebben a fejezetben nem részletezem, a következő részben, amikor a meglévő adatok alapján újratervezem a támfalat, akkor kitérek a számítások részletes bemutatására. Ez volt a meglévő terv ismertetése. A továbbiakban megvizsgálom, mit lehetne jobban, esetleg gazdaságosabban megoldani.

4.3. Alternatív megoldások keresése, azok számítása és ellenőrzése

Az előzőekben bemutatam az Érd-Százhalombatta vasútvonal 217+50 hm és 219+00 hm szakasza között létesíteni kívánt támfal tervét. Ebben a fejezetben az eredeti tervben lévő kialakítási módnál egy gazdaságosabb, megfelelőbb megoldást próbálok keresni. Először megvizsgálom, melyek azok a részek, amiket újra kell gondolni, át kell tervezni. Ezt követően, alternatív megoldásokat keresek ezek kijavítására, majd ezeket a megoldásokat összehasonlítom.

Az egyik jelentős mértékű tervezési lépés, amit átervezek, az az eredeti tervben az alaptest helyzete. Feleslegesen túl mélyre lett tervezve, amelynek hatására jelentős plusz földmunka adódott. Az eredeti tervben az alaptest felső síkja nagyjából egy vonalba esik a tőle nem messze fekvő talpárok alsó síkjaival, így az alaptest alsó síkja a fagyhatár körülbelül másfélszeres mélységére kerülne. Ezzel szemben megvalósítható úgy is, hogy az alaptest alsó síkja kerül a minimum fagyhatár mélységig. Ezzel jelentős földmunka váltható ki, valamint a támfal magassága is jelentősen kisebb lesz. A 218+40 hm szelvényben, ahol a legmagasabb a támfal, az eredeti terv szerint 4,20 méteres magas támfal helyett 3,75 méter támfal is elég.

A másik része az átervezésnek egy más, korszerűbb támfal típus alkalmazása, annak is két féle kialakítási módja.

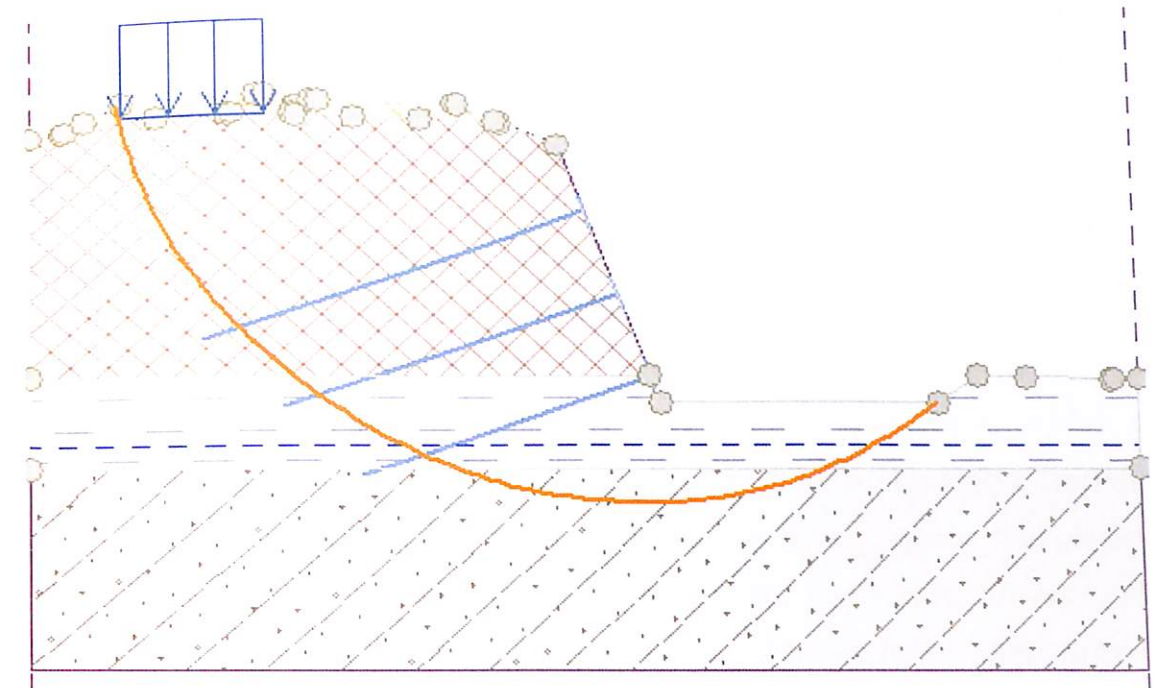
Tehát az átervezés három különböző lehetősége a következő:

1. Eredeti terv szerinti kiselemes vasalt talajtámfal alkalmazása, viszont az alaptest az eredeti tervhez képest magasabbra kerül,
2. Gabion támfal alkalmazása, az újonnan megtervezett alapozási szintre,
3. Hátrahorgonyzott bordás megtámasztás, gabion takaró fallal, szintén az új alapozási szintre.

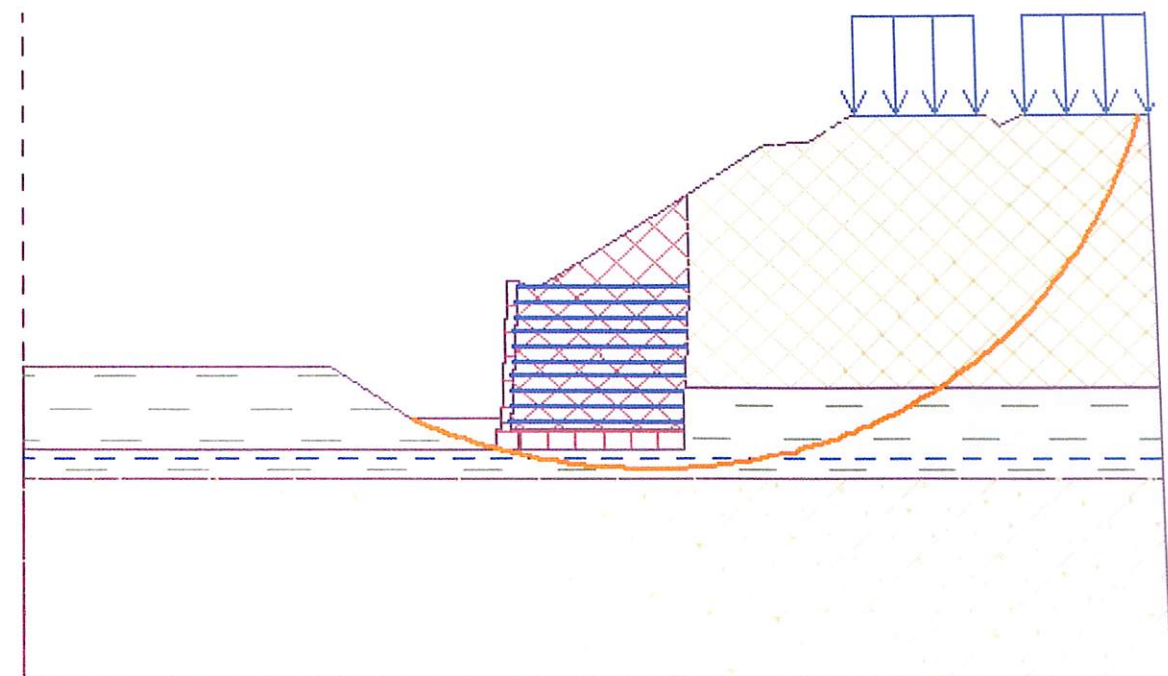
4.3.1. Kiselemes vasalt talajtámfal

Ennél a kialakítási módnál a tervezés megegyezik a már fent bemutatott, az eredeti tervben szereplő megoldás menetével. A különbség csak az alaptest helyzetéből adódik. Az alaptest a földfelszínhez közelebb került, ennek hatására, a támfal magassága kisebb lett, de ezzel együtt a megtámasztandó rézsű is alacsonyabb, a terv menete nem változott. Természetesen a számításokat elvégeztem, a támfalat leellenőriztem, és mint az eredeti tervben, itt is mindent megfelelt.

A 27. ábra a rézsűállékonyság ellenőrzését, a 28. ábra a kiselemes támfal tervezésének eredményét mutatja.



27. ábra: Kiselemes támfal bevágásának rézsűállékonysága [VII.]



28. ábra: Kiselemes vasalt talajtámfal mintakeresztmetszet [VII.]

4.3.2. Gabion támfal

A támfal tervezés megkezdéséhez, először földstatikai ellenőrzést kellett végezni. Számításaimat a GEO5 program Rézsúállékonyság moduljával végeztem. A program a rézsúállékonyság vizsgálatát az úgynevezett lamellás módszerrel végzi. Mivel nem állt rendelkezésemre olyan információ, hogy a kivitelezés idején üzemelni fog-e vonatforgalom a bal oldali, a tervezett támfallal ellentétes oldali vágányon. ezért a számításaim során a kedvezőtlenebb esetet feltételeztem. azaz hogy a bal oldali vágányon lehetséges a vonatforgalom.

Első lépésként a GEO5 programban létre kellett hozni egy felületet. amin végezni fogom a számításokat. Ehhez az AutoCad nevezetű programot használtam fel. Az eredeti tervek alapján megrajoltam méretarányosan az eredeti rézsüket. amelyekből szerkesztéssel kialakítottam, hogy mekkora bevágásokat kell alkalmazni. A legnagyobb bevágás az 218+40 hm szelvényben adódott, ezért a számításokat ott végeztem el. ez lett a mértékadó keresztmetszet. Az így elkészült felületet be lehetett importálni a GEO5 programba. Ezt követően meg kellett határozni néhány alapvető beállítást. annak érdekében. hogy a számításoknál a megfelelő módosító tényezőket alkalmazza a program. Be kellett állítani, hogy az ellenőrzést az EN 1997 alapján végezze. Ekkor a 7. táblázatban feltüntetett parciális tényezőket alkalmazza a program.

7. táblázat: A parciális tényezők EN 1997 szerint tartós tervezési állapotban [VII.]

	STR állapot		GEO állapot	
	kedvezőtlen	kedvező	kedvezőtlen	kedvező
hatások (A) parciális tényezői				
állandó hatások:	$\gamma_G=$	1,35	1,00	1,00
esetleges hatások:	$\gamma_Q=$	1,50	0,00	1,30
vízből adódó hatások:	$\gamma_w=$		1,00	
talajparaméterek (M) parciális tényezői				
belső súrlódás parciális tényezője:	$\gamma_\phi=$	1,35		
hatékony kohézió parciális tényezője:	$\gamma_c=$	1,35		
drénezetlen nyírószilárdság parciális tényezője	$\gamma_{cu}=$	1,50		

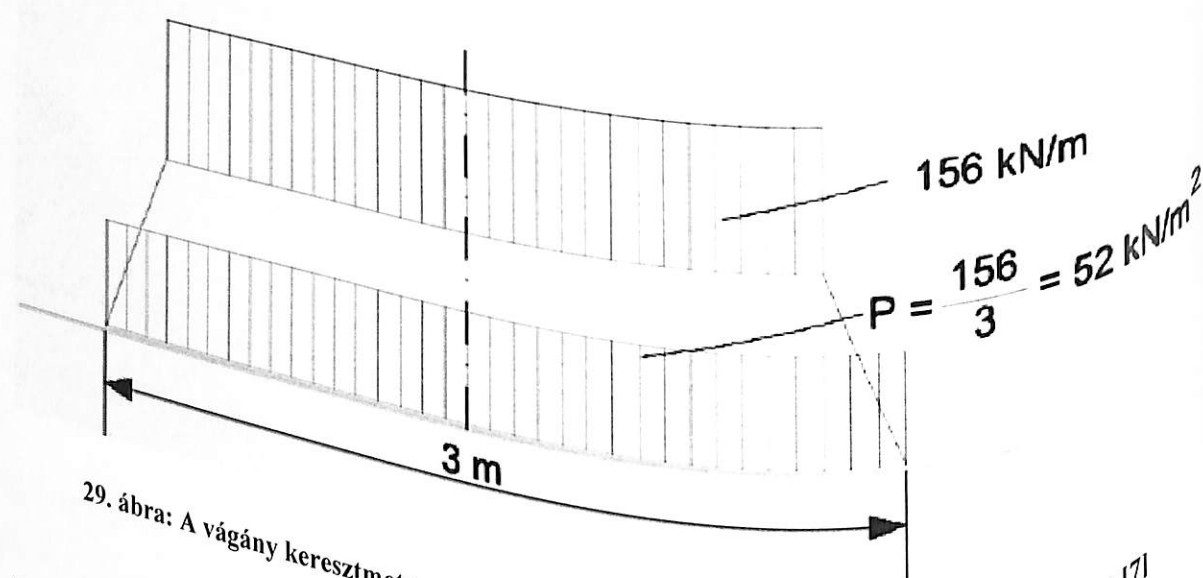
Ideiglenes tervezési állapotban ugyanezeket a parciális tényezőket alkalmazzuk, kivétel a vízből adódó teher kedvezőtlen GEO állapotban, az 1,35-re nő.

A beállítások után a már beillesztett felülethez hozzárendeltem az általam a programba betáplált talajokat, amelyek talajok paramétereit az eredeti tervben készített fúrási jegyzőkönyv alapján adtam meg. A talajadatokat a 8. táblázat mutatja.

8. táblázat: Talajadatok

Talaj neve	(γ) térfogatsúly [kN/m ³]	(φ_{ef}) belső súrlódási szög [°]	(c_{ef}) talaj kohézió [kPa]	(γ_{sat}) telített térfogatsúly [kN/m ³]
sovány agyag	19	18	30	21
iszapos homok	18	28	0	21
eredeti töltésanyag	18	20	35	20
háttöltés anyaga	19	4	0	21

A talajadatok bevitele, valamint a talajok a megfelelő felületekhez való hozzárendelése után következett a vasúti teher felvétele. Az korábban említettek szerint, mivel nem lett egyértelművé téve, hogy a vasúti forgalom működni fog a baloldali, azaz a tervezett támfaltól távolabb eső vágányon, ezért azt kellett feltételeznem, hogy üzemelni fog. Emiatt a baloldali vágánynál dinamikus vasúti terhet vette számításba.



29. ábra: A vágány keresztmetszetében a felületen megoszló, helyettesítő statikus teher [7]

A „D.11 műszaki útmutató” alapján a földműre jutó függőleges, a vágánytengelyre merőlegesen megoszló helyettesítő terhet a 29. ábra mutatja. Az 52 kN/m² nagyságú terhet az alépítmény koronasíkján 3 m szélességgel és korlátlan hosszal kell figyelembe venni a geotechnikai ellenőrzésekhez, a sínkorona szint alatt 70 cm-rel. [7] Meg kellett határoznom a függőleges irányú dinamikus terhelés értékét. A vasúti járművek függőleges irányú dinamikus terhelését a vasúti statikus kerékteher és a sebességi tényező szorzata határozza meg:

$$Q_{din} = \beta * Q_{stat}$$

Ahol:

- β – sebességi tényező
- Q_{stat} – függőleges irányú statikus teher

Zimmermann-Eisenmann féle elmélet a kísérleti eredményeket alapul véve, a következő összefüggéssel határozza meg a dinamikus teher értékét:

$$Q_{din} = \beta * Q_{stat} = (1 + t * s) * Q_{stat}$$

Ahol:

- t – a megkívánt valószínűségtől függő tényező (jelen esetben $t=2$)
- $s = (\alpha * \varphi)$ – az igénybevételek középértékére vonatkoztatott szórás
- α – a pálya állapotától függő tényező (jó üzemi állapotot feltételezve $\alpha=0,2$)
- φ – a jármű sebességétől függő tényező (sebesség 120 km/h $\varphi=1+(v-60)/140$)

Ezek alapján $\beta = 1,6$

Így a dinamikus teher:

$$Q_{din} = \beta * Q_{stat} = 1,6 * 52 = 83,2 \text{ kN/m-re adódik.}$$

Ez után lefuttattam egy ellenőrzést és a feltételezéseimnek megfelelően egyértelműen az adódott, hogy a talajerősítést kell alkalmazni a rézsűállékonyság biztosítás érdekében. Talajszegezést alkalmaztam.

A talajszegeket, mint megerősítések lehet modellezni a GEO5 programban, a megerősítést pedig mindig az aktuális csúszólap mögötti hosszal veszi számításba. Mivel a feltárt talajfizikai paraméterek mellett, a rézsű egyébként állékony lenne, csak a vasúti forgalomból adódó teher veszélyezteti az állékonyságot, ezért nem szükséges a teljes rézsű magasságában alkalmazni a szegezést.

A modell bemenő paraméterei:

Raszter:

- 2,0m vízszintesen
- 2,0m függőlegesen

Alkalmazott szegek:

- 7m-es fűrt, injektált talajszegek: 20mm-es betonacél, 90mm-es furat – alsó sor
- 8m-es fűrt, injektált talajszegek: 20mm-es betonacél, 90mm-es furat – középső sor
- 9m-es fűrt, injektált talajszegek: 20mm-es betonacél, 90mm-es furat – felső sor

Kihúzóási ellenállás:

A kihúzóási ellenállás értéke a furat kerülete és a köpenymenti ellenállás szorzataként adódik.

Köpenymenti ellenállás: 60kPa

$$T_p = 0,09m \times 3,14 \times 60 \text{ kN/m}^2 = 16,956 \text{ kN/m}$$

Ezt az értéket még fel kell szorozni egy biztonsági tényezővel.

Biztonsági tényező: 1,2

$$T_p = 16,956 \text{ kN/m} / 1,2 = 14,13 \text{ kN/m}$$

Szegek teherbírása:

A teherbírás értéke a betonacél alapterülete, valamint a betonacél folyáshatárának tervezési értékének szorzataként adódik.

$$R_t = 0,02m^2 \times 3,14 / 4 \times 435 \text{ 000 kN/m}^2 = 136,6 \text{ kN}$$

Ezt követően szintén az eredeti tervhez készült fűrési jegyzőkönyv alapján felvettem a talajvízszintet. A talajvízszint a rézsű legalsó pontja alatt van jelen, ezért a rézsű alakítása közben nem kellett foglalkozni vele.

Ezzel az össze adatot bevittm a programba, ami a rézsűállékonyság vizsgálatához szükséges volt. Lefuttattam az ellenőrzést Bishop féle módszerrel, optimalizált csúszólappal és azt kaptam, hogy a rézsűállékonyság az általam tervezett talajszegezéssel megfelelő értéket ad, melyet a 30. ábra szemléltet. Az eredmények a következők:

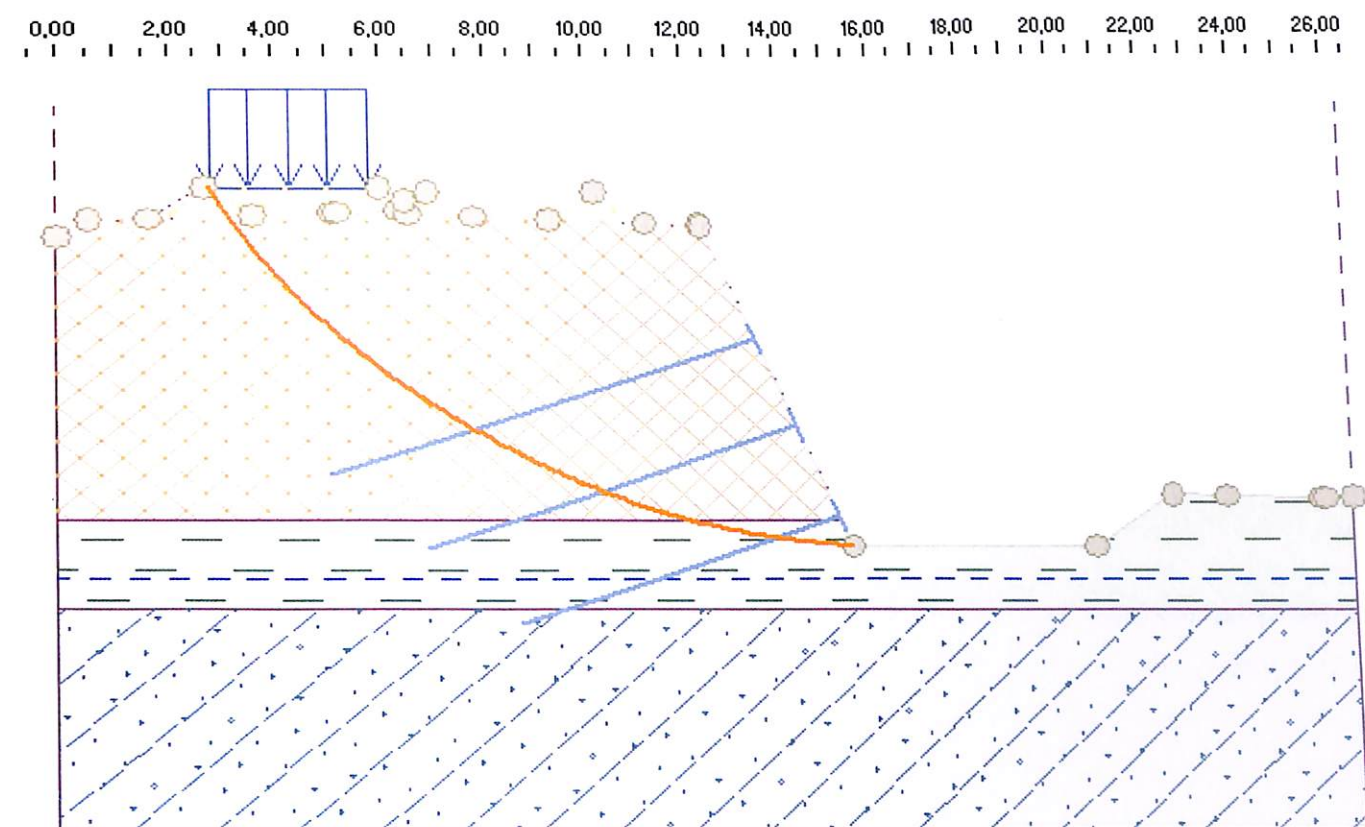
Aktív erők összege:	$F_a =$	742,35	kN/m
Passzív erők összege:	$F_p =$	777,27	kN/m
Elcsúszási nyomaték:	$M_a =$	11432,19	kNm/m
Ellennyomaték:	$M_p =$	11969,91	kNm/m
Kihasználtság:		95,5	%

Rézsűállékonyság MEGFELELŐ

A szegek teherbírásainak értéke a 9. táblázatban találhatóak.

9. táblázat: Szegek teherbírása a gabion támfal esetén [VII.]

Szeg	Teherbírás [kN/m]
1	10,07
2	26,26
3	20,63



30. ábra: Rézsűállékonyság a gabion támfal esetén ideiglenes állapotban [VII.]

Ezzel a rézsűállékonyság vizsgálatot a gabion támfal esetében elvégeztem. Most következhetett a gabion támfal tervezése és ellenőrzése.

Ehhez szintén a GEO5 programot használtam, annak is a Gabion modulját.

Első lépésként itt is be kellett állítani, hogy a program az EN 1997 szabványban meghatározott parciális tényezőket alkalmazza a számításokhoz és az ellenőrzéshez.

Ez után meg kellett adni, hogy milyen anyaggal legyen kitöltve a gabion kosár, illetve hogy milyen alakúak és méretűek legyenek a kosarak, valamint, hogy milyen dőlésszöggel

létesüljön a támfal. Ehhez a kosarak kialakítását előzetesen meg kellett szerkeszteni a rézsűhajlás alapján. Ezt a feladatrészt az AutoCad nevű programmal hajtottam végre, majd a kapott kialakítást betápláltam a GEO5 programba. Ezt követően meg kellett adni a talajadatokat, amelyeket a korábban említett módon a fűrási jegyzőkönyv segítségével határoztam meg és a 7. táblázat tartalmaz. Ezeket a megfelelő felületekhez kellett rendelni.

Következő lépésként a terepet kellett meghatározni, amelyhez ismét az AutoCad-ben megrajzolt tereprajzot használtam fel.

Ezt követte a vasúti terhek meghatározása. Ebben az esetben már a végleges állapotot kellett feltételezni, vagyis hogy mind a két vágányon üzemel a vasúti forgalom. Ezért a mind a jobb, mind a baloldali vágánynál fel kellett venni dinamikus vasúti terhet. A vasúti teher meghatározása ugyanúgy történik, mint a rézsűállékonyságnál, ezért itt is alkalmazható a már korábban kiszámolt érték.

Ezután meghatároztam a fűrási jegyzőkönyv alapján a talajvíz helyzetét, amely a rézsűállékonyságnál tapasztaltakhoz hasonlóan az alapozási sík alatt helyezkedett el, nem befolyásolta a támfal tervezését.

Ezzel meghatároztam a számításhoz szükséges összes adatot, lefuttathattam az ellenőrzést.

Először a szerkezetre ható erőket határozta meg a program, amelynek eredményeit a 10. táblázat tartalmazza.

10. táblázat: Szerkezetre ható erők a gabion támfal esetén [VII.]

Név	F_{hor} [kN/m]	Tám.pont z [m]	F_{vert} [kN/m]	Tám.pont x [m]	Tényleges borulás	Tényleges elcsúszás	Tényleges feszültség
Súly-fal	0,00	-1,44	127,50	1,22	1,000	1,000	1,350
EF ellenállás	-0,43	-0,10	0,08	0,01	1,000	1,000	1,350
Súly- földék	0,00	-2,41	61,28	2,25	1,000	1,000	1,350
Aktív földnyomás	99,44	-1,39	70,68	2,86	1,350	1,350	1,350
Víznyomás	0,00	-3,87	0,00	2,44	1,000	1,000	1,000
Dinamikus vasúti teher	38,78	-1,48	27,49	2,84	1,500	0,000	1,500
Dinamikus vasúti teher 2	9,69	-0,10	1,02	3,03	0,000	0,000	1,500

A teljes fal ellenőrzése során adódott eredmények a következők:

Kiborulási stabilitás ellenőrzése

Ellennyomaték $M_{res} = 488,95 \text{ kNm/m}$

Borító nyomaték $M_{ovr} = 273,02 \text{ kNm/m}$

A fal kiborulásra MEGFELELŐ

Elcsúszás ellenőrzése

Vízszintes ellenerő $H_{res} = 157,53 \text{ kN/m}$

Aktív vízszintes erő $H_{act} = 103,37 \text{ kN/m}$

A fal elcsúszásra MEGFELELŐ

Teljes ellenőrzés – FAL MEGFELELŐ

Maximális feszültség az alaptest alján: 164,41 kPa

Ezt követően a program a teherbírást ellenőrizte. A 11. és a 12. táblázat tartalmazza az eredményeit, annak a vizsgálatnak, amikor a teher az alap aljának középpontjában hat tervezési illetve üzemi állapotban.

11. táblázat: A tervezési teher az alap aljának középpontjában hat a gabion támfal esetén [VII.]

Teher száma	Nyomaték [kNm/m]	Normálerő [kN/m]	Nyíróerő [kN/m]	Külpontosság [-]	Feszültség [kPa]
1	101,21	412,56	162,12	0,082	164,41
2	104,18	337,72	97,79	0,102	143,61

12. táblázat: Az üzemi teher az alaptest aljának középpontjában hat a gabion támfal esetén [VII.]

Teher száma	Nyomaték [kNm/m]	Normálerő [kN/m]	Nyíróerő [kN/m]
1	71,96	301,89	115,12
2	71,02	295,81	67,55

A teherbírás további eredményei a következők:

Külpontosság ellenőrzése

Normálerő maximális külpontossága $e = 0,102$

Maximális megengedhető külpontosság $e_{alw} = 0,333$

A normálerő külpontossága MEGFELELŐ

Teherbírás ellenőrzése

Alapozási talaj teherbírása $R = 250,00 \text{ kPa}$

Teherbírás parciális tényezője $\gamma_{Rv} = 1,40$

Maximális feszültség az alap aljánál $\sigma = 164,41 \text{ kPa}$

Az altalaj teherbíró-képessége $R_d = 178,57 \text{ kPa}$

Az altalaj teherbíró-képessége MEGFELELŐ

Teljes ellenőrzés – Az altalaj teherbíró-képessége MEGFELELŐ

A méretezés számítását végezte el ezután a program. A számítás során meghatározott szerkezetre ható erőket a 13. táblázat tartalmazza.

13. táblázat: Szerkezetre ható erők a gabion támfal esetén [VII.]

Név	F_{hor} [kN/m]	Tám.pont z [m]	F_{vert} [kN/m]	Tám.pont x [m]	Tényleges borulás	Tényleges elcsúszás	Tényleges feszültség
Súly-fal	0,00	-0,83	42,50	0,74	1,000	1,000	1,350
Súly- földék	0,00	-1,22	4,99	1,30	1,000	1,000	1,350
Aktív földnyomás	16,34	-0,44	5,64	1,50	1,350	1,350	1,350
Víznyomás	0,00	-1,88	0,00	1,24	1,000	1,000	1,000
Dinamikus vasúti teher	11,60	-0,31	1,22	1,54	1,500	1,500	1,500
Dinamikus vasúti teher 2	0,00	-1,88	0,00	1,24	0,000	0,000	1,500

A program a legnagyobb feszültségű keresztmetszetenél végzett ellenőrzést, amely a 2. blokk felett adódott.

Az eredmények a következők:

Kiborulás stabilitás ellenőrzése

Ellennyomaték $M_{res} = 37,28 \text{ kNm/m}$

Borító nyomaték $M_{ovr} = 14,98 \text{ kNm/m}$

Borulási stabilitás kapcsolata MEGFELELŐ

Elcsúszás ellenőrzése

$$\begin{aligned} \text{Vízszintes ellenőrző } H_{\text{res}} &= 34,50 \text{ kN/m} \\ \text{Aktív vízszintes erő } H_{\text{act}} &= 33,30 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Csúszás kapcsolata MEGFELELŐ

$$\begin{aligned} \text{Maximális nyomás a legalsó blokkon} &= 59,12 \text{ kPa} \\ \text{Csökkentő tényező a felső blokk eltolásával} &= 1,00 \\ \text{Nyomás átlagos értéke a felületen} &= 26,26 \text{ kPa} \\ \text{Nyíróerő átadása súrlódással} &= 48,28 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Keresztirányú nyomás elleni teherbíró képesség

$$\begin{aligned} \text{Kapcsolat teherbírása} &= 54,55 \text{ kN/m} \\ \text{Számított feszültség állapot} &= 13,06 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Keresztirányú nyomás vizsgálata MEGFELELŐ

Blokkok közötti kapcsolat ellenállása

$$\begin{aligned} \text{Háló anyagának teherbírása} &= 54,55 \text{ kN/m} \\ \text{Számított feszültség állapot} &= 13,06 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

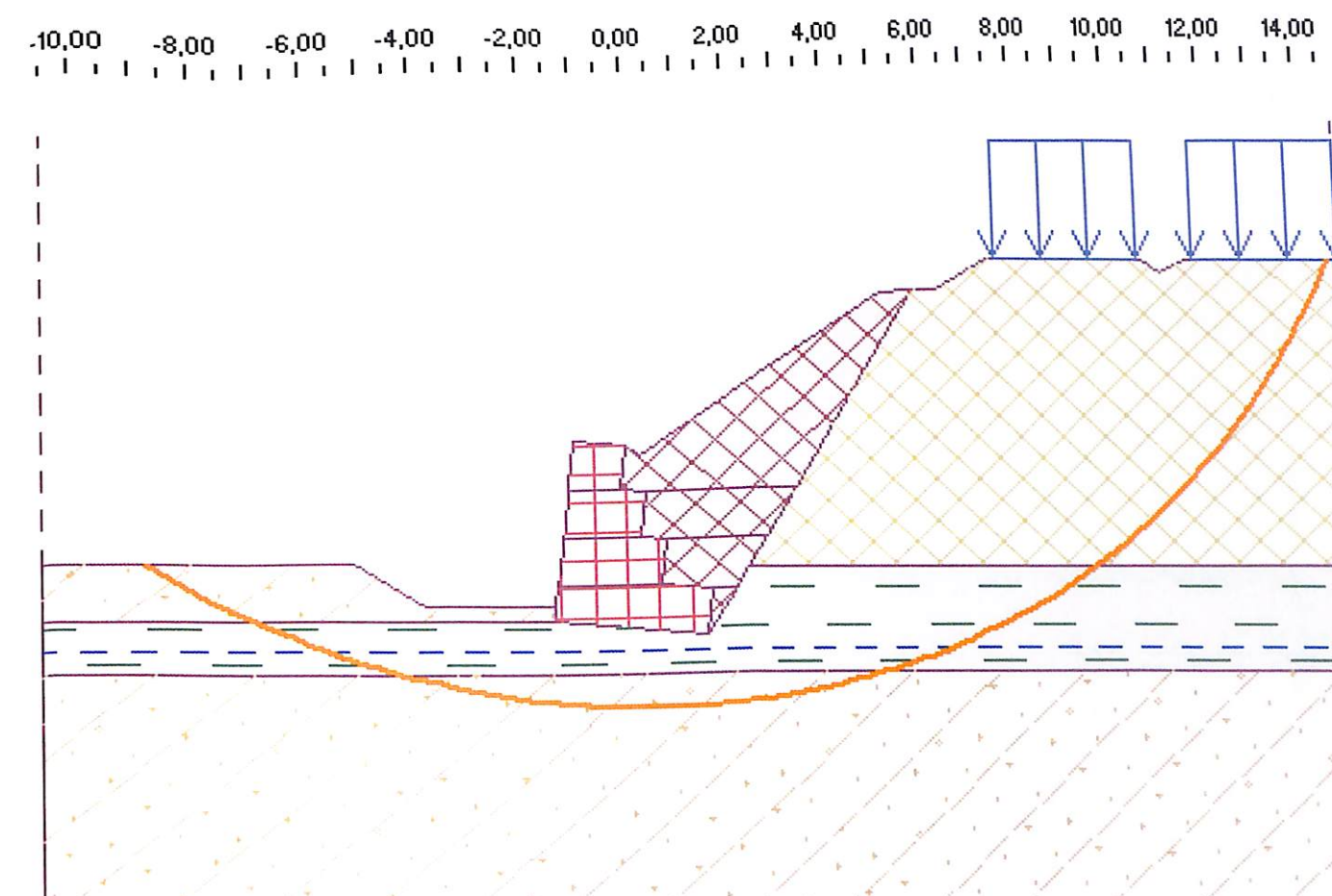
Blokkok közötti kapcsolat MEGFELELŐ

Következő lépésként a program a megtervezett támfal stabilitás vizsgálatát hajtotta végre. Ehhez a meglévő adatokkal együtt áthelyezte a szerkezetet a rézsúállékonyság vizsgálat modulba. A felületek, talajadatok, hozzárendelések megfelelőségének ellenőrzése után elindítottam a rézsúállékonyság számítását Bishop módszer szerint. optimalizált csúszólap alkalmazásával. Eredményül a következők adódtak:

$$\begin{aligned} \text{Aktív erők összege: } F_a &= 1062,66 \text{ kN/m} \\ \text{Passzív erők összege: } F_p &= 1183,36 \text{ kN/m} \\ \text{Elcsúszási nyomaték: } M_a &= 16067,46 \text{ kNm/m} \\ \text{Ellennyomaték: } M_p &= 17892,46 \text{ kNm/m} \\ \text{Kihasznátltság:} &= 89,8 \% \end{aligned}$$

Rézsúállékonyság MEGFELELŐ

A gabion támfal rézsúállékonyságát végleges állapotban a 31. ábra szemlélteti.



31. ábra: Gabion támfal rézsúállékonysága végleges állapotban [VII.]

Ezzel befejeztem a gabion támfal tervezését és ellenőrzését, amely során azt az eredményt kaptam, hogy az általam tervezett szerkezet megfelelő biztonsággal létesíthető.

A következő részben a szegezett gabion támfallal végezem el hasonlóan a tervezést és az ellenőrzést.

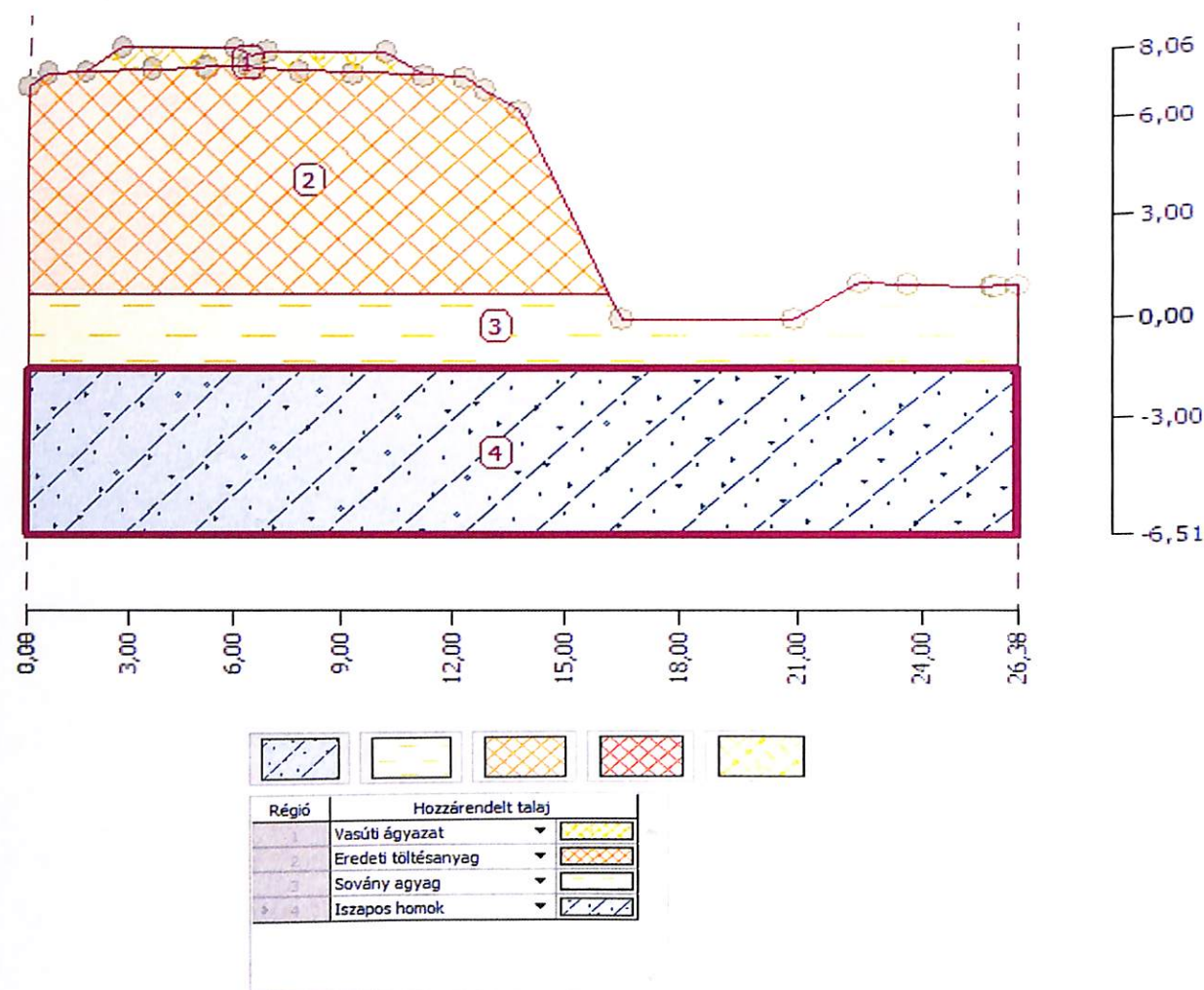
4.3.3. Szegezett gabion támfal

Számításaimat a 4.3.2. részben leírt gabion támfaltervezéshez hasonlóan végeztem, szintén a GEO5 programot használtam.

Első lépésként itt is egy felületet kellett képezni, amin a számításokat lehetett végezni. Ezt ugyanúgy, mint a gabion támfalnál az AutoCad nevű programmal hoztam létre, és az elkészült rajzot beimportáltam a GEO5 programba.

Ezt követően most is be kellett állítani, hogy megfelelő szabvány alapján, a megfelelő parciális tényezőket alkalmazza a program.

Ezután következett a talajadatok bevitele. Ezt a gabion támfalnál is alkalmazott 7. Táblázat alapján hajtottam végre, majd ezeket a talajokat a megfelelő felületekhez rendeltem.



32. Ábra: A bevágási felület és a hozzárendelt talajok [VII.]

A bevágási felület kialakítását valamint a hozzárendelt talajokat a 32. ábra tartalmazza.

Ezután a dinamikus vasúti terhet meghatározása következett. Itt sem volt különbség a gabion támfalnál használt eljáráshoz képest. Ugyanúgy a D.11 műszaki útmutató alapján kellett

meghatározni a teher értékét és azt kellett a baloldali vágányra helyezni. A számítást a 4.3.2. részben már részleteztem.

Ezt követően lefuttattam egy rézsúállékonysági ellenőrzést, amelyre ebben az esetben is az adódott, hogy talajerősítést kell alkalmazni. Ez esetben is talajszegezést alkalmaztam.

Kialakításuk hasonlóan történt, mint a gabion támfalas módszer esetén, és a bevágás alaki hasonlósága miatt a szegek, valamint a szükséges beviteli adatok is ugyanolyanokra adódtak:

Raszter:

- 2,0m vízszintesen
- 2,0m függőlegesen

Alkalmazott szegek:

- 7m-es fúrt, injektált talajszegek: 20mm-es betonacél, 90mm-es furat – alsó sor
- 8m-es fúrt, injektált talajszegek: 20mm-es betonacél, 90mm-es furat – középső sor
- 9m-es fúrt, injektált talajszegek: 20mm-es betonacél, 90mm-es furat – felső sor

Köppenymenti ellenállás: 60 kPa

$$T_p = 0,09\text{m} \times 3,14 \times 60 \text{ kN/m}^2 = 16,956 \text{ kN/m}$$

Biztonsági tényező: 1,2

$$T_p = 16,956 \text{ kN/m} / 1,2 = 14,13 \text{ kN/m}$$

$$R_t = 0,02\text{m}^2 \times 3,14 / 4 \times 435\,000 \text{ kN/m}^2 = 136,6 \text{ kN}$$

A talajszegek meghatározása után felvettem a a talajvízszintet a fúrési jegyzőkönyv alapján, amely a rézsú alsó pontja alatt helyezkedett el.

Ezzel az össze adatot bevittem a programba, ami a rézsúállékonyság vizsgálatához szükséges volt. Lefuttattam az ellenőrzést Bishop féle módszerrel, optimalizált csúszólappal és azt kaptam, hogy a rézsúállékonyság az általam tervezett talajszegezéssel megfelelő értéket ad, melyet a 33. ábra szemléltet. Az eredmények a következők:

$$\text{Aktív erők összege: } F_a = 748,01 \text{ kN/m}$$

$$\text{Passzív erők összege: } F_p = 824,77 \text{ kN/m}$$

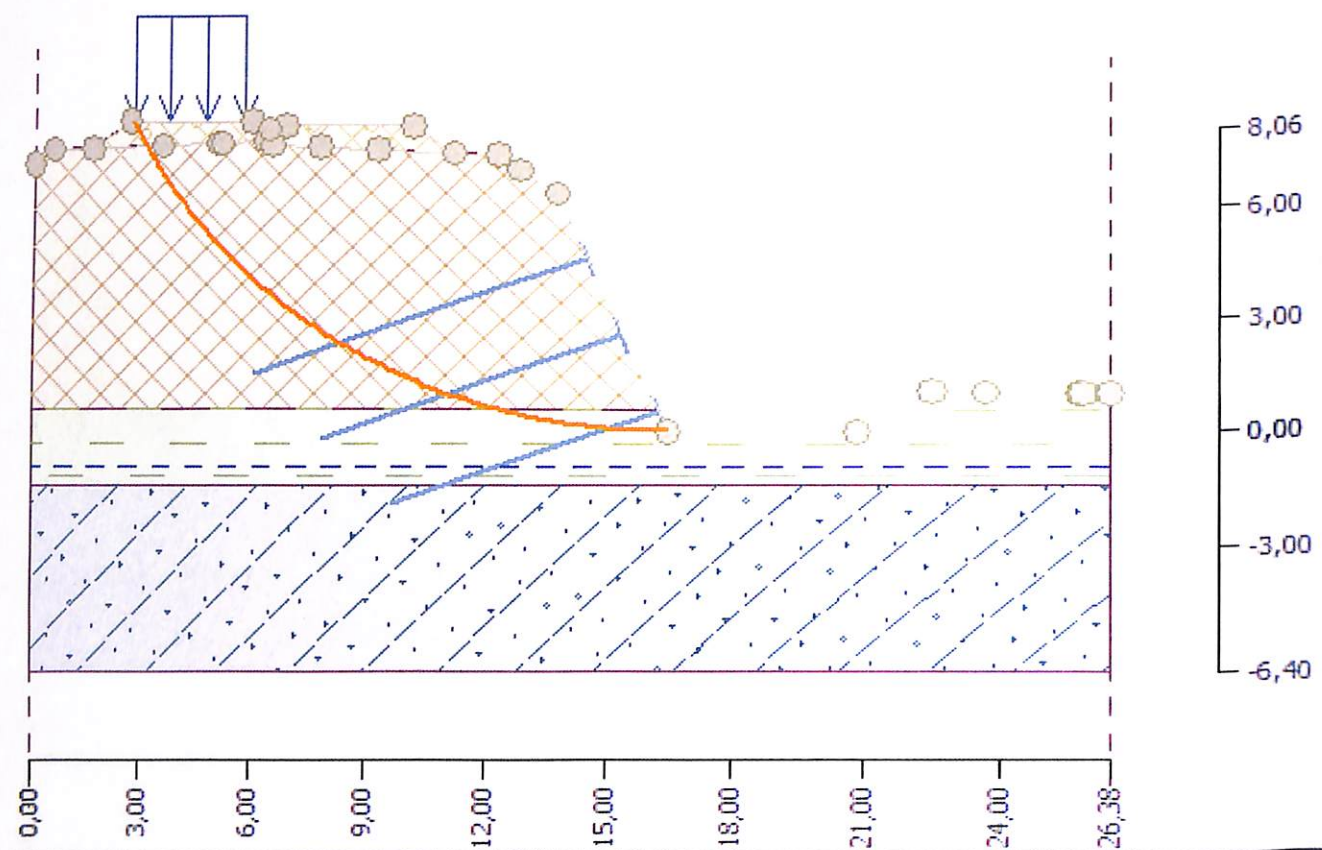
Elcsúszási nyomaték: $M_a = 11683,89$ kNm/m
 Ellennyomaték: $M_p = 12882,83$ kNm/m
 Kihasználtság: 90,7 %

Rézsüállékonyság MEGFELELŐ

A szegek teherbírásainak értéke a 14. táblázatban találhatóak.

14. táblázat: Szegek teherbírása a szegezett gabion támfal esetén [VII.]

Szeg	Teherbírás [kN/m]
1	17,08
2	24,18
3	9,20



33. ábra: Rézsüállékonyság a szegezett gabion támfal esetén ideiglenes állapotban [VII.]

Ezzel a rézsüállékonyság vizsgálatot ideiglenes állapotban a szegezett gabion támfal esetén befejeztem. Következhetett a támfal tervezése és ellenőrzése.

Ehhez a 4.3.2 részben taglalt gabion támfal tervezéséhez hasonlóan a GEO5 program Gabion modulját alkalmaztam.

Kezdsnek ekkor is be kellett állítani a megfelelő szabványt a megfelelő parciális tényezők alkalmazása érdekében.

Következő lépésként meg kellett határozni a gabion kosarakba töltött anyagot, valamint hogy a kosarak milyen méretűek legyenek, illetve a támfal alsó síkja milyen dőlésszöggel legyen kialakítva. Ehhez a kosarak kialakítását az AutoCad nevű programban megszerkesztettem, majd a kapott kialakítást a GEO5 programba bevitettem. A kosár illetve a kitöltő kő adatait a 15. Táblázat tartalmazza.

15. táblázat: A gabion rács és a kitöltő kő adatai

Név	Cp90/250		
Töltés			
Fajsúly	$\gamma =$	17,00	kN/m ³
Belső súrlódási szög	$\varphi =$	32,00	°
Kohézió	$c =$	0,00	kPa
Rács			
Rács szakítószilárdsága	$R_t =$	60,00	kN/m
Függőleges osztások távolsága	$v =$	1,00	m
Kapcsolat teherbírása	$R_s =$	60,00	kN/m

Ezután következett az a rész, ami a különbséget adja a gabion támfal és a szegezett gabion támfal között. Be kellett állítani a kosarak méretét és jelen esetben meg kellett adni a háló túlnyúlási hosszát, a megerősítés teherbírását illetve a kölcsönhatási tényezőt.

A háló túlnyúlási hosszát először 4 méterre vettem fel, de bebizonyosodott, hogy 3 méteres túlnyúlás is elegendő.

A megerősítés teherbírásának számítása:

A bemenő adatok [VIII.]:

Megerősítés típusa: Secugrid 80/20 R6

$$T_{char} = 28 \text{ kN/m}$$

$$RF_{CR} = 1,40$$

$$RF_{ID} = 1,05$$

$$RF_W = 1,00$$

$$RF_{CH} = 1,01$$

$$f_s = 1,05$$

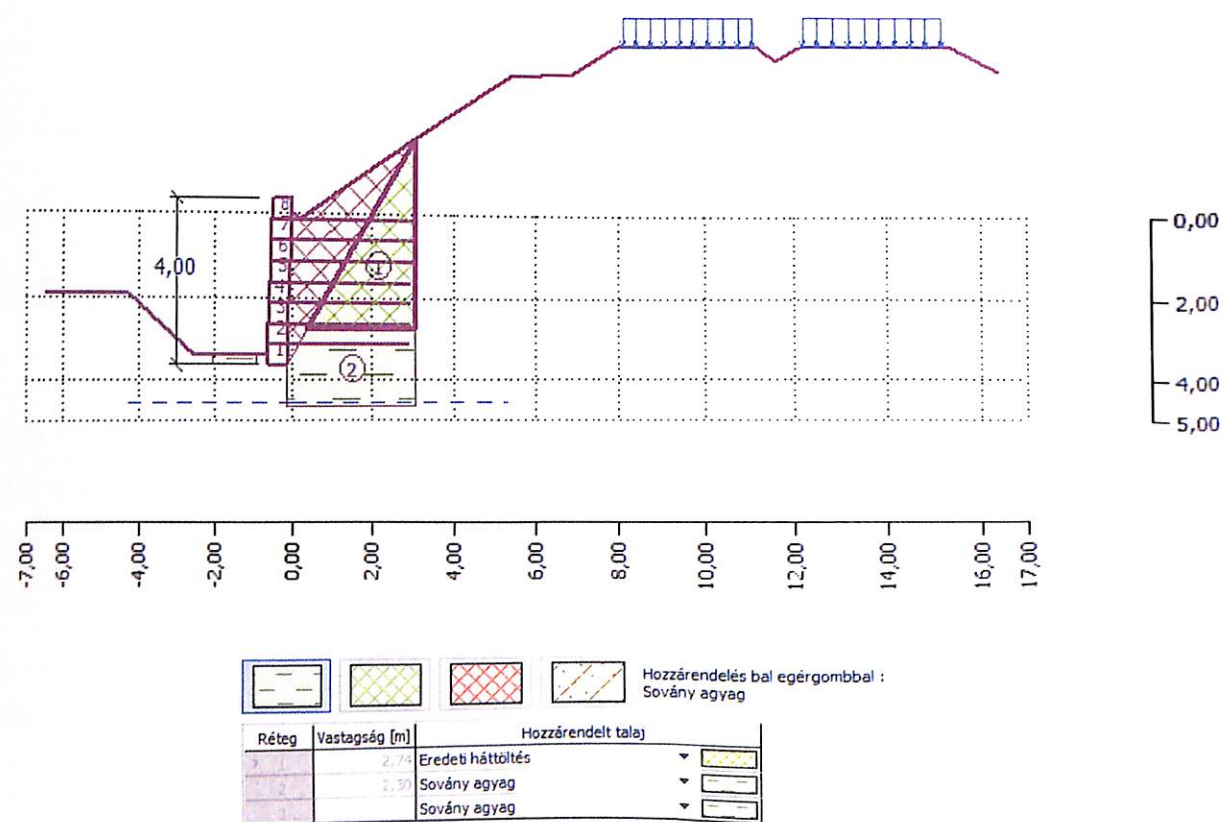
$$f_m = RF_{ID} * RF_W * RF_{CH} * f_s = 1,05 * 1,00 * 1,01 * 1,05 = 1,1135$$

$$T_{CR} = T_{char} / RF_{CR} = 28 / 1,40 = 20,00 \text{ kN/m}$$

$$T_D = T_{CR} / f_m = 20 / 1,1135 = 17,961 \text{ kN/m}$$

A kölcsönhatási tényezőre 0,80-as értéket vettem fel, amely érték a NAUE ajánlása.

Ezután a talajadatok megadása (7. Táblázat) és a megfelelő felülethez való hozzárendelése következett, amelyet a 34. ábra jelenít meg.



34. Ábra: A szegezett gabion támfal kialakítása és a hozzárendelt talajok [VII.]

Ezután a terepkialakítás meghatározása következett. Ezt ismételtén egy az AutoCadben megszerkesztett ábra alapján hajtottam végre.

Ezt követően a vasúti terheket kellett meghatározni. Ennél a feladat résznél már a végleges állapotra terveztem, tehát mind a két oldalon számításba kellett vennem dinamikus vasúti terhet. A teher értékének meghatározását a 4.3.2-es fejezetben már taglaltam. Ezután meghatároztam a fúrasi jegyzőkönyv alapján a talajvíz helyzetét, amely a rézsűállékonyságnál tapasztaltakhoz hasonlóan a terepszint alatt helyezkedett el, nem befolyásolta a támfal tervezését.

Ezzel meghatároztam a számítások megkezdéséhez szükséges adatokat, lefuttathattam az ellenőrzési folyamatot.

Elsőként a szerkezetre ható erőket határozta meg a program, amelynek eredményeit a 16. táblázat tartalmazza.

16. Táblázat: A szerkezetre ható erők a szegezett gabion támfal esetén [VII.]

Név	F_{hor} [kN/m]	Tám.pont z [m]	F_{vert} [kN/m]	Tám.pont x [m]	Tényleges borulás	Tényleges elcsúszás	Tényleges feszültség
Súly-fal	0,00	-1,99	34,00	0,32	1,000	1,000	1,350
EF ellenállás	-0,41	-0,08	0,02	0,00	1,000	1,000	1,350
Aktív földnyomás	66,62	-1,20	11,75	0,54	1,350	1,350	1,000
Víznyomás	0,00	-3,63	0,00	0,63	1,000	1,000	1,000
Dinamikus vasúti teher	31,16	-1,21	5,49	0,54	1,500	1,500	1,500
Dinamikus vasúti teher 2	0,00	-3,63	0,00	0,63	0,000	0,000	1,500
Háló meghosszabbítása	-17,96	-0,48	0,00	0,80	1,000	1,000	1,000
Háló meghosszabbítása	-17,96	-0,98	0,00	1,10	1,000	1,000	1,000
Háló meghosszabbítása	-17,96	-1,48	0,00	1,40	1,000	1,000	1,000
Háló meghosszabbítása	-17,96	-1,98	0,00	1,70	1,000	1,000	1,000
Háló meghosszabbítása	-17,96	-2,48	0,00	2,00	1,000	1,000	1,000
Háló meghosszabbítása	-17,96	-2,98	0,00	2,30	1,000	1,000	1,000

A teljes fal ellenőrzése során adódott eredmények a következők:

Kiborulási stabilitás ellenőrzése

$$\text{Ellennyomaték } M_{res} = 195,02 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Borító nyomaték } M_{ovr} = 164,07 \text{ kNm/m}$$

A fal kiborulásra MEGFELELŐ

Elcsúszás ellenőrzése

$$\text{Vízszintes ellenerő } H_{res} = 146,49 \text{ kN/m}$$

$$\text{Aktív vízszintes erő } H_{act} = 134,16 \text{ kN/m}$$

A fal elcsúszásra MEGFELELŐ

Teljes ellenőrzés – FAL MEGFELELŐ

Maximális feszültség az alaptest alján: 139,63 kPa

Ezt követően a program a teherbírást ellenőrizte. A 17. és a 18. táblázat tartalmazza az eredményeit, annak a vizsgálatnak, amikor a teher az alap aljának középpontjában hat tervezési illetve üzemi állapotban.

17. táblázat: A tervezési teher az alap aljának középpontjában hat a szegezett gabion támfal esetén [VII.]

Teher száma	Nyomaték [kNm/m]	Normálerő [kN/m]	Nyíróerő [kN/m]	Külpontosság [-]	Feszültség [kPa]
1	-121,00	65,43	-15,19	0,000	139,63
2	-93,25	58,45	8,50	0,000	125,68

18. táblázat: Az üzemi teher az alaptest aljának középpontjában hat a szegezett gabion támfal esetén [VII.]

Teher száma	Nyomaték [kNm/m]	Normálerő [kN/m]	Nyíróerő [kN/m]
1	-138,31	50,24	-30,08

A teherbírás további eredményei a következők:

Külpontosság ellenőrzése

Normálerő maximális külpontossága $e = 0,000$
 Maximális megengedhető külpontosság $e_{alw} = 0,333$

A normálerő külpontossága MEGFELELŐ

Teherbírás ellenőrzése

Alapozási talaj teherbírása $R = 250,00 \text{ kPa}$
 Teherbírás parciális tényezője $\gamma_{Rv} = 1,40$
 Maximális feszültség az alap aljánál $\sigma = 139,63 \text{ kPa}$
 Az altalaj teherbíró-képessége $R_d = 178,57 \text{ kPa}$

Az altalaj teherbíró-képessége MEGFELELŐ

Teljes ellenőrzés – Az altalaj teherbíró-képessége MEGFELELŐ

A méretezés számítását végezte el ezután a program. A számítás során meghatározott szerkezetre ható erőket a 19. táblázat tartalmazza.

19. táblázat: A szerkezetre ható erők a szegezett gabion támfal esetén [VII.]

Név	F_{hor} [kN/m]	Tám.pont z [m]	F_{vert} [kN/m]	Tám.pont x [m]	Tényleges borulás	Tényleges elcsúszás	Tényleges feszültség
Súly-fal	0,00	-1,74	29,75	0,31	1,000	1,000	1,350
Aktív földnyomás	50,89	-1,00	8,97	0,54	1,350	1,350	1,000
Víznyomás	0,00	-3,13	0,00	0,61	1,000	1,000	1,000
Dinamikus vasúti teher	25,06	-0,95	4,42	0,53	1,500	1,500	1,500
Dinamikus vasúti teher 2	0,00	-3,13	0,00	0,61	0,000	0,000	1,500
Háló meghosszabbítása	-17,96	0,02	0,00	0,50	1,350	1,000	1,000
Háló meghosszabbítása	-17,96	-0,48	0,00	0,80	1,000	1,000	1,000
Háló meghosszabbítása	-17,96	-0,98	0,00	1,10	1,000	1,000	1,000
Háló meghosszabbítása	-17,96	-1,48	0,00	1,40	1,000	1,000	1,000
Háló meghosszabbítása	-17,96	-1,98	0,00	1,70	1,000	1,000	1,000
Háló meghosszabbítása	-17,96	-2,48	0,00	2,00	1,000	1,000	1,000
Háló meghosszabbítása	-17,96	-2,98	0,00	2,30	1,000	1,000	1,000

A program a legnagyobb feszültségű keresztmetszetenél végzett ellenőrzést, amely a 1. blokk felett adódott.

Az eredmények a következők:

Kiborulás stabilitás ellenőrzése

Ellennyomaték	M_{res}	=	146,73 kNm/m
Borító nyomaték	M_{ovr}	=	103,98 kNm/m

Borulási stabilitás kapcsolata MEGFELELŐ

Elcsúszás ellenőrzése

Vízszintes ellenőrző	H_{res}	=	143,93 kN/m
Aktív vízszintes erő	H_{act}	=	104,53 kN/m

Csúszás kapcsolata MEGFELELŐ

Maximális nyomás a legalsó blokkon	=	117,64 kPa
Csökkentő tényező a felső blokk eltolásával	=	1,00
Nyomás átlagos értéke a felületen	=	47,37 kPa
Nyíróerő átadása súrlódással	=	36,75 kN/m

Keresztirányú nyomás elleni teherbíró képesség

Kapcsolat teherbírása	=	54,55 kN/m
Számított feszültség állapot	=	15,78 kN/m

Keresztirányú nyomás vizsgálata MEGFELELŐ

Blokkok közötti kapcsolat ellenállása

Háló anyagának teherbírása	=	54,55 kN/m
Számított feszültség állapot	=	15,78 kN/m

Blokkok közötti kapcsolat MEGFELELŐ

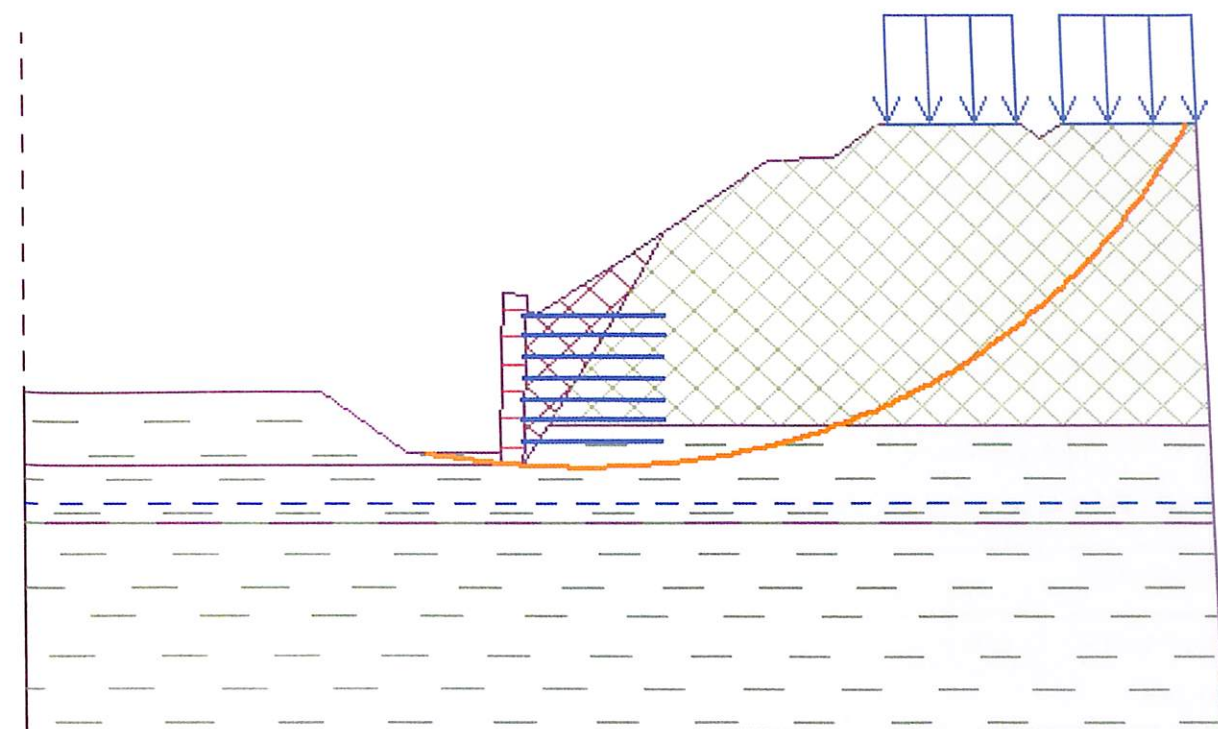
Következő lépésként a program a megtervezett támfal stabilitás vizsgálatát hajtotta végre. Ehhez a meglévő adatokkal együtt áthelyezte a szerkezetet a rézsúállékonyság vizsgálat modulba. A felületek, talajadatok, hozzárendelések megfelelőségének ellenőrzése után elindítottam a rézsúállékonyság számítását Bishop módszer szerint, optimalizált csúszólap alkalmazásával. Eredményül a következők adódtak:

Aktív erők összege:	F_a	=	905,84	kN/m
Passzív erők összege:	F_p	=	998,07	kN/m
Elcsúszási nyomaték:	M_a	=	14439,04	kNm/m
Ellennyomaték:	M_p	=	15909,21	kNm/m
Kihasználtság:			90,8	%

Rézsúállékonyság MEGFELELŐ

Az megerősítés teherbírása mindegyik szegben 0,00 kN/m-re adódott.

A gabion támfal rézsúállékonyságát végleges állapotban a 35. ábra szemlélteti.



35. Ábra: Szegezett gabion támfal rézsúállékonysága végleges állapotban [VII.]

Ezzel befejeztem a szegezett gabion támfal tervezését és ellenőrzését, és az egész tervezés részt is. A következő fejezetben az elkészült terveket hasonlítom össze különböző szempontok alapján és kiválasztom az általam legideálisabbnak vélt megoldást.

4.4. Eredmények összehasonlítása

Elvégeztem a szakdolgozatom tervezés részét, most a kapott eredményeket összehasonlítom és megkeresem a legideálisabb kiviteli megoldást a támfal megépítésére.

Négy féle tervet fogok összehasonlítani, különböző szempontok alapján. Az egyik típus a kiviteli terv szinten kézhez kapott, eredeti szerinti kisélemes vasalt talajtámfal. A másik típus az eredeti kiviteli módhoz hasonló kialakítású kisélemes vasalt talajtámfal, de az alapozási szint feljebb került, ezzel rengeteg földmunkát megspórolva. E kettő kiviteli módban csak ez adja a különbséget. A további két kialakítási mód gabion rendszerű. Az egyik egy különböző méretű kosarakból kialakított gabion támfal, a másik egy azonos méretű kosarakban felépített szegezett gabion támfal. Előbbi nagyobb méretű kosarakat, több kitöltő anyagot igényel, amely emiatt kevesebb földvisszatöltést tesz szükségessé. Az utóbbi több földvisszatöltést von magával, kisebb gabion kosarak létesülnek, viszont plusz költségként jelenik meg a szegezés. Ezeket hasonlítom össze tehát kivitelezési és anyagi szempontból is.

- Az összehasonlítás egyik szempontja a **földmunka** illetve azzal kapcsolatos munkafolyamatok. Ehhez ismételten az AutoCad nevű programot hívtam segítségül. Ebben a programban megrajzoltam mind a négy féle kialakítási módban a teljes kivitelezési szakaszon 10 méterenként a keresztmetszeteket. Ezeket felhasználva meghatároztam, hogy az egyes keresztmetszetekben mekkora földmunka szükséges a bevágás kialakításához, valamint, hogy a mennyi földet kell visszatömöríteni. A köztes területeken interpolálva határoztam meg az egyes kiviteli módoknál a földmunka mennyiségét. Ennek eredményét a 20. táblázatban gyűjtöttem össze.

20. táblázat: Földmunka mennyisége az egyes kiviteli módoknál

Kialakítási mód	Föld kiemelés [m³]	Föld visszatöltés [m³]
Kisélemes támfal az eredeti terv alapján	2970,22	2477,97
Kisélemes vasalt talajtámfal az új alapozási szinten	2522,3	2033,57
Gabion támfal	2437,82	1375,55
Szegezett gabion támfal	2220,13	1587,85

A táblázat adatait értékelve azt kaptam (a vártaknak megfelelően), hogy az általam tervezett kialakítási módszerek jóval kevesebb földmunkát vesznek igénybe. Már azzal, hogy az eredeti tervben szereplő kisélemes vasalt talajtámfalhoz tartozó alaptest alsó síkját, azaz az alapozási síkot a földfelszínhez közelebb terveztem, közel 15%-kal kevesebb földet kell kitermelni és közel 20%-kal kevesebb földet kell visszatölteni. A gabion támfalas esetén ezek az arányok még nagyobbak. A gabion támfal esetén közel 20%-kal, míg a szegezett gabion támfal esetén több mint 25%-kal kevesebb földet kell kitermelni. Visszatöltésnél is jóval kevesebb földmunkát igényelnek ezek a kiviteli módok, bár az arányok megfordulnak a gabion kosarak mérete miatt. A gabion támfal esetén közel 45%-kal kevesebb, míg a szegezett gabion támfal esetén „csak” 35%-kal kevesebb földet kell visszatölteni az eredeti tervben szereplő megoldáshoz képest.

Ezt a szempontot alapul véve a gabion támfal a leggazdaságosabb, mert bár több föld kitermelést igényel, mint a szegezett gabion támfal, de kevesebb földet kell visszatömöríteni és mivel az eredeti terv alapján a háttöltésnél talajcserét írtak elő, a visszatöltött föld nem egyezik meg a kitermelt földmennyiséggel, tehát földet kell hozatni, ami költség.

- A másik tényezője az összehasonlításnak, hogy az egyes támfalak megépítésének mennyi a **költsége**. Mindegyik kialakítási mód esetén 1437,6 méter támfalat kell építeni, kiegészítve azzal, hogy a két végén a támfalnak esztétikai megfontolás miatt nem 1,5-2 méter magas falat hagynak, hanem fokozatosan lecsökkentik még azt. Ennek okán kis ráhagyással számolva az egyes támfal kialakítási típusok szerint a következő mennyiségek adódtak:

Kisélemes támfal az eredeti terv alapján:	2970 darab falazóelem.
Kisélemes támfal az új alapozási szinten:	2500 darab falazóelem.
Gabion támfal:	160 darab 0,5 X 0,5 méteres kosár
	300 darab 1,0 X 1,0 méteres kosár
	280 darab 1,5 X 1,0 méteres kosár
	140 darab 2,0 X 1,0 méteres kosár
	60 darab 2,5 X 1,0 méteres kosár.
Szegezett gabion támfal:	1600 darab 0,5 X 0,5 méteres kosár.

A következő 4 táblázat (21. 22. 23. 24) az egyes kivitelezési módok megközelítő **költségvetését** tartalmazza. amiből nagyságrendileg lehet következtetni az egyes támfal típusok megvalósításának anyagi vonzatára.

21. Táblázat: Eredeti terv szerinti kisélemes talajtámfal költségvetése

Földkiemelés, elszállítás	2950 Ft/m ³	2970,22 m ³	8.762.149 Ft
Talajszeg	75.000 Ft/db	150 db	11.250.000 Ft
Alapozás	60.000 Ft/m ³	362,5 m ³	21.750.000 Ft
Kisélemes zsalukő	16.000 Ft/m ²	445,5 m ²	7.128.000 Ft
Bedolgozás	3000 Ft/m ²	445,5 m ²	1.336.500 Ft
Georács	850 Ft/m ²	3105 m ²	2.639.250 Ft
Háttöltés (anyag+bedolgozás)	2400+2900 Ft/m ³	2477,97 m ³	13.133.241 Ft
Tereprendezés	1200 Ft/m ²	1200,4 m ²	1.440.480 Ft
Összesen:			67.439.620 Ft

22. Táblázat: Az új alapozási sík szerinti kisélemes talajtámfal költségvetése

Földkiemelés, elszállítás	2950 Ft/m ³	2522,3 m ³	7.440.785 Ft
Talajszeg	75.000 Ft/db	130 db	9.750.000 Ft
Alapozás	60.000 Ft/m ³	362,5 m ³	21.750.000 Ft
Kisélemes zsalukő	16.000 Ft/m ²	380 m ²	6.080.000 Ft
Bedolgozás	3000 Ft/m ²	380 m ²	1.140.000 Ft
Georács	850 Ft/m ²	2285 m ²	1.942.250 Ft
Háttöltés (anyag+bedolgozás)	2400+2900 Ft/m ³	2033,57 m ³	10.777.921 Ft
Tereprendezés	1200 Ft/m ²	1172,5 m ²	1.407.000 Ft
Összesen:			60.287.956 Ft

23. Táblázat: Gabion támfal költségvetése

Földkiemelés, elszállítás	2950 Ft/m ³	2437,82 m ³	7.191.569 Ft
Talajszeg	75.000 Ft/db	140 db	10.500.000 Ft
Alapozás	60.000 Ft/m ³	453,125 m ³	27.187.500 Ft
Ágyazat	12.000 Ft/m ³	66,64 m ³	799.680 Ft
Gabion kosár	6500 Ft/m ³	298 m ³	1.937.000 Ft
Kitöltő kő	12.000 Ft/m ³	298 m ³	3.576.000 Ft
Bedolgozás	15.500 Ft/m ³	298 m ³	4.619.000 Ft
Háttöltés (anyag+bedolgozás)	2400+2900 Ft/m ³	1375,55 m ³	7.290.415 Ft
Tereprendezés	1200 Ft/m ²	1116,9 m ²	1.340.280 Ft
Összesen:			64.441.444 Ft

24. Táblázat: Szegezett gabion támfal költségvetése

Földkiemelés, elszállítás	2950 Ft/m ³	2220,13 m ³	6.549.384 Ft
Talajszeg	75.000 Ft/db	130 db	9.750.000 Ft
Alapozás	60.000 Ft/m ³	453,125 m ³	27.187.500 Ft
Gabion kosár	6500 Ft/m ³	200 m ³	1.300.000 Ft
Georács	850 Ft/m ²	1595 m ²	1.355.750 Ft
Kitöltő kő	12.000 Ft/m ³	200 m ³	2.400.000 Ft
Bedolgozás	15.500 Ft/m ³	200 m ³	3.100.000 Ft
Háttöltés (anyag+bedolgozás)	2400+2900 Ft/m ³	1587,85 m ³	8.415.605 Ft
Tereprendezés	1200 Ft/m ²	1155,8 m ²	1.386.960 Ft
Összesen:			61.445.199 Ft

A fenti táblázatokban megjelenő adatok nagyjából az elvárásoknak megfelelően alakultak. Az eredeti tervben alkalmazott módszernél mindegyik másik kialakítási mód jelentősen gazdaságosabban kivitelezhető. Már azzal, hogy az alapozási sík feljebb került, több mint 10%-kal csökkentek a költségek. A másik két gabion támfalas módszer is költséghatékonyabb, mint az eredeti tervben alkalmazottak, azonban nem teljesen egyértelműen gazdaságosabb, mint az új alapozási síkra tervezett kisélemes támfal. Ugyanis a sima gabionos támfalnál a nagy gabion kosarakba sok anyagot kell helyezni, aminek a szállítása és bedolgozása jelentős költségekkel jár. Így tulajdonképpen két kialakítási mód „maradt versenyben”, a megemelt alapozási síkra tervezett kisélemes támfal illetve a szegezett gabion támfal. Költségeik nagyjából megegyeznek, és kialakítási nehézségeikben sem különböznek nagyon.

Én a szegezett gabion támfalas módszert javaslom, egyrészt azért mert a földmunka költségei jelentősen gazdaságosabb, viszont a többi költség csak megközelítő jellegű, abban nagyobb eltérés adódhat a kisélemes támfal hátrányára. A másik ok az esztétikai szempont, számomra a jól kivitelezett, jó minőségű zúzalékból rakott szegezett gabion támfal szebb hatást kelt, mint az előregyártott beton elemekből álló kisélemes támfal.

Ezzel befejeztem a szakdolgozatom e szakaszát is. Az utolsó részben összefoglalom a szakdolgozatom során tapasztaltakat, és levonom a konklúziókat.

5. Összegzés, legideálisabb megoldás kiválasztása, konklúzió levonása

Szakdolgozatom során egy már megépült támfal terveit dolgoztam fel. Ellenőriztem annak számításait, majd kerestem olyan megoldásokat, amelyekkel költséghatékonyabban megvalósítható a kivitelezés. 3 féle módon terveztem át a támfalat. Első esetben „csak” az alapozási síkot emeltem feljebb, mert feleslegesen mélyre lett tervezve. Ennek hatására az új alapozási szinten való megépítés közel 10%-os költségcsökkenést mutatott.

A második és harmadik esetben két különböző gabionos kialakítási módot terveztem. Az egyik egy hagyományos gabion támfal, míg a másik egy szegezett gabion támfal. Ebben az utóbbi két esetben a földmunka mértéke nagyjából ugyanannyira adódott, azonban a hagyományos gabion támfalnál a jóval nagyobb gabion kosarak és ez által a nagyobb mennyiségű kitöltő költsége jelentősen megnöveli az összköltségeket.

A feljebb látható 21-24. táblázatokban található információk alapján az új alapozási síkra tervezett kisélemes támfal a legköltséghatékonyabb. Azonban én még sem ezt építeném meg. Az imént említett táblázatokban feltüntetett költségvetés nem teljes, csak egy hozzávetőleges képet ad a beruházás költségeiről. Azonban a földmunkák mértékét alaposan megvizsgáltam és abban jelentős különbség adódott a gabion támfalas megoldások javára, ami szintén nagy különbséget jelent a költségvetésben. Így mivel az új alapozási síkra tervezett kisélemes támfal és a szegezett gabion támfalat valósítanám meg.

A földmunkán kívül azonban más is szól még a szegezett gabion támfal mellett. A gabion kosarakat támfal geometriailag rugalmas, könnyebben felveszi a terep adottságait. A gabion kosarakat gondosan kézzel minél rendezettebben és tömören töltik ki azonban így is abszolút vízáteresztő marad, így a támfal vízelevezetését nem kell külön megoldani. A gabion támfal elemei nehezebben sérülnek, míg a kisélemes támfal esetén egy sérült darab már nem építhető be. És végül, de nem utolsó sorban véleményem szerint a gabion támfalnak esztétikailag sokkal jobb a megjelenése.

Ezekre az indokokra támaszkodva a szakdolgozatomban felvetődött problémát, vagyis az Érd – Százhalombatta vasútvonal szakasz 217+50 hm és 219+00 hm szelvények közötti töltés megtámasztását az általam tervezett szegezett gabion támfalas kialakítási móddal valósítanám meg.

6. Források, hivatkozások

1. Faur Krisztina Beáta, Szabó Imre – Geotechnika 7-A földművek, lejtők állékonysága (TÁMOP jegyzet)
 2. Faur Krisztina Beáta, Szabó Imre – Geotechnika 11-Támszerkezetek (TÁMOP jegyzet)
 3. Tanulmány: Lődör Kristóf PhD hallgató; Dr. Szendefy János, Adjunktus: Új, hazai fejlesztésű vasbeton szádfal bemutatása (BME, Geotechnika és Mérnökgeológia tanszék, 2017)
 4. Dr. Szepesházi Róbert - Geotechnika Egyetemi jegyzet, Harmadik korszerűsített, bővített kiadás (Győr, 2008)
 5. Pálóssy. Scharle. Szalatkay – Földtámfalak (Műszaki Könyvkiadó, 1985)
 6. Magyarország kistájainak katasztere (MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 2010)
 7. MÁV Zrt. D.11. Utasítás - Vasúti Alépítmény Tervezése, Építése, Karbantartása És Felújítása (I. Kötet)
-
- I. <http://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/epiteszet/az-epitestan-alapjai/ducolasok-szerepe-fajtai/ducolasok-kialakitasanak-elvei>
 - II. http://gepnet.hu/hirek/Szakcikkek/reseles_ii_-_reselogepek-252.html
 - III. http://www.sze.hu/~koche/se012_1_epitesz/eloadasok/m%C3%A9ly%C3%A9p-10-t%C3%A9mszerk.pdf
 - IV. <http://www.koboxvizpartvedelem.hu/Termek/Fonott-halos-gabion>
 - V. <http://www.koboxgabion.hu/A-Kobox>
 - VI. Érd – Százhalombatta 217+50 – 219+00 hm szakasz közötti támfal kiviteli terve (2015)
 - VII. GEO5 program
 - VIII. NAUE GmbH & Co KG BBA HAPAS Certificate 14/H218

Ábrajegyzék:

1. ábra A bevágási rézsűk állékonyságára kiható legfontosabb tényezők
2. ábra Előregyártott dúctáblák
3. ábra Berlini (Siemens) dúcolatok
4. ábra Szádfalazó gépek
5. ábra A legismertebb szádpalló típusok
6. ábra Szádcölöp AXIS modell
7. ábra Cölöpfal típusok
8. ábra Marótárcsás (hydrofräs), folyadékszállítású réselőgép
9. ábra Résfalas technológia fázisai
10. ábra Földszerkezetű támfalak és bélésfalak
11. ábra Súlytámfalak statikai méretezése
12. ábra A súlytámfalak erőjátéka
13. ábra Súlytámfalak
14. ábra Máglyafal
15. ábra Vasalt talajtámfal
16. ábra Szegezett, lött betonos talajtámfal
17. ábra Horgonyzott szerkezet részei
18. ábra A horgonyok készítésének munkafázisai
19. ábra Gabion kosár
20. ábra Gabion támfal
21. ábra A vasútvonal, majd az M6 út megépítéséig a Duna árterülete volt az egész környék
22. ábra Feltárások helyszínrajza
23. ábra GT21770 jelű feltárás fűrasszelvénye (felső ábra), GT21880 jelű feltárás fűrasszelvénye (alsó ábra)
24. ábra Mintakeresztmetszet
25. ábra Talajszegezett rézsű állékonysága az eredeti terv szerint
26. ábra Eredeti tervben létrehozott végleges modell
27. ábra Kiselemes támfal bevágásának rézsűállékonysága
28. ábra Kiselemes vasalt talajtámfal mintakeresztmetszet
29. ábra A vágány keresztmetszetében a felületen megoszló, helyettesítő statikus teher
30. ábra Rézsűállékonyság a gabion támfal esetén ideiglenes állapotban
31. ábra Gabion támfal rézsűállékonysága végleges állapotban

32. ábra A bevágási felület és a hozzárendelt talajok
33. ábra Rézsűállékonyság a szegezett gabion támfal esetén ideiglenes állapotban
34. ábra A szegezett gabion támfal kialakítása és a hozzárendelt talajok
35. ábra Szegezett gabion támfal rézsűállékonysága végleges állapotban

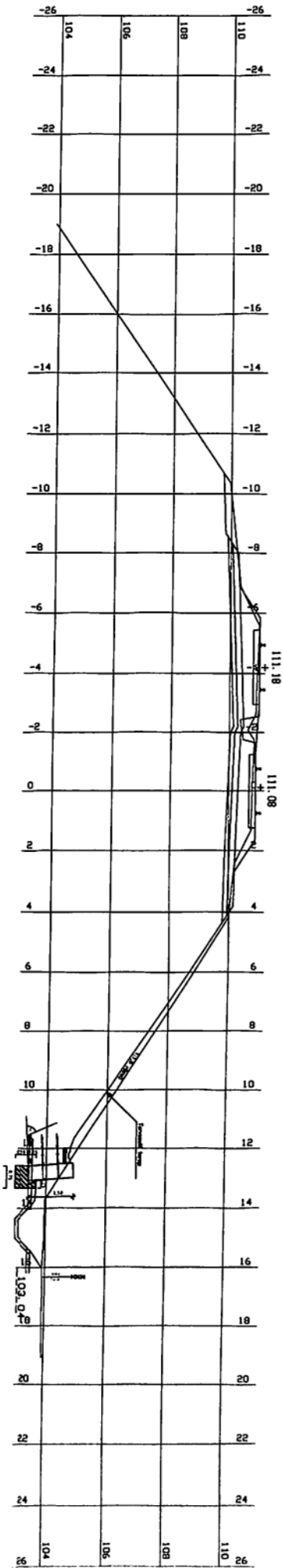
Táblázatjegyzék:

1. táblázat Dúcolások kialakításának módjai
2. táblázat Súlytámfalak statikai méretezése
3. táblázat Hegesztett és fonott hálós gabion összehasonlítása
4. táblázat Támfal típusok összehasonlítása
5. táblázat Talajvízre vonatkozó adatok
6. táblázat Támfal alapozási síkja az eredeti terv esetén
7. táblázat A parciális tényezők EN 1997 szerint tartós tervezési állapotban
8. táblázat Talajadatok
9. táblázat Szegek teherbírása a gabion támfal esetén
10. táblázat Szerkezetre ható erők a gabion támfal esetén
11. táblázat A tervezési teher az alap aljának középpontjában hat a gabion támfal esetén
12. táblázat Az üzemi teher az alaptest aljának középpontjában hat a gabion támfal esetén
13. táblázat Szerkezetre ható erők a gabion támfal esetén
14. táblázat Szegek teherbírása a szegezett gabion támfal esetén
15. táblázat A gabion rács és a kitöltő kő adatai
16. táblázat A szerkezetre ható erők a szegezett gabion támfal esetén
17. táblázat A tervezési teher az alap aljának középpontjában hat a szegezett gabion támfal esetén
18. táblázat Az üzemi teher az alaptest aljának középpontjában hat a szegezett gabion támfal esetén
19. táblázat A szerkezetre ható erők a szegezett gabion támfal esetén
20. táblázat Földmunka mennyisége az egyes kiviteli módoknál
21. táblázat Eredeti terv szerinti kiselemes talajtámfal költségvetése
22. táblázat Az új alapozási sík szerinti kiselemes talajtámfal költségvetése
23. táblázat Gabion támfal költségvetése
24. táblázat Szegezett gabion támfal költségvetése

7. Mellékletek

1. S001 – Kiselemes talajtámfal mintakeresztmetszet
2. S002 – Gabion támfal mintakeresztmetszet
3. S003 – Szegezett gabion támfal mintakeresztmetszet
4. S004 – Szegezett gabion támfal hosszszelvény
5. S005 – KM 217+50
6. S006 – KM 217+60
7. S007 – KM 217+70
8. S008 – KM 217+80
9. S009 – KM 217+90
10. S010 – KM 218+00
11. S011 – KM 218+10
12. S012 – KM 218+20
13. S013 – KM 218+30
14. S014 – KM 218+40
15. S015 – KM 218+60
16. S016 – KM 218+70
17. S017 – KM 218+80
18. S018 – KM 218+90
19. S019 – KM 219+50

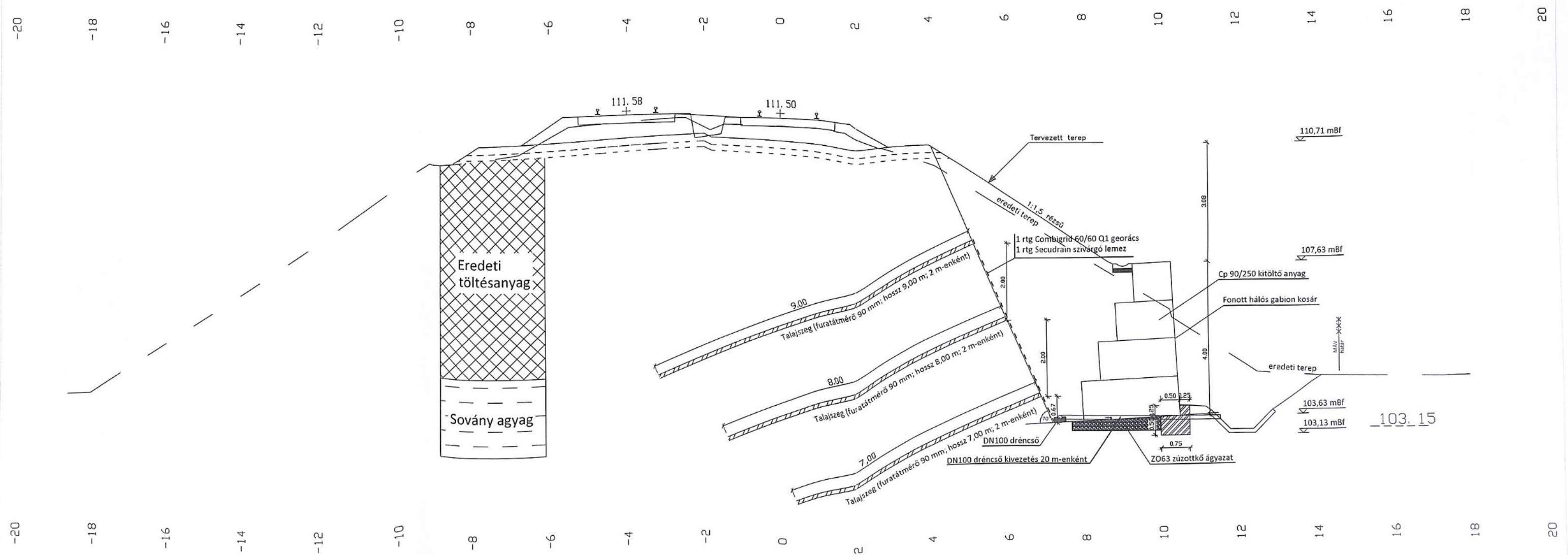
Keresztmetszet
217+50



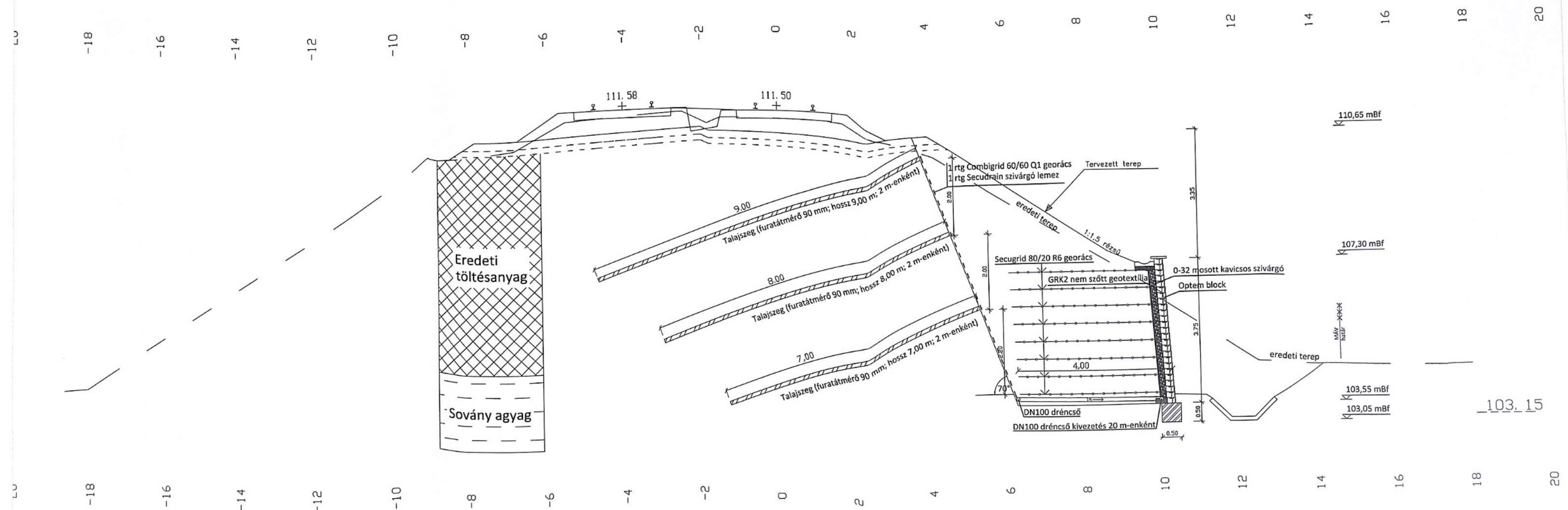
				Egység: Építőmérnöki Intézet	
Szakirány: Geotechnika		Tárgy: Szakdolgozat		Év: 2018	
Rajz: KM 217+50		Hallgató: 		Szak: N.ép.	
Kámer András		Mérték: 1:50		Rajzméret: A4	
				Rajzsám: 5005	

Mintakeresztmetszély

218+40



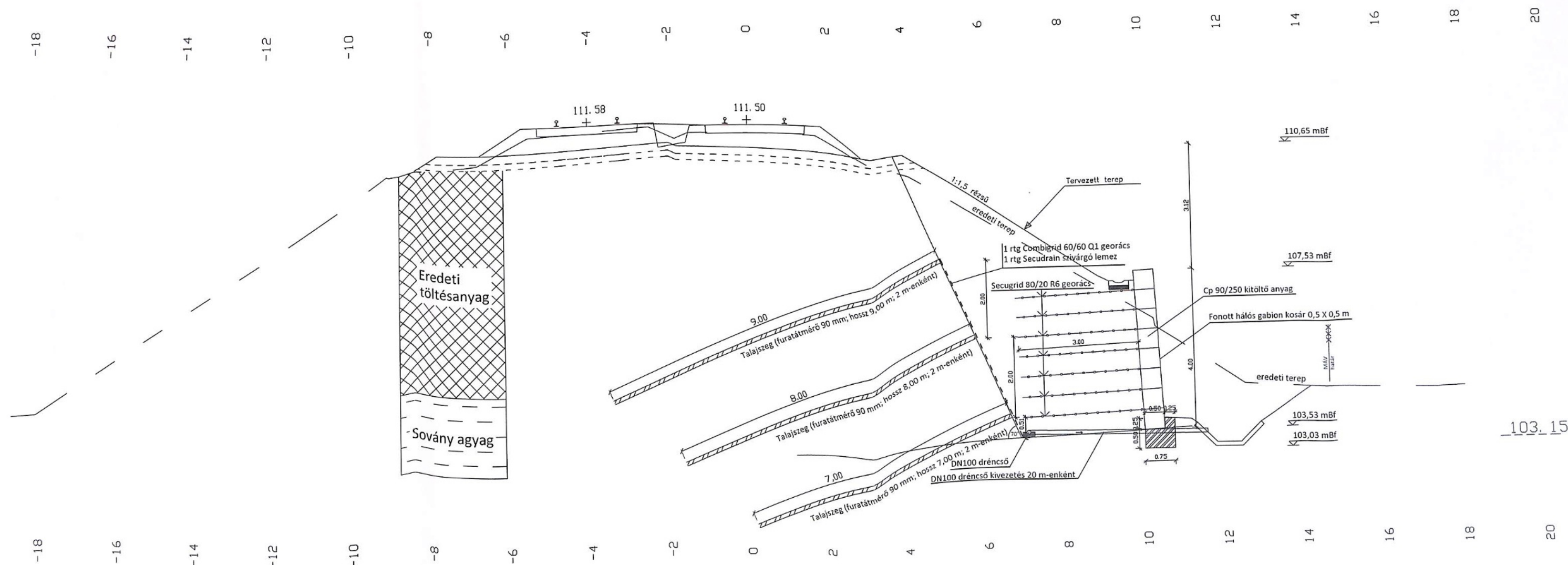
SZAKTUDOMÁNYOS ÉRTÉKELÉS		Egység: Építőmérnöki Intézet	
Szakirány: Geotechnika		Év: 2018	
Tárgy: Szakdolgozat		Rajz: Gabion támfal mintakeresztmetszet	
Hallgató: Kainer András	Naptárkód: [REDACTED]	Szak: N.ép.	Méretarány: 1:100
		Rajzméret: A3	Rajzszerkesztő: Soo2

$218+40$ 

 AZ EMINENSIUM TUDOMÁNY KÖZVETLEN VIRÁGJA VIR VIZSOLGALTOZASNAK ELSO FELADATA		Egység: Építőmérnöki Intézet	
Szakirány: Geotechnika			
Tárgy: Szakdolgozat		Év: 2018	
Rajz: Kísélelem támfal mintakeresztmetszet			
Hallgató: Kainer András	Nevelője: 	Szak: N.ép.	Méretarány: 1:100
		Rajzméret: A3	Rajzszám: Soo1

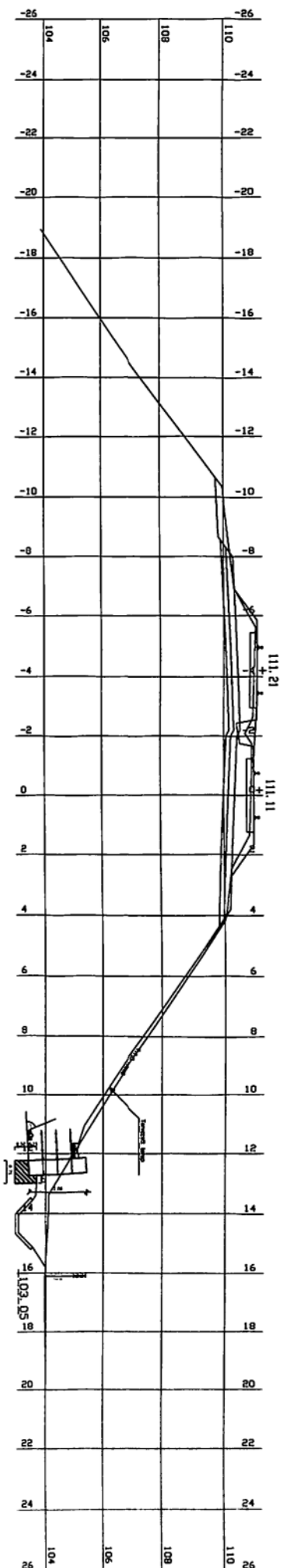
Mintakeresztmetszélvény

218+40



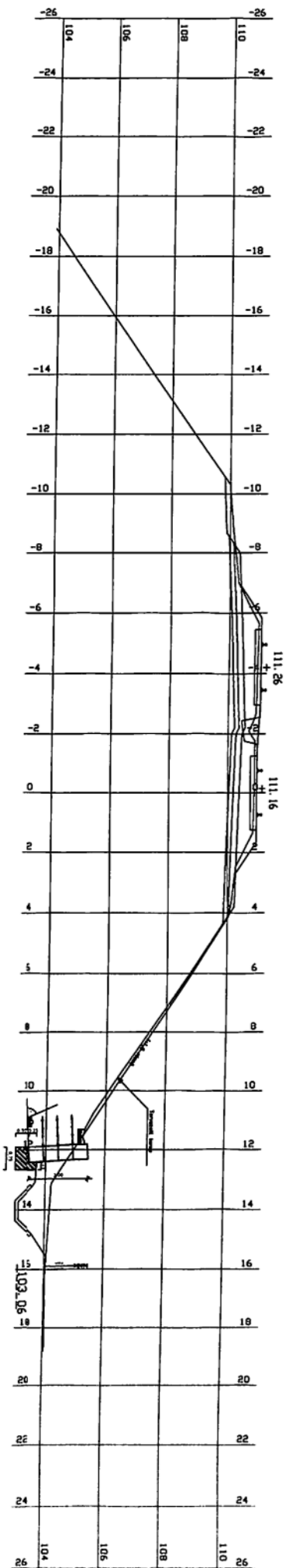
		Egység: Építőmérnöki Intézet			
Szakirány: Geotechnika		Év: 2018			
Tárgy: Szakdolgozat					
Rajz: Szegezett gabion támfal mintakeresztmetszet					
Hallgató:	Neptunkód:	Szak:	Méretarány:	Rajzméret:	Rajzsám:
Kainer András		N.ép.	1:100	A3	Soo3

Keresztmetszet 217+60

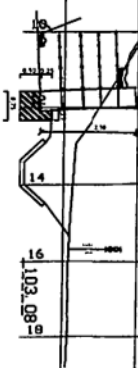


		Egyesület ÉPÍTŐMÉRNÖKI INTÉZET HUNGARIAN ASSOCIATION OF SURVEYORS		Építőmérnöki Intézet	
Szakirány:		Geotechnika			
Tárgy:		Szakdolgozat		Év: 2018	
Rajz:		KM 217+60			
Hallgató:	Naplószám:	Szak:	Méretarány:	Rajzméret:	Rajzsám:
Kainer András		N.Áp.	1:50	A4	5006

Keresztmetszet 217+70

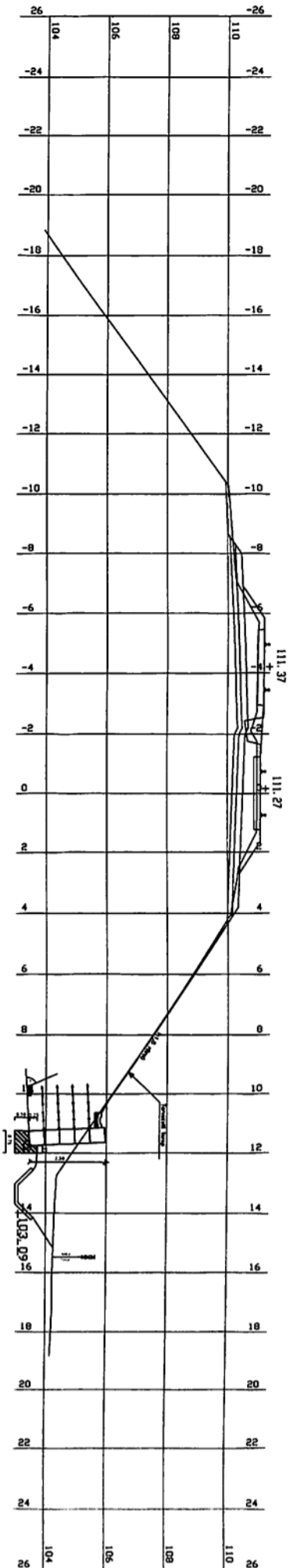


		Egység:		
Szakirány: Geotechnika		Építőmérnöki Intézet		
Tárgy: Szakkolgozat	Év: 2018			
Rajz: KM 217+70				
Hallgató: Kahner András	Negyzet:	Szak: N.ép.	Méretarány: 1:50	
		Rajzméret: A4	Rajzsám: 5007	

$217+80$ 

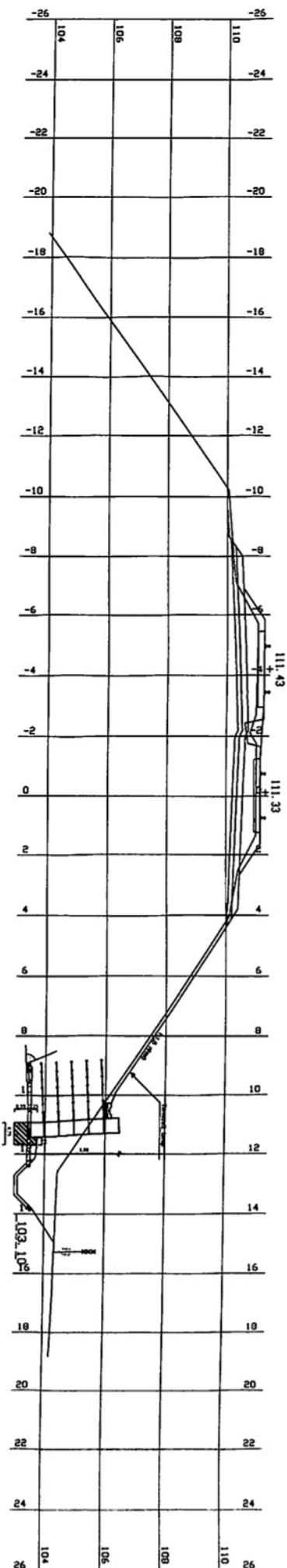
 ÉPTK ÉPÍTŐMÉRNÖKI TÁRSASÁG Magyar Építőmérnöki Kamara		Építési
Szakdolgozat Szakirány: Geotechnika		
Tárgy:	Szakdolgozat	
Rajz:	Év: 2018	
KM 217+80		
Hallgató: Kahner András	Neptunkod:	Szak:
		N.ép.
		Méretarány:
		1:50
		Rajzméret:
		A4
		Rajzszám:
		5008

Keresztmetszet 217+90

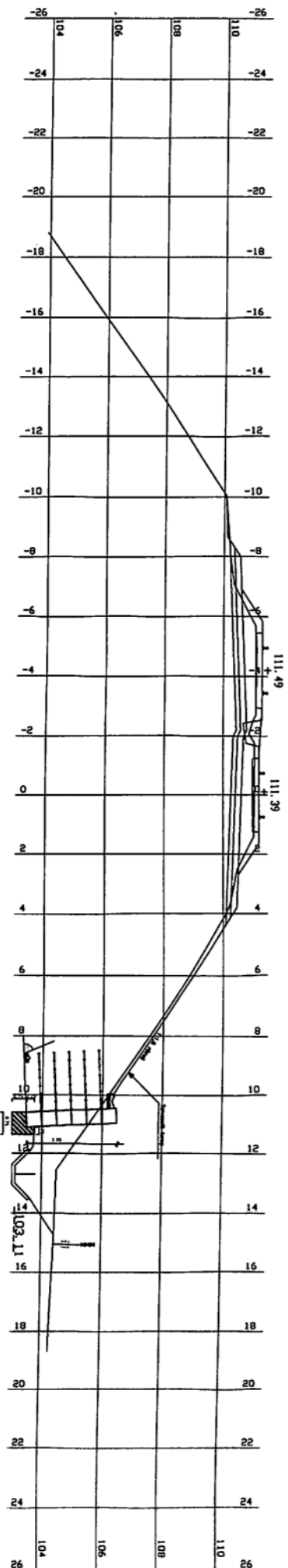


				Egyesület	
SZAKTISZTASZ		ÉPÍTŐMÉRNÖKI INTÉZET			
Szakirány:		Geotechnika			
Tárgy:		Szakdolgozat		Év: 2018	
Rajz:		KM 217+90			
Hallgató:		Név:			
Kahner András		Szak:		Mértékárny: 1:50	
		N.é.p.		A4	
				Rajzsám: 5009	

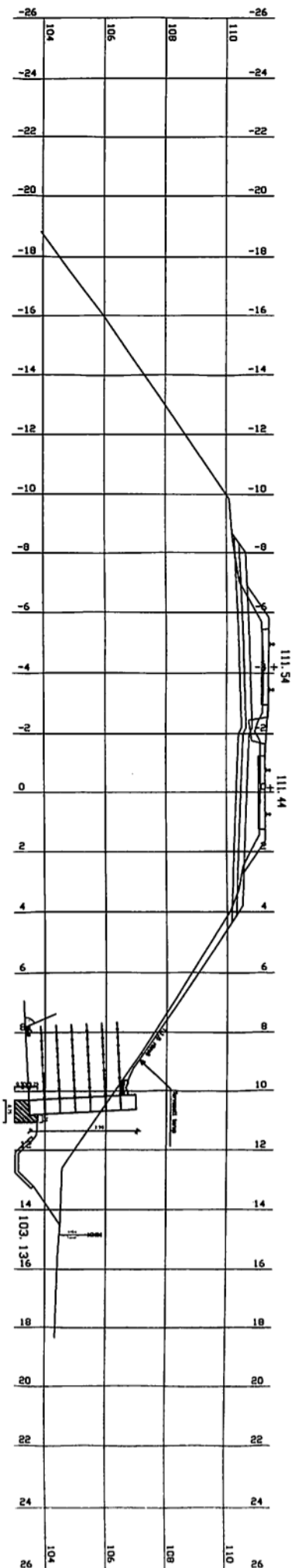
Keresztmetszet 218+00



GEOTECHNICA KÖZLEKEDÉSTECHNikai KFT.		Építőmérnöki Intézet	
Szakirány: Geotechnika		Év: 2018	
Tárgy: Szakdolgozat			
Rajz: KM 218+00			
Hallgató: Káner András	Matr.unkód: [REDACTED]	Szak: N.ép.	Méretarány: 1:50
		Rajzméret: A4	Rajzsám: So10

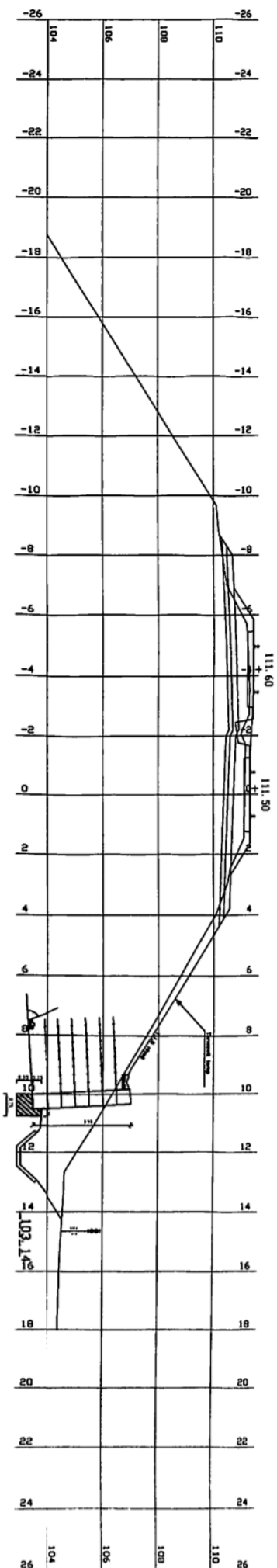
$218+10$ 

 HUNGARIAN MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE  NRI NATIONAL INSTITUTE FOR RESEARCH AND DEVELOPMENT IN EDUCATION		Budapest Építőmérnöki Intézet	
Szakirány: Geotechnika		Tárgy: Szakkolgozat	
Rajz: KM 218+10		Év: 2018	
Hallgató: Káhnai András	Nevelőintézköd.: 	Szak: Nép.	Méretarány: 1:50
		Rajzméret: A4	Rajzszám: Sol1

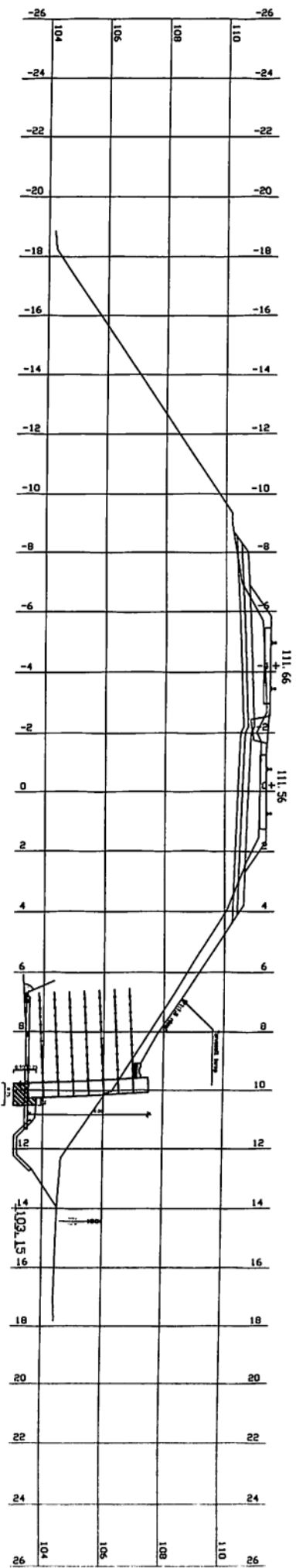
$$218+20$$


 HUNGARIAN ACADEMY OF SCIENCES HUNGARIAN ENGINEERING ACADEMY HUNGARIAN ACADEMY OF ENGINEERING		Magyar Tudományos Akadémia Magyar Mérnöki Akadémia Magyar Mérnökakadémia	
Szakirány: Geotechnika		Építőmérnöki Intézet	
Tárgy: Szakkolgozat		Év: 2018	
Rajz: KM 218+20			
Hallgató: Káhnér András	Nevelőközvetítő: 	Szak: N.é.p.	Méretarány: 1:50
		Rajzméret: A4	Rajzszám: 5612

Keresztmetszet 218+30

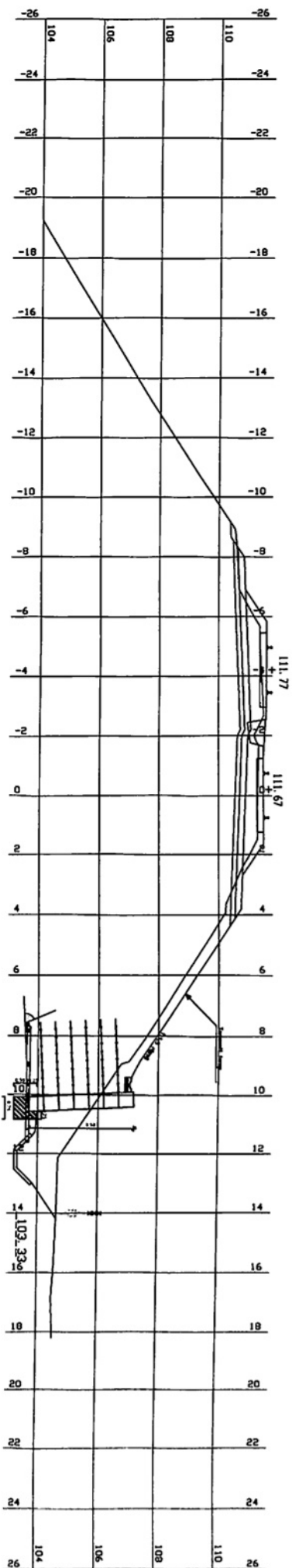


		Egyetemesi Építőmérnöki Intézet	
Szakirány: Geotechnika		Év: 2018	
Tárgy: Szakdolgozat		Rajz: KM 218+30	
Hallgató: Kálmár András	Nepunktó:	Szak: N.ép.	Méretarány: 1:50
		Rajzméret: A4	Rajzsám: S013

$$218+40$$


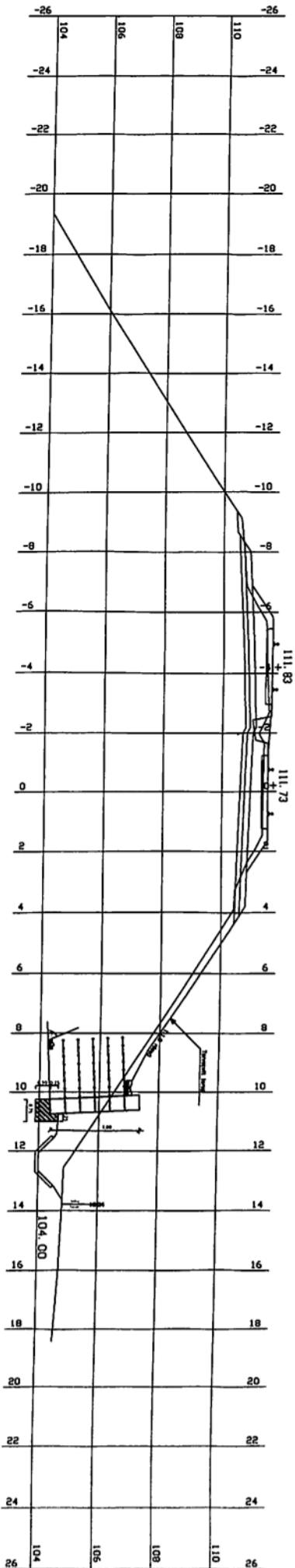
 SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM FELTÁLLÁS FELTÁLLÁS, MÉRLEK, SZÁMLA, ÉRTÉKESÍTÉS		Évesfűg: 1 Épitőmérnöki Intézet	
Tárgy: Szakdolgozat		Év: 2018	
Rajz: KM 218+40			
Hallgató: Káner András	Nentulókód: 	Szak: N.ép.	Méretarány: 1:50
		Rajzméret: A4	Rajztípus: S014

Keresztmetszet 218+60

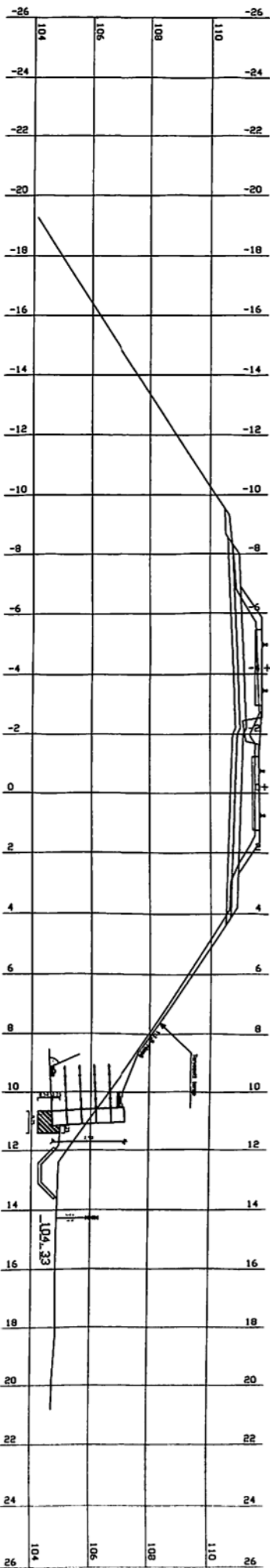


				Egyesület Magyar Geotechnikai Informatikai Társaság	
Szakirány: Geotechnika		Tárgy: Szakdolgozat		Év: 2018	
Rajz: KM 218+60		Hajlató: Kálmán András		Mérésiárny: 1:50	
Rajz: KM 218+60		Rajzárny: A4		Rajzsám: S015	

Keresztmetszet 218+70

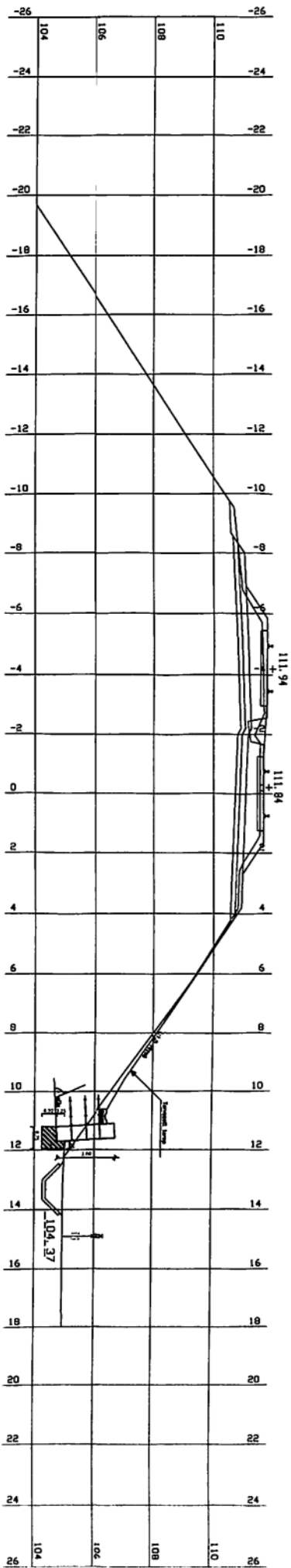


ÉPÍTŐMÉRNÖKI INTÉZET		Építési és Építőmérnöki Intézet	
Szakirány: Geotechnika		Építőmérnöki Intézet	
Tárgy: Szabdolgozat		Év: 2018	
Rajz: KM 218+70			
Hallgató: Káner András	Nyomtatási kód: 	Skál: Méretarány: 1:50	Rajzsám: Sz16

$218+80$ 

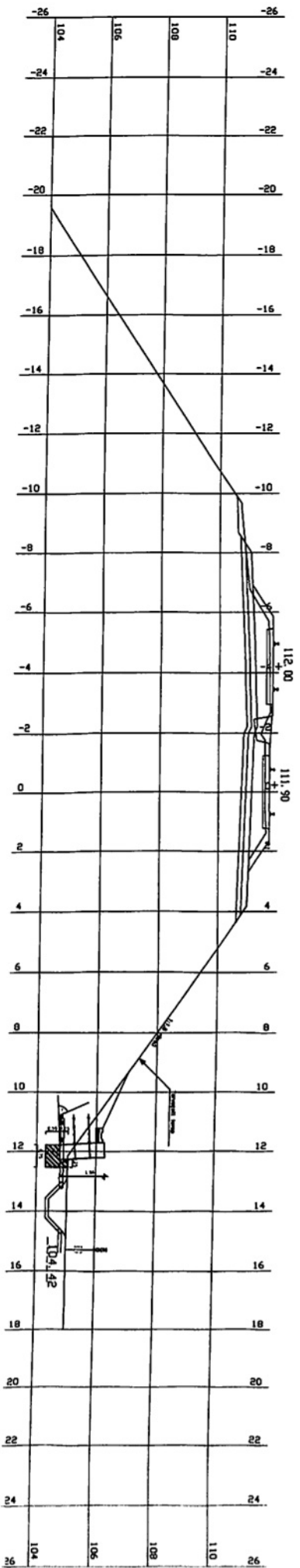
 SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM SZAKKÖZVETLEN SZAKKÉPZÉS		EGYÉB:	
Szakirány:		Építőmérnöki Intézet	
Tárgy:		Év:	
Szakdolgozat		2018	
Rajz:			
KM 218+70			
Hallgató:	Neptunkód:	Szak:	Méretarány:
Keiner András		N.d.p.	1:50
		Rajzméret:	Rajzsám:
		A4	S017

Keresztmetszet 218+90



			
SZÉCHÉNYI EGYETEM		ÉPÍTŐMÉRNÖKI INTÉZET	
SZAKIRÁNY: Geotechnika		ÉV: 2018	
TÁRGY: Szakdolgozat		RAJZ: KM 218+90	
HALLGATÓ: Káner András	NEPTUNKÓD: N.Áp.	STAK: 1:50	RAJZMÉRET: A4
		MERETERÁNY: 1:50	RAJZSZÁM: S018

Keresztmetszet
219+00



		Egyesület: Építőmérnöki Intézet	
Szakirány: Geotechnika			
Tárgy: Szakdolgozat	Év: 2018		
Rajz: KM 219+00			
Hallgató: Kalmár András	Naptárkód:	Skala: 1:50	Méretarány: A4
		Rajzszám: S019	