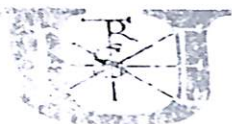


SZAKDOLGOZAT

Zsoldos Szabina

2015





SZENT ISTVÁN
EGYETEM

Dr. Dombay Gábor PhD.
intézetigazgató, főiskolai tanár

YBL

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 2015

ZSOLDOS SZABINA

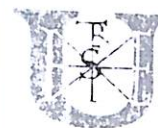
Nappali Építőmérnök szakos
hallgató részére

A feladat címe:	Talajjavítási, talajerősítési technológiák és támfal tervezés
Belső konzulens:	Kecskés Gábor
Külső konzulens:	Tóth Gergő okl. építőmérnök, GRADEX kft.

A szakdolgozat beadási határideje: 2015. június 05., péntek 12⁰⁰

Budapest, 2015. április 30.

Dr. Dombay Gábor
intézetigazgató



SZENT ISTVÁN
EGYETEM

Dr. Dombay Gábor PhD.
intézetigazgató, főiskolai tanár



YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAP., BUDAPEST

Építőmérnöki Intézet

Cím: 1146 Budapest, Thököly út 74.

Tel.: +36-1-252-1270

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

Részletes feladatkiírás

Zsoldos Szabina

nappali Építőmérnök
hallgató részére

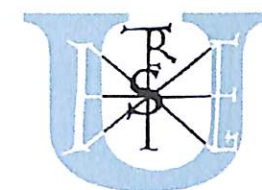
Talajjavítási, talajerősítési technológiák és támfal tervezés
című szakdolgozatához

A szakdolgozat felépítése:

1. Technológiai áttekintés
2. Geoműanyagok típusai
3. Geokompozitok: szivárgó paplan, drénszalag, aszfalterősítő rács
4. Geoműanyagok funkciói: szigetelés, drénezés, szűrés, erózióvédelem, elválasztás, védelem, erősítés
5. Geoműanyagok jellemzői: fizikai, mechanikai, tartóssági, hidraulikai
6. Vizsgálati módszerek: szakító vizsgálat, statikus átszakadási vizsgálat, kúszóvizsgálat, nyíródoboz, kihúzási vizsgálat
7. Alkalmazási körök, tervezés: töltésalapozás, töltéstartás építése, víztelenítő szerkezetek, földművek teherbírásának növelése, rézsűvédelem, erősített rézsűk, talajtámfalak, hídfők
8. Tervezési szilárdság
9. Támfal tervezése
10. Számítási mellékletek
11. Rajzi mellékletek

Budapest, 2015. április 30.


Kecskés Gábor
belső konzulens



**SZENT ISTVÁN
EGYETEM**



YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST

SZAKDOLGOZAT

**Talajjavítási, talajstabilizálási módszerek,
geoműanyagok alkalmazása,
támfal tervezése Pilisvörösvár és az
Északi összekötő vasúti Duna-híd
közötti szakaszon**

Készítette: Zsoldos Szabina

**Belső konzulens: Kecskés Gábor
Külső konzulens: Tóth Gergő**

Budapest, 2015.

Tartalomjegyzék

Előszó5

1. Talajjavítás, talajstabilizálás6

1.1. Kiszárítás8

1.2. Locsolás.....8

1.3. Keverés szemcsés anyaggal.....8

1.4. Aprítás törőgéppel.....9

1.5. Meszes kezelés.....9

1.6. Cementes stabilizáció10

1.7. Pernyés stabilizálás.....11

1.8. Speciális anyagokkal való kezelés.....11

1.9. Felszíni talajtömörítés.....12

1.10. Mélyvibrációs talajkezelés14

1.11. Talajfagyasztás15

1.12. Talajszegezés.....16

1.13. Talajvasalás19

1.14. Geoműanyagok20

2. Geoműanyagok típusai20

2.1. Egyszerű geoműanyagok21

2.1.1. Geotextília21

2.1.2. Georács23

2.1.3. Geoszalag25

2.1.4. Geoháló.....25

2.1.5. Geomembrán25

2.1.6. Geocella26

2.1.7. Geocső26

2.1.8. Geopokróc.....26

2.1.9. Geoszőnyeg26

2.1.10. Geohab.....26

2.2. Geokompozitok26

2.2.1. Szivárgó paplan27

2.2.2. Drénszalag27

2.2.3. Aszfalterősítő háló.....27

2.2.4. Geoszintetikus-agyag szigetelő	27
3. Geoműanyagok funkciói	28
3.1. A funkciók típusai	29
3.2. A geoműanyagok funkcionális tervezése	30
3.3. Drénázás	31
3.4. Szűrés.....	31
3.5. Erózióvédelem.....	31
3.6. Elválasztás	32
3.7. Védelem.....	32
3.8. Erősítés	32
4. Geoműanyagok jellemzői	34
4.1. Fizikai jellemzők.....	35
4.1.1. Anyag, szerkezet.....	35
4.1.2. Méretek	35
4.1.3. Tömegjellemzők	35
4.2. Mechanikai tulajdonságok	35
4.2.1. Viselkedés húzóigénybevételre	35
4.2.2. Viselkedés nyomóigénybevételre.....	35
4.2.3. A geoműanyag és a talaj közötti mechanikai kapcsolat	35
4.2.4. Lokális hatásokkal szembeni ellenállások	36
4.3. Tartóssági tulajdonságok	36
4.3.1. Kúszási tulajdonságok.....	36
4.3.2. Degradációs tulajdonságok	36
4.4. Hidraulikai tulajdonságok	36
4.4.1. Vízvezetőképesség.....	36
4.4.2. Szűrési tulajdonságok	36
4.5. A mérnöki alkalmazás követelményei a termékekkel szemben.....	37
4.5.1. Gyártási követelmények	37
4.5.2. Geotechnikai megfeleléség	37
4.5.3. Gazdaságosság	37
5. Vizsgálati módszerek	37
5.1. Szakítóvizsgálat	37
5.2. Statikus átszakadással szembeni ellenállás.....	39
6. Alkalmazási körök, tervezés	40
6.1. Töltésalapozás.....	40
6.2. Töltéstart építése, víztelenítő szerkezetek	41

6.3. Földművek teherbírásának növelése.....	42
6.4. Rézsűvédelem	42
6.5. Erősített rézsűk, talajtámfalak, hídfők.....	43
6.6. Földművek csatlakoztatása szerkezetekhez.....	44
6.7. Geoműanyagok általános alkalmazási körök	44
6.7.1. Geotextília általános alkalmazási területei	44
6.7.2. Georácsok általános alkalmazási körei	46
6.7.3. Geohálók általános alkalmazási körei.....	46
6.7.4. Geomembránok általános alkalmazási körei	47
6.7.5. Geoszintetikus agyagszigetelők általános alkalmazási körei.....	47
6.7.6. Geocsövek általános alkalmazási körei.....	47
7. Tervezési szilárdság	48
8. Támfalak.....	48
8.1. Földtámfalak	49
8.1.1. Vízszintes rétegekkel erősített földtámfalak.....	50
8.1.2. Elosztott elemekkel erősített bélésfalak.....	51
8.1.3. Máglyafalak.....	51
8.1.4. Zárt szekrényfalak.....	51
8.1.5. Nyitott szekrényfalak.....	52
8.2. Gabion-falak.....	52
8.3. Súlytámfalak.....	52
8.4. Szögtámfalak.....	54
9. Támfal tervezése.....	54
9.1. Előzmények.....	54
9.2. Általános adatok.....	54
9.3. Terhelés	56
9.4. Talajmechanikai vizsgálatok.....	57
9.5. A támfal kialakítása	58
9.6. A támfal víztelenítése	61
9.7. Számítások	62
9.8. Befejező munkák.....	63
9.9. Munkavédelem	63
9.10. Tűzvédelem.....	63
9.11. Környezetvédelem.....	64
9.12. Tervező nyilatkozat.....	64
1. sz. melléklet	65

2. sz. melléklet66

3. sz. melléklet71

4. sz. melléklet76

5. sz. melléklet79

Irodalomjegyzék87

Kép jegyzék89

Táblázat jegyzék97

Diagram jegyzék97

Anyagkimutatás.....99

Előszó

Jelen szakdolgozat a geoműanyagok alkalmazásáról, ismertetéséről szól. Ezáltal szeretnék egy kis betekintést nyújtani erről a korszerű és rendkívül nagy mértékben terjedő és fejlődő anyagról.

A geoműanyag a 20. század egyik legnagyobb újítása volt az építőiparban, amely azonban csak a 21 században kezdett igazán tért hódítani. Ma is sokszor alkalmazzák inkább a hagyományos talajjavítási módszereket, melyekről a szakdolgozat elején szintén írok. Azonban fel kell ismerni a geoműanyagokban rejlő lehetőségeket, melyet még sok területen alig-alig alkalmaznak. Legnagyobb alkalmazási területe hazánkban az útépítés.

A talajjavítási, talajstabilizálási módszerek leírása után térek át a geoműanyagokra. Kifejtem a két fő típusát, az egyszerű és az összetett geoműanyagokat, majd ezek alkalmazási területeit, funkcióit, tervezését. Legnagyobb felhasználási területei az útépítés, vízépítés és a mélyépítés.

A szakdolgozat végén egy georácsokkal erősített talajtámfal tervét írom le, mely így szorosan kapcsolódik a témához. A támfalak esetén gyakran nincs elég hely vagy elég idő egy hagyományos támfal építésére (pl.: szögtámfal, súlytámfal), ilyenkor a georácsos megerősítés megfelelő megoldás lehet. A támfal gazdaságossága sem elhanyagolható tényező.

A geoműanyagok tehát egy nagyon korszerű anyag, melyet már most is nagyon sok területen alkalmaznak, azonban még mindig vannak felfedezetlen területek. A további kutatások, új tervezési és gyártási módszereknek köszönhetően, újabb és újabb fajták jelennek meg, melyek új kapukat is megnyithatnak.

1.Talajjavítás, talajstabilizálás

Egy-egy építkezés megkezdése előtt a talajok minőségét meg kell vizsgálni, hogy megfelelő minőségűek és teherbírásúak-e. Az alkalmasságukat a különböző tulajdonságaik alapján lehet eldönteni, melyekre szabvány által előírt vizsgálatok szolgálnak. Ezek lehetnek laboratóriumi vagy helyszíni vizsgálatok. A vizsgálathoz szükséges mintavételt az MSZ EN 22475 szabvány szerint kell végezni. A vizsgálatok által meghatározható a talaj térfogatsűrűsége, víztartalma, tömörsége, stb. Ezek alapján meghatározható, hogy a talaj alkalmas-e az építkezésre (1.1. és 1.2. táblázat). Ha nem megfelelő a talaj minősége, akkor javítani kell a talaj tulajdonságain. Ehhez többféle eszköz és módszer áll a rendelkezésre. A következőkben a legismertebb talajjavítási, talajstabilizálási módszerekről fogok írni részletesen.

Minősítés	Kiváló	Jó	Megfelelő	Elfogadható	Kezeléssel alkalmassá- tehető	Nem hasznosít- ható
Jel	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6
Szemel- oszlás Plaszticitás Egyéb	$S_{0,003} \leq 5\%$ $C_u > 6$	$5 \leq S_{0,003} \leq 15\%$ $3 \leq C_u < 6$ $C_u \geq 6$	$15 \leq S_{0,003} \leq 40\%$ $10 < I_p \leq 25\%$	$C_u > 3$ $25 < I_p \leq 40\%$ kissé szerves	$C_u < 3$ $10 < I_p \leq 40\%$	közepesen vagy nagyon szerves szikes $P_{dmax} < 1,65\text{g/cm}^3$
Víztartalom	kedvező	kedvező	megfelelő	megfelelő	alacsony vagy magas	
Talaj- megnevezési példa	homokos kavics kavicsos homok	kavicsos homok iszapos/agyagos kavics homok	iszapos/agyagos kavics-homok iszapos homok homokos iszap	homok iszap agyag	homok iszap agyag	

1.1. táblázat: A földműanyagként való felhasználás szempontjából

	Kedvező	Bizonytalan	Kedvezőtlen	Gyenge
	A-1	A-2	A-3	A-4
Talaj típusa	szemcsés finomszemcséjű	finomszemcséjű	finomszemcsés	finomszemcsés
Konzisztencia Index	$I_c > 0,90$	$0,75 < I_c < 0,90$	$0,50 < I_c < 0,75$	$I_c < 0,50$
Teherbírási modulus MPa	$E_2 > 15$	$7,5 < E_2 < 15$	$2,5 < E_2 < 7,5$	$E_2 < 2,5$
Járhatóság	nagy gumikerekes gépekkel is	lántalpas gépekkel	kis munkagépekkel, terepjárókkal	csak gyalogosan és speciális járművekkel

1.2. táblázat: A terep és a feltalaj minősítése

A talajjavítás és a talajstabilizálás nem összekeverendő egymással.

A talajjavítást a geotechnikai tulajdonságok gyors javítása céljából végzik. Ez történhet úgy, hogy a talajt nedvesítik vagy kiszáritják, plaszticitását csökkentik, a talaj bedolgozhatóságát javítják, így elérik a kívánt tömörséget és növelhető a teherbírás. A talajjavítás az építés előtt vagy alatt alkalmazott kezelés, amely azonnal javítja a talaj tulajdonságait, így megkönnyíti a földmunkát és gyorsítja az építést. A talajstabilizálás előkészítéséhez is végezhető talajjavítás.

A talajstabilizálás a talaj tulajdonságait tartósan megváltoztatja. Ennek hatására megváltoznak a talaj egyes alkotórészei, a szerkezete, növekszik a nyírószilárdság, így javul a teherbírása, valamint a vízzel és a faggyal szembeni ellenállása. Kedvezően hat a tömöríthetőségre és csökkenti a térfogatváltozási hajlamát. A talajstabilizálással így a beépítésre alkalmatlan talajok beépíthetővé válnak.

Egy megfelelően kiválasztott talajkezelési módszerrel rengeteg időt és pénzt lehet spórolni, gazdaságosabbá tehető a beruházás.

Talajjavítás és talajstabilizálás módszerei:

- kiszáritás
- nedvesítés locsolással
- keverés szemcsés anyaggal
- aprítás törőgéppel
- meszes kezelés
- cementes stabilizáció
- pernyés stabilizáció
- speciális anyagokkal való kezelés
- felszíni talajtömörítés
- mélyvibrációs talajkezelés
- talajfagyasztás
- talajszegezés
- talajvasalás
- geoműanyagok.

1.1. Kiszárítás

Ezt az eljárást akkor alkalmazzuk, ha a talaj elázott vagy átázott, és így kívánjuk elérni a megfelelő tömörségi fokot és terhelhetőséget. Általában csak durvaszemcséjű és vegyes szemcseösszetételű anyagok esetén hatékony megoldás. Kötött talajok esetén a lassú vízleadás miatt nem javasolt megoldás.

A hatékonysága nagyban függ az időjárástól és a víztartalomtöbblettől. A legnagyobb előnye, hogy nincs szükség speciális gépre és nem igényel semmilyen többletanyagot (más talaj, kötőanyag, hatóanyag), így olcsó és egyszerű megoldás. Hátránya viszont, hogy csak bizonyos talajoknál alkalmazható és csak megfelelő időjárási viszonyok mellett hatékony. Problémát okozhat még az is, hogy a már fellazított, szárításra előkészített talaj csapadékot kap és ennek hatására tovább romlik.

1.2. Locsolás

A túl száraz talajok sem tömöríthetők megfelelően, így ezek víztartalmát növelni kell. A túlzott kiszáradás ugyanis teherbírásvesztéssel jár, ez gyakran a járhatóságot is gátolja, a szél megbonthatja a felszínét.

Ez az eljárás leginkább szemcsés és átmeneti, esetleg gyengén kötött talajok esetén célravezető megoldás. Kötött talajok esetén ($I_p > 20\%$) a víz bejutása lassú, így a locsolás nem hatékony. A kötőanyagok talajkezelés esetén is fontos a locsolás, mint utókezelés. A locsolást mindig több lépcsőben kell végezni, mert túllocsolás esetén a szárítás tovább tart és nehezebben megoldható feladat.

Előnye – hasonlóan a kiszáritáshoz – az egyszerű kivitelezhetőség. A megfelelően kigondolt és végrehajtott locsolás nagyobb hátránnyal nem rendelkezik.

1.3. Keverés szemcsés anyaggal

Ezzel a módszerrel a szemeloszlást változtatjuk meg és így hosszútávon javulnak a talaj mechanikai tulajdonságai. A meglévő talajhoz finomszemcsés (iszap, finomhomok) és/vagy durvaszemcsés (kavics, zúzottkő) anyagot keverünk attól függően, hogy milyen a javítandó talaj.

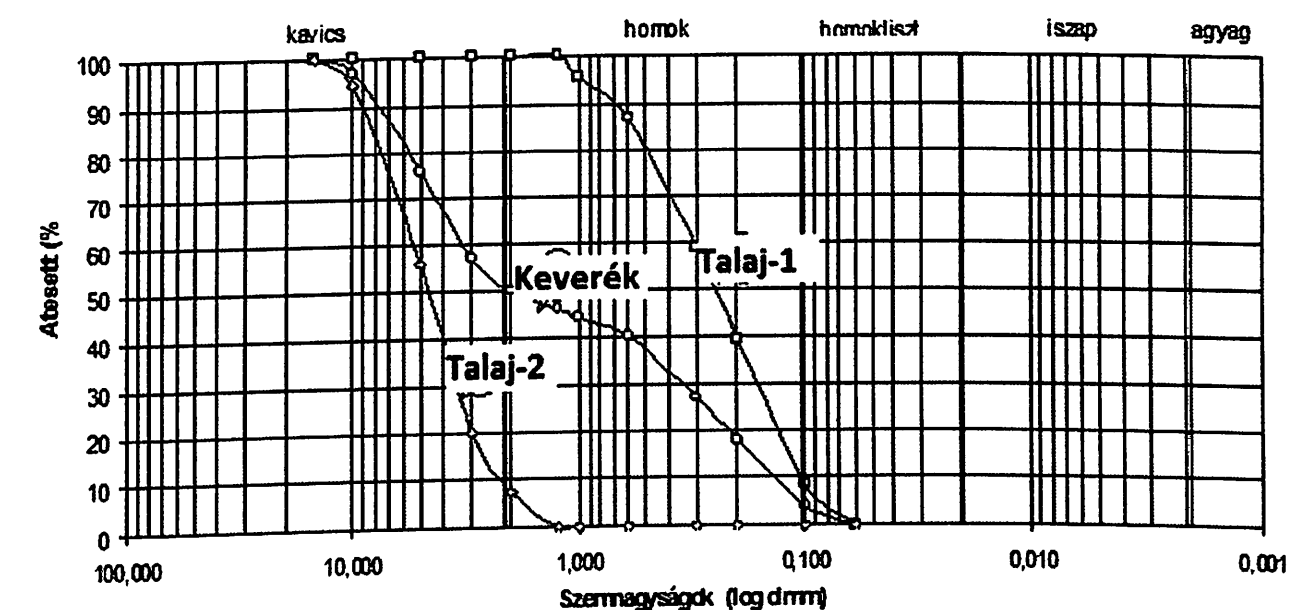
Keveréssel javítható a durvaszemcséjű talajok szemeloszlása, ezáltal könnyebb lesz a bedolgozhatósága, a finomszemcsék pedig növelik a talaj kapilláris kohézióját, így nagyobb lesz a teherbírása kiszáradás esetén.

A finomszemcséjű talajokat általában durvaszemcséjű anyagokkal keverjük, így javítva a járhatóságot.

Ezt a stabilizációt a szemeloszlás alapján kell előre megtervezni (1.1. diagram). Kivitelezés előtt pedig próbabeépítést kell végezni.

Előnye, hogy a keverés után a stabilizáció egyből létrejön, így a megfelelő hatás gyorsan előállítható. A talajcseréhez képest lényegesen kevesebb anyagfelhasználást igényel és viszonylag egyszerű földmunkagépekkel is elvégezhető a munka.

Hátránya a szállítási költség, mely akkor kerül sokba, ha a bekeverendő anyag nincs a helyszínen vagy a közelben.



1.1. diagram: Mechanikai stabilizáció során felhasznált talajok és keverék szemeloszlása

1.4. Aprítás törőgéppel

Ez a fajta talajjavítási módszer a közettörmelék és származékanyagok javítására alkalmazható. A szemcsék aprítása a tömöríthetőséget javítja.

Előnye, hogy a törőgépen kívül nem igényel más gépet és nincs szükség egyéb anyagra.

1.5. Meszes kezelés

Ezt az eljárást itthon inkább talajjavításra használják, azonban az USA-ban és Nyugat-Európában talajstabilizációként. A zúzottkő kivételével szinte minden talajnál

alkalmazható javításként, stabilizációként azonban csak az átmeneti, a kötött talajoknál és a finomszemcsével szennyezett durvaszemcsés talajoknál.

Talajjavítás esetén az égetett mész a talajnedvesség hatására oldódni kezd, amely hőtermeléssel jár és így jelentősen csökkenti a talaj víztartalmát, hatékony a talaj szárítása. „További fontos kémiai folyamat a kationcsere vagy más néven koaguláció. Ekkor az oltott mészből a kalciumionok diffúzió útján jutnak az agyagszemcsék éleihez, ahol felgyűlnek és kicserélődnek az agyag felszínén található gyengébb potenciálú ionokkal, majd az agyagszemcsék felületén adszorbeálódnak. Az agyag felszínén kialakuló kalciumion-koncentráció hatására az agyag felszínéhez kötődő vízburok csökken. Az agyag negatív töltésű felszínéhez kapcsolódó kalciumion pozitív töltése következtében több agyagszemcse kapcsolódik össze, az agyagszemcsék koagulálnak. A koaguláció mellett fontos szerepet kap a puzzolán reakció, ami tulajdonképpen hidraulikus kötést jelent. Ekkor a kalciumion az agyagásványok szerkezetét is megbontja és azokkal új vegyületeket képez, ami cementációt eredményez.” [1]

A szárítás által javul a talaj bedolgozhatósága és a teherbírása is. Ennek mértéke elérheti a durvaszemcséjű talajokét is. Az agyagok térfogatváltoztatási hajlama megszüntethető, a nyírószilárdság nő, így a vízzel és a faggal szemben is ellenállóbb lesz, a durvaszemcséjű talajokhoz hasonló minőségű teherbíró réteg alakítható ki. Repedések kialakulása esetén, ha bezáródnak, új kötés alakul ki a felületek között.

Előnye, hogy kis mennyiség bedolgozásával is nagymértékű javítás érhető el. Hátránya a porosodás és ennek következtében az egészségkárosodás, ez azonban ma már a megfelelő célgépekkel kikerülhető.

1.6. Cementes stabilizáció

Ezt általában talajstabilizációként alkalmazzuk, de kis mennyiségben talajjavításként is lehet használni. Túl kevés cementadagolás esetén azonban több idő szükséges a kezdeti tulajdonságváltozásokhoz. Elsősorban durva és vegyes szemcséjű talajok kezelésére alkalmas. Így növelhető a teherbírás, a fagyvédelem és a felületvédelem.

Ez a stabilizáció klasszikus hidraulikus kötőanyagú, ami növeli a kohéziót a szemcsék cementálásával és így a talaj teherbírása nő, ami hosszútávon megmarad. A hidraulikus kötés során a cement vizet vesz el a talajszemcsékből, így kis mértékben szárítás is

történik. A megfelelő hatékonyság eléréséhez erre alkalmas géplánc szükséges vagy helyszínen történő keverés.

Előnye, hogy kis mennyiségű anyag is elegendő és így a szállítási költségek nem magasak, jól megtervezhető és ezáltal biztos az eredmény, jól kidolgozott elméleti és gyakorlati háttérrel rendelkezik.

1.7. Pernyés stabilizálás

Előzetes vizsgálat elvégzésével igazolható, hogy a pernyés és egyéb kötőanyagok stabilizálás bármely talaj esetén alkalmazható, ha a vizsgálat az alkalmasságát kimutatta. Hasonló a meszes talajstabilizáláshoz a tervezése és a kivitelezése, de a különböző kötőanyagok sajátos tulajdonságait és a környezetre gyakorolt hatásukat figyelembe kell venni. „A pernyés stabilizálás alapvetően a pernyében hátramaradt hidraulikus kötőanyagok és traszanyagok talajszemcsékkel való kémiai reakcióin alapul. Hatási puzzolán és hidraulikus kötésként jelentkeznek. A pernye hatékonyan alkalmazható meszes talajstabilizálásban az agyagfrakció helyettesítésére.” [1]

Előnye, hogy másodlagos nyersanyagot használunk, ami kevésbé káros a környezetre. Hátránya, hogy minden pernye összetétele különböző lehet, ezért minden alkalommal átfogó laboratóriumi vizsgálatokra van szükség.

1.8. Speciális anyagokkal való kezelés

Ezek a stabilizálószerkezetek a különböző talajtípusokra (finomszemcsés, átmeneti, gyengén kötött, finomszemcsés szennyezett talajok) lettek kifejlesztve. Ma már kezd hazánkban is elterjedni a rosszul graduált szemcsés talajokhoz használható vegyszerek. A hatóanyagok általában nagy mennyiségben vannak jelen a vegyszerekben, így a szükséges mennyiség ezrelékben mérhető. Ezt a mennyiséget azonban általában vízzel kell összekeverni, ami rontja a tömöríthetőséget, így nedvesebb talajokban nem alkalmazható hatékonyan, ideális a normál vagy száraz víztartalom. A remix gépen kívül más speciális eszköz nem szükséges.

Előnye, hogy csak rendkívül kis mennyiségű anyag szükséges, így gyakorlatilag nincs szállítási költség. A laborvizsgálatokkal meghatározható, hogy a javításra váró talajhoz milyen vegyszer szükséges, így könnyen tervezhető a stabilizálás. A nem körültekintő és nem biztonságos vegyszer alkalmazása azonban veszélyes lehet.

1.9. Felszíni talajtömörítés

A talaj természetes tömörsége nem mindig elegendő a szükséges ellenálláshoz, így a megfelelő tömörséget mesterségesen állítjuk elő. A talajtömörődés hatására bekövetkező változásokat a talaj fizikai-mechanikai tulajdonságainak és állapotának vizsgálatával és azok értékelésével jól nyomon lehet követni. A magyar szabvány szerint a tömörségi indexet a szemcsés talajoknál az $I_D = \frac{e_{max}-e}{e_{max}-e_{min}}$ képlettel kell meghatározni, a kötött talajoknál pedig a konzisztencia indexet a $I_C = \frac{W_L-W}{W_L-W_P}$ képlettel szokás számolni (1.3. és 1.4. táblázat).

A tömörség osztályozása	
Megnevezés	Tömörségi index I_D %
Nagyon laza	0 – 15
Laza	15 – 35
Közepesen tömör	35 – 65
Tömör	65 – 85
Nagyon tömör	85 – 100

Konzisztencia	Konzisztencia index I_C
Nagyon puha	< 0,25
Puha	0,25 – 0,50
Gyúrható	0,50 – 0,75
Merev	0,75 – 1,00
Kemény	> 1,00

1.3. táblázat: tömörség szemcsés talajoknál 1.4. táblázat: tömörség kötött talajoknál

Azért szükséges, hogy javítsuk a talaj összenyomhatósági paraméterét, mert így növeljük a talaj nyírószilárdságot, csökkentjük az áteresztőképességet.

Célszerű próbatömörítést végezni, amely a megfelelő gép kiválasztása mellett választ ad arra, hogy milyen legyen a járatszám, a rétegvastagság és a víztartalom.

Fajtái: felszíni dörgölés, hengerezés és vibrálás.

A felszíni dörgölés során 20-50 méter magasságból 20-100 tonna tömeget ejtve tömörítjük a szemcsés talajt, vagy lágy, konszolidálatlan kötött talajnál kőanyagot, kavicsot betöltve kő- és kavics-tömzsöket hozunk létre (1.1. kép).

Dinamikus talajtömörítés esetén egy 5-25 tonna tömeget ismételve ejtegetünk 10-30 méter magasságból. A tömörítés során a becsapódó súly energiáját a talajfelszínen keresztül átadja a mélyebben fekvő rétegeknek, az így keletkező hullámok pedig átrendezik a talajszemcséket az optimális tömörségre. A kezdeti becsapódások

hatásfoka a legnagyobb, a tömörítő szerszám ekkor hatol be a legmélyebben a talajba **(1.2. kép)**. A kívánt eredmény elérése gondos tervezést igényel.

A talajhengerezés az útéépítésben használatos, több típusa is létezik. Ez az egyik legrégebbi földmunkagép, már a 19. században is használták. Leggyakrabban önjáróak, de vontatott változatuk is előfordul.

A statikus henger a klasszikus, sima felületű úthenger, ami a saját tömegével tömörít. Olyan változata is van, ami belül üreges tömörítő henger, ezt vízzel vagy homokkal lehet kitölteni, hogy nehezebb legyen.¹ Előnye, hogy egyenletesen tömörít, egyszerű a kezelése, olcsó a fenntarthatósága és hosszú élettartamú. Hátránya, hogy kicsi a teljesítménye és a tömörítési vastagsága, nehézkes a szállítása. Szemcsés talajoknál hatékony kezelési módszer, iszapos talajnál és lösznél már kevesebb a hatékonysága, agyagtalajoknál hatástalan **(1.3. kép)**.

A vibrációs henger a jelenleg legelterjedtebb, sima felületű úthenger, ami vibrációs berendezéssel van felszerelve. Ez rezgést generál a talajban és így a talajszemcsék tömörödnek.² Gyorsulásmérővel vannak ellátva, amely méri a henger függőleges benyomódását a talajba, ezek eredményét egy képernyőn jelenítik meg. Az újabb típusoknál a gép már automatikusan állítja be és korrigálja a vibrációs paramétereket. Szemcsés talajoknál nagyon hatékony, iszapos talajnál és lösznél is hatékony kezelési módszer. Száraz agyagnál elfogadható, puha agyagnál már igen kevés a hatékonysága **(1.4. kép)**.

A gumihenger széles, vastag gumiabroncsokkal tömörít. Statikus tömörítőnek is hívják, a kerekek aszimmetrikusan vannak elhelyezve. Iszapos talaj, homok és lösz tömörítésére ideális **(1.5. kép)**.

A juhlábhenger, vagy más néven bűtykös henger lehet statikus vagy vibrációs is. Leginkább agyagtalaj és töltések tömörítésére való **(1.6. kép)**.

A kombinált henger egyik végén sima vibrációs henger, a másik végén pedig gumihenger található **(1.7. kép)**.

A lapvibrátor, vagy másik nevén a béka előnye, hogy kis tömegű, könnyű a kezelhetősége, kötött talajoknál alkalmazható **(1.8. kép)**.

¹ lásd: I. sz. melléklet

² lásd: I. sz. melléklet

Töltések és rézsűk tömörítése: a töltések kritikus része a töltésváll és a rézsűfelület. Itthon általában úgy biztosítják a tömörségüket, hogy kb. 1,5 méterrel szélesebb töltés készül, mint amire szükség van, és a nehéz tömörítő gépek a koronaélet kb. 1 méterre megközelítik, így miután lenyesik a felesleget, tömör rézsűt nyernek. Külföldön a rézsűn is dolgoznak hengerekkel.



1.1 kép: Felszíni döngölés 1.2. kép: Dinamikus talajtömörítés 1.3. kép: Statikus henger



1.4. kép: Vibrációs henger 1.5. kép: Gumihenger

1.6. kép: Juhlábhenger



1.7. kép: Kombinált henger

1.8. Kép Lapvibrátor, vagyis a „béka”

1.10. Mélyvibrációs talajkezelés

Három típusa létezik: mélytömörítés szemcsés talajban, vibrált kavicscölöpözés, habarcsosított vibrált kavicscölöp.

The diagram illustrates the four stages of a crane drilling process:

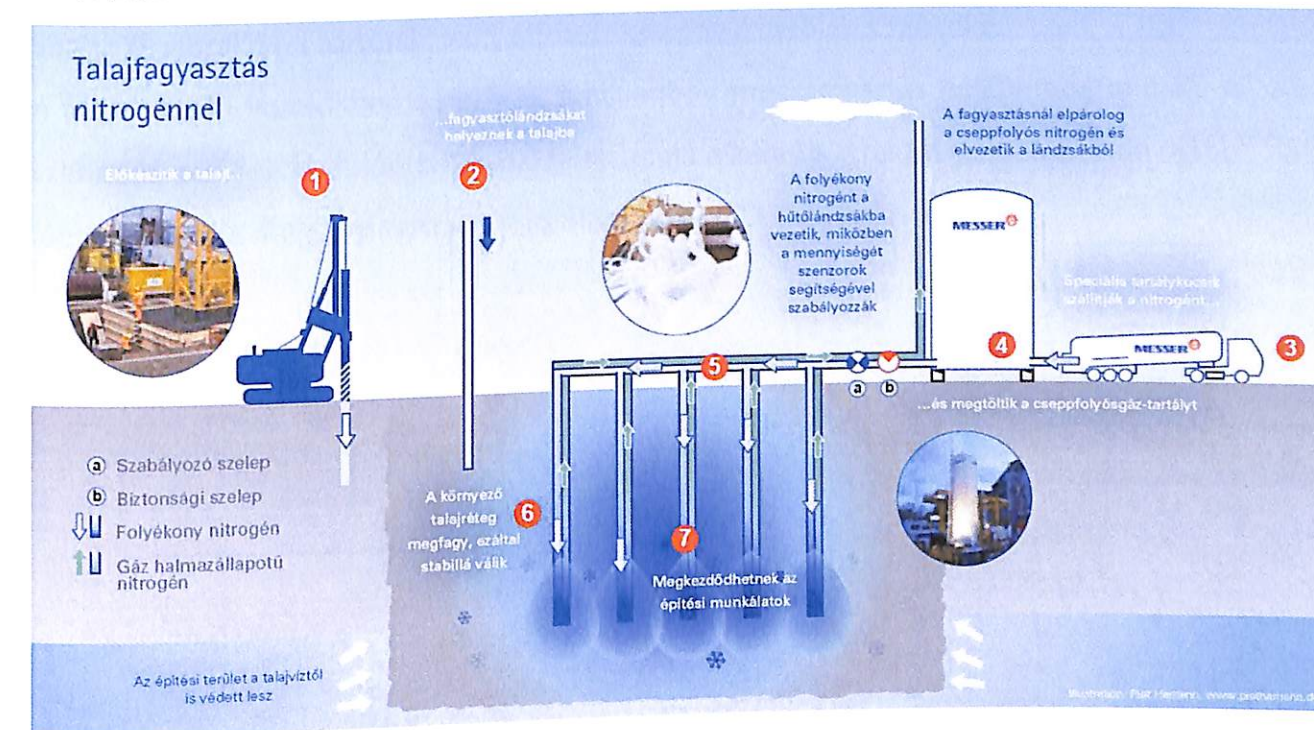
- 1**: The crane is positioned on the ground surface, and the drill bit is lowered into the soil.
- 2**: The drill bit is lowered further into the soil, creating a hole.
- 3**: The drill bit is raised, creating a larger hole.
- 4**: The drill bit is raised further, creating an even larger hole.

1.11. Talajfagyasztás

A csöveket vagy sósvízzel, vagy folyékony nitrogénnel töltik ki. A sósvizes fagyasztás lassabb eljárás, de kisebbek a költségek. A folyékony nitrogénes fagyasztás során speciális acélcsövekre van szükség, mert előfordulhat, hogy $-190\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra hűtik le a folyadékot. Drágább megoldás, a fagyasztás viszont gyorsabb, mint a sósvizes fagyasztás.

A fagyasztás lehet kétfázisú, egyfázisú és hűtött levegős. A fagyasztott talaj szilárdsága függ a talajfajtától, a hőmérséklettől és a víztartalomtól.

Előnye, hogy környezetbarát eljárás, nem alkalmaz veszélyes anyagokat, nincs talajszennyezés. Automatikus a munkafolyamat, rugalmas és tervezhető a folyamat. Tökéletes vízzárást biztosít, nem igényel megtámasztást, oldalhatárolást. Szinte az összes talajtípusnál alkalmazható. Hátránya a bonyolult gépi berendezés, mely nagyon költséges. Az előkészítése hosszas folyamat, akár 2-3 hónapig is eltarthat. A fagyveszély elkerülése érdekében a szerkezeteket szigetelni kell.



1.10. kép: A talajfagyasztás folyamata

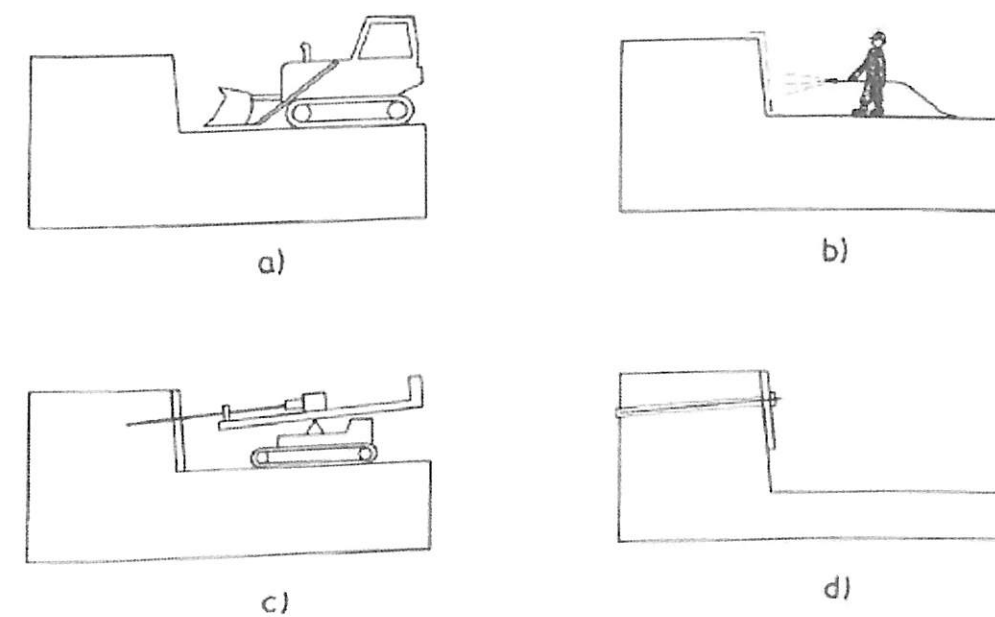
1.12. Talajszegezés

A szegezett falak elsősorban a bevágások, nem állékony domboldalak, sziklarézsűk megtámasztására szolgálnak. Alkalmazási területük: ideiglenes és végleges földmegtámasztás, alagutak bejáratainak stabilizálása, rézsűstabilizálás, támfalak javítása. Többféle szerkezeti megoldása van. Lehet burkolófal nélküli szegezett fal, ezt elsősorban kötött talajokban alkalmazzák, ideiglenes vagy végleges biztosításra; talajszegezés és lőtt beton kombinálva esztétikai célú burkolással, ezt végleges szerkezeteknél használják; monolit betonfallal kombinált szegezett támfal; előregyártott vasbeton elemekkel kombinált szegezett talajtámfal. A szerkezet készülhet betonvasból, acélcsőből és acélszegekből.

Ez a módszer alkalmazható kötött és szemcsés talajoknál, mállott kőzetnél és lejtőtörmelék esetén, tehát igen sokrétű az alkalmazhatósága. Nem alkalmazható azonban puha, plastikus agyag esetében, szerves talajoknál, laza és/vagy telített szemcsés talajnál, illetve feltöltéseknél.

A várható csúszólap mögé kellő mélységig benyúló szegek húzó, nyíró és hajlító igénybevételek felvételére alkalmasak. Az erősítendő felületre acélhálót fektetnek, majd 5-20 cm vastag lőtt betonos eljárással betonréteggel vonnak be. A szegezés szakaszosan, lépcsőkben történik. Ehhez általában acél rudakat, betonacélt használnak, a lejtőtátásuk veréssel, vibrálással történik, vagy sűrített levegővel belövik a szegeket.

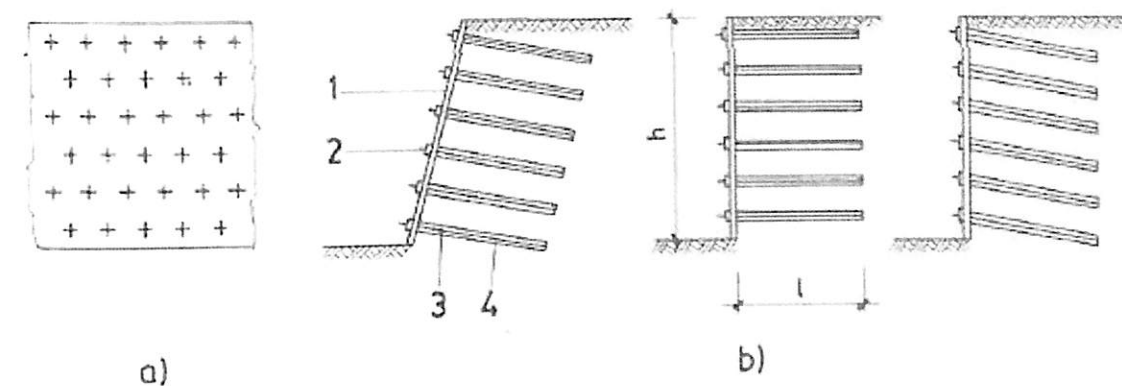
A földet olyan lépcsőkben emelik ki, amilyenben megtámasztás nélkül még megáll. A szabaddá váló felületet lőtt betonnal fedik, majd elkészítik a talajszegeket. Ezután újabb lépcsőt nyitnak meg, s megismétlik az előbbieket (1.11. és 1.12. kép).



A talajszegezéses bélésfal építésének jellegzetes vázlata

a) földkiemelés; b) acélháló betétes lövelt-beton héj készítése; c) lyukfúrás, talajszeg-beépítés; d) újabb réteg földkiemelése

1.11. kép: A talajszegezés folyamata



A talajszegezéses bélésfal általános elrendezése

a) előlnézet; b) keresztmetszet-változatok;
 1 héjalás (lőtt-beton, előregyártott vasbeton elemek stb.); 2 horgonyfej;
 3 horgonyrúd-talajszög (acélrúd); 4 injektált cementhabarcs

1.12. kép: A bélésfal kialakításának módjai

A lőtt beton vastagsága ideiglenes szerkezet esetében 10-15 cm, tartós szerkezet esetében 15-25 cm. A szegek hajlása 10-15°. A szegek együttdolgoztatják a talajtömeget, és az, mint súlytámfal dolgozik. A lőtt beton a szegek közötti talaj kipergését, kiomlását hivatott megátolni.

Előnye az alacsony költség, egyszerű eszközökkel kivitelezhető, rugalmas szerkezet és csak kis földtömeg marad megtámasztás nélkül.

Hátránya, hogy áramló talajvíz esetén nem alkalmazható, a vízelvezetés nehezen oldható meg és meglévő közművekkel ütközhet, ezért komoly tervezést és előkészítést igényel.

A szegeket korrózióvédelemmel kell ellátni, különösen, ha végleges szerkezetről van szó. Ehhez használhatnak epoxi bevonatot, polietilén tokot, illetve katódos védelmet. A felületvédelem a végleges falaknál a legfontosabb. Ez az esztétikai megjelenést is biztosítja. Ehhez használhatnak hegesztett vashálót, vasbeton szerkezetet, előregyártott betont vagy acél paneleket.³

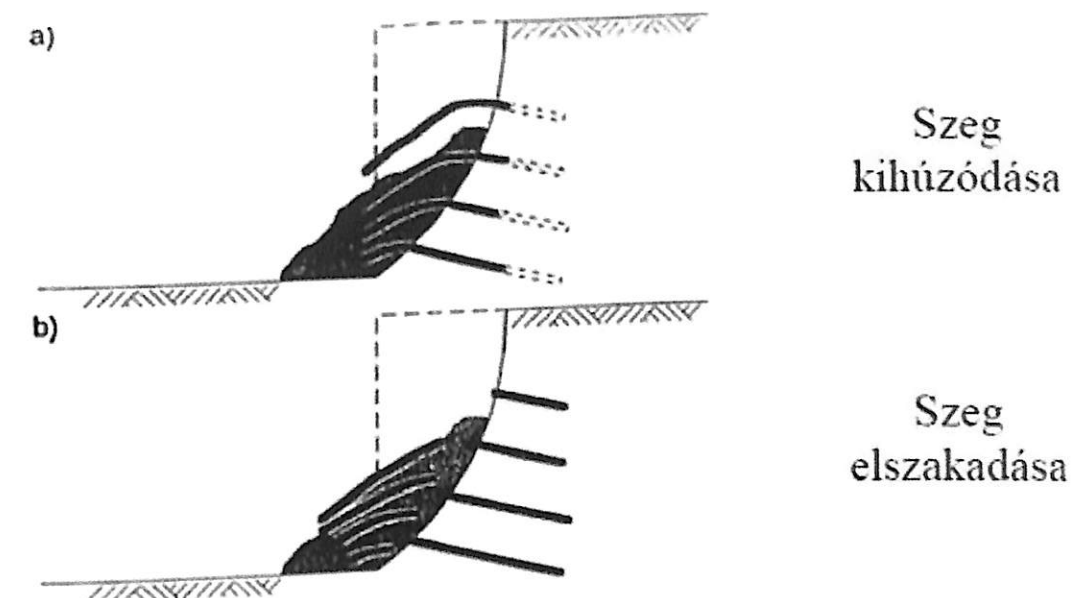
A víztelenítés megoldása kulcskérdés a talajszegezés esetén. Cél a víznyomás csökkentése és a telítődés megakadályozása. Alkalmaznak ehhez geotextíliát, vagy víztelenítő kutakat helyeznek el.

A talajszegezés viszonylag kevés környezeti vonatkozású kérdést vet fel. A talajba végeredményben csak az acélszegek és az ágyazó cementhabarcs kerül. A szegek és a

³ lásd: 2. sz. melléklet

cement megszokott anyagok, a talajt és a talajvizet nem szennyezik, a természetes környezetet lényegében nem terhelik.

A szegezett fal kétféleképpen mehet tönkre: a szeg vagy kihúzódik, vagy elszakad (1.13. kép).



1.13. kép: A szeg tönkremenetelének lehetőségei

1.13. Talajvasalás

Közművek, alapok, felszín alatti nagyobb létesítmények, támfalak és földművek építésekor sok esetben kell tereplépcsőket vagy közel függőleges támfalakat építeni. Ezeket valamilyen szerkezetből, betonból, vasbetonból vagy más anyagból lehet kivitelezni. A vasalt talaj esetében a homlokfal általában vasbeton szerkezet, amihez csatlakozik az erősítés. A talajba vasalást (erősítőelemeket) építünk be, ami által a talajtömeg húzóigénybevételek felvételére képes. A háttöltésbe fém vagy műanyag szalagokat, meredek rézsúknél georácsot vagy szőtt geotextíliát építenek be. A húzófeszültségeket súrlódás útján adják át a talajnak. A vasalt talaj támszerkezetként is funkcionálhat. Ebben az esetben fontos az esztétikai megjelenés, az erózió elleni védelem és a víztelenítés is. Előnye, hogy a kitermelt talaj visszaépíthető, magassága könnyen változtatható, azonnal terhelhető, süllyedésre nem érzékeny, földrengésbiztos, gyorsan építhető, sokoldalú, természetes felületképzés, környezetbe könnyen illeszkedik, nem kíván különleges alapozást. Alatta a terhelés egyenletesebben oszlik el, így puhább altalajra is építhető. Hátránya a kúszás és a szilárdságvesztés az idő

függvényében. Ha a magassága kisebb, mint 4 m, akkor a felhasznált nagy acél mennyiség miatt kevésbé gazdaságos ez a megoldás.⁴

Az első vasalt talajtámfal 1964-ben készült el Pragneresben, Franciaországban, az első publikáció ezzel kapcsolatosan pedig 1966-ban jelent meg Vidal által, aki ennek a módszernek a feltalálója volt. 1970-ig közel 100 vasalt támfal épült meg, a rekordmagasság 25 m volt akkoriban. Az 1970-es években Párizsban, New Yorkban és Montrealban megnyíltak az első ilyen jellegű irodák, melyek közel 10 év alatt több, mint 5000 műtárgyat készítettek el. Magyarországon először 1978-ban épült vasalt talajtámfal Fényeslitkén, kísérleti jelleggel.

Vasalt talajból nemcsak támfalak készülhetnek, hanem vasúti töltések lezárásai, hídfők, élővizek lehatárolása és partfalak is.⁵

1.14. Geoműanyagok

A geoműanyag olyan polimer anyagból készült termék, melyet talajhoz, közethez vagy más geotechnikai anyaghoz kapcsolnak geotechnikai, hidraulikai, közlekedési és környezetvédelmi mérnöki szerkezetekben. A geoműanyagokról bővebben a következő fejezetekben foglalkozom.

2. Geoműanyagok típusai

„A geoműanyagok alkalmazása minden bizonnyal az elmúlt 25 év egyik, ha nem a leglényegesebb geotechnikai innovációja lett. A termékkínálat, az alkalmazási kör, a téma szakirodalma és szabványosítása egyre bővül. A geotextíliák és a geomembránok alkalmazásának nemzetközi gyakorlata ugyan már közel 10 éve kialakult, a georácsos talajerősítés viszont a közelmúltban indult nagy fejlődésnek, s meggyőzőnek tetsző előrejelzések szerint tíz év múlva ez olyan természetes lesz, mint a beton vasalása. Egyre több szerepet kapnak a különböző geoműanyagok a vízmozgások szabályozásában is.

⁴ lásd: 2. sz. melléklet

⁵ lásd: 2. sz. melléklet

Idehaza egy-másfél évtizede a tervezők és a kivitelezők a hagyományos technológiákban gondolkodva, nem, vagy csak igen ritkán alkalmaztak geoműanyagokat. Néhány esetben megjelentek erősített talajszerkezetek, de inkább csak kísérleti jelleggel, s olykor balsikerrel. Viszonylag gyakori volt, hogy a kifejezetten kedvezőtlen kötött talajú területeken a hagyományos talajcsere helyett, illetve amellet a szemcsés anyagú töltések alá elválasztási céllal fektettek le geotextíliát. A geoműanyag akkortájt egyenlő volt a geotextíliával, sőt annak is egyetlen típusát használták, a „Terfil” nevű termék geotextíliával való azonosítása sajnos még ma is természetes és bevett megközelítés. A geoműanyag minőségére az akkori tervekben általában semmiféle előírás, paraméter nem volt megadva, a választás a kivitelező, jó esetben a Mérnök megítélésére volt bízva. Az akkori alkalmazások azonban nem is célozták meg a talajok mechanikai és hidraulikai tulajdonságainak pontosan meghatározott javítását.” [1]

A geoműanyagok előnye, hogy gyorsan beépíthető, nyersanyagforrásokat helyettesít, nagy az időállósága, versenyképes az ára és széles a választék. Nagyobb hátrányuk nem ismert, a legnagyobb problémát az okozhatja, ha nem megfelelő terméket választanak a beépítésre. A felhasználási területük igen sokrétű: használják a közlekedésepítésnél, mélyépítésben, környezetvédelmi létesítményeknél és a vízepítésben.

Legelőször az Amerikai Egyesült Államokban alkalmazták 1926-ban a South Carolina Highway szakaszán. Itt egy textil anyagot építettek be erősítés céljára. A textilt az altalajra tették, erre öntötték a forró aszfaltot és egy vékony homokréteget. Közel 10 év elteltével, 1935-ben kezdődött meg a textília romlása. Amíg megfelelő állapotban volt, addig csökkent a repedés az aszfaltban és az úthibákat lokalizálta. Magyarországon a geoműanyagok alkalmazásában a legnagyobb áttörést a magyar-szlovén vasútvonal hozta meg 1999-2001-ben.

2.1. Egyszerű geoműanyagok

2.1.1. Geotextília: sík, áteresztő polimer vagy akár szén alapanyagú, hurkolt vagy szőtt textília.⁶ Legalább 100 speciális alkalmazási területe van, de a fő funkciója mindig az elválasztás, az erősítés, a szűrés és a drénezés. Ezt a talajhoz, a közethez vagy más

⁶ lásd: 3. sz. melléklet

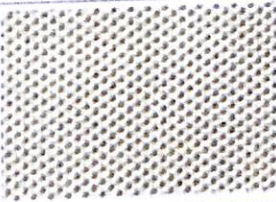
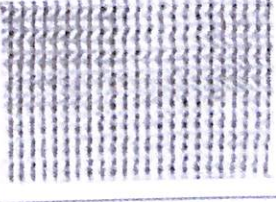
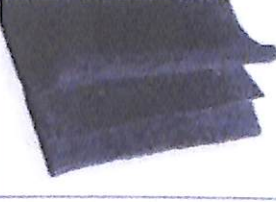
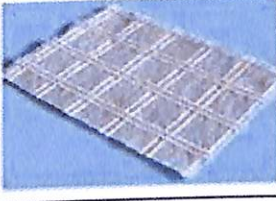
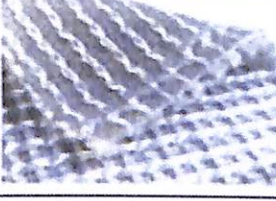
geotechnikai anyagokhoz kapcsolják és így teljesíti a tervezett funkcióját. Típusai (2.1. kép):

- *Nemszőtt geotextília:* végtelen vagy vágott szálakból előállított, irányított vagy véletlenszerűen rendeződött filc, ami hőkezeléssel, mechanikusan vagy vegyileg előállítva készül. Az így gyártott lemez, szövet vagy vatta nagy nyúlással kis erő felvételére képes, azonban hőkezeléssel növelhető a szilárdsága és csökkenthető a nyúlása. ISO 9001 minőségbiztosítási előírások alapján készülnek, melyet rendszeresen, független minőségellenőrzésnek vetnek alá.
- *Szőtt geotextília:* fonalak, rostszálak, műszálak, szalagok vagy más elemek két vagy több kötegének, általában derékszögű fűzésével előállított, nagyobb húzószilárdságú geotextília.
- *Hurkolt geotextília:* egy vagy több szál hurkolásával készül, mely lehet gyapotfonál, rostszál vagy műszál.

Az 1950-es években kezdték el használni szűrésre, előregyártott beton támfalaknál erózió elleni védelemre. Az 1960-as évek végén Franciaországban kezdtek el gyártani nemszőtt textíliát, melyeket elsődlegesen elválasztásra vagy erősítésre használtak. Ekkor ismerték fel a drénezési funkcióját. Az 1970-es években gyárak épültek Franciaországban, Ausztriában, Németországban és az USA-ban, melyek vezető technológiával gyártották a geotextíliát. Ezek népszerűsítették a geotextília használatát, melynek felhasználása innentől kezdve fellendült. 1977-ben volt az első konferencia Párizsban, amely a geotextíliákról szólt. 1980-ban és '81-ben jelentek meg az első erről szóló szakirodalmak. Folyamatos fejlődésnek indult meg a gyártás, rengeteg különböző típus lett kifejlesztve általános és speciális használatra. A gyártók vagy a nagyobb, általános piacra készítenek terméket, vagy a kisebb, speciális piacra.

Három gyártói szempontot különböztetünk meg: polimer típusa, rostszál típusa és a szövés típusa. A polimer típusa (zárójelben az anyag felhasználása százalékos arányban az összes geotextíliára nézve): polipropilén ($\approx 92\%$), poliészter ($\approx 5\%$), polietilén ($\approx 2\%$) és poliamid ($\approx 1\%$). A nedvesség viszonylag kis szerepet játszik a szilárdságban. Csak a polipropilén és a polietilén könnyebb, mint a víz. A poliészter nyeli el a legkevesebb vizet és az összes típus meglehetősen magas olvadáspontú. A szövés típusa 3 fajta lehet: szőtt, nemszőtt és hurkolt. A hurkolt eljárással készült geotextília a legtrikább típus. Ezekből

kifolyólag a geotextíliának nagyon sok típusa van, mely közvetlen hatással van az anyag fizikai, mechanikai és hidraulikai tulajdonságaira.

			
nemszött (hőkezelt) geotextília	nemszött (tüzött) geotextília	többretegű (nemszött) geotextília	többretegű (nemszött) geotextília
			
(szalagokból) szőtt geotextília	(fonálból) szőtt geotextília	(fonálból) hurkolt geotextília	többretegű (nemszött-szött) geotextília
			
nemszött, (lyukasztott) geotextília	erősített, fűmagos nemszött geotextília	erősített, szőtt geotextília	többretegű, hurkolt-nemszött geotextília

2.1. kép: A geotextíliák típusai

2.1.2. *Georács*: kötéssel, szövéssel, extrudálással vagy nyújtással létrehozott PP vagy PE alapanyagú egy-, két- vagy háromirányú húzóerő felvételére képes nyitott, hálószerű szerkezet, melynek nyílásai nagyobbak, mint az alkotói. Ezeket az anyagokat erősítő elemként használnak talajhoz, közetbe vagy más geotechnikai szerkezethez kapcsolva. Sok területen használják, de szinte kizárólagos funkciója az erősítés. Legfőbb felhasználási területei a támfalak, rézsűk, utak és altalajok erősítései. Számos termék elérhető a piacon.⁷ Típusai (2.2. kép):

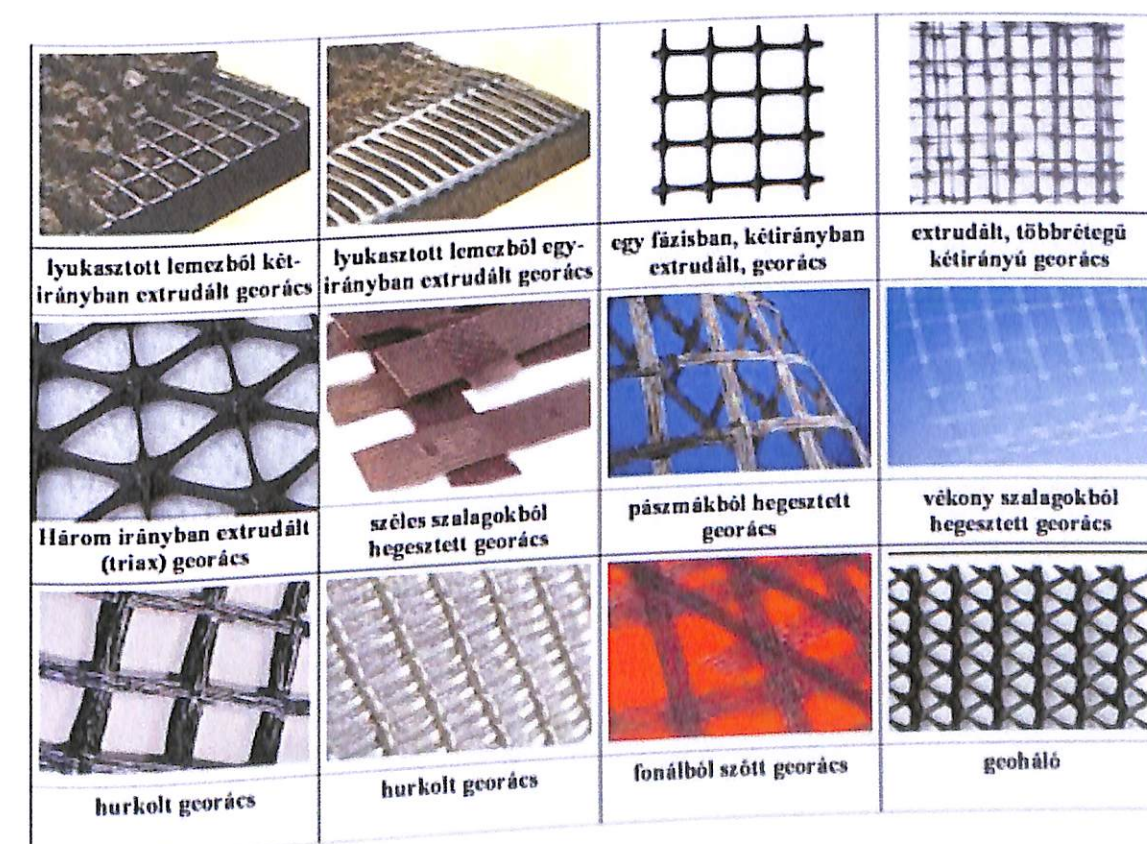
- *Extrudált georács*: kilyukasztott lemezből állítják elő extrudálással egy-, két- vagy háromirányba húzva. Ezek az anyagok merev kapcsolattal bírnak és magas bordaprofillal rendelkeznek, emiatt az ún. alakos záró kötés kialakulásával is képesek a szemcsékkel való kapcsolatra, nem csak a súrlódás útján.

⁷ lásd: 3. sz. melléklet

- *Hegesztett georács:* vékony szalagok vagy pászmák kötegéből hegesztett négyzetes nyílású háló.
- *Szőtt georács:* fonalak vagy elemek, általában derékszögű összeszővésével gyártott georács.
- *Hurkolt georács:* fonalak vagy elemek, általában derékszögű összehurkolásával gyártott georács.

A georácsok tervezésének kulcsa a rácsok hossz- és keresztirányú nyílásainak tervezése. A georácsok nyílásai ugyanolyan merevek, mint a geotextília szálai. Nemcsak a rácsok erőssége számít, hanem a csomópontoké is. Ennek oka, hogy a terhelés a bordákon keresztül a csomópontokra adódik át. Így a csomópontoknak ugyanakkora erőt el kell bírniuk, mint a rácsoknak. A gyártók eszerint készítik el termékeiket.

Először Angliában kezdték el gyártani és alkalmazni, majd az USA-ban is. Vastagsága általában 4-6 mm, nyílásai 10-100 mm között változik általában. Ezek a nyílások lehetnek ellipszis, négyzet alakúak lekerekített sarkokkal, négyzet, illetve téglalap alakúak. A gyártása kontrollált hőmérsékleten történik, így a feszítés közben nem törik el az anyag. Viszonylag nagy szilárdságú, alacsony kúszás érzékeny polimer.



2.2. kép: A georácsok típusai

2.1.3. *Geoszalag*: polimer anyagú szalag, melyet a talajhoz, kőzethez és más geotechnikai anyagokhoz kapcsolva használnak erősítési céllal.⁸

2.1.4. *Geoháló*: síkbeli, polimer vagy természetes anyagú, extrudálással, szövással vagy csomózással összekapcsolt alkotóelemekből gyártott, szabályos, tömör hálószerű, a georácsoknál kisebb szilárdságú szerkezet, melynek nyílásai kisebb az alkotóinál.

Először 1984-ben használták a környezetvédelemben. Drénezésre használják, bár a georácshoz hasonlít, amit viszont erősítésre használnak. Gyakran geotextíliával, geomembránnal vagy egyéb anyaggal együtt használják geokompozitként. Anyag szinte kizárólag polietilén, melynek vastagsága általában 5-9 mm.

A geohálók csoportjába sorolható elbomló vagy nem elbomló térbeli hálók, illetve térbeli hálók, melyeket rendszerint humusszal töltenek ki és füvesítik a felületét.⁹ Ez 34°-os rézsűhajlásig alkalmazható.

2.1.5. *Geomembrán*: nagy vízzárású HDPE vagy PP lemez, relatíve vékony anyag, melyet elsődlegesen szigetelésre használnak geotechnikai szerkezetekben, pl.: hulladéklerakók, víztárolók, csatornák. Az 1980-as években lett népszerű a használata az USA-ban és Németországban.

- Bitumenes geomembrán: viszonylag nagy vízzáróságú, természetes bitumenből - készült síklemez.
- Elasztomer geomembrán: viszonylag nagy vízzáróságú, elasztomer polimerből készült síklemez.
- Plasztomer geomembrán: viszonylag nagy vízzáróságú, plasztomer polimerből készült síklemez.

A geomembránok felületét gyakran érdesítik, hogy jobban tapadjanak a rájuk kerülő anyagokhoz.¹⁰ Általános vastagsága 0,75-3 mm és a szélessége pedig 1,8-4,6 m.

⁸ lásd: 3. sz. melléklet

⁹ lásd: 3. sz. melléklet

¹⁰ lásd: 3. sz. melléklet

2.1.6. *Geocella*: 7,5-20 cm széles geomembránszalagok különböző távolságokban való összehegesztésével előállított térbeli háló, melyet erősítő vagy rézsúvédelmi célokra használnak. Felülete lehet sima, érdes vagy perforált, színe fekete, zöld vagy drapp.¹¹

2.1.7. *Geocső*: polimer anyagból készített, bordázott vagy sima külső felületű, zárt vagy perforált falú cső, melyet hidraulikai szerkezetekben használnak vízelvezetésre. Hagyományosan földalatti vezetéknek használták víz, gáz, olaj és egyéb folyadékok szállítására.¹²

2.1.8. *Geopokróc*: áteresztő, biológiailag lebomló (szintetikus vagy természetes) textíliaszzerű anyagból készült szerkezet, melyet a talaj felületére fektetnek ideiglenes (általában a növényzet megerősödéséig tartó) erózióvédelem céljából.

2.1.9. *Geoszőnyeg*: háromdimenziós, áteresztő, polimer anyagú, kötött szálakból készült szerkezet a fű és a kis növények gyökereinek erősítésére és a növények erózióvédelmi korlátainak kiterjesztésére, tartós erózióvédelem céljából.

2.1.10. *Geohab*: magas hézagtartalmú anyag, amely habképző anyaggal van kitöltve. 1972-ben használták először Norvégiában.¹³

2.2. Geokompozitok:

A geokompozitok az előbb felsorolt egyszerű geoműanyagok összeépítésével előállított anyagok.¹⁴ Céljuk, hogy az alapanyagául szolgáló geoműanyagok kedvező tulajdonságait ötvözzék, valamint a kivitelezést egyszerűsítsék. A legjobb tulajdonságokat ötvözik, hogy optimalizálják az alkalmazást. A geokompozitok felölelik az összes funkciót. Ezek gyártása és tervezése a legjobbat hozza ki a mérnökökből, a gyártókból és a kivitelezőkből.

¹¹ lásd: 3. sz. melléklet

¹² lásd: 3. sz. melléklet

¹³ lásd: 3. sz. melléklet

¹⁴ lásd: 3. sz. melléklet

2.2.1. *Szivárgó paplan*: geoháló, geotextília vagy geomembrán felhasználásával kialakított kompozit. Célja a szűrés, az elválasztás és a vízelvezetés. Az alapanyagot a felhasználási területtől függően választják ki, lehet szó betonfelületekkel való érintkezésről, talajtámfal hátszivárgóról vagy a vasúti földmű megóvásáról.

2.2.2. *Drénszalag*: viszonylag keskeny geoháló geotextíliával való becsomagolásával, vízelvezetési célból előállított kompozit. A drénszalagok feladata a kis vízáteresztőképességű talaj drénezése azáltal, hogy megfelelő sűrűséggel és hosszban leszűrjük abba.

2.2.3. *Aszfalterősítő háló*: üveg, bazalt vagy szénzsálas pászmák geotextíliára varrásával kerül legyártásra. Képes a meglévő aszfaltburkolatban kialakuló reflexiós repedések kialakulásának és kiterjedésének megakadályozására, ezzel a fagykárok csökkentésére, a burkolatok megerősítésére, tartósságuk növelésére, terhelések egyenletes eloszlásának elősegítésére, meglévő és nyomvályúsodott burkolatok maradó pályaszerkezeteinek bevédésére és új burkolatok nyomvályúsodásának megakadályozására.

2.2.4. *Geoszintetikus-agyag szigetelő*: geotextíliából vagy geomembránból és kis áteresztőképességű földanyagból (agyag vagy bentonit) készül tekercsben gyártva. Készülhet varrással vagy kötéssel. Felhasználási területe a közlekedésépítés, mélyépítés és vízépités.



2.3. kép: Egyéb geoműanyagok

3. A geoműanyagok funkciói

A geoműanyagok funkciói különböző feladatokat láthatnak el. A funkció nem azonos az alkalmazási körrel, mert egy-egy beépített anyag egyszerre többféle funkciót is elláthat, de ezek mértéke általában különböző. Tehát egy geoműanyag fő funkciója lehet az erősítés, de emellett szűrési feladatot is teljesít.¹⁵ A legtöbb geoműanyag több funkciót is ellát, vannak azonban olyan termékek is, melyek csak egyetlen funkciót látnak. Ezek kifejezetten arra az egy funkcióra tervezett termékek.

Az a helyes alkalmazás, ha a geoműanyagot a funkció szerint építjük be és ez alapján választjuk ki a terméket. Sajnos még manapság is elterjedt az a módszer, hogy a gyártók

¹⁵ lásd: 4. sz. melléklet

ajánlása alapján tervezik be az anyagot, de ez nem tisztázott céllal történik, így nem teljesíti a megkívánt funkciót.

3.1. A funkciók típusai (3.1. táblázat):

- szigetelés: folyadékok vagy gázok mozgásának megakadályozása a geoműanyag által biztosított vízzáróság miatt.
- drénezés: a geoműanyag összegyűjti a talajban mozgó vizet és elszállítja azt.
- szűrés: a geoműanyag bizonyos mértékben átengedi a vizet úgy, hogy a talajszemcsék mozgását közben meggátolja.
- felületi erózióvédelem: a szél vagy a csapadék által okozott talajerózió felületi védelme a geoműanyag nyitott és texturált felülete által.
- elválasztás: a geoműanyag elválasztja a két különböző geotechnikai anyagot (talajok, stabilizációk).
- védelem: a felület vagy egy réteg védelmének érdekében a felületi feszültségek csökkentése.
- erősítés: a geotechnikai szerkezetben fellépő feszültségek és alakváltozások miatt ellenállás létrehozása vagy növelése.

A fenti funkciókon kívül a geotechnika területén egyéb funkciókat is elkülöníthetnek.

Ezek:

- oldalhatárolás: a talajok oldalirányú mozgásának megakadályozása geoműanyagokkal.
- tárolás: talajok vagy más anyagok tárolása geoműanyagok által, amely meghatározott alakkal és mérettel rendelkezik és megakadályozza a tárolt anyag elvesztését.
- töltéssúly csökkentése: töltéstestet építenek geohabból, amely könnyű és így csökken az altalaj összenyomódása.
- fagyvédelem: hőszigetelő geohabokat építenek be a fagy- és oladási károk megakadályozására, elhárítására.

Funkció	Viselkedés		Definíció	Ajánlott geoműanyag	Magyarázat
	geoműanyag nélkül	geoműanyaggal			
Szigetelés			Folyadék- (gáz)mozgás megállítása	Geomembrán Geoszintetikus agyagszigetelő (bentonit-szőnyeg)	A lerakóból kijutó csurgóvíz nem szivárog be az altalajba, ill. a talajvízbe, így az nem, szennyeződik.
Víz elvezetés (Drénázás)			Folyadék szállítása	Geotextília Geoháló Geodrén Geokompozit Geocső	A geoműanyag síkjában elvezeti a vizet, így az nem gyűlik össze, nem okoz víznyomást, elmedvesedést.
Szűrés			Folyadék átengedése, talajszennyezők megállítása	Geotextília	A szivárgó kavicsostest és a dréncsövet a víz által beemosott finom szemcsék nem tömítik el, így a drénázás hatékonysága tartós lesz.
Erózió védelem			Felületi víz okozta talajmozgás megakadályozása, növényzet erősítése	Geotextília Geopokróc Geoszőnyeg Geoháló Geocella Geokompozit	A geoműanyag a növényzet megerősödéséig megvédi a földet a felületétől, hogy a lefolyó vizek elragadják a szemcséket.
Elválasztás			Különböző talajok keveredésének megakadályozása	Geotextília	A geotextília megakadályozza a durva és a finomszemcsés talajok keveredését, ezzel az utóbbit megőrzi kedvező tulajdonságait.
Erősítés			Húzófeszültség kölcsönzése a talajnak	Geotextília Georács Geokompozit Geocellák	A georács húzószilárdságot kölcsönöz a talajnak, így pl. a nyírószilárdság által megengedettnél meredekebb rézsű sem csúszik meg.

3.1. táblázat: A geoműanyagok funkciói

Funkciók csoportosítása:

- hidraulikai funkció: szigetelés, drénázás
- hidraulikai és mechanikai funkció: szűrés, erózióvédelem, elválasztás
- mechanikai funkció: védelem, erősítés.

3.2. A geoműanyagok funkcionális tervezése

A megfelelő geoműanyag kiválasztása a funkció alapján történik: meg kell állapítani a funkciót, vagy a főfunkciót, ha egyszerre több feladatot is ellát a geoműanyag, és ez

alapján történik a megfelelő termék kiválasztása. Ez a kiválasztási folyamat egy része a tapasztalatokon alapszik, azonban a legtöbb funkcióra már méretezni is tudunk. Az első lépés az elvárt funkciók megállapítása a tervezési helyen és az ebből eredő igények megállapítása. Ezután ki kell választani a megfelelő terméket, amely teljesíti az esetlegesen megkívánt egyéb funkciókat is a főfunkción kívül. Legvégül ellenőrizni kell, hogy a kiválasztott termék minden funkciónak megfelel-e, ellenáll-e az időjárásnak és az esetleges egyéb degradációs hatásoknak.

3.3. Drénezés

Drénezési, vízvezetési funkciót a geotextília és/vagy a geoháló lát el, sokszor geokompozit szerkezetként. Arra kell méretezni, hogy a hidraulikai számításokból adódó vízmennyiséget el tudja vezetni. Ehhez megfelelő vastagsággal és áteresztőképességgel kell rendelkeznie. A transzmisszivitásnak kell tartósan elegendőnek lenni ahhoz, hogy a kiválasztott termék ellássa a megfelelő funkciót. Figyelembe kell venni a terhelés okozta összenyomódást is.

A tervezés során meg kell állapítani a drénszerkezethez jutó vízhozamot, az áramlás hidraulikus gradiensét, az egységnyi áramlási úthosszra eső nyomásvesztést, a transzmisszivitást és a talajról a geoműanyagra átadódó nyomásokat.

3.4. Szűrés

A szűrési funkciót általában geotextíliával látják el. A geotextíliának vissza kell tartania a talajszemcséket úgy, hogy a váza stabil maradjon. Ehhez az szükséges, hogy a talajszemcsék méreténél nagyobb legyen a jellemző szűrőnyílása. A víztelenítendő talaj áteresztőképességéhez képest kellő biztonsággal nagyobbak kell lennie, és ezt tartósan teljesítenie kell, nem tömődhet el. Emiatt a jellemző nyílásmérete nem lehet kisebb a szükséges érték 20%-ánál.

3.5. Erózióvédelem

Ebben az esetben a geoműanyagnak teljesítenie kell azt a feltételt, hogy a szükséges ideig a lejtőn és/vagy a rézsűn nem csúszik le, a növények kifejlődését nem gátolja és az alatta lévő, vagy ráterítendő talajhoz jól kapcsolódik. A körülmények teljesen különbözőek lehetnek, ezért ezt a funkciót a geotextíliától a geocelláig sokféle termék el

tudja látni. A tervezéskor figyelembe kell venni a lejtőhajlást, a várható csapadékinтенzitást, a rézsűfelszínt, a termékre kerülő takaróréteg minősítését, illetve a növényzet telepítésének módját. A megfelelő anyag kiválasztása történhet tapasztalati úton vagy a munka közben végzett kísérletek alapján.

3.6. Elválasztás

Az elválasztást a geotextília, vagy ebből készült geokompozit tudja megfelelően ellátni. Akkor látja el teljes mértékben ezt a funkciót, ha a beépítés során működő hatások nem szakítják el. Emiatt tervezni csak a tapasztalatok és kísérletek alapján lehet, mert az ilyen funkció esetén keletkező igénybevételek számításával nem modellezhetőek.

3.7. Védelem

Ezt a funkciót geotextíliával lehet ellátni, amely akkor felel meg, ha a megfelelő pecsénnyomási ellenállással a rákerülő szemcsék nyomását elosztva adja át. Ezt az ellenállást CBR-berendezéssel kell mérni. A megfelelő termék kiválasztásához meg kell vizsgálni a beépítendő szemcsés anyag legnagyobb szemcseméretét és érdességét, illetve ellenőrizni kell, hogy a munkagépek és az építési technológia milyen hatást gyakorolhat a védendő szerkezetre.

3.8. Erősítés

Ez a funkció teljesíthető georáccsal, szőtt geotextíliával, geomkompozittal vagy geocellával. Statikai számítást kell végezni, és az alkalmazandó termék mechanikai jellemzőit laboratóriumi vizsgálatokkal vagy próbaterheléssel kell igazolni, hogy megfelel-e a követelményeknek. Ezenkívül még figyelembe kell venni az építmény környezetét, a szerkezet várható élettartamát és azt az időtartamot, amíg a geoműanyagnak el kell látnia a funkcióját. Az igénybevételeket a termék funkciójából és a peremfeltételekből (élettartam, környezet, beépítés) kell meghatározni.

alkalmazási kör			töltés- alapozás	töltéste- építése	teher- bírá- növelés	rész- védelem	rész- erősítés	erősített talaj- támfal	földmü- csatla- koztatás	viztele- nítés		
f u n k c i ó	szigetelés			**	*	*			*	*		
	drénezés		**	*	*	*	*	*	*	***		
	szűrés		*	*	*	*	*		*	***		
	erózióvédelem			*	*	***	**	*				
	elválasztás		***	**	***	*	*		*	*		
	védelem			*	*	*	*		**	*		
	erősítés		***	*	***	*	***	***				
t e r m é k	geo- textília	nemszött		**	*	*	*	*	*	*	*	
		szött, hurkolt		**	*	**	***	**	*	*	*	
	georács	extrudált	egyirányú	***		*		***	***			
			kétirányú	***		***	**					
		hegesztett, szött, hurkolt	egyirányú	**		*		**	**			
			kétirányú	**		**	**					
	geoháló			*		***			***	***		
	geomembrán			**	*	*			*	*		
	geofüggöny					**	*					
	geopokróc					***	*					
	geoszönyeg				*	***	*					
	geocella	szalagból gyárilag készített										
		rácsból helyszínen szerelt		***						*	**	***
		geocső								*	*	*
	geo- kompozit	geoszintetikus agyagszig.			*					*	*	***
		lemez- vagy szalagdrén		***					*	*	*	***
		georács+geotextília		***		***	*	**	**			
*** alapvető ** fontos * másodlagos												

3.2. táblázat: A geoműanyagok és funkcióik jelentősége az egyes útépités alkalmazási körökben

alkalmazási kör			töltés- alapozás	töltéste- építése	teher- bírá- növelés	rész- védelem	rész- erősítés	erősített talaj- támfal	foldmü- csatla- koztatás	víztele- nítés
f u n k c i ó	szigetelés			**	*	*		*	*	*
	drénezés		**	*	*	*	*	*	*	***
	szűrés		*	*	*	*	*	*	*	***
	erózióvédelem			*	*	***	**	*	*	*
	elválasztás		***	**	***	*	*	*	*	*
	védelem			*	*	*	*	*	**	*
	erősítés		***	*	***	*	***	***	*	*
t e r m é k	geo- textília	nemszött	**	*	*	*	*	*	**	***
		szött, hurkolt	**	*	*	***	**	*	*	*
	georács	extrudált	***		*	***	***	***		
		hegesztett, szött, hurkolt	**		*	***	**	**		
		geoháló		*		***			***	***
		geomembrán		**	*	*	*		*	*
		geofüggöny				***	*			
		geopokróc				***	*			
	geocella	geoszönyeg			*	***	*			
		szalagból gyárilag készített rácsból helyszínen szerelt	***		**	***	*			
	geo- kompozit	geocső						*	**	***
		geoszintetikus agyagszig.		*					*	*
		lemez- vagy szalagdrén	***					*	**	***
		georács+geotextília	***		***	*	**	**		

*** alapvető ** fontos * másodlagos

3.2. táblázat: A geoműanyagok és funkcióik jelentősége az egyes útépités alkalmazási körökben

alkalmazási kör			töltés- alapozás	töltéste- építése	teher- bírá- növelés	rész- védelem	rész- erősítés	erősített talaj- támfal	földmü- csatla- koztatás	víztele- nítés	
f u n k c i ó	szigetelés			**	*	*			*	*	
	drénezés		**	*	*	*	*	*	*	***	
	szűrés		*	*	*	*	*	*	*	***	
	erózióvédelem			*	*	***	**	*			
	elválasztás		***	**	***	*	*		*	*	
	védelem			*	*	*	*		**	*	
t e r m é k	erősítés		***	*	***	*	***	***			
	geo- textília	nemszött	**	*	*	*	*	*	**	***	
		szött, hurkolt	**	*	**	***	**	*	*	*	
	georács	extrudált	egyirányú	***		*		***	***		
			kétirányú	***		***	**				
		hegesztett, szött, hurkolt	egyirányú	**		*		**	**		
kétirányú			**		**		**	**			
geoháló				*							
geomembrán				*							
geofüggöny				*							
geopokróc											
geoszőnyeg							**	*		*	
geocella	szalagból gyárilag készített				*	***	*				
	rácsból helyszínen szerelt	***			*	***	*				
geocső								*			
geo- kompozit	geoszintetikus agyagszig.			*							
	lemez- vagy szalagdrén	***							*		
	georács+geotextília	***							*	**	
*** alapvető ** fontos * másodlagos						***	*		*	*	
								**	*	*	

3.2. táblázat: A geoműanyagok és funkcióik jelentősége az egyes útépités alkalmazások körében

3.2. táblázat: A geoműanyagok és funkcióik jelentősége az egyes útépités alkalmazási körökben

a tulajdonság súlya a funkció teljesítése szempontjából							
a geoműanyag tulajdonsága	a geoműanyag funkciója						
	szi- ge- telés	dré- nézés	szű- rés	erózió- vé- delem	elvá- lasztás	védelem	erősítés
polimerfajta	*			**			*
szerkezet	**	**	**	**	*	*	*
UV-stabilizálás	*			**		*	*
vastagság	*	**	*	*	*	**	
területi sűrűség	*	*	*	**	**	**	*
húzási merevség				*	*	*	**
szakítószilárdság				*	*	*	**
szakadó nyúlás					**	*	**
küszási hajlam				*	*	*	**
toldási ellenállás				*	*	*	**
összenyomhatóság		**	*	*	*	*	
felületi sűrűlódás				*	*	*	**
statikus átszakítási ellenállás	**	*	*	*	*	**	*
dinamikus átszakítási ellenállás	**	*	*	*	*	**	*
sérülésekkel szembeni ellenállás	**	*	**	*	**	**	**
általános tartósság	**	**	**	*	**	**	*
időjárásállóság	*	*	*	**	*	*	*
síkra merőleges vízvezetőképesség	**		*	**	**		
síkbeli vízáteresztőképesség		**		*	*	*	*
jellemző szűrőnyílás			**		**	*	
eltömődéssel szembeni ellenállás		**	**		*		
** nagyon fontos * fontos							

3.3. táblázat: A geoműanyagok legfontosabb tulajdonságainak jelentősége a funkciótól függően

4. Geoműanyagok jellemzői

A geoműanyagok funkcióinak a gyártók igyekeznek minél jobban megfelelni. Ennek következtében ma már a termékek széles skálája elérhető, a gyártók folyamatosan fejlesztenek, hogy minél többféle termék közül lehessen választani. Ha a tervező megállapította a megkívánt funkciót, abból könnyen levezetheti az elvárt jellemzőket és így kiválaszthatja a legmegfelelőbb geoműanyagot.

Az alapvető jellemzőkhöz vizsgálati eljárások kapcsolódnak, és ezeket szabványosították. A legtöbb szabvány sajnos csak angolul érhető el, de magyar nyelven is vannak erre vonatkozóan előírások.

4.1. Fizikai jellemzők

4.1.1. Anyag, szerkezet:

- a műanyag fajtája
- az UV-stabilizálás módja
- az alkotók jellege, kapcsolata: szál, szalag, fonál, lemez, rács, szövés, kapcsolat, toldás.

4.1.2. Méretek:

- szerkezeti vastagság, a teljes szerkezet legkisebb mérete
- az alkotóelemek vastagsága, az egyes alkotórészek legkisebb mérete
- nyitottság, az elemek és a teljes felület aránya a geoműanyag síkjában, a rácsméret
- tekercsszélesség, a leszállított anyag szélességi mérete
- elemhossz, a gyártási és szállítási hossz.

4.1.3. Tömegjellemzők:

- területi sűrűség, az egységnyi felületű anyag tömege
- térfogatsűrűség, a térfogategységre eső anyag tömege.

4.2. Mechanikai tulajdonságok

4.2.1. Viselkedés húzóigénybevételre:

- a húzási merevség, azaz egységnyi nyúlást okozó húzóerő
- a szakítószilárdság a húzási ellenállás maximuma, mely az elem szakadásával, anyagi folytonosságának megszűnésével jár
- a szakadónyúlás, az a fajlagos nyúlás, melynél a szakadás bekövetkezik
- a toldási ellenállás, a toldások ellenállóképessége általában a folytonos anyag ellenállásának arányával számszerűsítve.

4.2.2. Viselkedés nyomóigénybevételre:

- a kompresszibilitás, a síkra merőleges nyomás hatására bekövetkező fajlagos összenyomódás.

4.2.3. A geoműanyag és a talaj közötti mechanikai kapcsolat:

- a súrlódási viselkedés, a talaj és a geoműanyag közötti nyírási ellenállás, melyet a talaj belső súrlódási szögéhez és kohéziójához viszonyítva értelmeznek, és az arányukat kifejező együtthatókkal jellemeznek
- a kihúzóerő ellenállás, mely a kihúzáshoz szükséges, a geoműanyag és a talaj közötti súrlódási ellenállásból számítható erő.

4.1. Fizikai jellemzők

4.1.1. Anyag, szerkezet:

- a műanyag fajtája
- az UV-stabilizálás módja
- az alkotók jellege, kapcsolata: szál, szalag, fonal, lemez, rács, szövés, kapcsolat, toldás.

4.1.2. Méretek:

- szerkezeti vastagság, a teljes szerkezet legkisebb mérete
- az alkotóelemek vastagsága, az egyes alkotórészek legkisebb mérete
- nyitottság, az elemek és a teljes felület aránya a geoműanyag síkjában, a rácsméret
- tekercsszélesség, a leszállított anyag szélességi mérete
- elemhossz, a gyártási és szállítási hossz.

4.1.3. Tömegjellemzők:

- területi sűrűség, az egységnyi felületű anyag tömege
- térfogatsűrűség, a térfogategységre eső anyag tömege.

4.2. Mechanikai tulajdonságok

4.2.1. Viselkedés húzóigénybevételre:

- a húzási merevség, azaz egységnyi nyúlást okozó húzóerő
- a szakítószilárdság a húzási ellenállás maximuma, mely az elem szakadásával, anyagi folytonosságának megszűnésével jár
- a szakadónyúlás, az a fajlagos nyúlás, melynél a szakadás bekövetkezik
- a toldási ellenállás, a toldások ellenállóképessége általában a folytonos anyag ellenállásának arányával számszerűsítve.

4.2.2. Viselkedés nyomóigénybevételre:

- a kompresszibilitás, a síkra merőleges nyomás hatására bekövetkező fajlagos összenyomódás.

4.2.3. A geoműanyag és a talaj közötti mechanikai kapcsolat:

- a súrlódási viselkedés, a talaj és a geoműanyag közötti nyírási ellenállás, melyet a talaj belső súrlódási szögéhez és kohéziójához viszonyítva értelmeznek, és az arányukat kifejező együtthatókkal jellemeznek
- a kihúzóerő ellenállás, mely a kihúzáshoz szükséges, a geoműanyag és a talaj közötti súrlódási ellenállásból számítható erő.

4.2.4. Lokális hatásokkal szembeni ellenállások:

- statikus átszakítási ellenállás, melyet CBR-berendezéssel mérnek
- dinamikus átszakítási ellenállás, melyet az ejtőkúpos vizsgálattal lehet meghatározni
- beépítéskori sérülésekkel szembeni ellenállás
- dörzsölés okozta sérülések hatása, ami a geoműanyag felületére ható nyírófeszültségek okozta károsodás
- repesztési ellenállás.

4.3. Tartóssági tulajdonságok

4.3.1. Kúszási tulajdonságok:

- a polimer azon tulajdonságának számszerű jellemzése, hogy a szilárdsága idővel csökken, és amelyet a gyors terhelés mellett mért szakítószilárdság %-os csökkenésével jellemeznek.

4.3.2. Degradációs tulajdonságok:

- hőmérsékleti degradáció, az anyagvizsgálatok körülményeihez képest extrém hőmérsékletek okozta ellenálláscsökkenés a szakítószilárdság %-os csökkenésével jellemezve
- mikrobiológiai ellenállás, a növények, az állatok, a mikroorganizmusok károsító hatásával szembeni ellenállóképeség
- UV-sugárzással szembeni ellenállás, a geoműanyag szilárdságának csökkenése a napsugárzás okozta degradáció miatt.

4.4. Hidraulikai tulajdonságok

4.4.1. Vízvezetőképesség:

- a vízáteresztőképesség a geoműanyag síkjára merőleges áramlásra vonatkozóan
- a vízáteresztőképesség a geoműanyag síkjában létrejövő áramlásra vonatkozóan.

4.4.2. Szűrési tulajdonságok:

- a jellemző szűrőnyílás, a geotextíliák szűrőképességi jellemzője
- az eltömődés, a vízáteresztőképesség időbeli csökkenése a geoműanyagba jutó talajszemcsék miatt az áteresztőképesség csökkenését kifejező számmal jellemezve.

4.5. A mérnöki alkalmazás követelményei a termékekkel szemben

4.5.1. Gyártási követelmények:

- technológiai állandóság
- megbízható minőség-ellenőrzés és –tanúsítás.

4.5.2. Geotechnikai megfelelés:

- funkciók teljesítése
- a körülmények, igénybevételek elviselése.

4.5.3. Gazdaságosság:

- versenyképesség a hagyományos megoldásokkal szemben
- tartósság, hosszú élettartam
- kedvező szállítási, fizetési feltételek.

5. Vizsgálati módszerek

Az egyszerű geoműanyagok esetében a minőségellenőrzéshez egyértelmű vizsgálatok állnak rendelkezésre. A geokompozitok esetében pedig az egyes összetevők jellemzőiből kaphatjuk meg az értékeket. Szinte az összes vizsgálat szabványosítva van már, és a gyártók ez alapján adják meg azokat a paramétereket, melyek alapján a termék funkciói kiderülnek. Ezen vizsgálatokkal egyben a gyártó által megadott tanúsítványt is ellenőrizni lehet és kell is. Magyarországon ez sajnos egyelőre nincs elterjedve, a megrendelők elhiszik a gyártók által megadott értékeket. A legtöbb vizsgálatot itthon nincs is mód még elvégezni.

5.1. Szakítóvizsgálat

Ezt a vizsgálatot az MSZ EN ISO 10319:2008 Geotextíliák széles sávú szakítóvizsgálat című szabvány szabályozza. A vizsgálat elvégezhető bármilyen univerzális elmozdulás-vezérelt szakítógéppel, melynek fontos része a szabványos befogópofa.

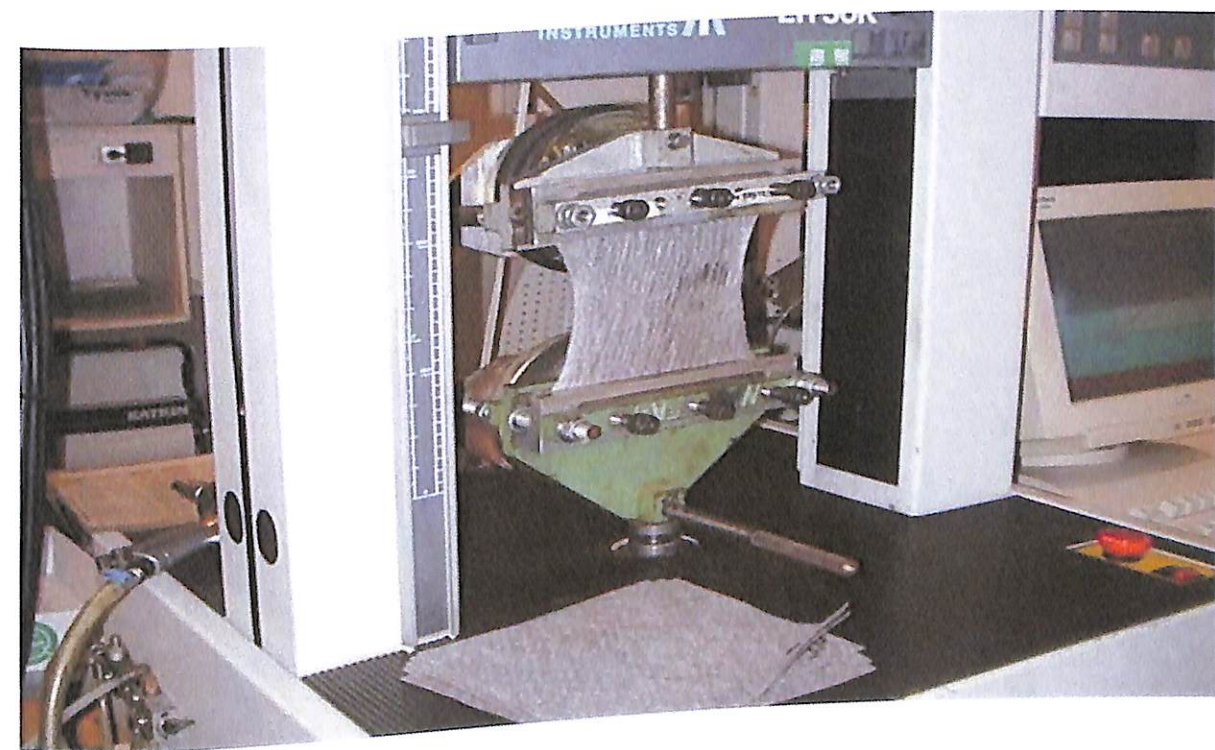
A szabvány szerint egy 200x200 milliméteres felületű geotextíliát vagy georácsot kell vizsgálni, ez a befogás utáni szabad felület. A befogáshoz mindkét végén 100 milliméter szükséges, tehát egy 200x400 milliméteres darabot kell kivágni a vizsgálatához, ahol a 400

milliméter a vizsgált irány mérete. A befogópofákból való kicsúszás meggátolása miatt a befogási felületre a geotextíliák esetében „bandázsolást” kell készíteni.

A mérés eredménye egy erő-elmozdulás diagram, melyről leolvasható a szakadást okozó erő és az ahhoz tartozó nyúlás. A minta szélességével való osztás után kapjuk meg a szakítószilárdságot, mely kN/m dimenziójú mennyiség. A sík geoműanyag termékek esetében a vastagság nem egyértelmű, ezért ezt nem érdemes belevinni a számításba, így a tervezéskor is a termék folyóméterre eső terhelését kell megállapítani.

A szakítóerőhöz tartozó elmozdulásból a vizsgált mintahosszal való osztással számítjuk a szakadónyúlást, mely bizonyos funkciókban fontos lehet. Ez a paraméter is bizonytalan, mert a nyúlás nem egyenletes a vizsgált mintahosszon, és néhány termék a szakadáskor már teljesen más, mint a vizsgálat kezdetén.

A megkapott erő-elmozdulás görbe alakja és meredeksége nagyon változó lehet. Nem mindig van lineáris kezdeti szakasza, ezért a geoműanyag húzási merevsége nem mindig egyértelmű. Ezért gyakran a 2 és 5 % fajlagos nyúláshoz tartozó kN/m erőket adják meg, melyekből az erők és a fajlagos nyúlások hányadosaként háromféle merevség számítható.



5.1. kép: Szakítóvizsgáló gép

5.2. Statikus átszakadással szembeni ellenállás

A vizsgálatot az MSZ EN ISO 12236:2006 Geoszintetikák statikus átszakítás vizsgálat (CBR-vizsgálat) című szabvány szerint kell végezni. A vizsgálat lényege az, hogy egy CBR-edény tetejébe rögzítjük a geoműanyagot, és annak terhelését addig növeljük, amíg az a textíliát át nem szakítja. A vizsgálathoz egy 150 milliméter átmérőjű és 100 milliméteres magas, ún. CBR edényt használunk, a dugattyú átmérője 50 milliméter, és 75 millimétert kell behatolnia. A geoműanyagot egy perem segítségével kell elmozdulásmentesen körben rögzíteni, és a vizsgálat végén ellenőrizni kell, hogy az megfelelő volt-e. A dugattyút 1,25 mm/min állandó sebességgel kell nyomni. A vizsgálat eredménye az átszakadást okozó erő kN-ban.



5.2. kép: Statikus átszakadási vizsgáló gép

6. Alkalmazási körök, tervezés

A geoműanyagoknak széles alkalmazási köre van, ahol több funkciót is betöltenek. Alkalmazhatóak geotechnikai, hidraulikai, közlekedési, környezetvédelmi vagy más mérnöki szerkezetekben. Az a gondolat, hogy egyes mérnöki szerkezetekbe automatikusan betervezzük a geoműanyagot, nem helyes. Az alkalmazási körök úgy értendők, hogy olyan szerkezeteket, földmunkákat mutatunk be, ahol a geoműanyagok alkalmazása már elterjedt, vagy van hasznosítható tapasztalat.

6.1. Töltésalapozás

Gyenge teherbírású altalajra, magas töltés alá egy vagy több geotextíliát és /vagy georácsot, esetleg geokompozitot építenek, arra szemcsés anyagot fektetnek, vagy nagyobb erősítési igény esetén georácsokból szerelt és szemcsés anyaggal kitöltött geocellamatracot építenek. Az altalajba geodréneket mélyíthetnek le, mely a konszolidáció gyorsítására szolgál és az építés közbeni állékonyságot is növeli. Kritikus esetben a töltés alá kavicscölöpöt is építhetnek, ekkor a georácsok a cölöpök közötti áthidalást szolgálják.

A tervezés során a szétcsúszás és alaptörés vizsgálatából kell megállapítani azt a húzóerőt, melyet a georácsnak vagy a geotextíliának kell felvennie. A számítás történhet a lehorgonyzás elve alapján vagy végeselemes modellezéssel.

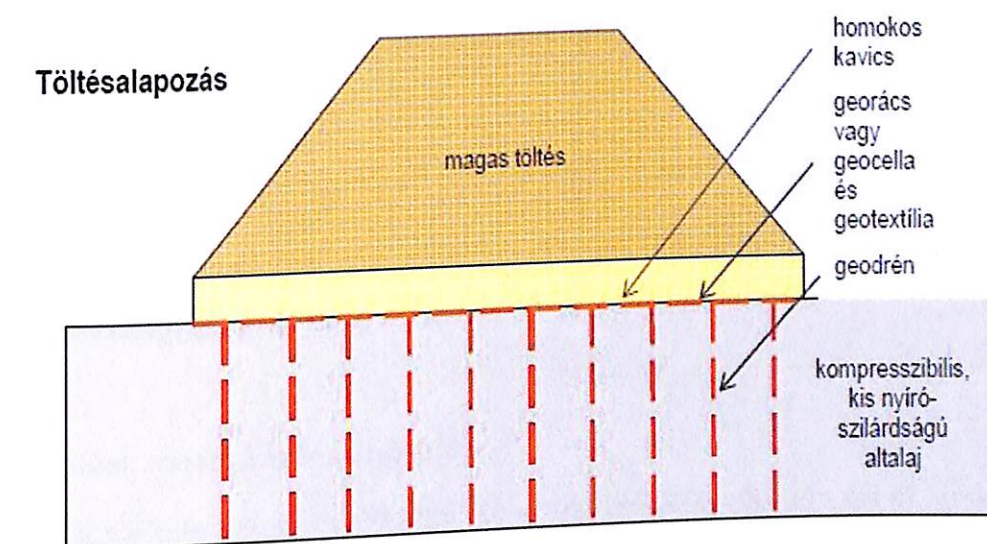
A geoműanyagokra 0,5 m vastagságú durva szemcséjű töltésanyag kerül, ami jól együttműködhet a geoműanyaggal. Ezt célszerű kísérlettel mérni. A georácsok alá célszerű geotextíliát is beépíteni, amely megakadályozza a szemcsés anyag alulról történő elszennyeződését.

A puha altalajon a töltések állékonyságát geocellamatracokkal is lehet javítani, amely háromdimenziós szerkezet, összekapcsolt cellákból áll. Közvetlenül a helyükön, a puha altalajon készítik el georácsokból vagy geohálókából, ezt szemcsés talajjal töltik ki és így áll össze a közel 1,0 m magas szerkezet.

Az ilyen geocellás szerkezet félmerev alaplemez, amely a töltésből származó függőleges feszültségeket egyenletesen osztja el, a vízszintes feszültségek nagy részét pedig

felveszi. Valamennyire kiegyenlíti a süllyedéseket, de az átlagos süllyedést nem akadályozza meg, nem csökkenti.

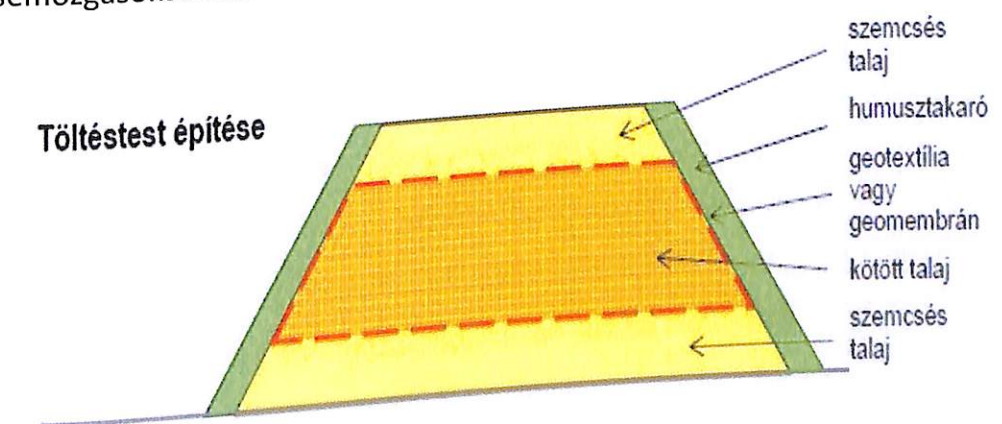
A geocellás alaperősítés különösen hatékony, ha a töltés szélessége nagyobb a puha réteg vastagságának három-, négyszeresénél.



6.1. kép: Töltésalapozás

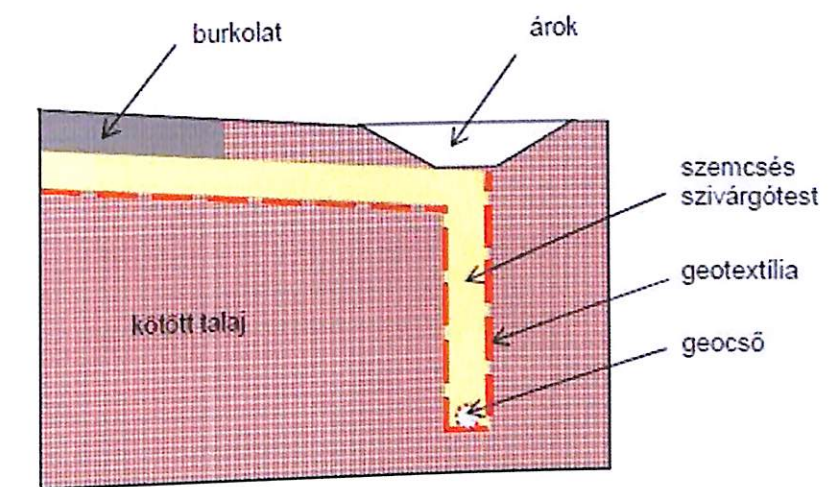
6.2. Töltéstart építése, víztelenítő szerkezetek

A töltések egymástól különböző részeit vagy bizonyos zónáit geotextíliával vagy geokompozitokkal határolják le. A szigetelési, elválasztási, szűrési és drénezési funkciók megvédik a talajokat a szomszédos zónákkal való elkeveredéstől, megakadályozzák a talajok elnedvesedését (és így az állapotromlást), megakadályozzák a vízmozgás okozta szemcsemozgásokat és lehetővé teszik a vízmozgásokat.



6.2. kép: Töltéstart építése

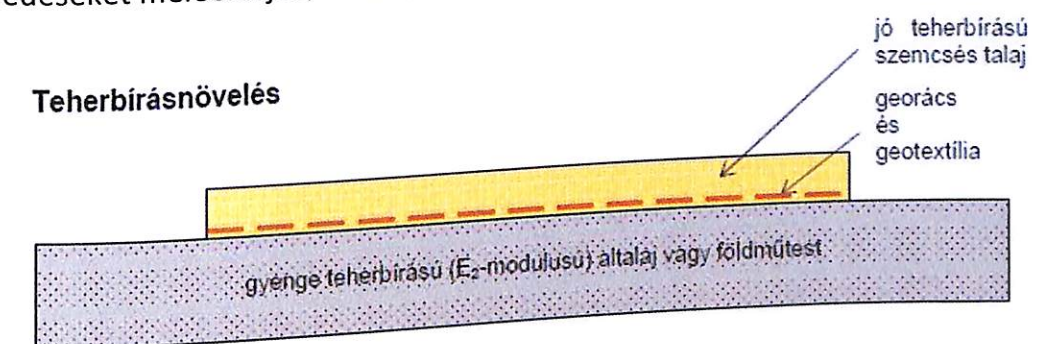
Víztelenítő szerkezetek



6.3. kép: Víztelenítő szerkezetek

6.3. Földművek teherbírásának növelése

Olyan altalaj esetén, amely a szükséges teherbíró képességét nem éri el, geoműanyag erősítéssel meg lehet növelni a teherbírást. A geotextília vagy georács javítja a terület járhatóságát, az alépítményre jutó terhelést egyenletesebben osszák el, a teher alatti süllyedéseket mérsékeljék, a rétegeket részlegesen elválasztják.

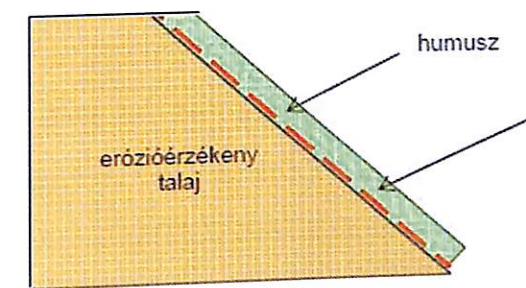


6.4. kép: Teherbírásnövelés

6.4. Rézsűvédelem

A rézsűk felszínére általában geohálót, geomatracot és geocellát fektetnek. A rézsűk felszínére általában geohálót, geomatracot és geocellát fektetnek, hogy ideiglenesen vagy tartósan megvédjék a humusztakaróval és fűmagokkal együtt, hogy ideiglenesen vagy tartósan megvédjék a rézsű felületén lévő szemcséket attól, hogy a lehulló és lefolyó víz magával sodorja őket. Az ideiglenes erősítés addig tart, amíg a növényzet megerősödik, a tartós erősítés pedig a növényzettel együtt biztosítja a védelmet. Ekkor a geoműanyagok erózióvédelmi funkciója érvényesül elsősorban.

Rézsűvédelem



geotextília
vagy
geoháló
vagy
geopokróc
vagy
geoszönyeg
vagy
geocella
vagy
geokompozit
esetleg
geomembrán
illetve
geofüggöny

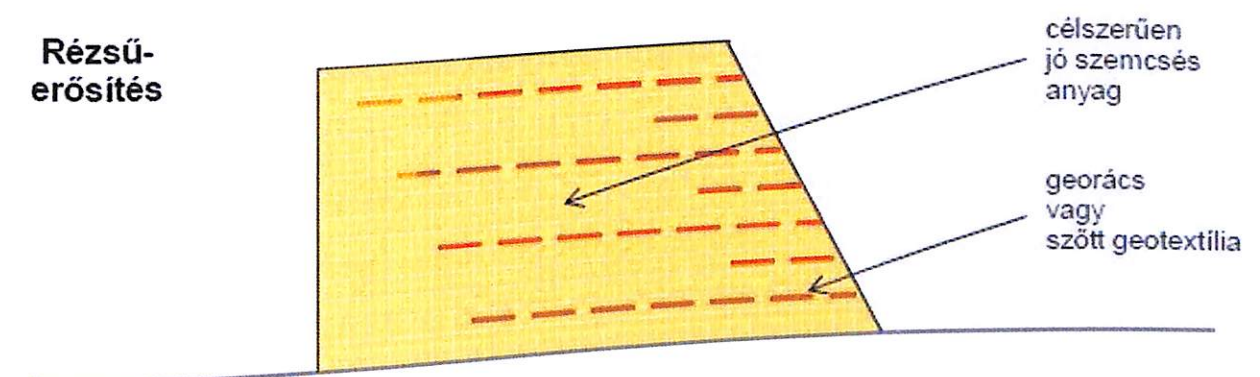
6.5. kép: Rézsűvédelem

6.5. Erősített rézsűk, talajtámfalak, hídfők

60°-nál kisebb hajlású rézsűbe több rétegben, egyirányban teherhordó georácsot építenek be. Ez biztosítja a rézsűállékonyságot, a meglévő töltésrézsűket ezáltal lehet szélesíteni, illetve a megcsúszott rézsűk helyreállításához is használhatják.

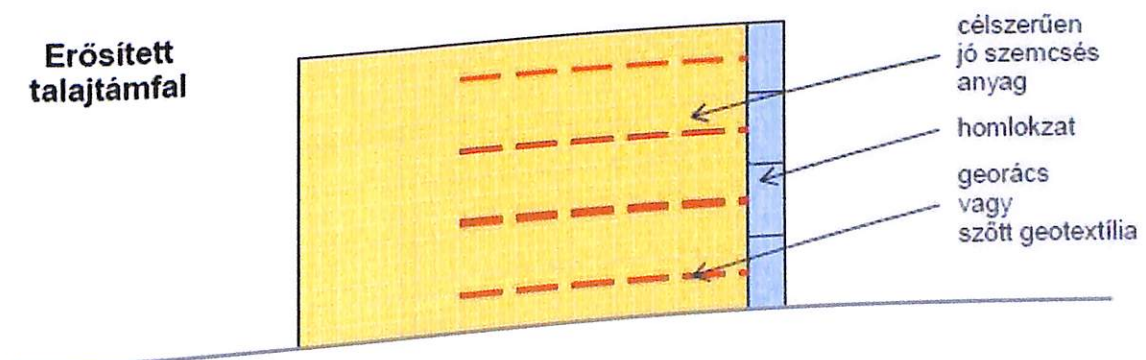
A 60°-nál meredekebb homlokfalú földtestet úgy erősítik meg, hogy több rétegben geoműanyagot vagy acélhálót, acélszalagot építenek be. A homlokfalat valamilyen módon lezárják és a beépített anyagokkal összekapcsolják.

Rézsű- erősítés



6.6. kép: Rézsűerősítés

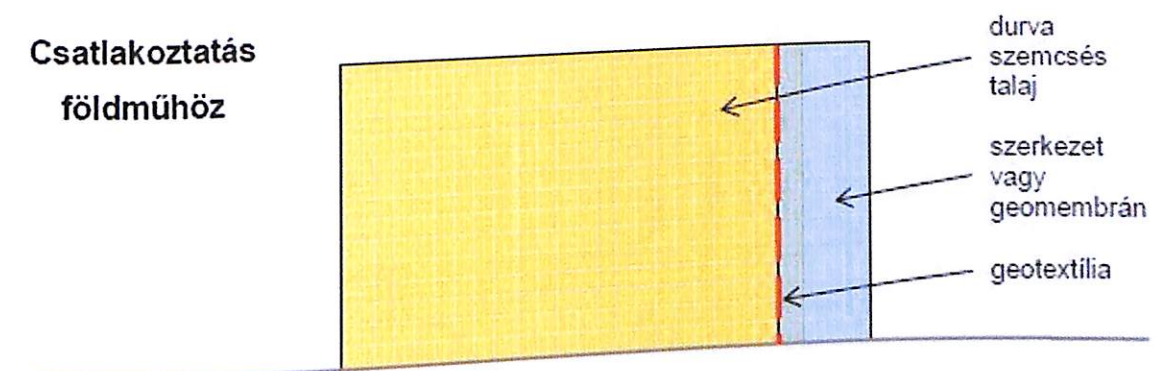
Erősített talajtámfal



6.7. kép: Erősített talajtámfal

6.6. Földművek csatlakoztatása szerkezetekhez

A földművekhez csatlakozó szerkezetek és a töltésanyag közé gyakran építenek be geoműanyagot. Ekkor védelmi, szigetelési, drénezési és szűrési funkcióra kell tervezni. Általában támfalak, hídfők, alagutak betonfelületének a védelmére, víztelenítésére alkalmazzák a beépített anyagokat. Gyakran speciális geokompozitot gyártanak ezekre a feladatokra, melyeknek a betonfelülethez kapcsolódó oldalára szigetelő fóliát szerelnek.



6.8. kép: Csatlakoztatás földműhöz

6.7. Geoműanyagok általános alkalmazási körök

6.7.1. Geotextília általános alkalmazási területei (6.1. táblázat)¹⁶

Elválasztás:

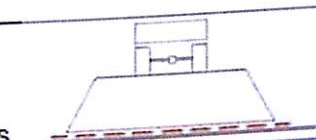
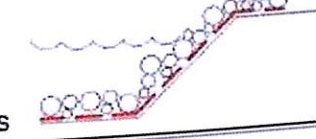
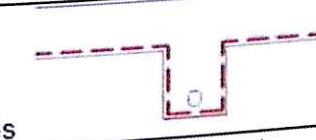
- régi és új aszfaltrétegek között
- sportpályák, járdák, parkolók, gyalogutak burkolata alatt
- az altalaj és a zúzottkő alap között burkolt vagy burkolat nélküli utakon és repülőtereken
- az altalaj és az ágyazat között a vasúti pályákon
- az altalaj és a töltésképző talaj között felszíni terhelés, útpályák esetén
- az altalaj és a bezárt talajrétegek között
- az altalaj és a hajlékony vagy merev támszerkezetek fala között
- az altalaj és a támcölöpök között.

Erősítés:

- kőzetrepedések áthidalására
- geomatracok kőanyagának tartására

¹⁶ lásd: 4. sz. melléklet

- repedezett hajlékony burkolatok erősítésére
- erősített támfalakban
- töltések erősítésére
- meredek rézsűk kialakításához
- rézsűk ideiglenes stabilizálására
- puha talaj felett burkolatlan úton, repülőtereken, vasúti pályán, sportpályák esetében
- puha talajok összefogására töltések esetén
- síkalapok alatti altalaj erősítésére.

	Szétválasztás	Szűrés	Vízelenítés	Erősítés	Védelem (Szigetelés)
 Útépités	●	○	○	○	
 Vasútépités	●	●			
 Vízépités	○	●			
 Vízelenítés	○	●	○		
 Megtámasztó szerkezet			○	●	
 Alagútépítés			●		●
 Lerakók építése			○	○	●

6.1. táblázat: A geotextíliák alkalmazási területei

Szűrés:

- betontömbök alá szűrőként
- geohálók mentén, geokompozitokban a talajbehatolás megakadályozására
- gabionok és háttöltés közé
- szemcsés talajszűrők helyén
- zúzottkő alap alatt burkolt vagy burkolat nélküli utakon és repülőtereken
- vasúti ágyazat alatt
- folyókás szivárgók kőanyagának körülhatárolására
- hidraulikus feltöltések szűrésére
- hordalékfogó kerítésként, függönyként.

Drénezés:

- vasúti ágyazat alatti szivárgóként
- felszíni feltöltés alatti szivárgóaplanként
- támszerkezet mögötti szivárgóként
- geomembrán alatti víz, - gázvezető szivárgóként
- sportpályák alatti szivárgóként
- tetőkert szivárgójaként.

6.7.2. Georácsok általános alkalmazási körei

Erősítés:

- geotextíliák, geomembránok közötti elemként
- vasúti ágyazat alatt
- terepfeltöltések vagy ideiglenes szerkezetek alatt
- gabionfalakban
- gabion hídfőként
- rézsűcsúszások helyreállítására
- töltések és földgátak erősítésére
- támfalak homlok- és horgonyelemeként.

6.7.3. Geohálók általános alkalmazási körei

Vízvezetés:

- tetők szivárgójaként

7. Tervezési szilárdság

A geoműanyagok szilárdságának tervezésére különféle képletek használhatóak, melyeket a gyártók adnak meg. Én a Tensar egytengelyű georácsának tervezési szilárdságát írom le, melyet a tervben is alkalmazok.

$$P_{des} = \frac{P_c}{f_m * f_d * f_e * LF}$$

ahol:

P_{des} = hosszútávú tervezési szilárdság

P_c = hosszútávú szakadási szilárdság a kúszási vizsgálatból

f_m = gyártási, adatbázis- és extrapolációs parciális tényező

f_d = a helyszíni beépítésre vonatkozó parciális tényező

f_e = a környezeti hatásokra vonatkozó parciális tényező

LF = terhelési tényező

A P_c , f_m , f_d és f_e lezármaztatását a szakítószilárdsági és a statikus átszakadási vizsgálatokból kapjuk meg. Az LF egy terhelési tényező, vagy átfogó biztonsági tényező, melynek értéke az alkalmazott tervezési módszertől függ. Ennek használatára és jellemző értékeire számos tervezési irányelv és szabályzat ad útmutatást.

8. Támfalak

Különböző műtárgyak építése közben (pl. közművek, alapok, hidak) szükség lehet függőleges vagy közel függőleges fal kialakítására. A meglévő talaj természetes hajlású rézsűje gyakran nem elég, legtöbbször nincs elég hely a kialakítására. Rézsűállékonyság vizsgálatot kell végezni, és ha az nem felel meg, akkor a talajt valamilyen támszerkezettel meg kell támasztani, amely a fellépő a földnyomást képes felvenni. Ezeket nevezzük

7. Tervezési szilárdság

A geoműanyagok szilárdságának tervezésére különféle képletek használhatóak, melyeket a gyártók adnak meg. Én a Tensar egytengelyű georácsának tervezési szilárdságát írom le, melyet a tervben is alkalmazok.

$$P_{des} = \frac{P_c}{f_m * f_d * f_e * LF}$$

ahol:

P_{des} = hosszútávú tervezési szilárdság

P_c = hosszútávú szakadási szilárdság a kúszási vizsgálatból

f_m = gyártási, adatbázis- és extrapolációs parciális tényező

f_d = a helyszíni beépítésre vonatkozó parciális tényező

f_e = a környezeti hatásokra vonatkozó parciális tényező

LF = terhelési tényező

A P_c , f_m , f_d és f_e levezármaztatását a szakítószilárdsági és a statikus átszakadási vizsgálatokból kapjuk meg. Az LF egy terhelési tényező, vagy átfogó biztonsági tényező, melynek értéke az alkalmazott tervezési módszertől függ. Ennek használatára és jellemző értékeire számos tervezési irányelv és szabályzat ad útmutatást.

8. Támfalak

Különböző műtárgyak építése közben (pl. közművek, alapok, hidak) szükség lehet függőleges vagy közel függőleges fal kialakítására. A meglévő talaj természetes hajlású rézsúje gyakran nem elég, legtöbbször nincs elég hely a kialakítására. Rézsúállékonyság vizsgálatot kell végezni, és ha az nem felel meg, akkor a talajt valamilyen támszerkezettel meg kell támasztani, amely a fellépő a földnyomást képes felvenni. Ezeket nevezzük

7. Tervezési szilárdság

A geoműanyagok szilárdságának tervezésére különféle képletek használhatóak, melyeket a gyártók adnak meg. Én a Tensar egytengelyű georácsának tervezési szilárdságát írom le, melyet a tervben is alkalmazok.

$$P_{des} = \frac{P_c}{f_m * f_d * f_e * LF}$$

ahol:

P_{des} = hosszútávú tervezési szilárdság

P_c = hosszútávú szakadási szilárdság a kúszási vizsgálatból

f_m = gyártási, adatbázis- és extrapolációs parciális tényező

f_d = a helyszíni beépítésre vonatkozó parciális tényező

f_e = a környezeti hatásokra vonatkozó parciális tényező

LF = terhelési tényező

A P_c , f_m , f_d és f_e levezármaztatását a szakítószilárdsági és a statikus átszakadási vizsgálatokból kapjuk meg. Az LF egy terhelési tényező, vagy átfogó biztonsági tényező, melynek értéke az alkalmazott tervezési módszertől függ. Ennek használatára és jellemző értékeire számos tervezési irányelv és szabályzat ad útmutatást.

8. Támfalak

Különböző műtárgyak építése közben (pl. közművek, alapok, hidak) szükség lehet függőleges vagy közel függőleges fal kialakítására. A meglévő talaj természetes hajlású rézsűje gyakran nem elég, legtöbbször nincs elég hely a kialakítására. Rézsűállékonyság vizsgálatot kell végezni, és ha az nem felel meg, akkor a talajt valamilyen támszerkezettel meg kell támasztani, amely a fellépő a földnyomást képes felvenni. Ezeket nevezzük

támfalnak. A földfal nyomását saját vagy a mögötte lévő talaj súlyának felhasználásával egyensúlyozza.

A támfal tervezése során mindenképpen figyelembe kell venni a helyszíni talajadottságokat. Ha a helyszínen nem megfelelő talaj áll rendelkezésre, akkor meg kell vizsgálni, hogy a közelből hozható-e olcsó talaj, amely a megfelelő szerkezet kialakításához szükséges. A talaj tulajdonságain kívül mindenképpen számításba kell venni a szállítási és szilárdítási technológiákat, a tömöríthetőséget, korrózióvédelmet, az esetlegesen beépített anyag speciális tulajdonságait. A lehetséges szerkezeti kialakítás függ attól is, hogy bevágást vagy töltést kell-e megtámasztani, a talaj nyírószilárdsága, az építkezés helyigénye, a ráható erők, a megengedhető mozgások, valamint a rendelkezésre álló idő, anyag és a költségek.

A támfalak funkciói:

Földművek, lejtők stabilizálása:

- hídfők, partfalak
- bevágások, töltések
- természetes lejtők.

8.1. Földtámfalak

A bevágások részűjének gyakran szükségesebb meredekség kell, mint ahogy az szabadon meg tud állni. Ilyenkor az ott lévő talaj szilárdságát lehet növelni, ezt nevezzük földtámfalnak.

Két geometriai kialakítása a jellemző, melyeknek a szerkezeti kialakítása eltért egymástól. A mechanikai, szilárdító és stabilizáló, valamint a betételemes erősítés a jellemző módszer. A betételemes módszer közül főleg a réteges rendszer leplekkel és szalagokkal, esetleg betonelemekkel kialakított változat a leggyakoribb.¹⁷ A földtámfalak erőjátékának bonyolultsága miatt sok közelítést, becslést tartalmaz. A támfal méretezése a határállapot vizsgálatára történik. A méretezés legfőbb alapeleme a stabilitásvizsgálat, melynek két típusa van: a külső és a belső stabilitás. A földtámfalaknál azonban nem csak a geometriai adottságok a fontosak, hanem a helyszíni és

¹⁷ lásd: 5. sz. melléklet

talajadottságok is, melyeket figyelembe kell venni a tervezés során és az ebből adódó előnyt ki kell használni.

Külső stabilitásvizsgálat: a földtámfalakat elsősorban merev testként kell elméletben méretezni, így megközelítőleg súlytámfalnak kell tekinteni. A vizsgálat lényege az ellenőrzés, így a biztonsági tényezőt kell meghatározni. A biztonsági tényező a feltételezett mozgást okozó és az ezt gátló erők hányadosa. Elcsúszás, alaptörés és billenés elleni biztonságot kell kimutatni, ezt a három elmozdulás-összetevőt kell egyensúlyba állítani.

Belső stabilitásvizsgálat: ide tartozik minden olyan belső erő, mely alapján biztosított a fal anizotróp tömbként való viselkedése. Az ellenőrzés során ki kell mutatni, hogy az erősítés megfelelő-e, a talajnak és az erősítésnek megfelelő-e az együttműködése, az anyagok szilárdsága elegendő-e.

8.1.1. Vízszintes rétegekkel erősített földtámfalak

Olyan súlytámfal, mely talaj-erősítőelem-talaj rétegekből áll. A szabad oldal felől a függőleges vagy közel függőleges, melyre burkolat kerül. A hátfelület kialakítása a beépített anyagtól függ, a támfalat képező anyag és annak technológiája megegyezik a háttöltéssel. A földtámfal három jellegzetes szerkezeti eleme az erősítő betételem, a talaj és a homlokfelület. Az erősítő betét anyaga lehet acél, fém vagy geoműanyag. A megfelelő anyag kiválasztása során figyelembe kell venni a korrózióvédelmet, mely igen nagy költséget jelenthet a folyamatos fenntartás során. A rozsdamentes acél ára többszöröse a többi anyagnak, az alumínium pedig ki van téve a korrózióveszélynek és a szilárdsága is kisebb. A fémszalagok hátránya, hogy a felületi súrlódási ellenállásuk viszonylag kicsi. Ebbe a csoportba tartozik a vasalt talajtámfal, melyről az **1. fejezetben** már részletesebben írtam. Ezenkívül leplekkel erősített támfal is készül. Ezeknek a viselkedése közelebb áll a súlytámfaléhoz. Ebben az esetben elsősorban geotextíliával történik az erősítés, melyről a **4. fejezetben** már részletesebben foglalkoztam. A földtámfal kialakítása akkor a legmegfelelőbb, ha a talaj belső súrlódási szöge minél nagyobb. Így leginkább a szemcsés talajok alkalmasak földtámfalnak. A homlokelem felülete készülhet vasbetonból, fémből és műanyagból. Alakja sokféle lehet, amely az esztétikai igényeket is figyelembe veszi.

talajadottságok is, melyeket figyelembe kell venni a tervezés során és az ebből adódó előnyt ki kell használni.

Külső stabilitásvizsgálat: a földtámfalakat elsősorban merev testként kell elméletben méretezni, így megközelítőleg súlytámfalnak kell tekinteni. A vizsgálat lényege az ellenőrzés, így a biztonsági tényezőt kell meghatározni. A biztonsági tényező a feltételezett mozgást okozó és az ezt gátló erők hányadosa. Elcsúszás, alaptörés és billenés elleni biztonságot kell kimutatni, ezt a három elmozdulás-összetevőt kell egyensúlyba állítani.

Belső stabilitásvizsgálat: ide tartozik minden olyan belső erő, mely alapján biztosított a fal anizotróp tömbként való viselkedése. Az ellenőrzés során ki kell mutatni, hogy az erősítés megfelelő-e, a talajnak és az erősítésnek megfelelő-e az együttműködése, az anyagok szilárdsága elegendő-e.

8.1.1. Vízszintes rétegekkel erősített földtámfalak

Olyan súlytámfal, mely talaj-erősítőelem-talaj rétegekből áll. A szabad oldal felől a függőleges vagy közel függőleges, melyre burkolat kerül. A hátfelület kialakítása a beépített anyagtól függ, a támfalat képező anyag és annak technológiája megegyezik a háttöltéssel. A földtámfal három jellegzetes szerkezeti eleme az erősítő betételem, a talaj és a homlokfelület. Az erősítő betét anyaga lehet acél, fém vagy geoműanyag. A megfelelő anyag kiválasztása során figyelembe kell venni a korrózióvédelmet, mely igen nagy költséget jelenthet a folyamatos fenntartás során. A rozsdamentes acél ára többszöröse a többi anyagnak, az alumínium pedig ki van téve a korrózióveszélynek és a szilárdsága is kisebb. A fémszalagok hátránya, hogy a felületi súrlódási ellenállásuk viszonylag kicsi. Ebbe a csoportba tartozik a vasalt talajtámfal, melyről az **1. fejezetben** már részletesebben írtam. Ezenkívül leplekkel erősített támfal is készül. Ezeknek a viselkedése közelebb áll a súlytámfaléhoz. Ebben az esetben elsősorban geotextíliával történik az erősítés, melyről a **4. fejezetben** már részletesebben foglalkoztam. A földtámfal kialakítása akkor a legmegfelelőbb, ha a talaj belső súrlódási szöge minél nagyobb. Így leginkább a szemcsés talajok alkalmasak földtámfalnak. A homlokelem felülete készülhet vasbetonból, fémből és műanyagból. Alakja sokféle lehet, amely az esztétikai igényeket is figyelembe veszi.

8.1.2. Elosztott elemekkel erősített bélésfalak

A meredek rézsút, mely gyakran közel függőleges helyzetű, ebben az esetben A meredek rézsút, mely gyakran közel függőleges helyzetű, ebben az esetben béléselemmel támasztják meg. Ennek egyik válfaja a talajszegezés, melyről az 1. fejezetben korábban már írtam. Másik változata lehet a táblás bélésfal. A homlokfelületre merőleges táblák egymással párhuzamosan állnak talajban, melynek sűrűsége a talaj minőségétől függ. A táblákat a fagyhatár alá kell bejuttatni. Ennek a szerkezetnek az előnye, hogy építés közben nincs szükség dúcolásra és a földmunka is csak minimális. Hátránya az, hogy speciális táblákra van szükség és erősen lejtős terepen nem alkalmazható.

8.1.3. Máglyafalak

Állékonysága alapján súlytámfalként működik, azonban minél kevesebb anyagot használnak, így üreges vázat építenek, és ezt kitöltik talajjal.¹⁸ Építése nem igényel különösebb szaktudást, könnyen kivitelezhető, építési ideje rövid. Nemcsak földmegtámasztó szerepe van, hanem zajvédő falként is alkalmazzák. Fontos a megfelelő tömörítés, mert így jobb a máglya és a talaj együttdolgozása, a mozgások is kisebbek lesznek. A vízelvezetés általában könnyen megoldható és a homlokfelületet növényzettel könnyedén be lehet borítani, így a természetbe jól illeszkedik. Előnye, hogy süllyedésre nem érzékeny és újrafelhasználható. Hátránya, hogy kb. csak 4 m magasságtól gazdaságos.

8.1.4. Zárt szekrényfalak

Előregyártott elemekből összeállított súlytámfal, melynél a visszatöltött talajtömeg teljes mértékben figyelembe vehető. Gondos tervezést igényel, ha gazdaságos megoldást akarunk ezzel biztosítani. A vízelvezetést körültekintően kell elvégezni, az átázás és a kifagyás megelőzése érdekében is. Réteges talajerősítéssel kombinálható szerkezet, így gazdaságossága lényegesen növelhető.

¹⁸ lásd: 5. sz. melléklet

8.1.5. Nyitott szekrényfalak

Nagyon gazdaságos megoldás, így igen népszerű az alkalmazása. Az előregyártott vasbeton elemek nagy területet képesek lefedni. Az elemek közötti szabad területet érdemes növényzettel betelepíteni, amely nemcsak esztétikai látványt nyújt, hanem a víz által okozott erózió hatását is csökkenti.¹⁹

8.2. Gabion-falak

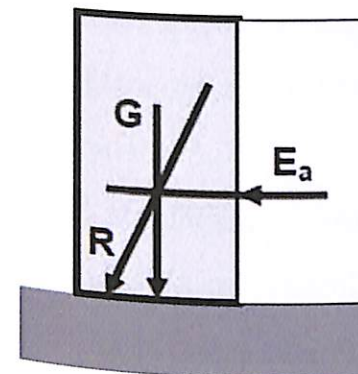
Ez a típus doboz vagy kosár alakú elemekből tevődik össze, melyeket nem talajjal, hanem Ez a típus doboz vagy kosár alakú elemekből tevődik össze, melyeket nem talajjal, hanem kövekkel, kőtörmelékkel töltenek ki és így súlytámfalként viselkedik.²⁰ Acélból vagy kemény műanyagból készülnek a hálók, melyeket később kitöltenek, és így csaknem függőleges fal alakítható ki. Az acélt horgonyzással vagy műanyag bevonattal védik a korrózióval szemben. A hálót speciálisan kötik össze, hogy az ne táguljon ki és így a benne lévő kőtöltés nem csúszik ki belőle. A kőanyaggal szembeni egyetlen kikötés az, hogy mállásra ne legyen hajlamos. Gondolni kell az erősítésre és a vízelvezetésre is, melyeket geotextília beépítésével lehet a legegyszerűbben megoldani. Tervezése során a hálók szakadását kell ellenőrizni a gyártók által megadott adatok alapján. Kivitelezése rendkívül egyszerű, azonban időigényes a kialakítása, mert a kőanyag kézi elrendezése szükséges ahhoz, hogy esztétikailag szép megjelenése legyen.

8.3. Súlytámfalak

Ez a legrégebbi típusú támfal, mely alapjául szolgál az összes többi típusnak is. A 8.1. kép jól szemlélteti az elvét. Az „E” a megtámasztott föld súlya, a „G” a fal saját súlya. Így keletkezik az „R” eredő erő, amely egy ferde erő és a sarokponttól elég távol hat. Ezeknek a feltételeknek érvényesülnie kell, hogy a támfal állékony maradjon. Az anyaga lehet előregyártott beton, monolit beton, melyben minimális vasalás lehet, és terméskő. A beton alapanyagú általában olcsóbb, a terméskő viszont esztétikusabb. Építése egyszerű, 6-10 m-es szakaszokban készül. Egyrészt azért, hogy ne legyen nagy szakasz megtámasztás nélkül, másrészt a hőmozgások miatt hézagolás mindenképpen szükséges. Víznyomásra nem méretezzük a falakat, mert akkor óriási méretek adódnának. Így a megfelelő vízelvezetésről feltétlenül szükséges gondoskodni.

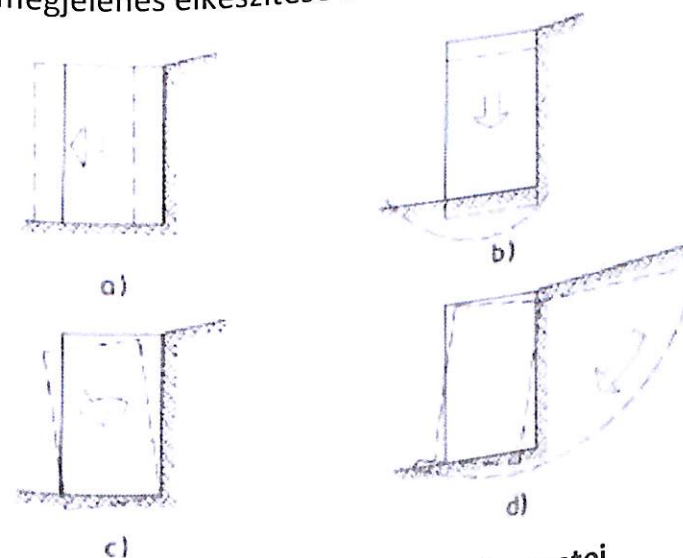
¹⁹ lásd: 5. sz. melléklet
²⁰ lásd: 5. sz. melléklet

Hagyományosan alulra készítenek egy folyókát vagy egy műanyagcsövet fektetnek le és erre töltik a kavicsot, melyet geotextíliával választanak el a talajtól. A visszatöltött talajt tömöríteni kell, de ügyelni kell arra, hogy ne legyen túlságosan tömör, mert az abból adódó nyomásokból később baj származhat.



8.1. kép: A súlytámfalak erőjátéka

A támfalnak, különösen az alapjának akkorának kell lennie, hogy kibírja a csúszólapon való elmozdulást. Vizsgálni kell azt is, hogy az „R” eredő erő nem okoz-e talajtörést. Ellenőrizni kell elcsúszásra, illetve billenésre (kiborulás) is. Ezeknek a követelményeknek a betartása esetén kialakult forma biztosítja a külső stabilitást.²¹ Belső stabilitását a könnyű vizsgálni és ellenőrizni is (8.2. kép). Az anyagok, akár kő, akár beton, a nyomófeszültséget elbírják, a húzófeszültségeknek viszont nem állnak ellen. Így csak annak kell teljesülnie, hogy az eredő erő ne lépjen ki a keresztmetszet belső magjából. Manapság súlytámfalakat már csak 2-3 m magasságig építenek, mert előlött a magasság felett már gazdaságtalan az anyagfelhasználás. Emellett hátránya, hogy az esztétikailag szép külső megjelenés elkészítése sok időt, energiát és élők munkát igényel.



8.2. kép: A külső stabilitás ellenőrzésének alapesetei
a, elcsúszás; b, talajtörés; c, billenés; d, alaptörés

²¹ lásd: 5. sz. melléklet

8.4. Szögtámfalak

Ezt a támfaltípust is régóta alkalmazzák már. Ez egy viszonylag vékony vasbeton szerkezet, melyet szinte kizárólag csak töltések megtámasztására alkalmaznak. A vízszintes talp fölé visszatöltött földtömeg biztosítja a stabilitásukat. A háttöltés szemcsés anyagból készül, így a víztelenítése egyszerű. Csak egy perforált csövet kell lefektetni és azt megfelelő lejtésben elhelyezni és ennek kivezetését szakaszosan megoldani.²²

Belső stabilitásának vizsgálatát úgy kell végezni, hogy a fal vasalását kell a rá ható nyomásokra méretezni. A külső stabilitásvizsgálat során a támfalat és a visszatöltött talajt együtt egy súlytámfalnak kell tekinteni.

9. Támfal tervezése

9.1. Előzmények

A szakdolgozat keretein belül elkészítem egy vasúti töltés támfallal való megtámasztását. A támfal az Északi összekötő Duna-híd és Pilisvörösvár közötti vonalszakaszon valósul meg. A vonal mára elhasználódott, egyre több a lassan bejárható szakasz. A forgalom szerkezete átalakult, az új követelményeket a vonal átépítésével lehet teljesíteni.

A tervezési terület az Aquincumi átkötésnél, a Pomázi út – Szentendrei út közötti területen helyezkedik el. A Szentendrei út felett építendő egy felüljáró, melynek két pillére és egy hídfője esik a támfal környezetébe. A támfal tervén ábrázoltam a tervezett híd cölöpösszefüggő gerendáinak és pilléreinek kontúrját.

9.2. Általános adatok

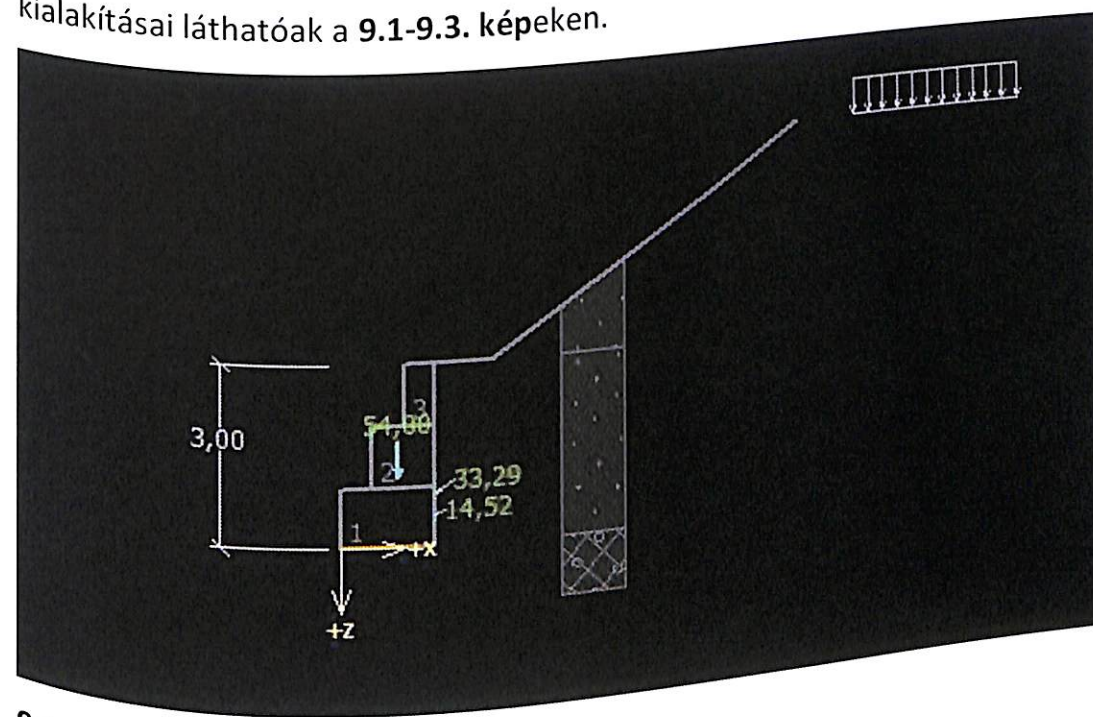
A vasútvonal hossz-szelvényében az Északi vasúti híd és a Szentendrei úti átvezetés között egy nagy pályaszint csökkenés majd emelkedés van. Jelen terv keretén belül ezt a szakaszt emelt pályaszinten, lényegesen kisebb magasság különbséggel alakítom ki. A

²² lásd: 5. sz. melléklet

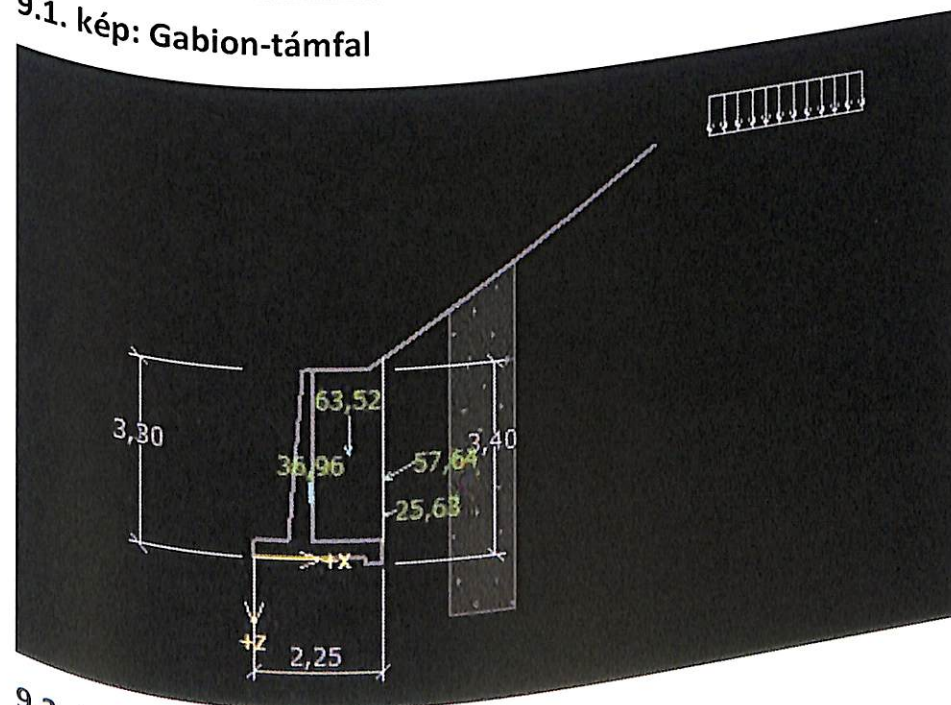
vonal jobb oldalán azonban a Pók utca burkolata miatt a vasúti töltést meg kell támasztani.

Kiselemes homlokfelületű talajtámfalat terveztem, amelynek előnye a gyors kivitelezési idő, a süllyedésre érzéketlenség, a kevés élőmunka igény és az esztétikus megjelenés.

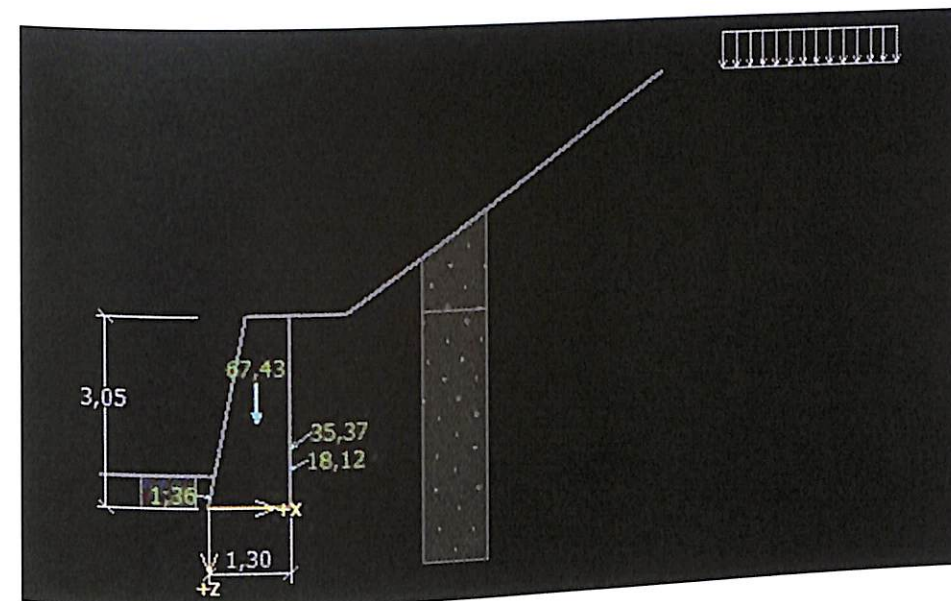
A tervezés során Geo5 programot használtam, melyben megvizsgáltam többféle támfaltípust is. Az eredmények alapján választottam ki végleges megoldásként a kiselemes homlokfelületű talajtámfalat. A gabion-támfal, súlytámfal és szögtámfal szerkezeti kialakításai kevésbé gazdaságos megoldások lettek volna, kevés hely lett volna a kialakításukra és hosszabb időre is lett volna szükség. Ezeknek a geometriai kialakításai láthatóak a 9.1-9.3. képeken.



9.1. kép: Gabion-támfal



9.2. kép: Szögtámfal



9.3. kép: Súlytámfal

A támfal a 30+21,5 – 33+13,5 hm szelvények között a vasúti pálya jobb oldalán terveztem, a függőlegeshez képest 4°-os szögben hátradöntve. A 86°-os hajlásszög az előregyártott betonelemek építési technológiájából adódik.

A műtárgy terve részben a MÁVTI, részben az UVATERV Zrt. által készített Vasúttervek adatszolgáltatása alapján készült.

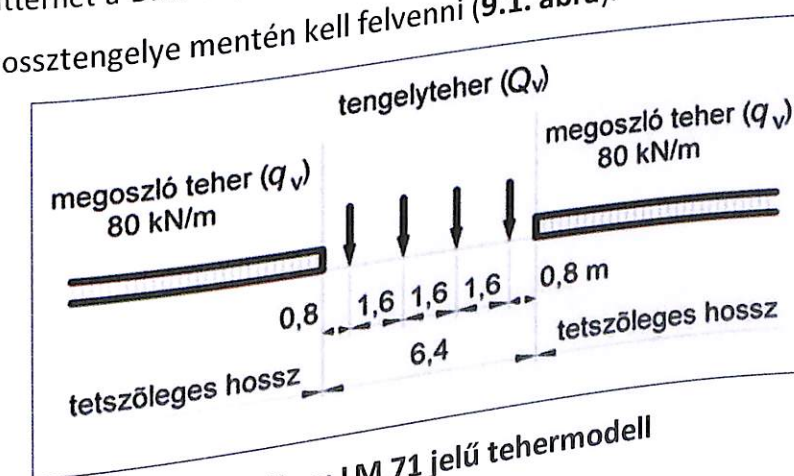
A terveken feltüntetett szintek a Balti alapsíkra vonatkoznak.

A terveken feltüntetett szintek a Balti alapsíkra vonatkoznak.

A vasúti pálya helyszínrajzilag egyenes, magasságilag 4,7-0 ‰ esésben van.

9.3. Terhelés

A vasúti vonatterhet a D11. alapján az UIC 71 ajánlás szerinti LM 71 jelű statikus teherként a vasúti pálya hossz tengelye mentén kell felvenni (9.1. ábra).



9.1. ábra: LM 71 jelű tehermodell

Ez esetben a vágánytengelyre keresztirányban a földműre jutó függőleges, egyenletesen megoszló terhelést jelent. Így a keresztirányú modellben, 52 kN/m^2 -es terhelés, 3 méter széles sávban a sínkorona alatt 50 cm-rel helyezkedik el, s ezt korlátlan hosszal kell figyelembe venni. A dinamikus szorzó pedig jelen esetben a pálya állapotát és a tervezendő sebességet figyelembe véve 1,69, így a dinamikus terhelés 88 kN/m .

9.4. Talajmechanikai vizsgálatok

A talajvizsgálati jelentés elkészítéséhez a korábban elvégzett 3000 és 3300 jelű feltárásokat használtam fel.

A tervezési területen készített fúrásokban a legmagasabb vízszint sem érte el a 102 mBf magasságot. A talajvíz az MSZ EN 206-1:2002 szerint nem minősül agresszívnek. A Duna aktuális vízszintjétől függően visszaduzzaszthatja az Aranyhegyi patakot, aminek következtében a területen megemelkedik a talajvíz szintje, a munkagödörben viszont nem kell számítani talajvíz megjelenésére.

A területen a felszín alatt 1,3-3,9 m mélységig feltöltés található, ezt a támfal alatt a terepszint 1,45 m mélységig a feltöltést el kell távolítani, és azt kétirányban teherhordó, merev csomópontú georács rétegekkel kell megerősíteni a terveken feltüntetett módon. A feltöltés helyére jól tömöríthető szemcsés anyag beépítése szükséges, min. 95%-os tömörséggel. A támfal alapozási síkján biztosítani kell minimum 40 MPa teherbírasi értéket.

A számítások során a következő talajfizikai paraméterekkel számolok:

1) Altalaj (homokos feltöltés):

Belső súrlódási szög:	$\varphi=26^\circ$
Kohézió:	$c=5 \text{ kPa}$
Talaj térfogatsúlya:	$g=19 \text{ kN/m}^3$

2) Talajcsere anyaga (jól tömöríthető szemcsés anyag):

Belső súrlódási szög:	$\varphi=34^\circ$
Kohézió:	$c=0 \text{ kPa}$
Talaj térfogatsúlya:	$g=20 \text{ kN/m}^3$

3) Támfalat képező anyag (jól tömöríthető szemcsés anyag):

Belső súrlódási szög:	$\varphi=34^\circ$
Kohézió:	$c=0 \text{ kPa}$
Talaj térfogatsúlya:	$g=20 \text{ kN/m}^3$

4) Meglévő töltés anyaga (erősen finomhomokos, iszapos homokliszt):

Belső súrlódási szög:	$\varphi=23^\circ$
Kohézió:	$c=25 \text{ kPa}$
Talaj térfogatsúlya:	$g=17,5 \text{ kN/m}^3$

9.5. A támfal kialakítása

A talajtámfal kialakítása az ún. TW1 típusú előregyártott, kisélemes technológiával épül, amely egy 50*50 cm méretű, monolit vasbeton alapra kerül. A monolit alaptest hosszirányú vasalása 6 db Ø16-os betonacél, a Ø12-es kengyeleket pedig 20 cm-ként kell kiosztani, a beton minősége pedig C25/30–XC2 legyen, amely környezeti osztályát tekintve karbonátosodásnak ellenálló. A vasbeton alaptestet 20-30 méterenként dilatációs hézaggal kell megszakítani, ennek szelvényei a következők:

30+50

30+80

31+19

31+50

31+80

32+10

32+39

32+70

32+90

Amennyiben a vasbeton alap elérte a kellő szilárdságot, egy vékony habarcs-, vagy ragasztóréteg gondoskodik az első (ún. TW1 base), kezdő elem terv szerint helyének biztosításáról. Az első, „base” elem elhelyezése után a háttöltést annak felső síkjáig fel kell tölteni jól tömöríthető durvaszemcsés anyaggal, majd a 9.4. képen látható módon össze kell kapcsolni az első Tensar, egy-irányban teherviselő georács réteget az

elemekkel. Ebben a következő TW1 betonelem(ek) tömege, valamint az ún. konnektor elem áll segítségünkre, ami szintén látható az alábbi képen.



9.4. kép: TW1 elemek és a georácsok összekapcsolása

Az első réteg georács réteg terv szerinti hosszban való lefektetése és kifeszítése után a következő három elemsor (45 cm) mögötti háttöltés elkészítése következik, ami után az imént leírt építési folyamat ismétlődik a támfal teljes magasságáig. Célszerű a támfal mögött másfél-két méteres részt lapvibrátorral (amelynek szélessége nem haladja meg az egy métert, és össztömege a 300 kg-ot) tömöríteni, az esetleges homlokfelületi „kihasadások” elkerülése végett. A georácsok vágásakor figyelni kell arra, hogy az sosem a csomópontok (bordák) mentén történik, hanem attól legalább 5-6 cm-re helyezkedik el. A tömörítésnek mindig a fal hátlapjánál kell kezdődnie, fokozatosan haladva a georácsok szabad vége felé, ezzel is biztosítva a rétegek megfeszítését. A támfal két legfelső elemsoránál nem elegendő csupán a georács erősítés, a már alkalmazott habarcs- vagy ragasztó réteget kell használni ahhoz, hogy elérjük az egész falra vonatkozó vonalbeli és szintbeli helyességet. A legutolsó elem elhelyezését még egy záró-elem követi, amely főként az esztétikumért felelős. A záró-elemet és a legfelső elemet mechanikai kapcsolattal kell egymáshoz rögzíteni, például a már említett habarcs-, vagy ragasztóréteggel kialakítva. A támfalak építésekor meg kell győződni arról, hogy az alatt közművezeték nem maradhat, továbbá annak alaptestjét 1 méterre nem közelíthető meg vízszintes irányban sem (nyomás alatt lévő vezeték esetében 1,5 méter).

A munkagödör kiemelésekor a töltéslépcsőzést a földmunkaépítés szabályainak megfelelően kell végrehajtani.

A támfal építésénél alkalmazott anyagminőségek a következők:

Egyirányban teherviselő georács: Tensar RE 540

- Névleges szakítószilárdság: 57 kN/m
- Tervezési szakítószilárdság (120év, 20°C): 25,1 kN/m
- Alapanyag: HDPE 11%
- Szakadó nyúlás:

Kétirányban teherviselő georács: Tensar SS 30

- Névleges szakítószilárdság: 30 kN/m
- Alapanyag: PP merev csomópontú
- Kialakítása:

Szivárgó-paplan: Interdrain GMG 412

Textília:

- Felületi sűrűség: 120 g/m²
- Gyártástechnológia: nem szőtt

Távtartó (ez biztosítja a víz áramlását):

- Alapanyag: HDPE
- Vastagság: 4 mm
- Kialakítása: egymást 60°-ban metsző szálak

Támfal anyaga (egyirányú georácsokkal erősített háttöltés): Homokos Kavics

- Belső súrlódási szög: 34-36°
- Agyag- iszaptartalom: max. 10%
- Tört szemcsés anyag tartalom: min. 30%

- Talajcsere anyaga (kétirányú georácsokkal erősített alap): Homokos Kavics
- Belső súrlódási szög: 34-36°
 - Agyag- iszaptartalom: max. 10%

- Kavicsszivárgó anyaga: Homokos Kavics
- Vízáteresztő-képesség: max. 10^{-3} m/s

- Előregyártott támfalelemek: TW1
- Méret: 400x210x150 (+/- 2mm) min. C 25/30
 - Nyomószilárdság: XF2
 - Környezeti osztály:

Az alkalmazott kitéti osztály jellemzői: Függőleges felületű, mérsékelt víztelítettségű, fagynak és jégolvasztó sók permetének kitett fagyálló beton.
Az anyagok helyettesíthetők a felsoroltak alapján egyenértékűnek, vagy azoknál magasabb minőségűnek tekinthető anyagokkal.

9.6. A támfal víztelenítése

A támfal homlokfala (nagy részt) szárazon rakott, kisméretű előregyártott betonelemből áll, amely kevésbé vízáteresztő, ezért a terveken feltüntetett magasságig a homlokfelület mögé 30 cm vastagságban kavicsszivárgó beépítése, továbbá egy, a háttöltés vizeit összegyűjtő 3-5% lejtéssel rendelkező szivárgó-paplan fektetése szükséges. A kavicsszivárgó, továbbá a drénpaplan által szállított vizeket a támfal mögött kialakított hosszirányú monolit betonvályúba helyezett, min Ø100-as, 120 fokban réselt dréncső gyűjti össze. Az összegyűjtött vizet (átlagban) 10 méterenként beépített Ø100-as csővel lehet a homlokfalra kivezetni a támfal és a Pók utca közé épülő burkolt padkára. A kivezető csövek az elemek közepén hatoljanak át. A támfal tetejére egy FO-2 típusú előregyártott folyóka kerül, 10 cm homokos kavics ágyazatra, amely a töltésrészén felgyülemelő vizek elvezetésére hivatott. Az előregyártott beton folyóka vizét összesen 6 helyen vezetjük ki, Raudril Rail akna segítségével, a tervek szerint. A hátszivárgó esése 2%, míg a folyóka esése a területviszonyok miatt csak 0,5 %-os. A folyóka mindkét oldalán vízzáró réteg beépítése szükséges a keresztmetszvényeknek megfelelően

kialakítva, 5-5%-os lejtéssel. Ezzel lezárom a támfal felső síkját, és biztosítjuk, hogy a rézsűről érkező vizek végül a folyókában gyűljenek össze.

9.7. Számítások

A támfal méretezését A Geo5 nevű programmal végeztem el a 31+80-as szelvényben.

A 9.5. képen látható a szoftver által létrehozott támfal, melyen látható a rézsű csúszólapja is. A program ellenőrzi a falat elcsúszásra, kiburulásra, alaptörésre, illetve belső állékonyságát is vizsgálja. Ezek eredményei a következők:

A teljes fal ellenőrzése

Kiburulási stabilitás ellenőrzése

Ellennyomaték $M_{res} = 588,74 \text{ kNm/m}$

Borító nyomaték $M_{ovr} = 315,06 \text{ kNm/m}$

A fal kiburulásra MEGFELEŐ

Elcsúszás ellenőrzése

Vízszintes ellenerő $H_{res} = 252,52 \text{ kN/m}$

Aktív vízszintes erő $H_{act} = 148,86 \text{ kN/m}$

A fal elcsúszásra MEGFELEŐ

Teljes ellenőrzés - FAL MEGFELEŐ

Teljes ellenőrzés - FAL MEGFELEŐ

Elenőrzés a maximális kihasználtságú geo-megerősítés mentén történő elcsúszásra	= 90,00 °
Csúszólap meredeksége	= 359,02 kN/m
A megerősítésre ható általános normálerő	= 0,90
Geotextília mentén történő elcsúszás csökk. tény.	= 10,52 kN/m
Fal ellenállás	= 0,00 kN/m
Vasalások általános teherbírása	= 226,25 kN/m
Ellenállás a geo-megerősítés mentén	

Csúszás ellenőrzése:

Vízszintes ellenerő $H_{res} = 236,77 \text{ kN/m}$

Aktív vízszintes erő $H_{act} = 116,27 \text{ kN/m}$

Geotextília mentén tört. elcsúszás MEGFELEŐ

Szakító szilárdság ellenőrzése (geo-megerősítés sz.2)

Szakítószilárdság $R_t = 19,14 \text{ kN/m}$

Geo-megerősítés erő $F_x = 9,54 \text{ kN/m}$

Geo-megerősítés szakítószilárdság MEGFELEŐ

Kihúzóerő ellenőrzése (geo-megerősítés sz.6)

Kihúzóerő ellenállás $T_p = 145,32 \text{ kN/m}$

Geo-megerősítés erő $F_x = 4,79 \text{ kN/m}$

Geo-megerősítés kihúzóerő ellenállása MEGFELEŐ

Általános ellenőrzés - geo-megerősítés MEGFELEŐ

Rézsűállékonyság ellenőrzés (Bishop)

Aktív erők összege : $F_a = 586,31 \text{ kN/m}$

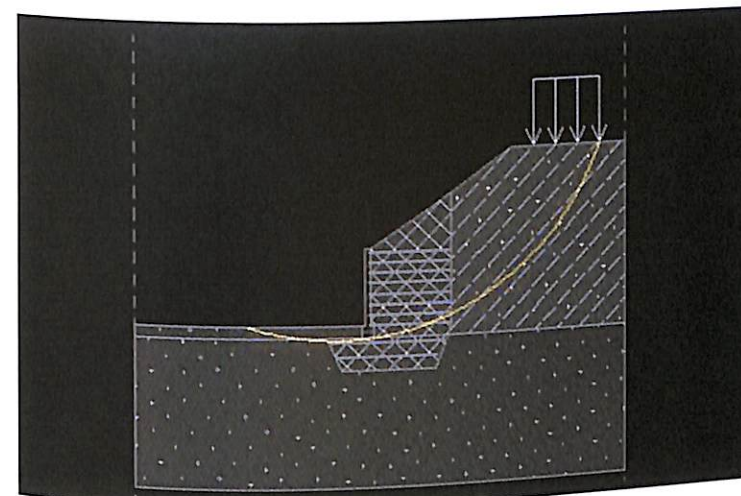
Passzív erők összege : $F_p = 607,66 \text{ kN/m}$

Elcsúszási nyomaték : $M_a = 7229,18 \text{ kNm/m}$

Ellennyomaték : $M_p = 7492,48 \text{ kNm/m}$

Kihasználtság : 96,5 %

Rézsűállékonyság MEGFELEŐ



9.5. kép: Georáccsal erősített támfal a Geo5 programban

9.8. Befejező munkák

A támfal megépítését követően amennyiben a munkagödör érinti a Pók utca burkolatát, a kivitelező köteles azt eredeti állapotában helyreállítani. Ehhez a munka megkezdése előtt állapottervet kell készítenie, és a helyreállítást ez alapján kell elvégezni.

9.9. Munkavédelem

A munkavédelemről szóló rendeletek, előírások alapján a tervező kijelenti, hogy a tárgyi tervdokumentáció műszaki megoldásai megfelelnek az általános érvényű kötelező és az eseti hatósági előírásoknak. A terv a kivitelezési előírásokra való tekintettel, az érvényben lévő óvórendszabályok, munkavédelmi-, és tűzvédelmi előírások és szabványok figyelembe vételével készült. A műtárgy tervezésénél figyelemmel voltunk az MVSZ 9. sz. mellékletében felsorolt munkavédelmi jogszabályokra és utasításokra. A műtárgy építése a meglévő környezeti hatásokat károsan nem befolyásolja, az élő szervezetekre káros hatása nincs. Gépi berendezéseket csak szakképzett gépkezelő üzemeltethet. Elektromos berendezéseket előírás szerint földelni és szigetelni kell.

9.10. Tűzvédelem

Az Országos Tűzvédelmi Szabályzat a műtárgyakat „épületnek nem minősülő építménynek” nevezi, így a „nem tűzveszélyes”(jelzése „E”) tűzveszélyességi osztályba sorolja.

9.11. Környezetvédelem

A munkaterületet az építkezést követően eredeti állapotának megfelelően helyre kell állítani, különös tekintettel a magánterületekre. A munkálatok során keletkező hulladékokat a kivitelezők kötelesek összegyűjteni veszélyességének megfelelően ideiglenesen tárolni, majd a hulladék típusa szerinti, engedéllyel rendelkező átvevőnek átadni.

9.12. Tervezői nyilatkozat

A tervezett műszaki megoldás megfelel a vonatkozó jogszabályoknak, általános érvényű és eseti előírásoknak, így különösen a környezetvédelmi előírásoknak, a statikai, az életvédelmi követelményeknek. Az adott tervezési feladatra a vonatkozó jogszabályokban, általános érvényű és eseti előírásokban előírt módszert alkalmaztuk a hatások (terhek) és az ellenállások (teherbírás) megállapítására és azt a tervezés során teljes körűen alkalmaztam. A tárgyi szakági tervdokumentációnak az érdekelt szakhatóságokkal és közművekkel való egyeztetése a tervezés folyamán megtörtént.

A betervezett építési célú termékek jogszabályban meghatározott jóváhagyott műszaki specifikációkkal rendelkeznek.

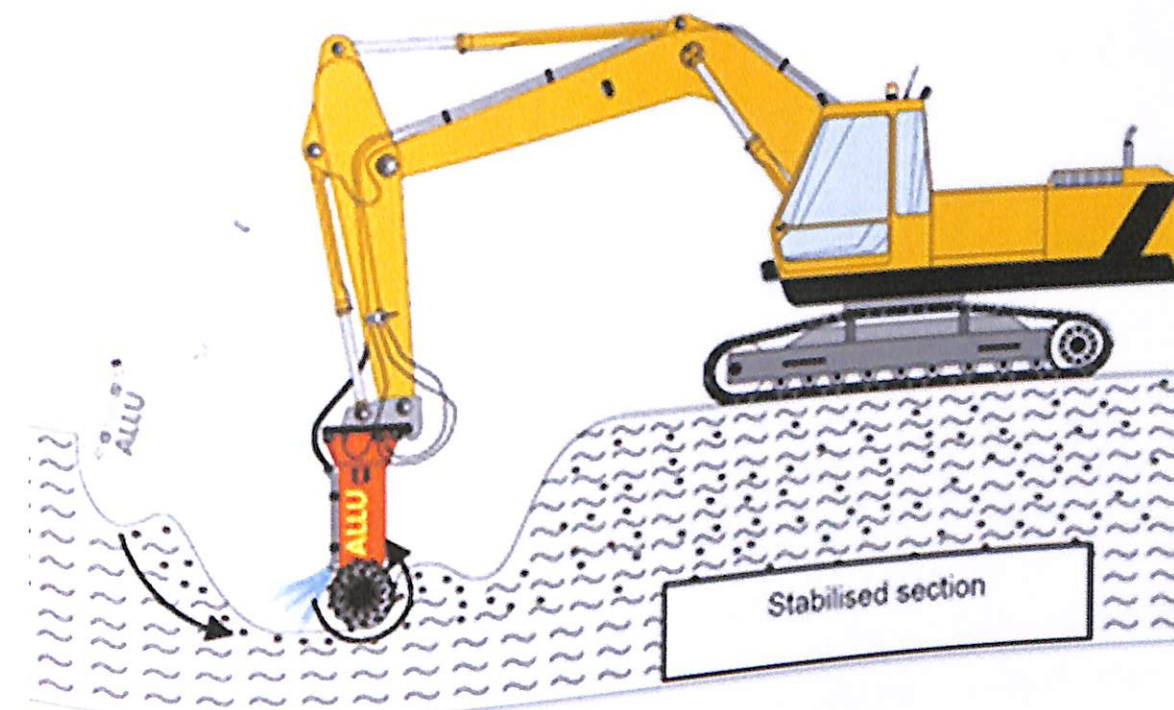
Az építmény nem tartalmaz azbesztet.

A szakági tervdokumentáció felelős tervezője rendelkezik a megfelelő tervezőjogosultsággal.

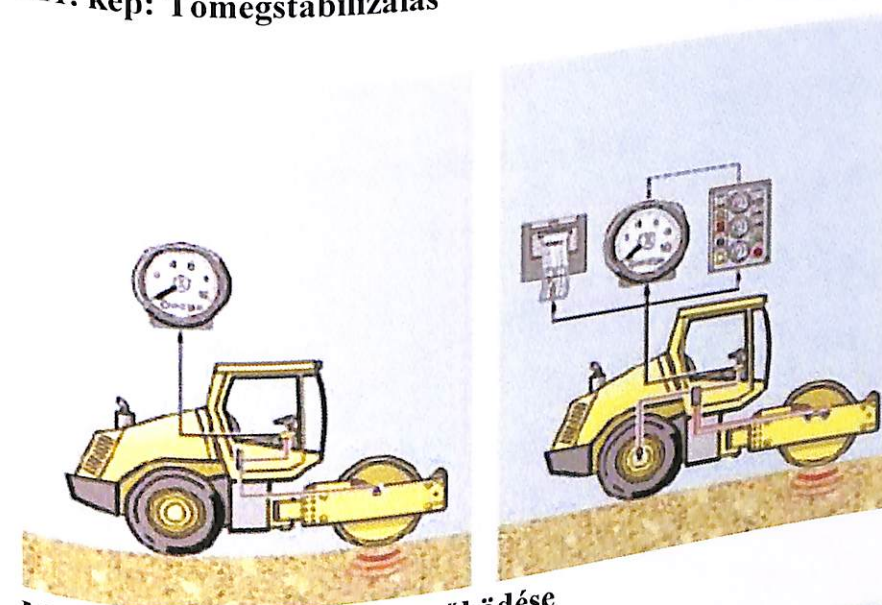
Budapest, 2015. május

Zsoldos Szabina

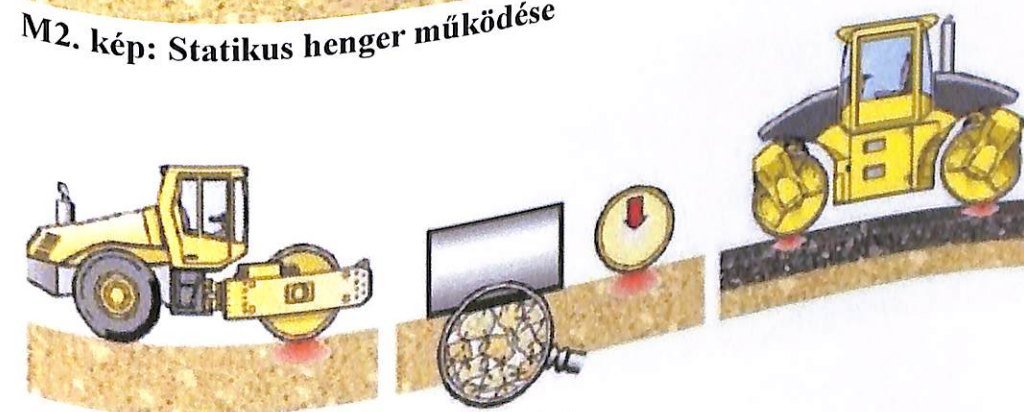
1. sz. melléklet



M1. kép: Tömegstabilizálás

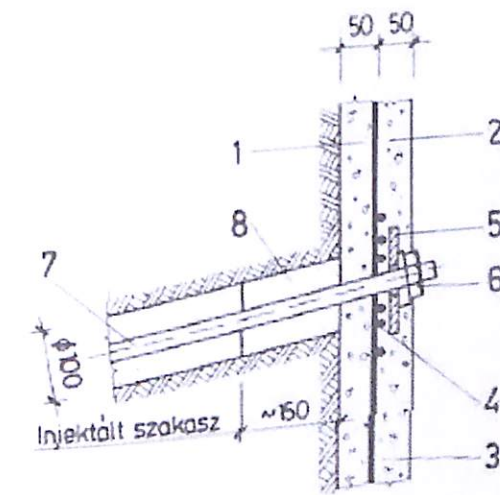


M2. kép: Statikus henger működése



M3. kép: Vibrációs henger működése

2. sz. melléklet



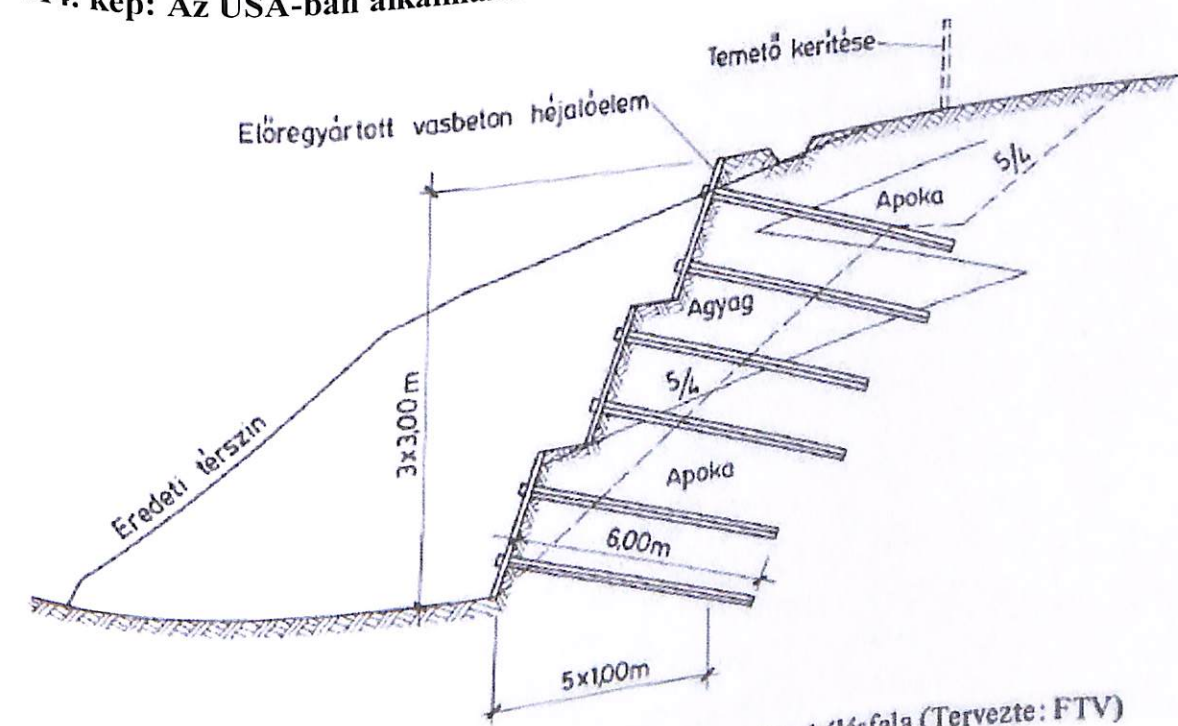
A méretek mm-ben értendők

Az USA-ban alkalmazott feszített talajszegezés részlete

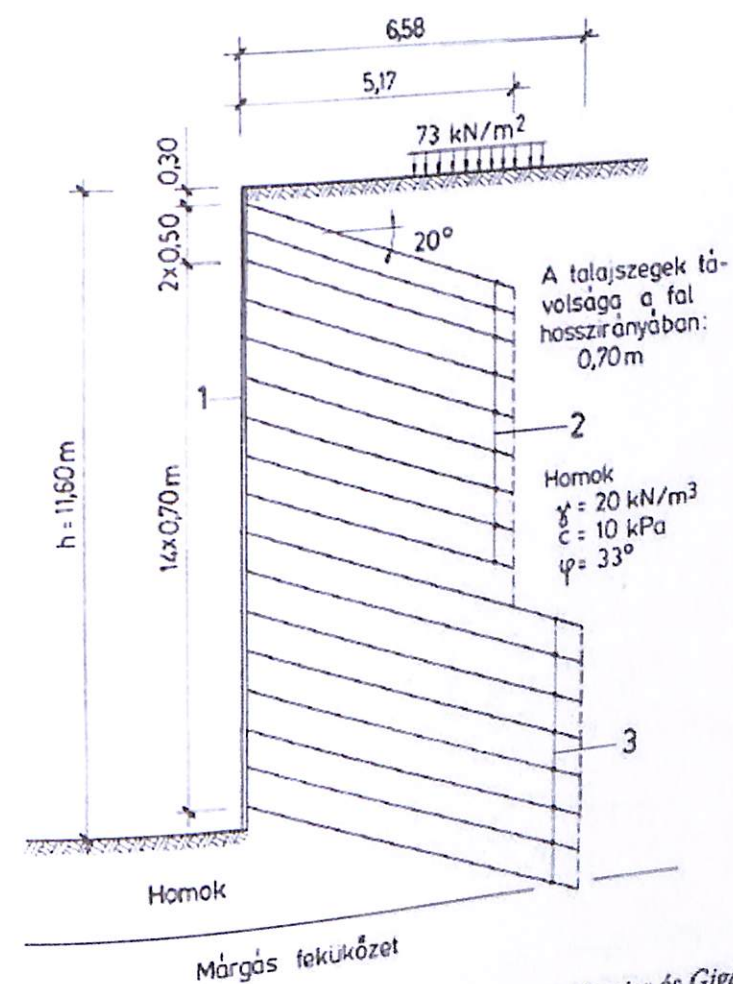
1 lovelt-beton hűj első rétege; 2 betonhűj második rétege; 3 200 x 200 mm lyukbűsű betonacél háló;
 4 4 db betonacél vízszintesen elhelyezve; 5 150 x 150 x 12 mm-es acéllemez;
 6 M 24-es alátét és csavaranya; 7 ϕ 24 mm acélrűd (horgony, ill. talajszűg); 8 injektálatlan szakasz.

M4. kép: Az USA-ban alkalmazott feszített talajszegezés részlete

M4. kép: Az USA-ban alkalmazott feszített talajszegezés részlete

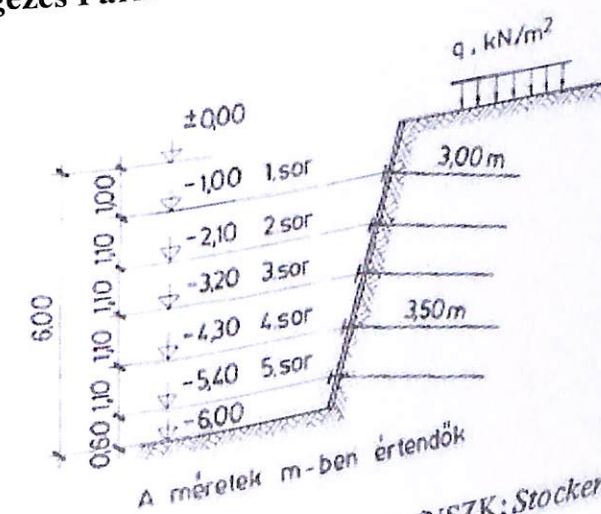


A salgótarjáni Arany János utcai temető talajszegeszéses bélésfala (Tervezte: FTV)

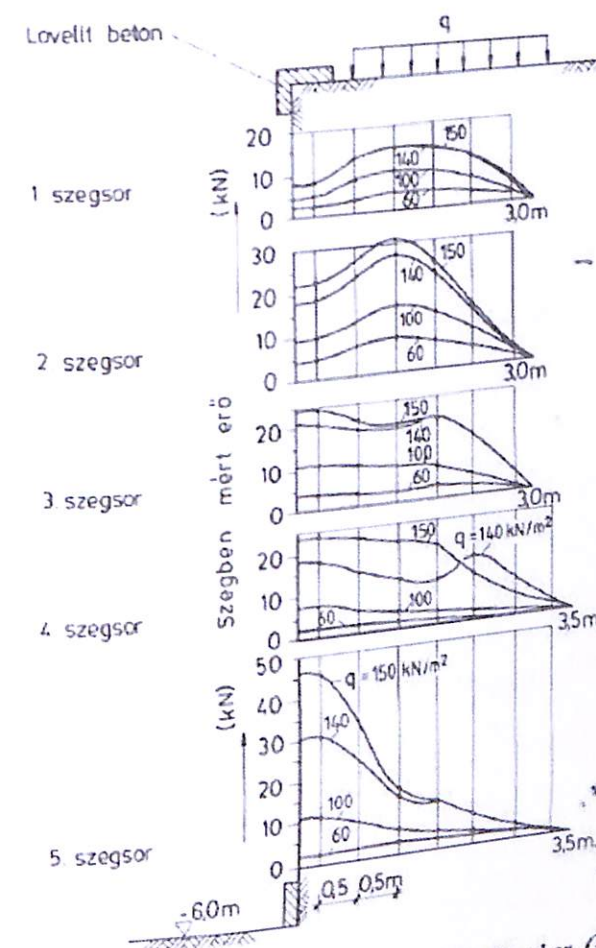


Talajszegezéses bélésfal Párizs közelében (Hurpinoise-fal; Cartier és Gigan nyomán)
 1 héjalás; 0,05...0,10 m lövellt vasbeton, hegesztett acélháló betéttel;
 2 9 db talajszeg, 50x50x5 mm-es szögacélból, 5,5 m hosszúsággal;
 3 8 db talajszeg, 60x60x6 mm-es szögacélból, 7,0 m hosszúsággal

M6. kép: Talajszegezés Párizs közelében

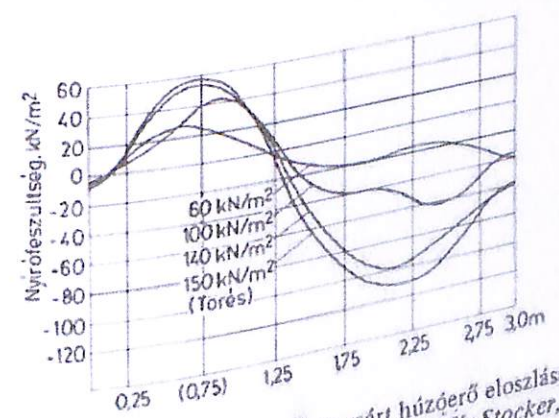
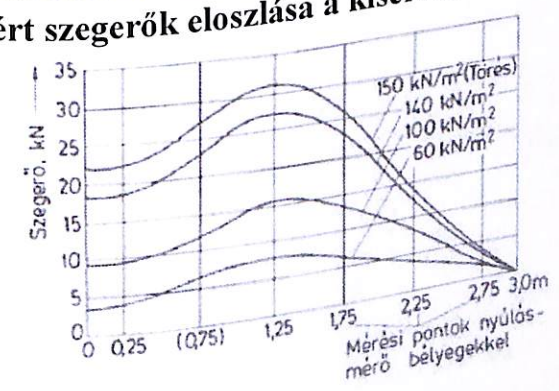


Kísérleti talajszegezéses támfal keresztmetszete (NSZK; Stocker, Güssler, 1979)
 M7. kép: Kísérleti talajszegezés



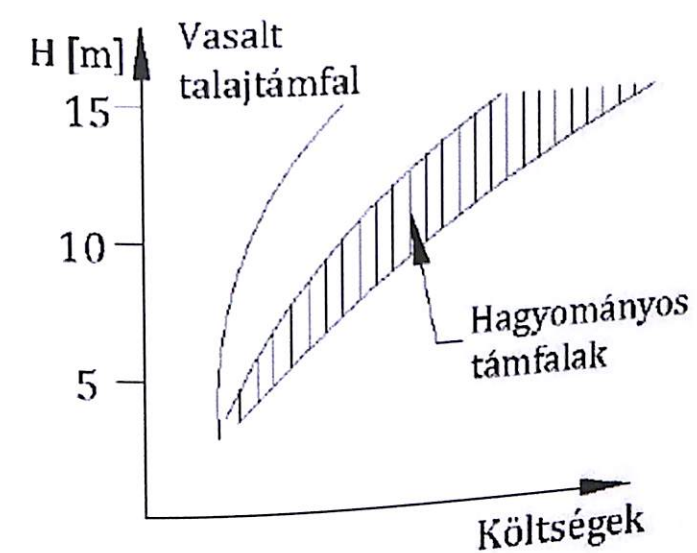
A mért szegerek eloszlása a kísérleti támfalban (NSZ; Stocker, Güssler, 1979)

M8. kép: Mért szegerek eloszlása a kísérleti támfalban

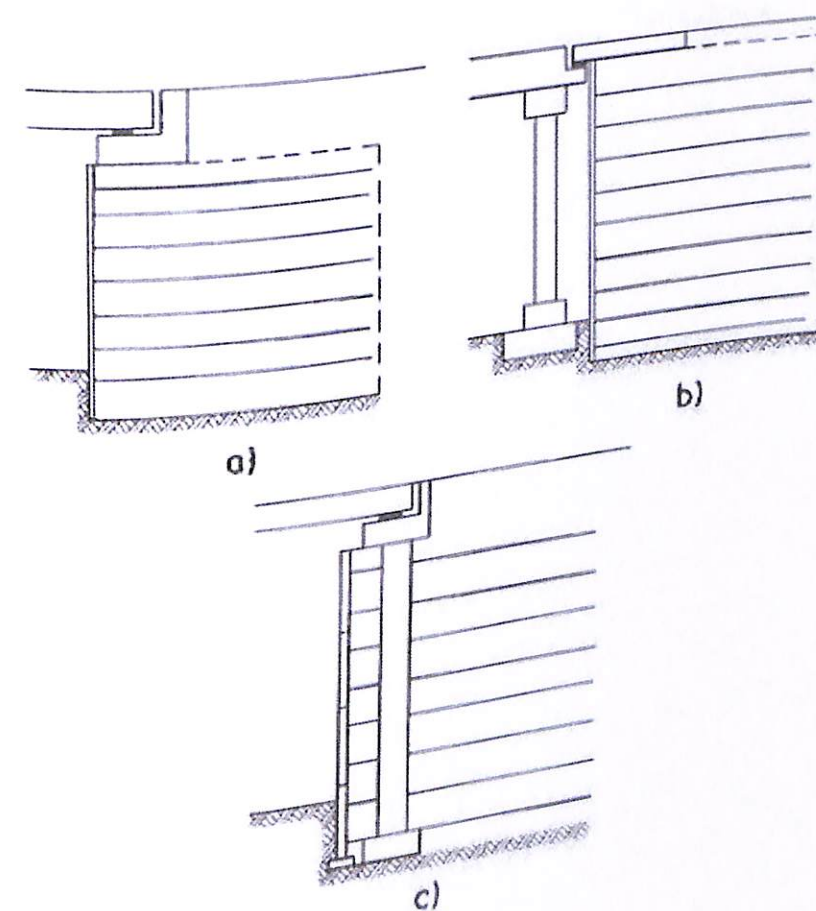


A kísérleti támfal 2. szegsorában mért húzóerő eloszlása, és a szeg mentén keletkező nyírófeszültség eloszlása (NSZK; Stocker, Güssler, 1979)

M9. kép: A kísérleti támfal 2. szegsorában mért szegerek



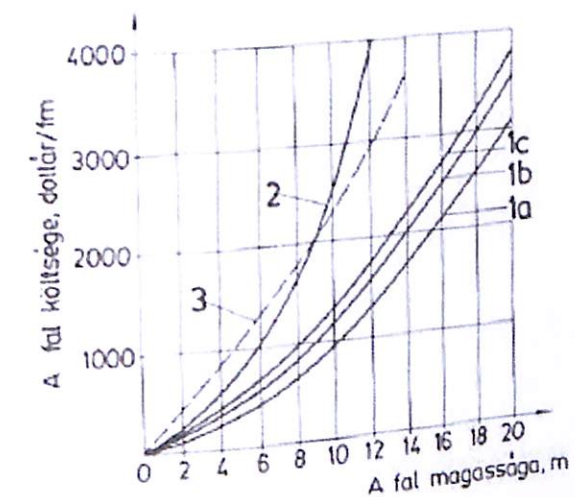
M1. diagram: A vasalt talajtámfal és a hagyományos támfalak költségének összehasonlítása a magasság függvényében



Vasalttalaj-hídfők

- a) a vasalttalaj-szerkezetre állított hídtámasz;
- b) a vasalttalaj-szerkezettől statikailag és szerkezetiileg függetlenített támasz;
- c) a vasalttalaj-szerkezettől statikailag független, de szerkezetiileg egybeépített támasz

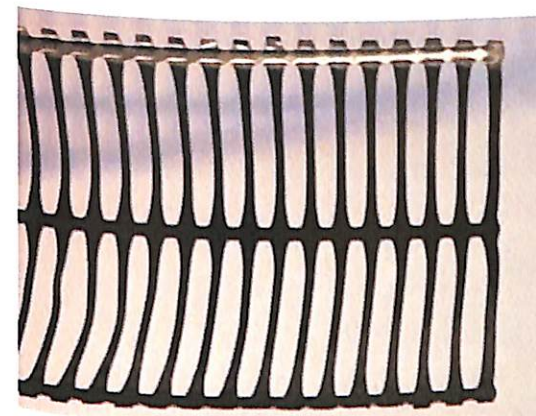
M10. kép: Vasalttalaj-hídfők kialakítása



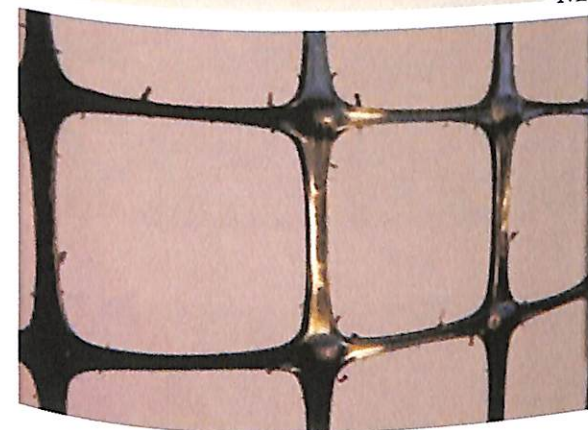
Összehasonlító költségelemzés 50 éves élettartamra tervezett, különböző támfaltípusokra
 (biztonsági tényező az állékonyságvizsgálatnál: 1,5;
 előregyártott vasbeton homloklaplemek alkalmazása esetén a 4 m-nél magasabb fal
 ára: 35 %-kal kevesebb, a 4 m-nél alacsonyabb fal ára: 10 %-kal több)
 (Lee, Adams, Vagnernon, 1973)
 1a vasalttalaj-támfal, korrózió nincs; 1b vasalttalaj-támfal, korróziósebesség: 0,025 mm/év;
 1c vasalttalaj-támfal, korróziósebesség: 0,05 mm/év;
 2 vasbeton konzolos támfal; 3 acélból készült máglyafal

M2. diagram: Összehasonlító költségelemzés különböző támfaltípusokra a magasság függvényében

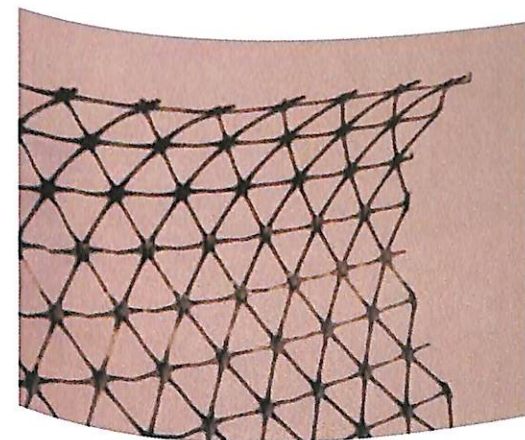
3. sz. melléklet



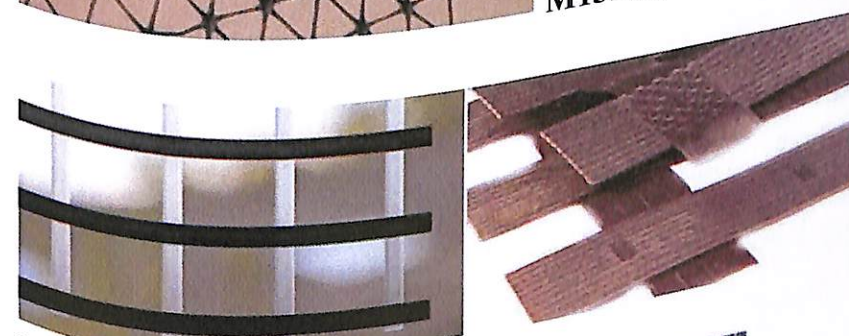
M11. kép: Egytengelyű georács



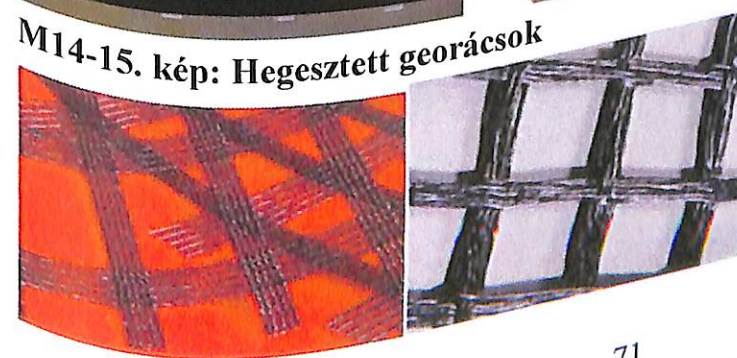
M12. kép: Kéttengelyű georács



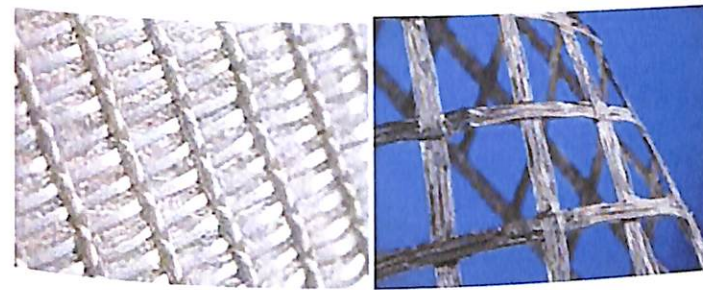
M13. kép: Háromtengelyű georács



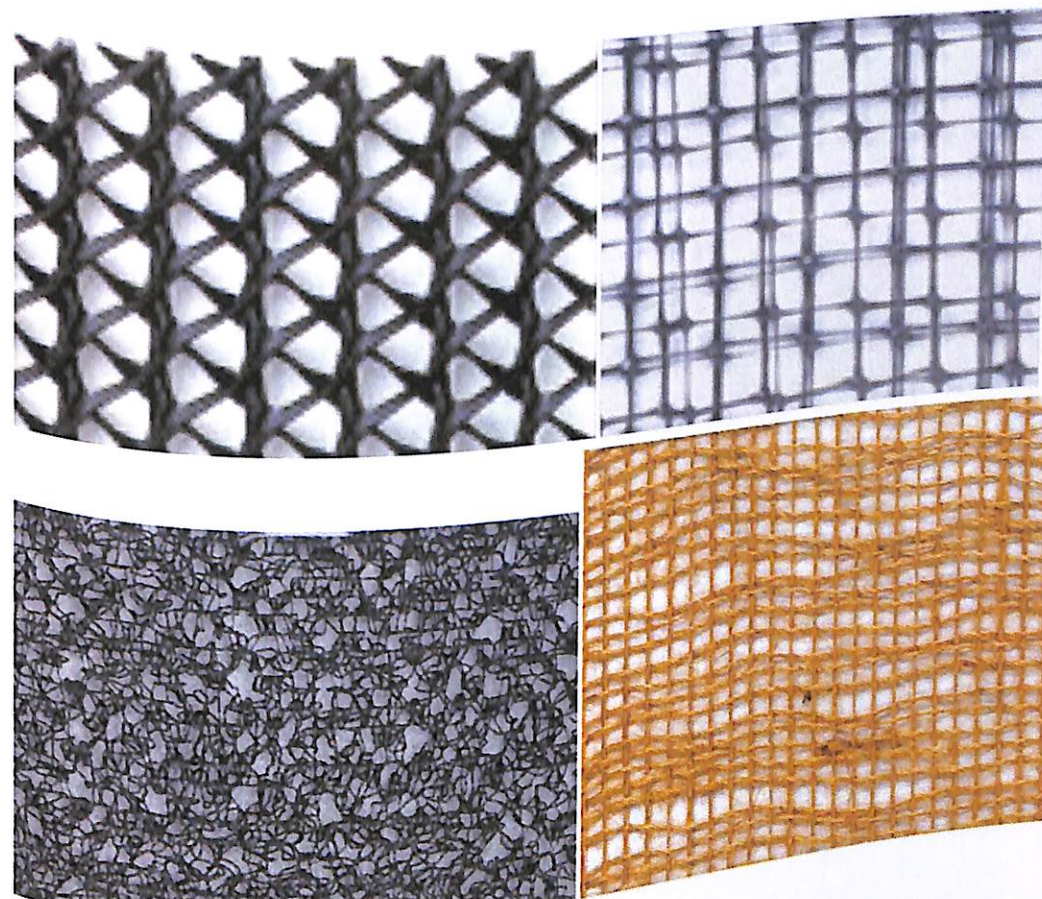
M14-15. kép: Hegesztett georácsok



M16-17. kép: Szőtt georácsok



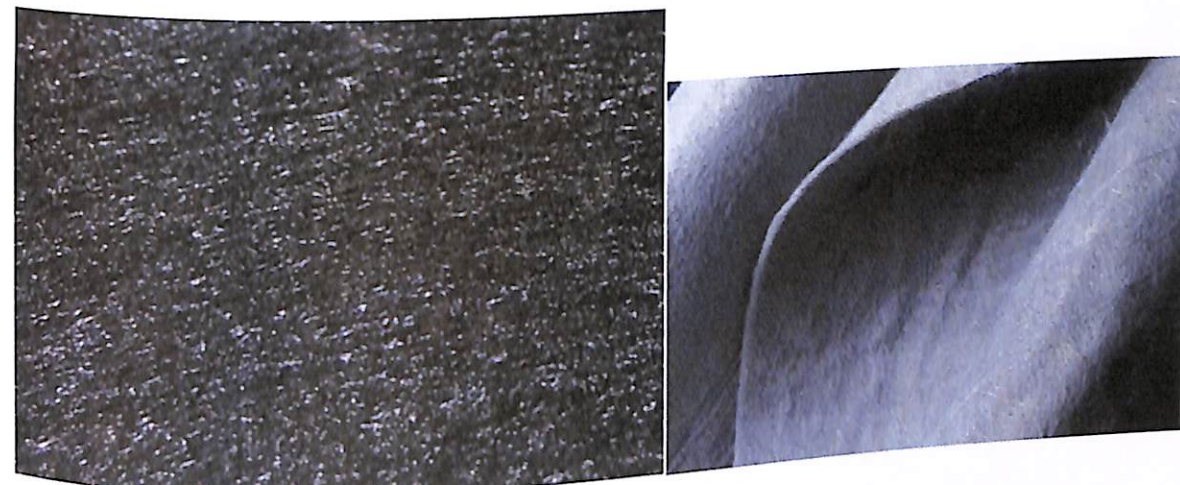
M18-19. kép: Hurkolt georácsok



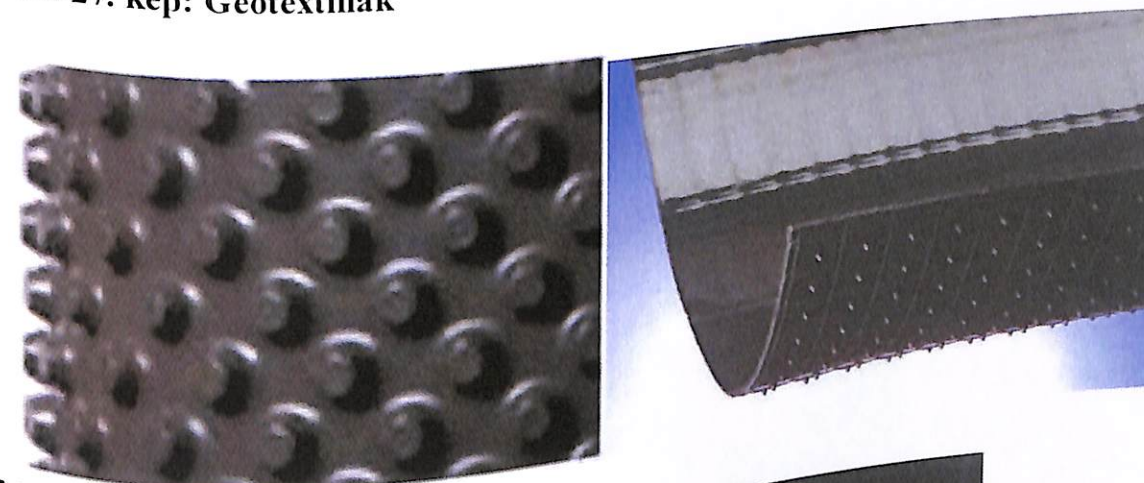
M 20-23. kép: Geohálók



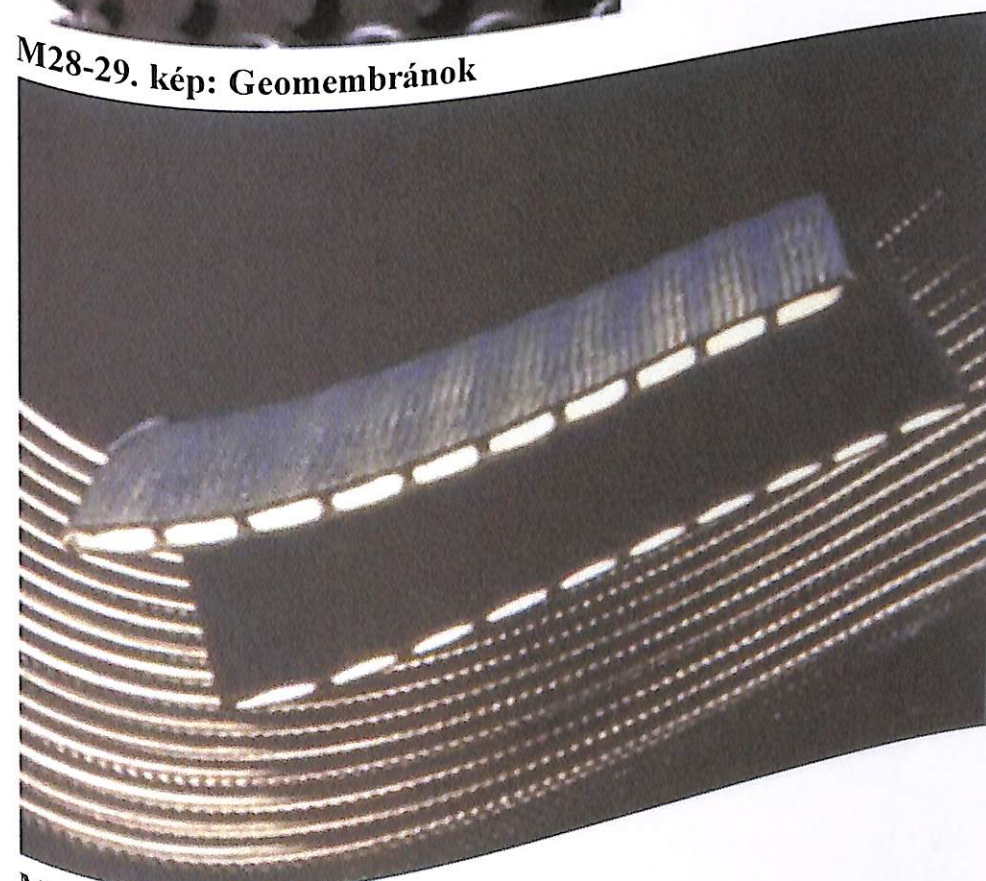
M24-25. kép: Juta és kókusz alapanyagú geohálók



M26-27. kép: Geotextíliák



M28-29. kép: Geomembránok



M30. kép: Geoszalag



M31. kép: Geocső



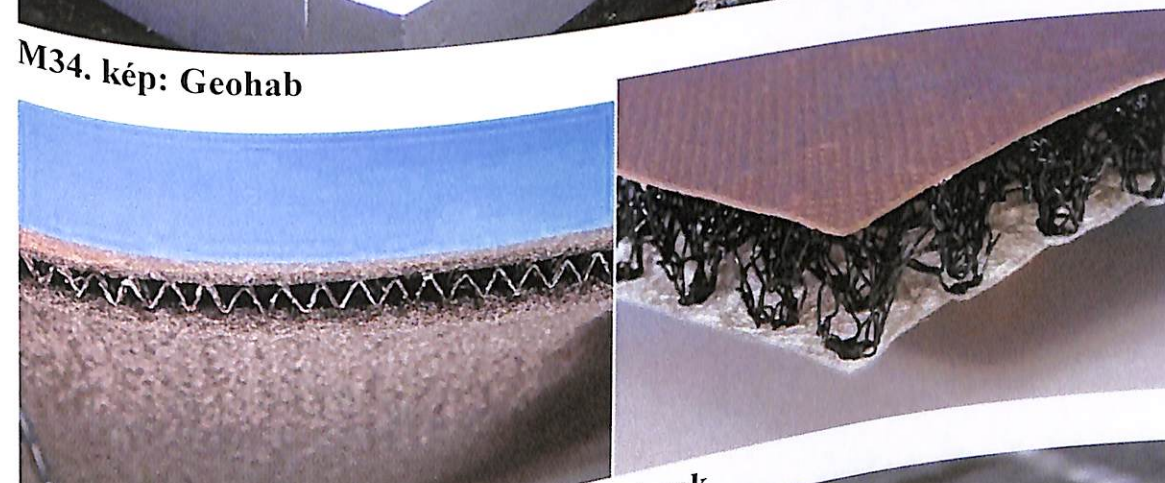
M32. kép: Dréncső



M33. kép: Geocella



M34. kép: Geohab

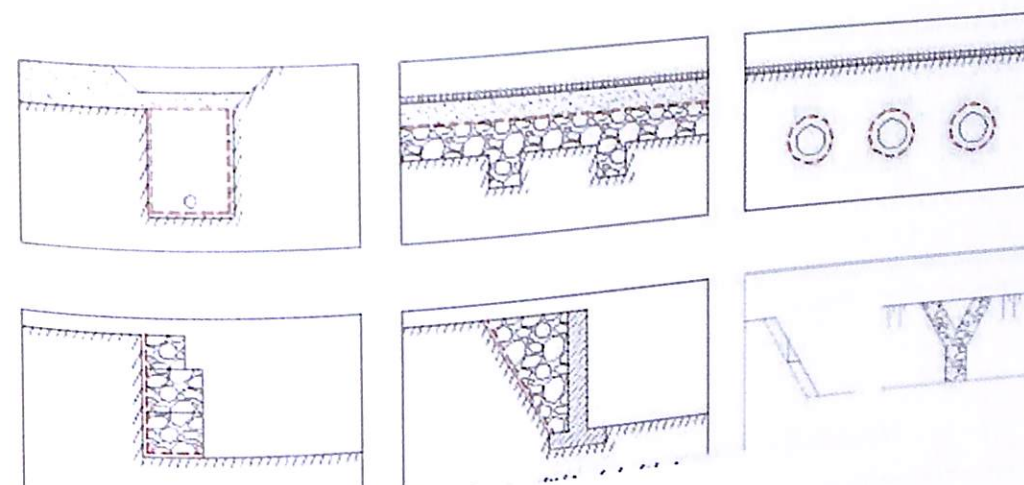


M35-36. kép: Szivárgó paplanok, drénszalagok

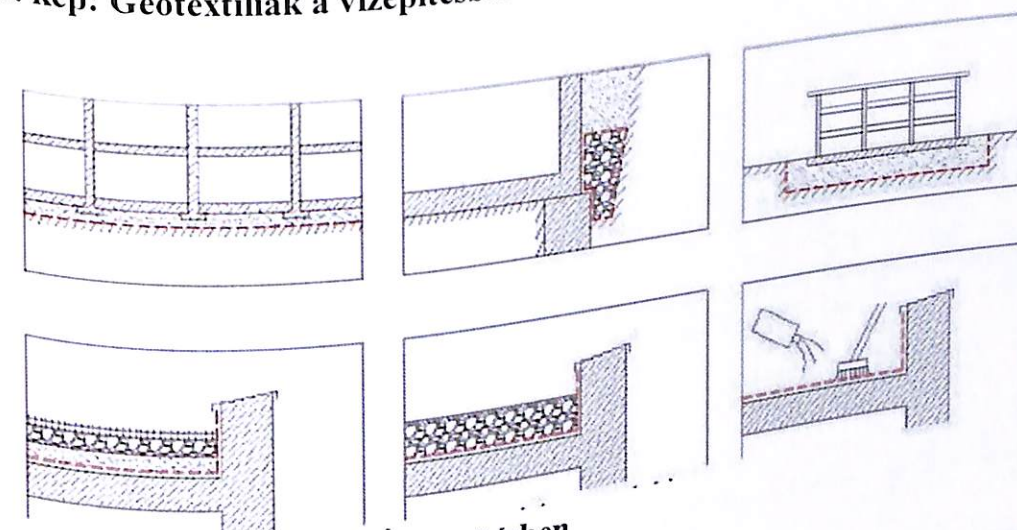


M37. kép: Aszfalterősítő rács

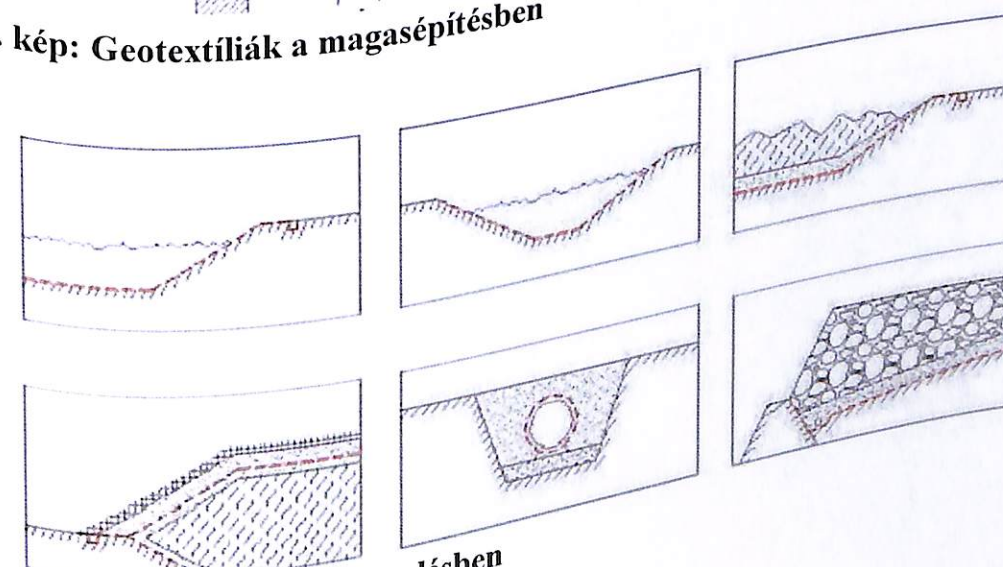
4. sz. melléklet



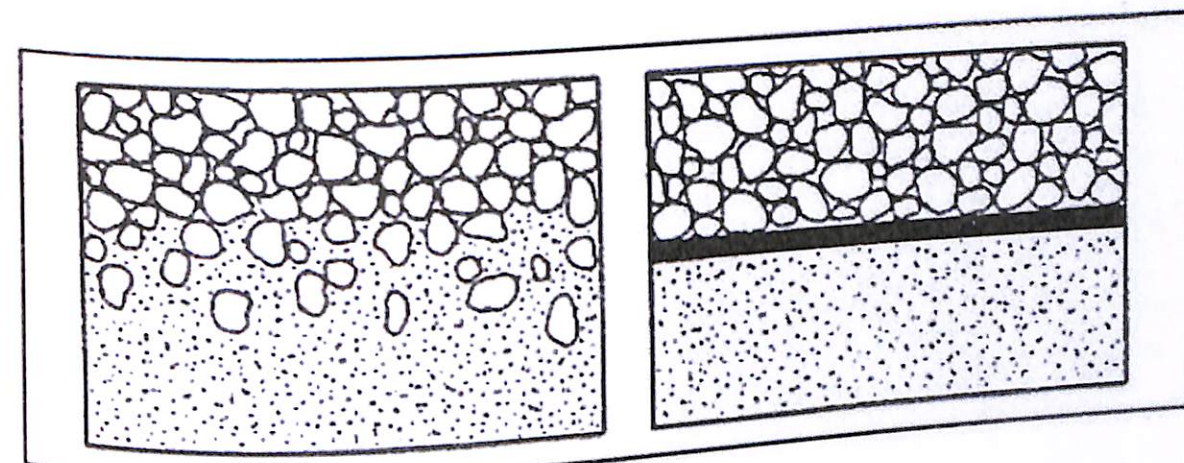
M38. kép: Geotextiliák a vízépítésben



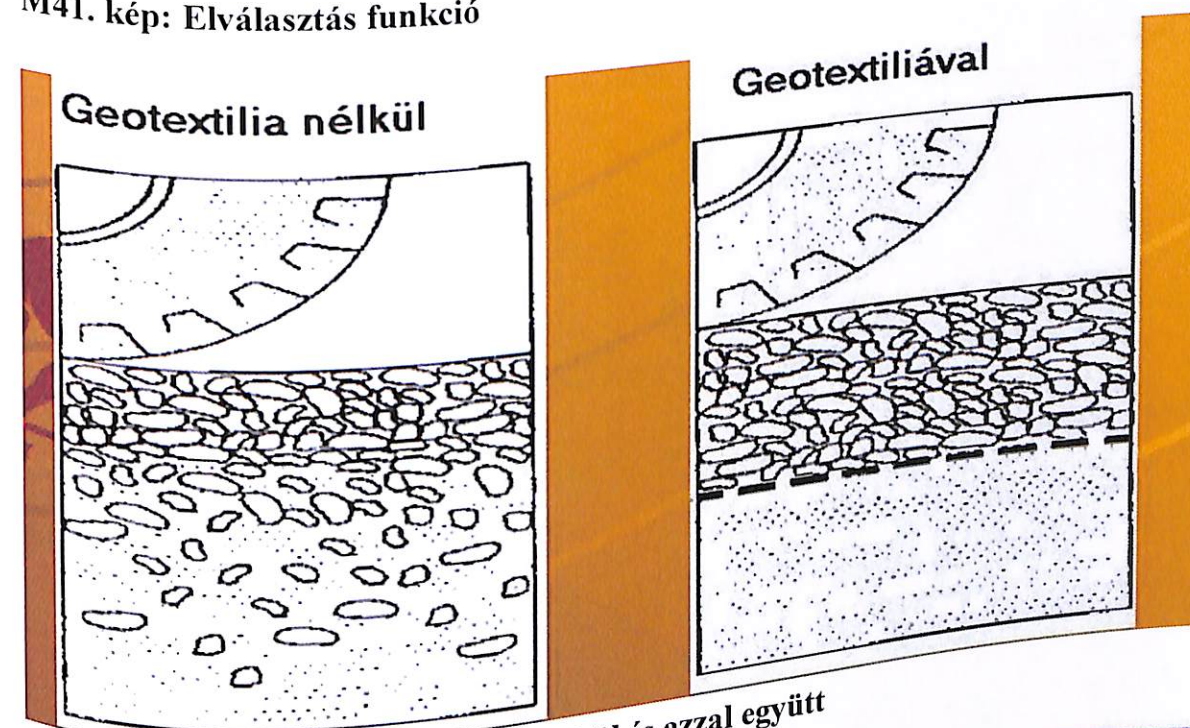
M39. kép: Geotextiliák a magasépítésben



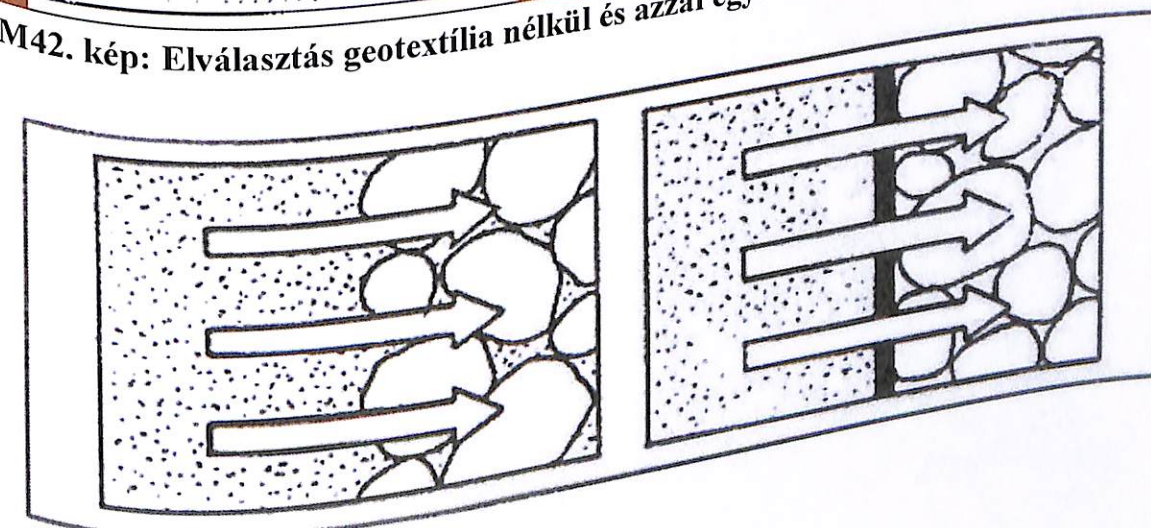
M40. kép: Geotextiliák a szigetelésben



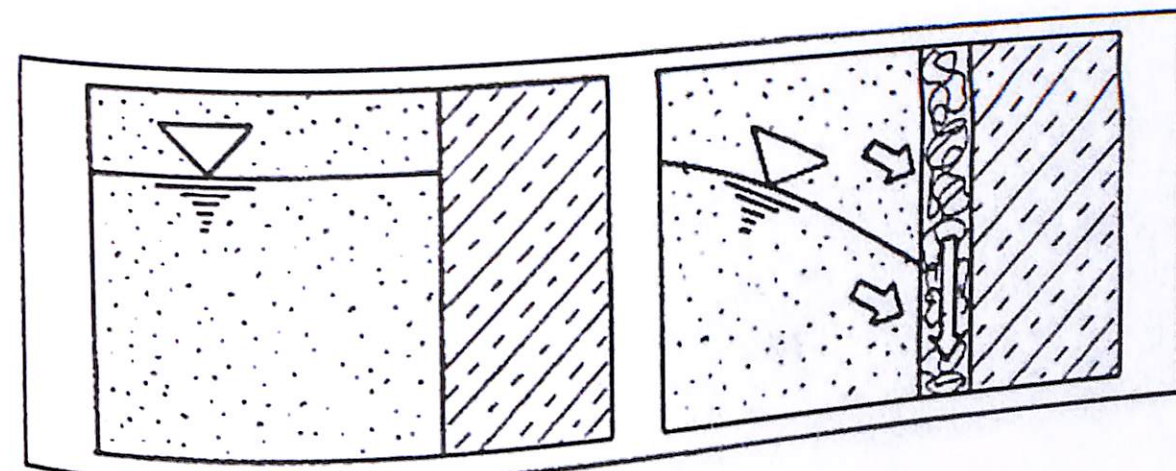
M41. kép: Elválasztás funkció



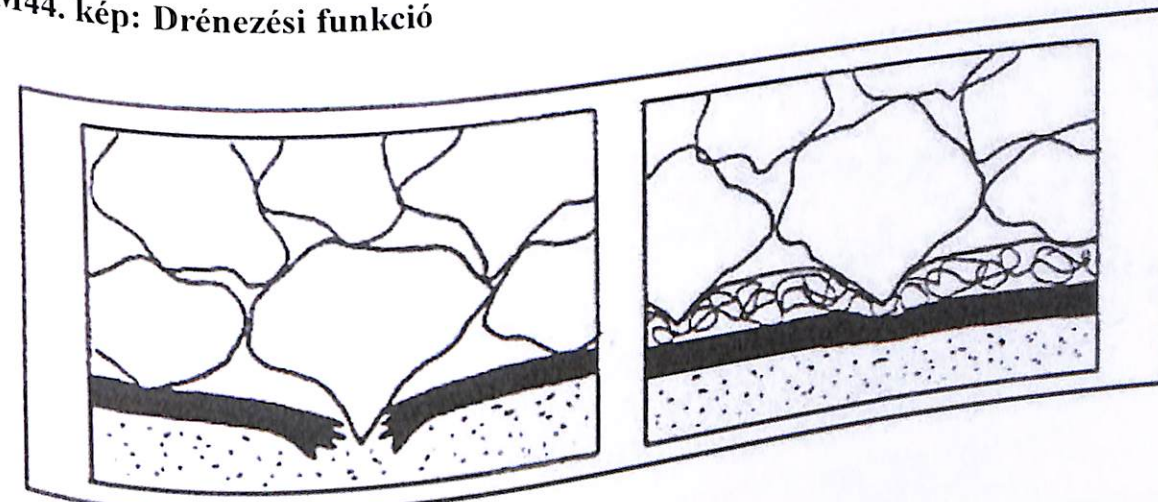
M42. kép: Elválasztás geotextília nélkül és azzal együtt



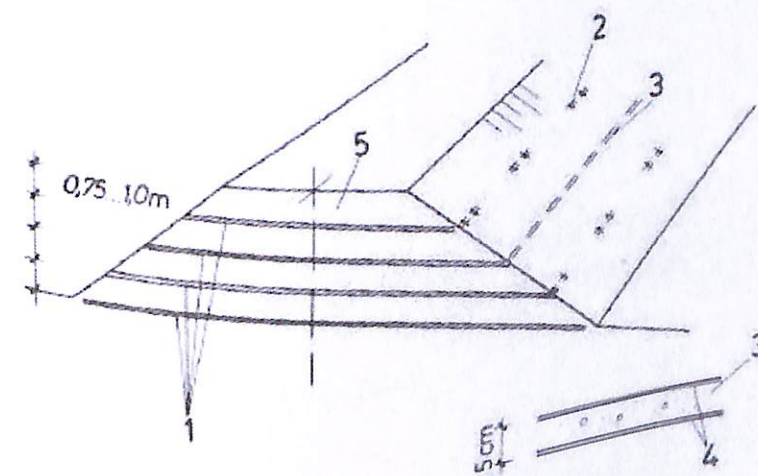
M43. kép: Szűrési funkció



M44. kép: Drénázási funkció



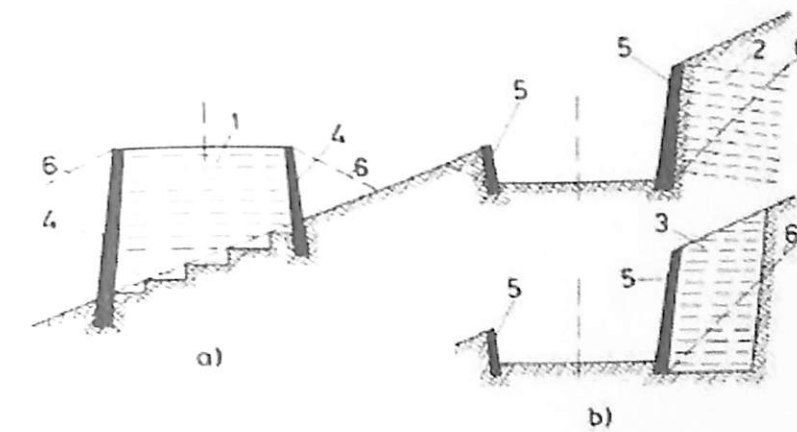
M45. kép: Erősítés funkció



Mésszel rétegelten erősített agyagtöltés (Yamanouchi, 1982)
1 geotextíliák közötti égetett mész rétegek vagy sávok; 2 mésszav; 3 mésszréteg;
4 geotextília; 5 agyag

M46. kép: Mésszel rétegelten erősített agyagtöltés

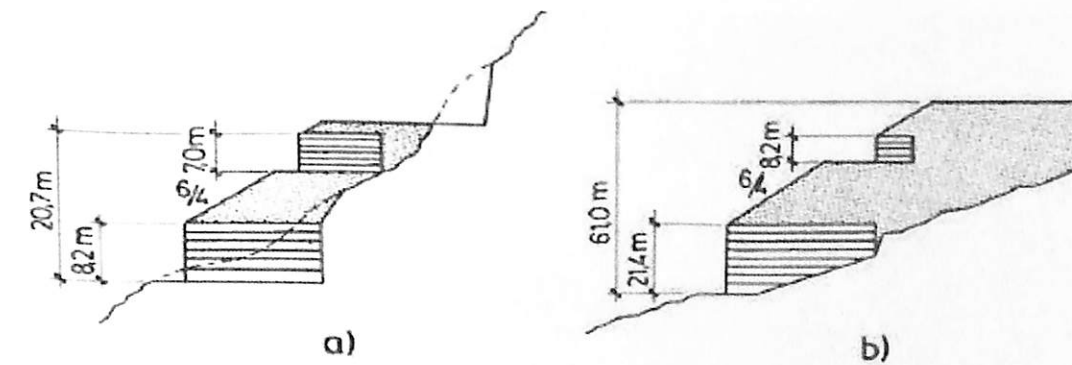
5. sz. melléklet



Földszerkezetű támfalak és bélésfalak

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

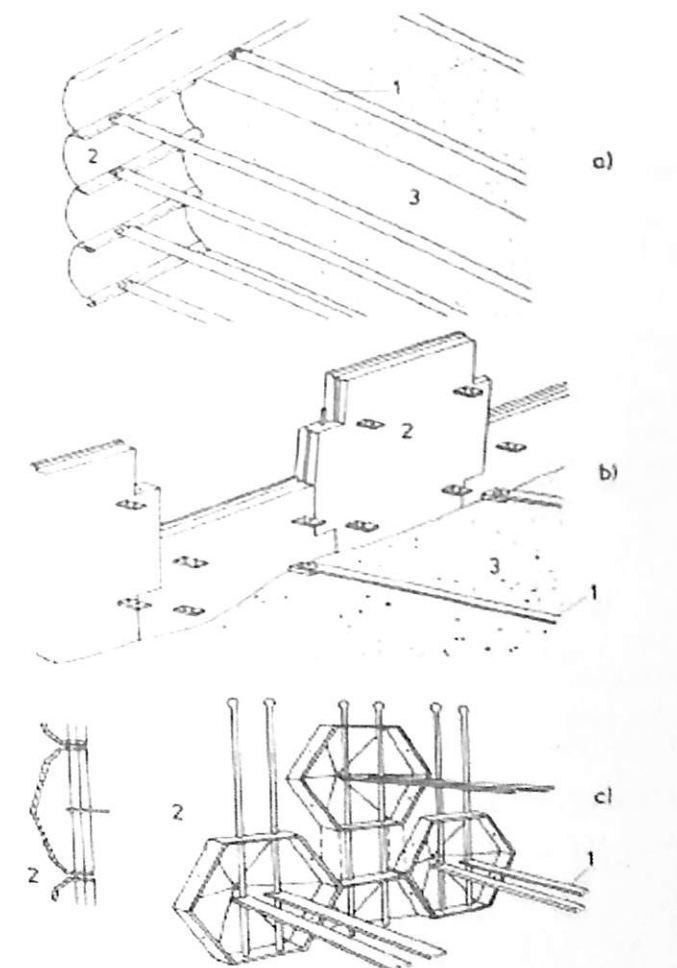
M47. kép: Földszerkezetű támfalak és bélésfalak



Lépcsős vagy teraszos támfalak (Walkinshaw, 1975)

a) Vigna (Franciaország); b) Le Peyronnet (Franciaország)

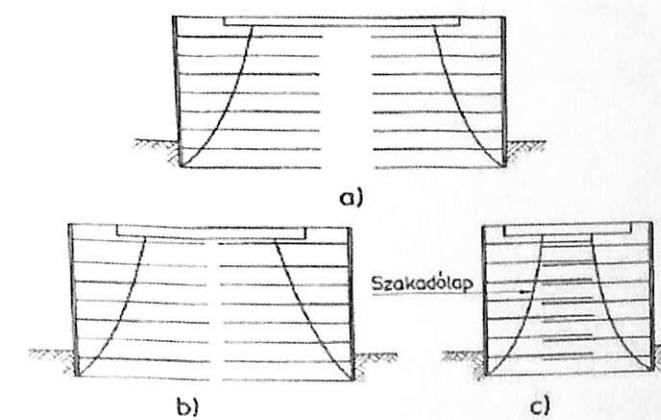
M48. kép: Lépcsős vagy teraszos támfalak



Acélbetétekkel erősített talajtámfalak elrendezési lehetőségei

- a) félhenger alakba hajlított acél homloklapelemek;
 b) francia (Vidal-féle) kereszt alakú vasbeton homloklapelemek;
 c) a DOE York rendszerű homloklapelem és illesztése;
 1 erősítoszalagok; 2 homlokfelület; 3 háttöltés

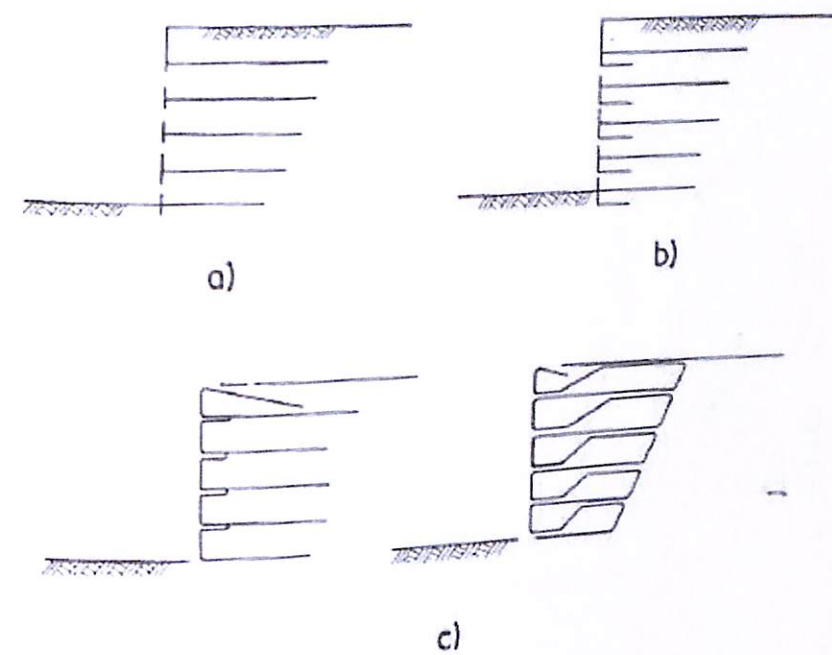
M49. kép: Acélbetétekkel erősített talajtámfalak elrendezési lehetőségei



Kettős homlokfelületű támfalak

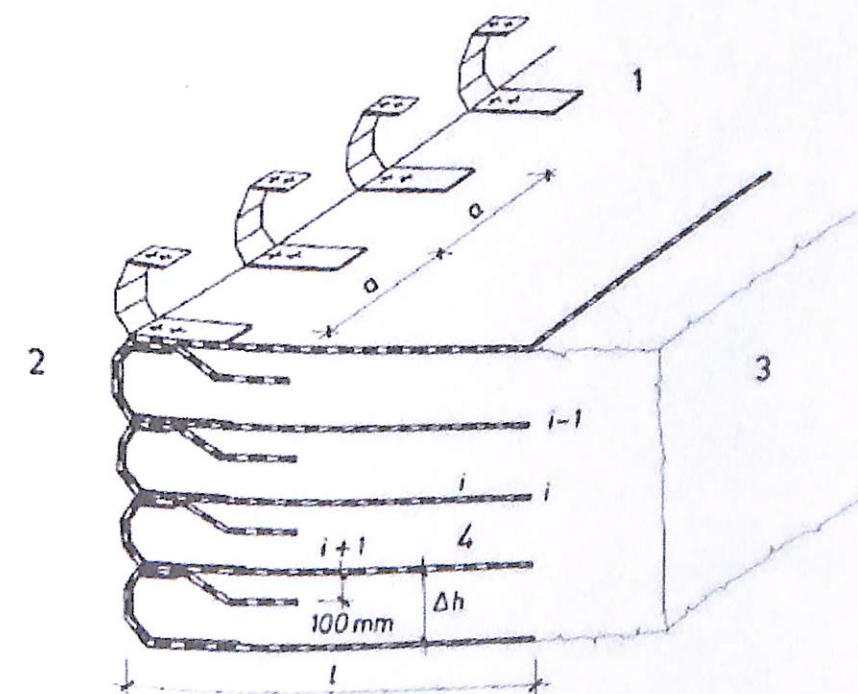
- a) a betétvégződés távol esnek egymástól;
 b) a kétoldali betétek a töltés tengelyéig érnek; c) a betétek átfedik egymást

M50. kép: Kettős homlokfelületű támfalak



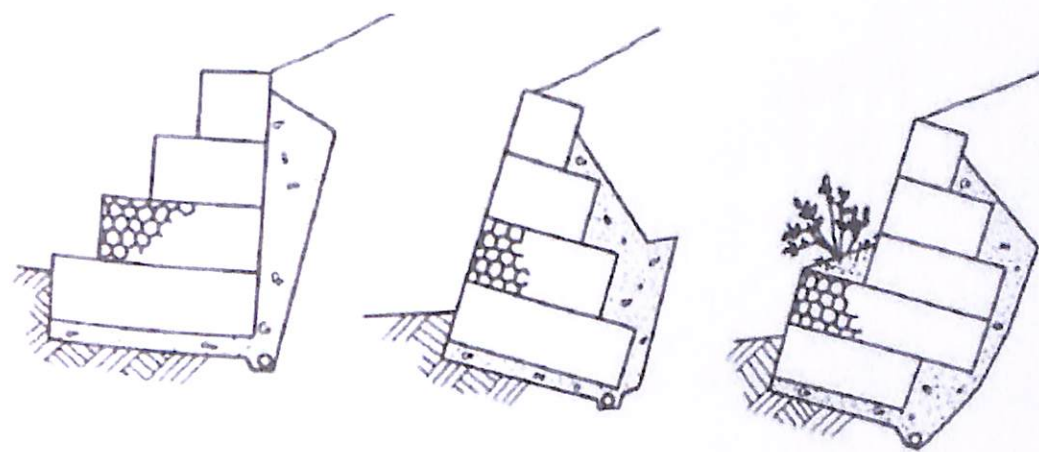
A lepellel erősített földtámfal szerkezeti változatai
 a) horgonyszalag (Al-Hussaini, 1977); b) szögletes homlokelem és leperősítés (Broms, 1977);
 c) lepelből készült homlokelem és leperősítés (Nicholls, 1981)

M51. kép: Lepellel erősített földtámfal szerkezeti változatai



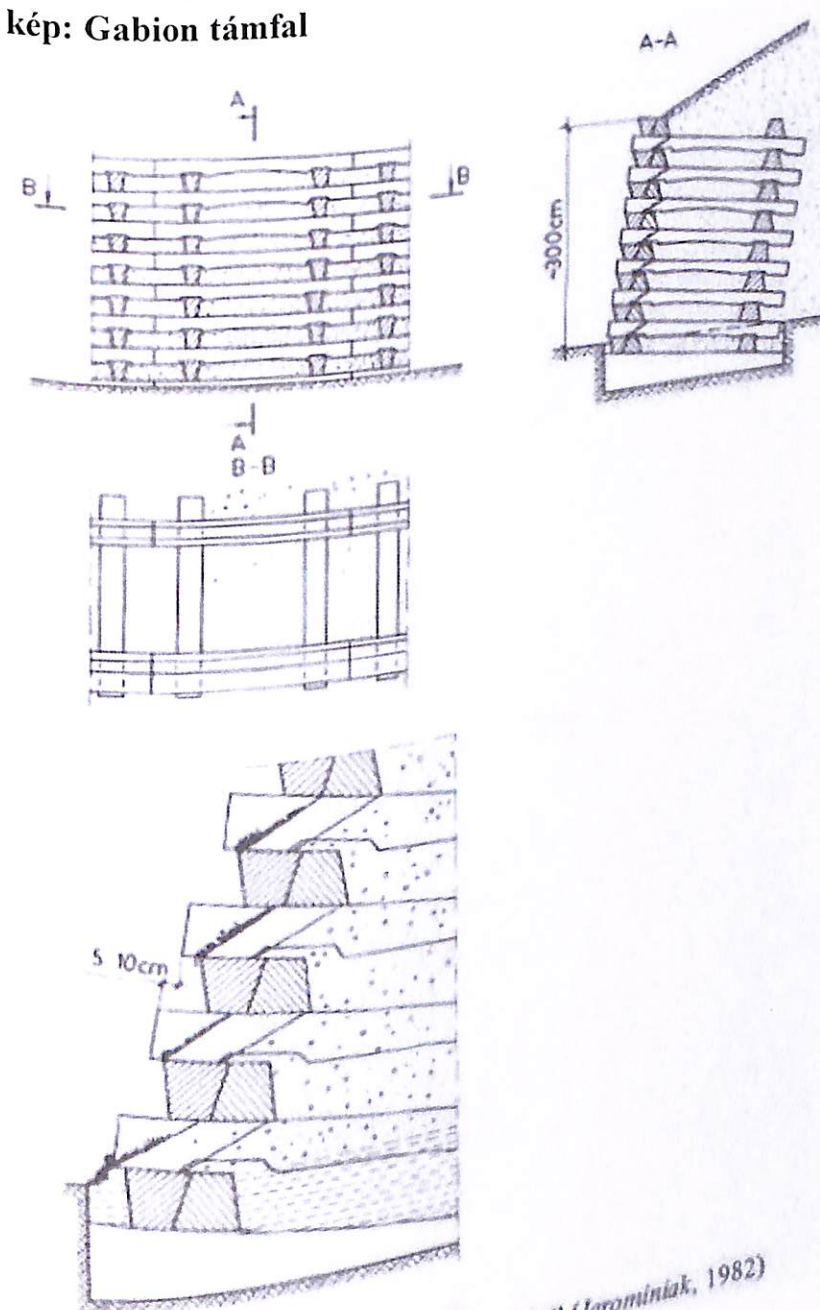
Textillepellel erősített földtámfal szerkezeti elemei
 1 homloklaptartó acélelem; 2 geotextília hálalás; 3 háttöltés; 4 erősítőlepel (Piesker, Göbel, 1982)

M52. kép: Textillepellel erősített földtámfal szerkezeti elemei



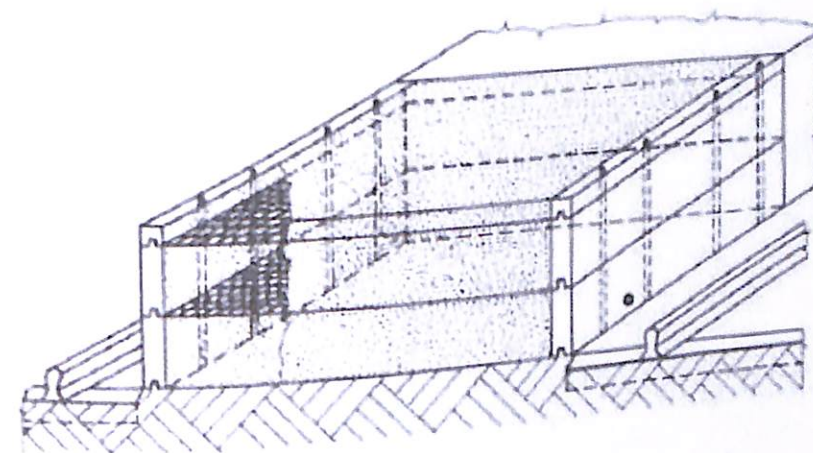
Gabionokból rakott támfal. Elrendezési változatok (Papst, 1978)

M55. kép: Gabion támfal



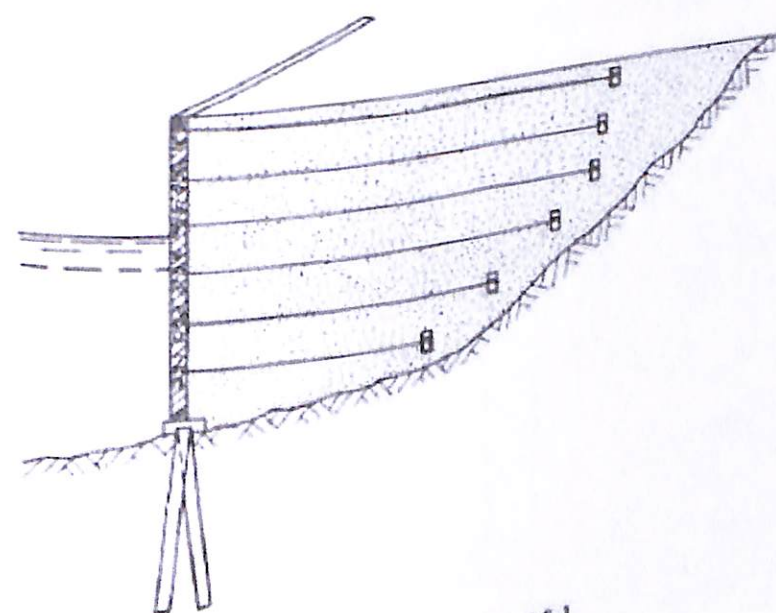
Földtámfal elhasznált vasúti aljakból (Jaromíniak, 1982)

M56. kép: Földtámfalak elhasznált vasúti aljakból



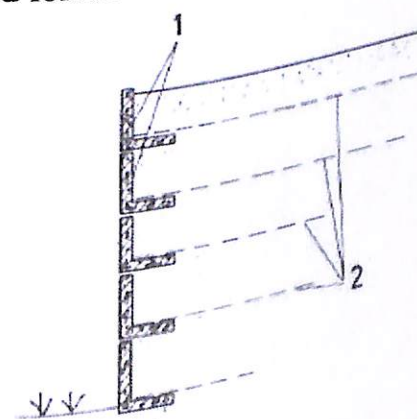
Svéd földtámfal; vágányok közötti várakozójárda

M57. kép: Svéd földtámfal



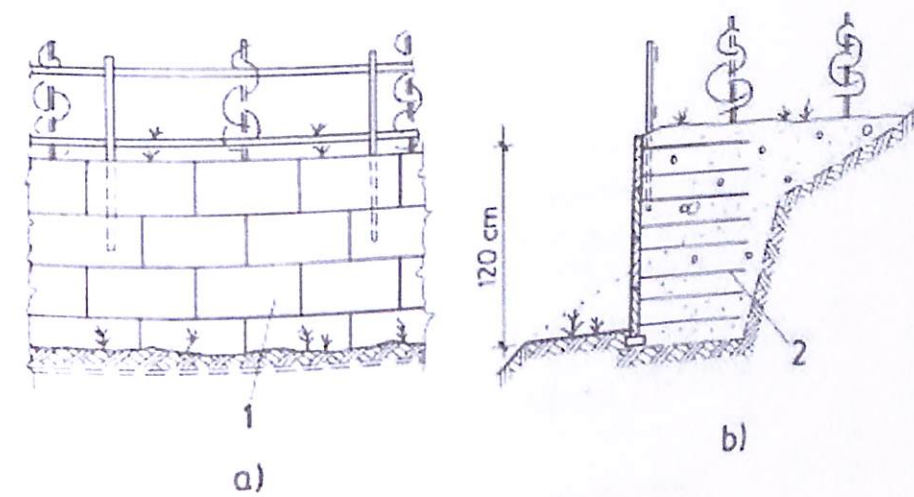
Svéd földtámfal; partfal

M58. kép: Svéd földtámfal



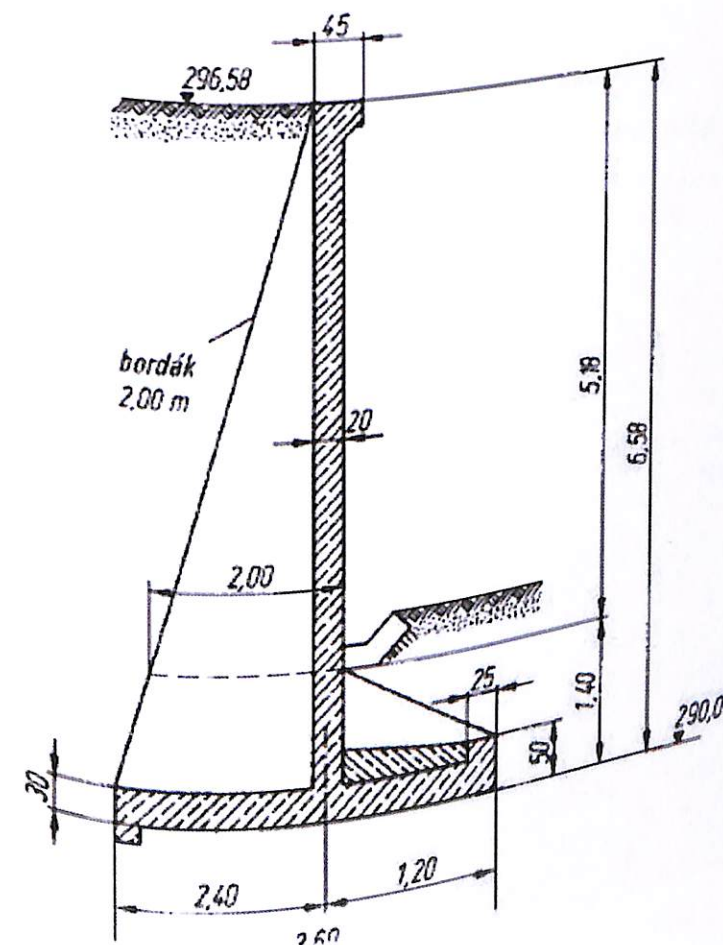
Polcos kistámfal, rétegelt erősítéssel (Broms, 1977)
1 homlokelem; 2 műanyag erősítőréteg

M59. kép: Polcos kistámfal

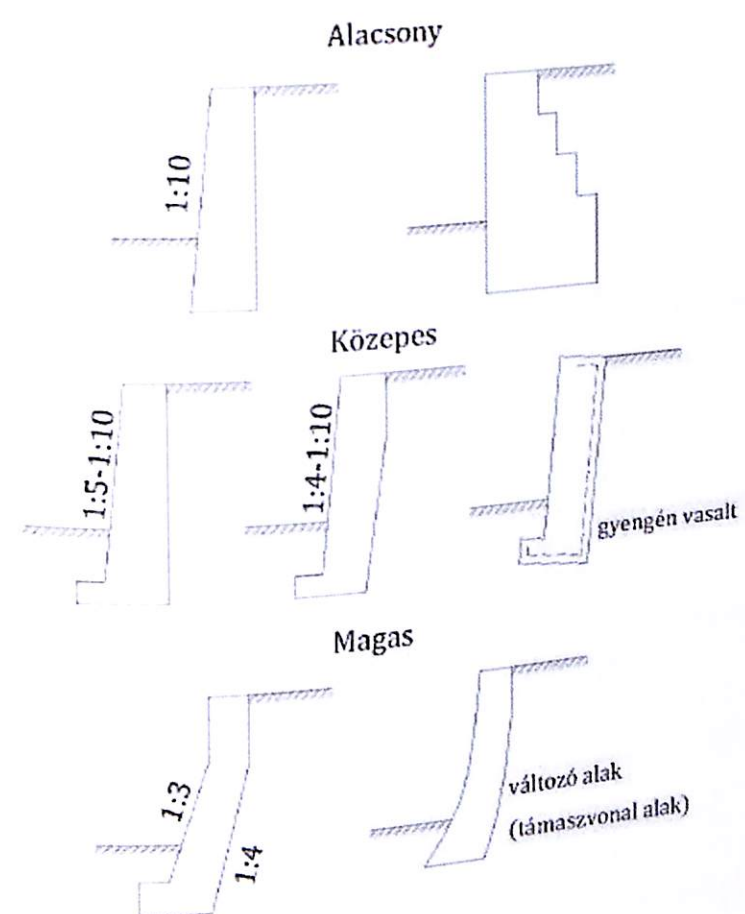


Betonlapos kerti támfal elrendezési vázlata
(Radnóti, Scharle, Szalatkay, 1980)
a) előlnézet; b) metszet;
1 30 x 60 x 6 cm-es homlokelem; 2 műanyag szalag

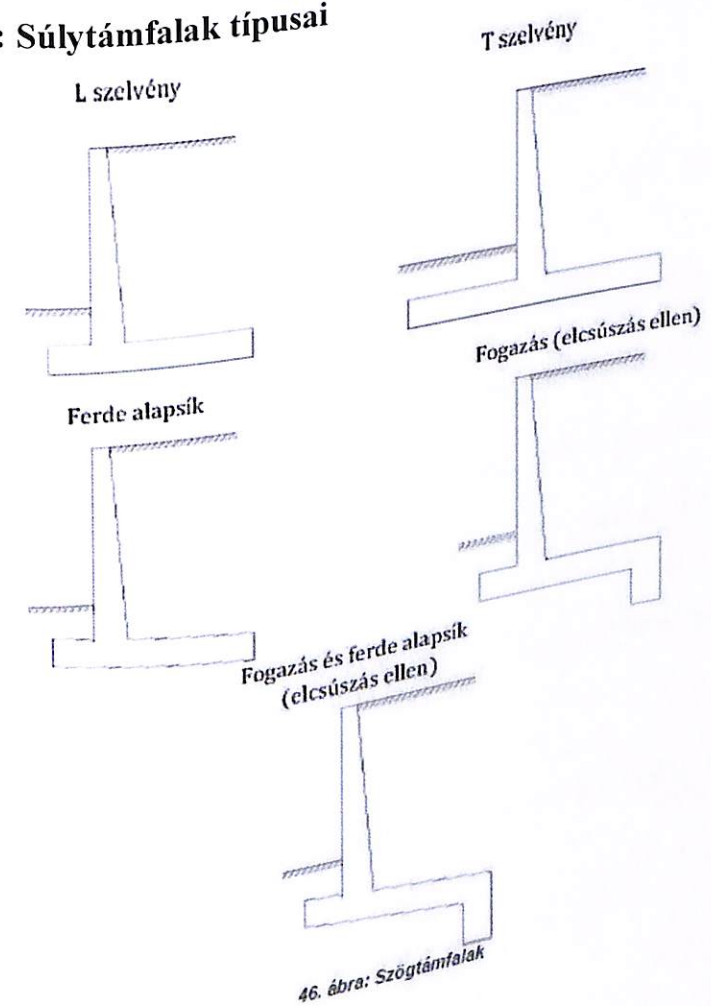
M60. kép: Betonlapos kerti támfal



M61. kép: Vasbeton szögtámfal



M62. kép: Súlytámfalak típusai



M63. kép: Szögtámfalak típusai

Irodalomjegyzék

- [1] Id. Dr. Gáspár László Útügyi Technológiai Továbbképzés – A közlekedésépítés geotechnikai feladatai, Budapest, 2012
- [2] Dr. Szepesházi Róbert – Geotechnika, Egyetemi jegyzet, Győr, 2008
- [3] Czap-Mahler-Mecsi-Móczár-Nagy-Takács – Eurocode 7 vízépítő mérnököknek, Budapest, 2010
- [4] Dr. Kovács Miklós – Földművek, Budapest, 2009
- [5] Dr. Pálossy László- Dr. Scharle Péter, Dr. Szalatkay István – Földtámfalak, Budapest, 1985
- [6] Dr. Szepesházi Róbert- Szirbek Zsuzsa- Dr. Boromissza Tibor – Geoműanyagok útépitési alkalmazásainak tervezése, Budapest, 2003
- [7] Dr. Szepesházi Róbert – Geoműanyagok funkciói az útépitésben, Győr
- [8] Dr. Zumpf András – Geo(mű)anyagok és alkalmazásuk, Budapest
- [9] Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépitésben, Budapest
- [10] Kecskés Gábor – Geoműanyagok, Budapest, 2011
- [11] Faur Krisztina Beáta- Szabó Imre – Geotechnika, 2011
- [12] Szepesházi Róbert – A geotechnikai tevékenységek szabályai az Eurocode-ok szerinti tervezésben, Budapest, 2010
- [13] Hudacsek Péter – Geotechnikai modul: Feltárások, talajvizsgálatok, Ráckeve, 2014
- [14] Robert M. Koerner – Designing with Geosynthetics, Fifth edition, New Jersey, 2005
- [15] Szepesházi Róbert – Geotechnikai tervezés, Budapest, 2008
- [16] Pusztai József- Rémai Zsolt – Talajmechanika, gyakorlati útmutató, Budapest, 2001
- [17] Talajmechanika HEFOP jegyzet:
[http://enfo.agt.bme.hu/drupal/sites/default/files/bme_talajmechanika_eloadas_jegyzet.p](http://enfo.agt.bme.hu/drupal/sites/default/files/bme_talajmechanika_eloadas_jegyzet.pdf)
[df](http://enfo.agt.bme.hu/drupal/sites/default/files/bme_talajmechanika_eloadas_jegyzet.pdf)
- [18]
<http://www.hbm.hu/technologia/technologia.php?mid=14bdc3785d0a39&catmain=14bdc2aeb5c1d4>
- [19] http://kellergrundbau.hu/pdf/pub_melytomorites.pdf
- [20] <http://www.geomuanyag.hu/>

- [21] <http://viaconhungary.hu/>
- [22] <http://gradex.hu/>
- [23] www.terram.com
- [24] http://hu.wikipedia.org/wiki/Textil_alapanyag%C3%BA_geom%C5%B1anyagok
- [25] http://profi-bagger.hu/hu/bomag/talaj_stabilizatorok/
- [26] <http://www.bomag.com/>
- [27] <http://www.gtt.bme.hu/gtt/dolgozok/feltoltesek/kovacs/f-t-epites-2.pdf>
- [28] http://www.sze.hu/~szepesr/anyagok/oktatas/NGB-se005_3/eloadasok/2010/1geo3tam1-mod.pdf
- [29] <http://en.wikipedia.org/wiki/Geosynthetics>
- [30] <http://www.geosyn.co.uk/>
- [31] <http://en.wikipedia.org/wiki/Geotextile>
- [32] <http://www.geotextile.com/>
- [33] <http://www.usfabricsinc.com/products/geotextiles>
- [34] <http://www.geomembrane.com/>
- [35] <http://en.wikipedia.org/wiki/Geogrid>
- [36] <http://www.geogrid.com/>
- [37] <http://en.wikipedia.org/wiki/Geocomposite>
- [38] <http://www.gseworld.com/Products/Geonets-and-Geocomposites/>
- [39] <http://www.tensar.hu/>

Kép jegyzék

- 1.1. kép:** Felszíni dőngölés
(forrás: <http://beta.dirdgroup.org/sites/img/DPL/Compaction-in-Progress.JPG>)
- 1.2. kép:** Dinamikus talajtömörítés
(forrás: <http://www.teknofor.com/Upload/1911201410582268.jpg>)
- 1.3. kép:** Statikus henger
(forrás: http://profi-bagger.hu/img/top2/8_11.jpg)
- 1.4. kép:** Vibrációs henger
(forrás: <http://gepnet.hu/index.php?func=showobject&type=gepkep&id=b,4,104,1>)
- 1.5. kép:** Gumihenger
(forrás: http://i00.i.aliimg.com/photo/v0/60096017848/China_Hot_Sale_Pneumatic_Road_Roller_27Ton.jpg)
- 1.6. kép:** Juhlábhenger
(forrás: http://gpsgames.hu/data/games/4260/4260_7.jpg)
- 1.7. kép:** Kombinált henger
(forrás: http://www.foldmunkacegled.hu/rdmpr17/wp-content/gallery/gepiarmupark/case_vibromax_kombinalt_henger.jpg)
- 1.8. kép:** Lapvibrátor, vagyis a „béka”
(forrás: http://profi-bagger.hu/img/gallery/kolega/BOMAG/4_7_kompakteszkozok/4_5_2_dongolo.jpg)
- 1.9. kép:** Mélyvibrációs talajkezelés folyamata
(forrás: http://www.geoengineer.org/images/VF_construction_sequence.JPG)
- 1.10. kép:** A talajfagyasztás folyamata
(forrás: http://www.messer.hu/Hirek_sajtoinformacio/Gases_for_life/gfl2_cikkek_talajfagyasztas/talajfagyasztas_1.jpg)
- 1.11. kép:** A talajszegezés folyamata
(forrás: Dr. Pálóssy László- Dr. Scharle Péter, Dr. Szalatkay István – Földtámfalak, Budapest, 1985)

1.12. kép: A bélésfal kialakításának módjai
(forrás: Dr. Pálóssy László- Dr. Scharle Péter, Dr. Szalatkay István – Földtámfalak, Budapest, 1985)

1.13. kép: A szeg tönkremenetelének lehetőségei
(forrás: Faur Krisztina Beáta- Szabó Imre – Geotechnika, 2011)

2.1. kép: A geotextíliák típusai
(forrás:
http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0033_SCORM_MFKHT6504SI/content/13/1_1/13_01.jpg)

2.2. kép: A georácsok típusai
(forrás:
http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0033_SCORM_MFKHT6504SI/content/13/2_1/13_02.jpg)

2.3. kép: Egyéb geoműanyagok
(forrás:
http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0033_SCORM_MFKHT6504SI/content/13/2_1/13_03.jpg)

5.1. kép: Szakítóvizsgáló gép
(forrás: Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben, Budapest)

5.2. kép: Statikus átszakadási vizsgáló gép
(forrás: Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben, Budapest)

6.1. kép: Töltésalapozás
(forrás: Dr. Szepesházi Róbert- Szirbek Zsuzsa- Dr. Boromissza Tibor – Geoműanyagok
útépítési alkalmazásainak tervezése, Budapest, 2003)

6.2. kép: Töltéstartékos építési
(forrás: Dr. Szepesházi Róbert- Szirbek Zsuzsa- Dr. Boromissza Tibor – Geoműanyagok
útépítési alkalmazásainak tervezése, Budapest, 2003)

6.3. kép: Vízellenítő szerkezetek
(forrás: Dr. Szepesházi Róbert- Szirbek Zsuzsa- Dr. Boromissza Tibor – Geoműanyagok
útépítési alkalmazásainak tervezése, Budapest, 2003)

6.4. kép: Teherbírásnövelés
(forrás: Dr. Szepesházi Róbert- Szirbek Zsuzsa- Dr. Boromissza Tibor – Geoműanyagok
útépítési alkalmazásainak tervezése, Budapest, 2003)

6.5. kép: Rézsűvédelem
(forrás: Dr. Szepesházi Róbert- Szirbek Zsuzsa- Dr. Boromissza Tibor – Geoműanyagok
útépítési alkalmazásainak tervezése, Budapest, 2003)

6.6. kép: Rézsűerősítés
(forrás: Dr. Szepesházi Róbert- Szirbek Zsuzsa- Dr. Boromissza Tibor – Geoműanyagok
útépítési alkalmazásainak tervezése, Budapest, 2003)

6.7. kép: Erősített talajtámfal
(forrás: Dr. Szepesházi Róbert- Szirbek Zsuzsa- Dr. Boromissza Tibor – Geoműanyagok
útépítési alkalmazásainak tervezése, Budapest, 2003)

6.8. kép: Csatlakoztatás földműhöz
(forrás: Dr. Szepesházi Róbert- Szirbek Zsuzsa- Dr. Boromissza Tibor – Geoműanyagok
útépítési alkalmazásainak tervezése, Budapest, 2003)

8.1. kép: A súlytámfalak erőjátéka
(forrás: Dr. Szepesházi Róbert – Geotechnika, Egyetemi jegyzet, Győr, 2008)

8.2. kép: A külső stabilitás ellenőrzésének alapesetei
(forrás: Dr. Pálossy László- Dr. Scharle Péter, Dr. Szalatkay István – Földtámfalak,
Budapest, 1985)

9.1. kép: Gabion-támfal
(forrás: Geo5 szoftver)

9.2. kép: Szögtámfal
(forrás: Geo5 szoftver)

9.3. kép: Súlytámfal
(forrás: Geo5 szoftver)

9.4. kép: TW1 elemek és a georácsok összekapcsolása
(forrás: <http://www.tensar.hu/>)

9.5. kép: Georáccsal erősített támfal a Geo5 programban
(forrás: Geo5 szoftver)

M1. kép: Tömegstabilizálás
(forrás: Id. Dr. Gáspár László Útügyi Technológiai Továbbképzés – A közlekedésépítés
geotechnikai feladatai, Budapest, 2012)

M2. kép: Statikus henger működése
(forrás: http://gepnet.hu/icms/pictures/349/349_3.jpg)

M3. kép: Vibrációs henger működése
(forrás: http://gepnet.hu/icms/pictures/351/351_3.jpg)

M4. kép: Az USA-ban alkalmazott feszített talajszegezés részlete
(forrás: Dr. Pálossy László- Dr. Scharle Péter, Dr. Szalatkay István – Földtámfalak, Budapest, 1985)

M5. kép: A salgótarjáni talajszegezés
(forrás: Dr. Pálossy László- Dr. Scharle Péter, Dr. Szalatkay István – Földtámfalak, Budapest, 1985)

M6. kép: Talajszegezés Párizs közelében
(forrás: Dr. Pálossy László- Dr. Scharle Péter, Dr. Szalatkay István – Földtámfalak, Budapest, 1985)

M7. kép: Kísérleti talajszegezés
(forrás: Dr. Pálossy László- Dr. Scharle Péter, Dr. Szalatkay István – Földtámfalak, Budapest, 1985)

M8. kép: Mért szegerők eloszlása a kísérleti támfalban
(forrás: Dr. Pálossy László- Dr. Scharle Péter, Dr. Szalatkay István – Földtámfalak, Budapest, 1985)

M9. kép: A kísérleti támfal 2. szegsorában mért szegerők
(forrás: Dr. Pálossy László- Dr. Scharle Péter, Dr. Szalatkay István – Földtámfalak, Budapest, 1985)

M10. kép: Vasalttalaj-hídfők kialakítása
(forrás: Dr. Pálossy László- Dr. Scharle Péter, Dr. Szalatkay István – Földtámfalak, Budapest, 1985)

M11. kép: Egytengelyű georács
(forrás: Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben, Budapest)

M12. kép: Kéttengelyű georács
(forrás: Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben, Budapest)

M13. kép: Háromtengelyű georács
(forrás: Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben, Budapest)

M14. kép: Hegesztett georács
(forrás: Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben, Budapest)

M15. kép: Hegesztett georács
(forrás: Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben, Budapest)

M16. kép: Szótt georács
(forrás: Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben, Budapest)

M17. kép: Szótt georács
(forrás: Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben, Budapest)

M18. kép: Hurkolt georács
(forrás: Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben, Budapest)

M19. kép: Hurkolt georács
(forrás: Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben, Budapest)

M20. kép: Geoháló
(forrás: Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben, Budapest)

M21. kép: Geoháló
(forrás: Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben, Budapest)

M22. kép: Geoháló
(forrás: Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben, Budapest)

M23. kép: Geoháló
(forrás: Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben, Budapest)

M24. kép: Juta alapanyagú geoháló
(forrás: Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben, Budapest)

M25. kép: Kókusz alapanyagú geoháló
(forrás: Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben, Budapest)

M26. kép: Geotextília
(forrás: Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben, Budapest)

M27. kép: Geotextília
(forrás: Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben, Budapest)

M28. kép: Geomembrán
(forrás: Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben, Budapest)

M29. kép: Geomembrán
(forrás: Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben, Budapest)

M30. kép: Geoszalag
(forrás: Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben, Budapest)

M31. kép: Geocső
(forrás: Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben, Budapest)

M32. kép: Dréncső
(forrás: Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben, Budapest)

M33. kép: Geocella
(forrás: Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben, Budapest)

M34. kép: Geohab
(forrás: Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben, Budapest)

M35. kép: Szivárgó paplan
(forrás: Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben, Budapest)

M36. kép: Drénszalag
(forrás: Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben, Budapest)

M37. kép: Aszfalterősítő rács
(forrás: Tóth Gergő – Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben, Budapest)

M38. kép: Geotextíliák a vízepítésben
(forrás: Dr. Kovács Miklós – Földművek, Budapest, 2009)

M39. kép: Geotextíliák a magasépítésben
(forrás: Dr. Kovács Miklós – Földművek, Budapest, 2009)

M40. kép: Geotextíliák a szigetelésben
(forrás: Dr. Kovács Miklós – Földművek, Budapest, 2009)

M41. kép: Elválasztás funkció
(forrás: http://www.gtt.bme.hu/gtt/oktatas/feltoltesek/BMEEOGTAT14/geomuanyag_adv_1.pdf)

M42. kép: Elválasztás geotextília nélkül és azzal együtt
(forrás: http://www.gtt.bme.hu/gtt/oktatas/feltoltesek/BMEEOGTAT14/geomuanyag_adv_1.pdf)

M43. kép: Szűrési funkció
(forrás: http://www.gtt.bme.hu/gtt/oktatas/feltoltesek/BMEEOGTAT14/geomuanyag_adv_1.pdf)

M44. kép: Drénezési funkció
(forrás: http://www.gtt.bme.hu/gtt/oktatas/feltoltesek/BMEEOGTAT14/geomuanyag_adv_1.pdf)

M45. kép: Erősítés funkció
(forrás: http://www.gtt.bme.hu/gtt/oktatas/feltoltesek/BMEEOGTAT14/geomuanyag_adv_1.pdf)

M46. kép: Mésszel rétegelt erősített agyagtöltés
(forrás: Dr. Pálossy László- Dr. Scharle Péter, Dr. Szalatkay István – Földtámfalak, Budapest, 1985)

M47. kép: Földszerkezetű támfalak és bélésfalak
(forrás: Dr. Pálossy László- Dr. Scharle Péter, Dr. Szalatkay István – Földtámfalak, Budapest, 1985)

M48. kép: Lépcsős vagy teraszos támfalak
(forrás: Dr. Pálossy László- Dr. Scharle Péter, Dr. Szalatkay István – Földtámfalak, Budapest, 1985)

M49. kép: Acélbetétekkel erősített talajtámfalak elrendezési lehetőségei
(forrás: Dr. Pálossy László- Dr. Scharle Péter, Dr. Szalatkay István – Földtámfalak, Budapest, 1985)

M50. kép: Kettős homlokfelületű támfalak
(forrás: Dr. Pálossy László- Dr. Scharle Péter, Dr. Szalatkay István – Földtámfalak, Budapest, 1985)

M51. kép: Lepellel erősített földtámfal szerkezeti változatai
(forrás: Dr. Pálossy László- Dr. Scharle Péter, Dr. Szalatkay István – Földtámfalak, Budapest, 1985)

M52. kép: Textillepellel erősített földtámfal szerkezeti elemei
(forrás: Dr. Pálossy László- Dr. Scharle Péter, Dr. Szalatkay István – Földtámfalak, Budapest, 1985)

M53. kép: Máglyafal általános elrendezése
(forrás: Dr. Pálossy László- Dr. Scharle Péter, Dr. Szalatkay István – Földtámfalak, Budapest, 1985)

M54. kép: Nyitott szekrényfal általános elrendezése
(forrás: Dr. Pálossy László- Dr. Scharle Péter, Dr. Szalatkay István – Földtámfalak, Budapest, 1985)

M55. kép: Gabion támfal
(forrás: Dr. Pálossy László- Dr. Scharle Péter, Dr. Szalatkay István – Földtámfalak, Budapest, 1985)

M56. kép: Földtámfalak elhasználódott vasúti aljakból
(forrás: Dr. Pálossy László- Dr. Scharle Péter, Dr. Szalatkay István – Földtámfalak, Budapest, 1985)

M57. kép: Svéd földtámfal
(forrás: Dr. Pálossy László- Dr. Scharle Péter, Dr. Szalatkay István – Földtámfalak, Budapest, 1985)

M58. kép: Svéd földtámfal
(forrás: Dr. Pálossy László- Dr. Scharle Péter, Dr. Szalatkay István – Földtámfalak, Budapest, 1985)

M59. kép: Polcos kistámfal
(forrás: Dr. Pálossy László- Dr. Scharle Péter, Dr. Szalatkay István – Földtámfalak, Budapest, 1985)

M60. kép: Betonlapos kerti támfal
(forrás: Dr. Pálossy László- Dr. Scharle Péter, Dr. Szalatkay István – Földtámfalak, Budapest, 1985)

M61. kép: Vasbeton szögtámfal
(forrás: Dr. Szepesházi Róbert – Geotechnika, Egyetemi jegyzet, Győr, 2008)

M62. kép: Súlytámfalak típusai
(forrás: Dr. Kovács Miklós – Földművek, Budapest, 2009)

M63. kép: Szögtámfalak típusai
(forrás: Dr. Kovács Miklós – Földművek, Budapest, 2009)

Táblázat jegyzék

1.1. táblázat: A földműanyagként való felhasználás szempontjából
(forrás: Id. Dr. Gáspár László Útügyi Technológiai Továbbképzés – A közlekedésépítés geotechnikai feladatai, Budapest, 2012)

1.2. táblázat: A terep és a feltalaj minősítése
(forrás: Id. Dr. Gáspár László Útügyi Technológiai Továbbképzés – A közlekedésépítés geotechnikai feladatai, Budapest, 2012)

1.3. táblázat: Tömörség szemcsés talajoknál
(forrás: Dr. Szepesházi Róbert – Geotechnika, Egyetemi jegyzet, Győr, 2008)

1.4. táblázat: Tömörség kötött talajoknál
(forrás: Dr. Szepesházi Róbert – Geotechnika, Egyetemi jegyzet, Győr, 2008)

3.1. táblázat: A geoműanyagok funkciói
(forrás:
http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0033_SCORM_MFKHT6504SI/content/13/2_1/13_04.jpg)

3.2. táblázat: A geoműanyagok és funkcióik jelentősége az egyes útépítés alkalmazási körökben
(forrás: Dr. Szepesházi Róbert- Szirbek Zsuzsa- Dr. Boromissza Tibor – Geoműanyagok útépítési alkalmazásainak tervezése, Budapest, 2003)

3.3. táblázat: A geoműanyagok legfontosabb tulajdonságainak jelentősége a funkciótól függően
(forrás: Dr. Szepesházi Róbert- Szirbek Zsuzsa- Dr. Boromissza Tibor – Geoműanyagok útépítési alkalmazásainak tervezése, Budapest, 2003)

6.1. táblázat: A geotextíliák alkalmazási területei
(forrás: Dr. Kovács Miklós – Földművek, Budapest, 2009)

Diagram jegyzék

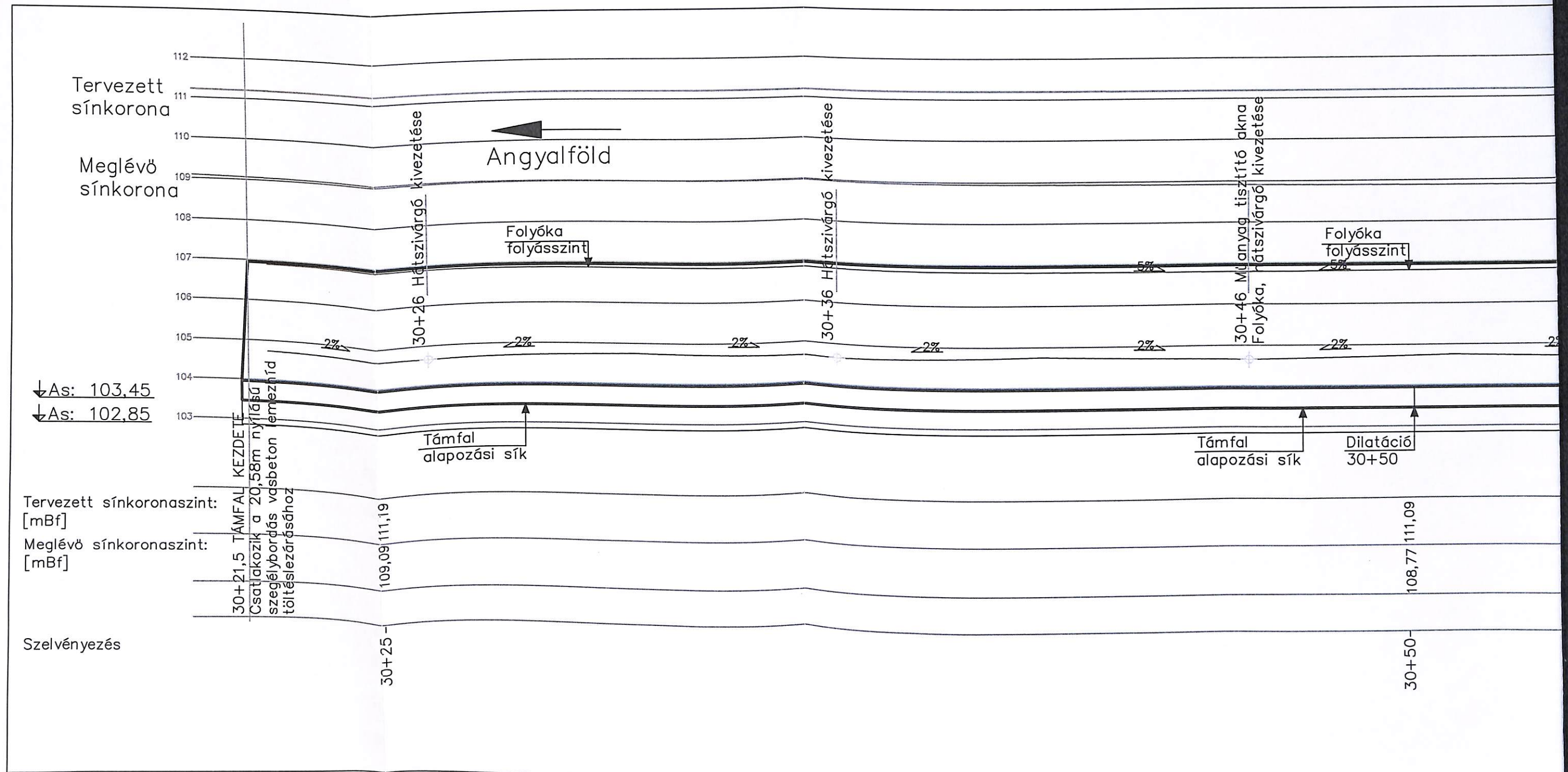
1.1. diagram: Mechanikai stabilizáció során felhasznált talajok és keverék szemeloszlása
(forrás: Id. Dr. Gáspár László Útügyi Technológiai Továbbképzés – A közlekedésépítés geotechnikai feladatai, Budapest, 2012)

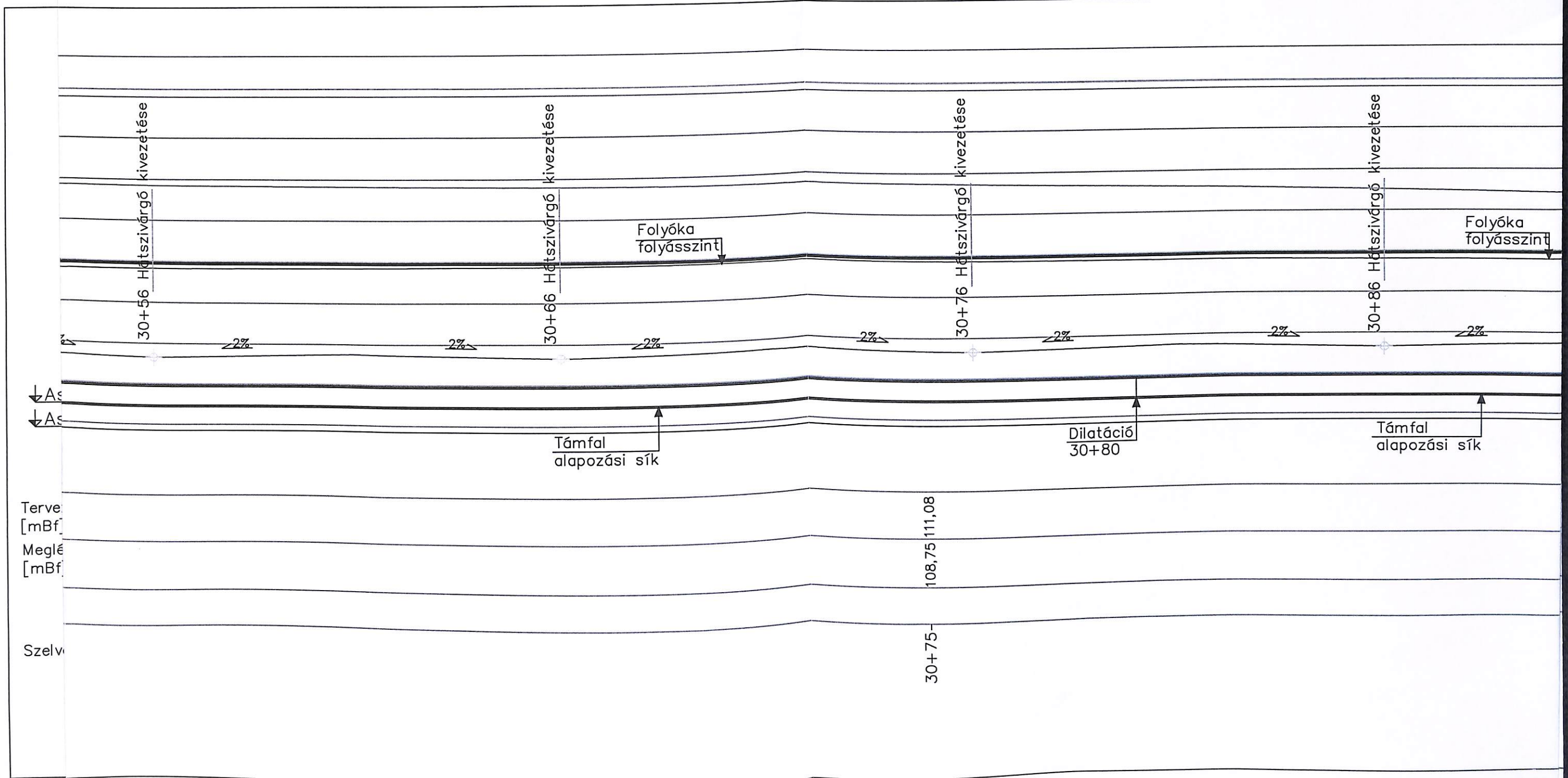
M1. diagram: A vasalt talajtámfal és a hagyományos támfalak költségének összehasonlítása a magasság függvényében
(forrás: Dr. Kovács Miklós – Földművek, Budapest, 2009)

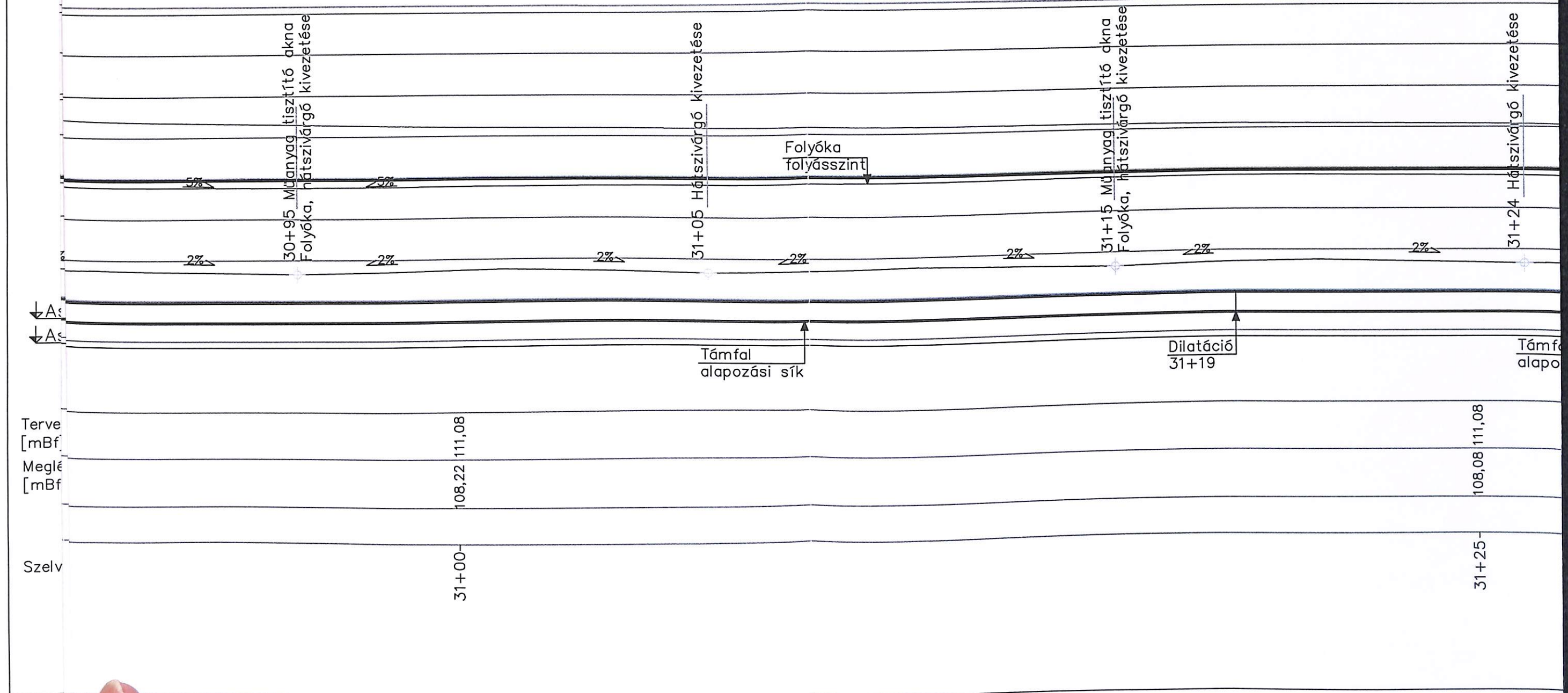
M2. diagram: Összehasonlító költségelemzés különböző támfaltípusokra a magasság függvényében
(forrás: Dr. Pálossy László- Dr. Scharle Péter, Dr. Szalatkay István – Földtámfalak, Budapest, 1985)

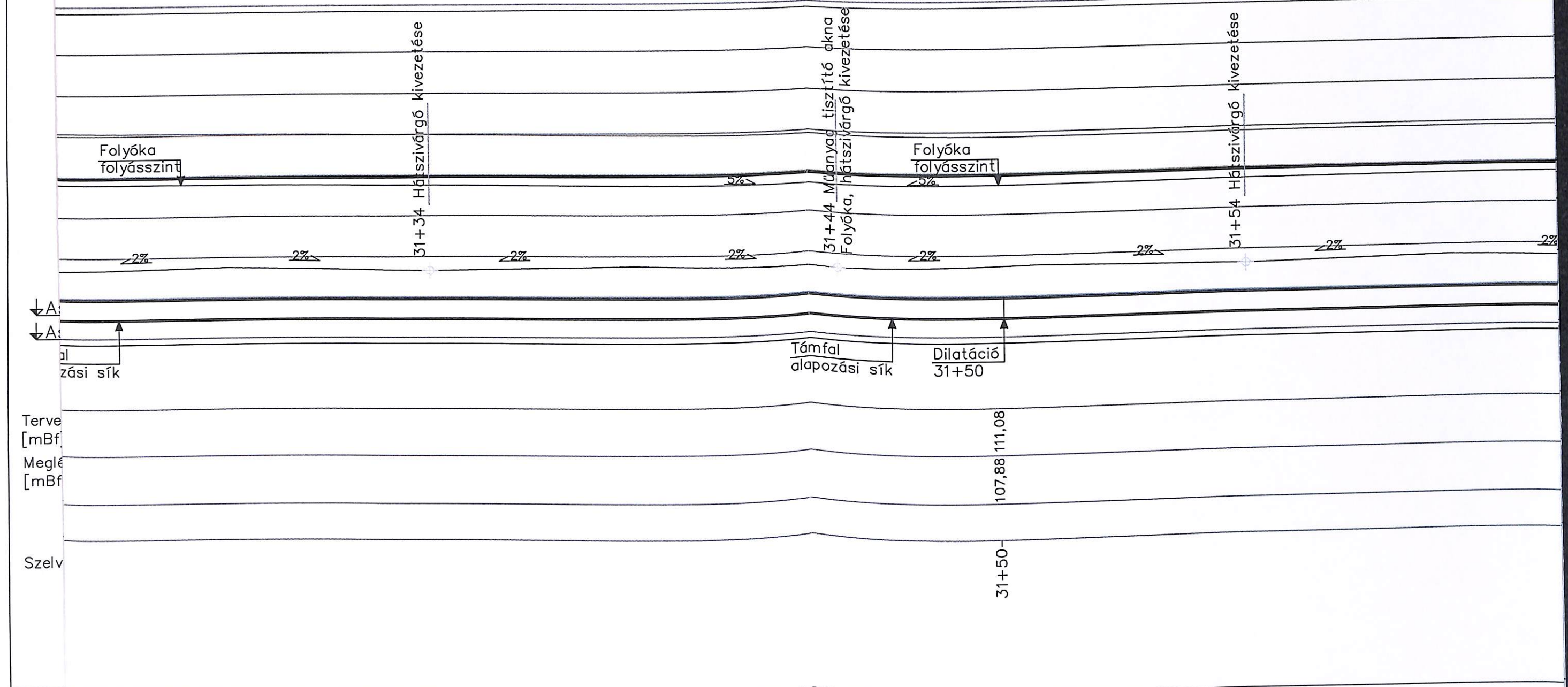
Anyagkimutatás

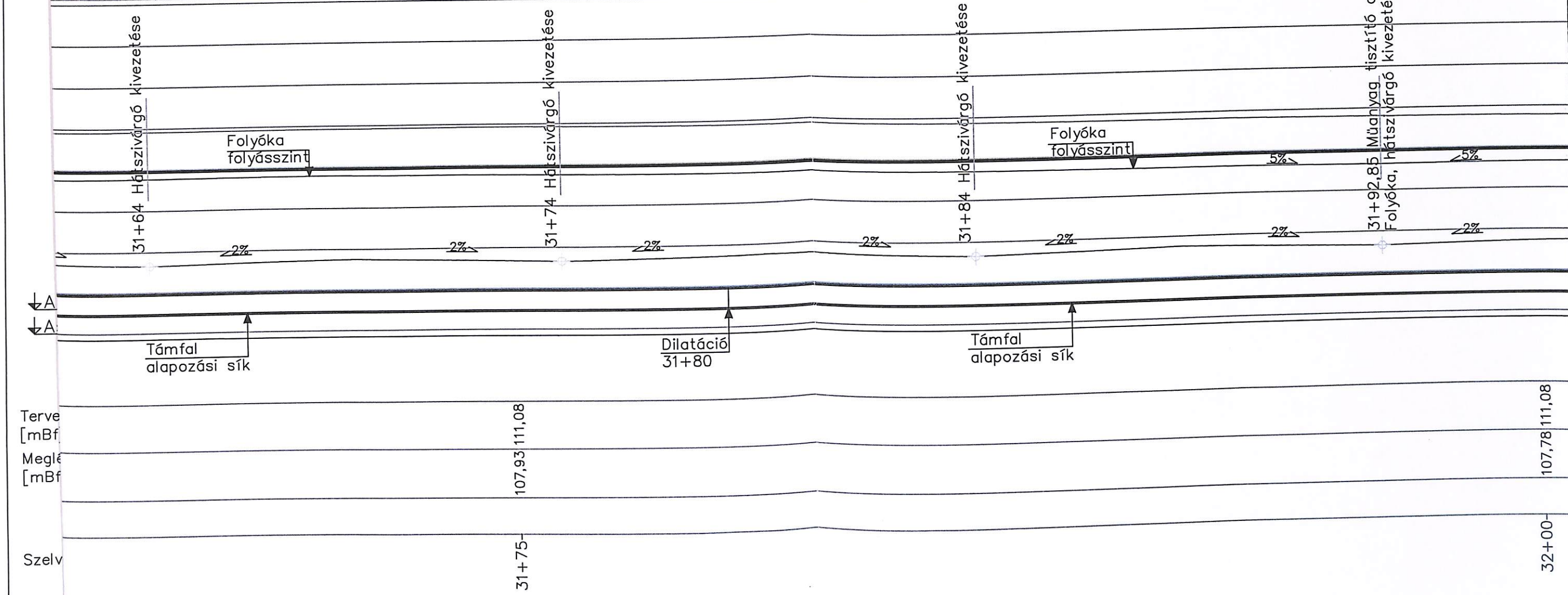
Talajcsere ($\varphi=34^\circ$, $c=0$ kPa, $g=20$ kN/m ³)	≈ 2507 m ³
Beton (C25/30-XC2)	≈ 75 m ³
Betonacél (B500, $\phi 16$)	≈ 1800 fm
Betonacél (B500, $\phi 12$)	≈ 6000 fm
Hátszivárgó (kavics szívótest)	≈ 153 m ³
Előregyártott betételelem (TW1 típus)	≈ 900 m ²
Folyókaelem (FO-2 típus)	≈ 300 fm
Homokos kavics ágyazat	≈ 15 m ³
Agyagterítés	≈ 81 m ³
Georács (Tensar RE540)	≈ 7350 m ²
Georács (Tensar SS 30)	≈ 2850 m ²
Támfalat képező anyag ($\varphi=34^\circ$, $c=0$ kPa, $g=20$ kN/m ³)	≈ 3397 m ³











2%

32+03 Hátzivárgó kivezetése

2%

Folyóka
folyásszint

2%

32+13 Hátzivárgó kivezetése

2%

2%

32+23 Hátzivárgó kivezetése

2%

Folyóka
folyásszint

2%

32+33 Hátzivárgó kivezetése

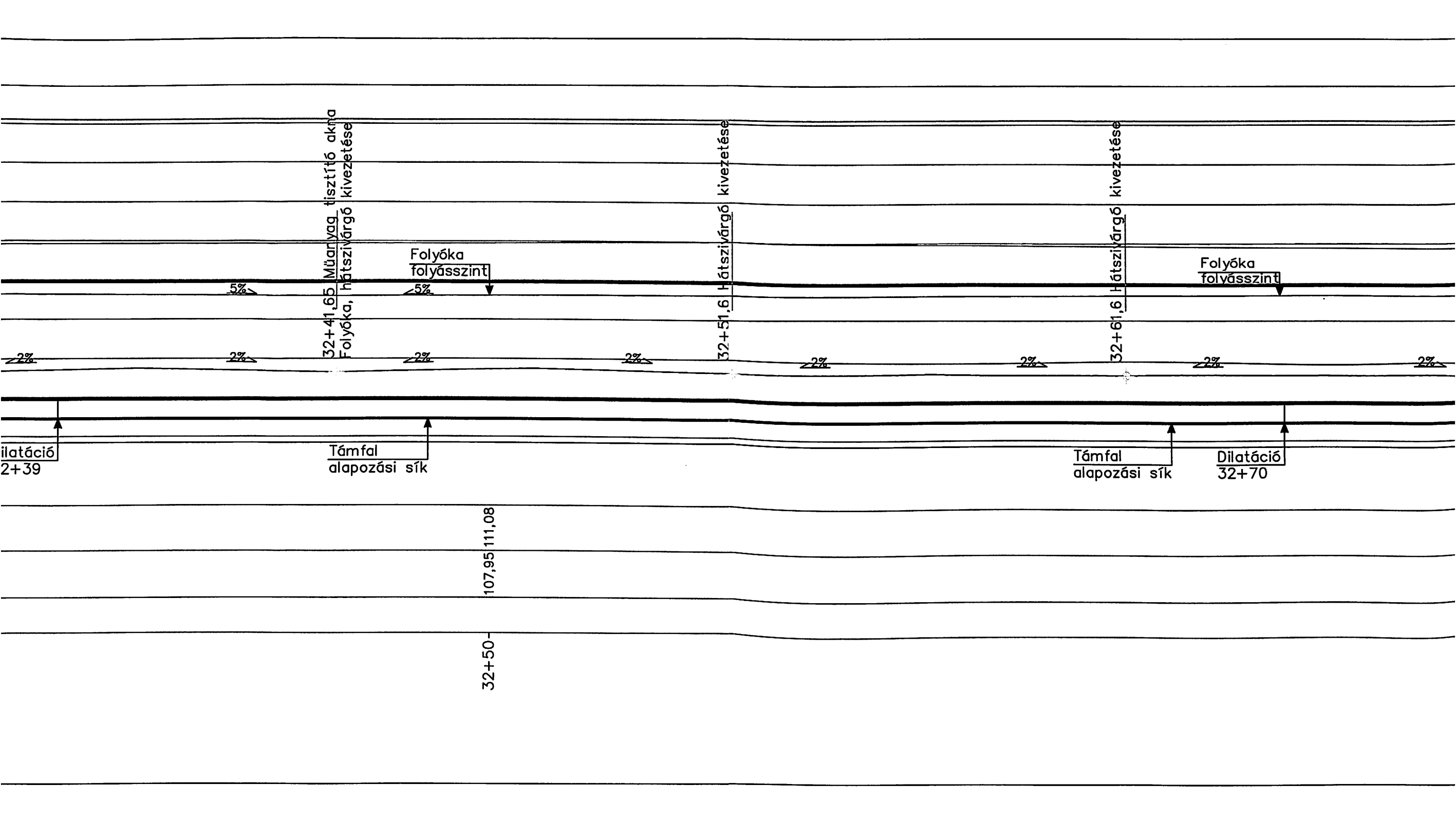
Támfal
alapozási sík

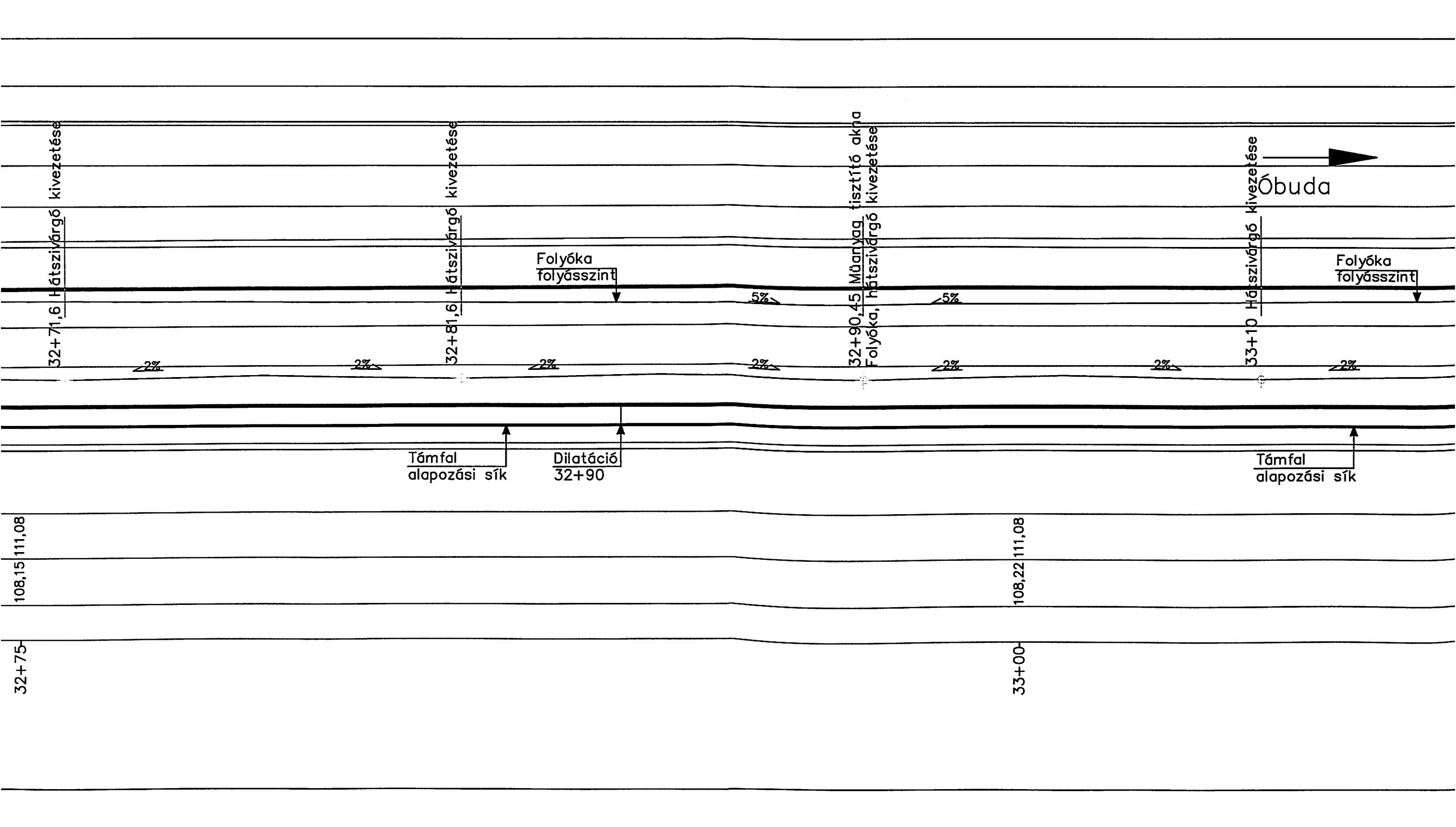
Dilatáció
32+10

Támfal
alapozási sík

107,88 111,08

32+25-





32+71,6 Hátszivárgó kivezetése

32+81,6 Hátszivárgó kivezetése

32+90,45 Műanyag tisztító akna
Folyóka, hátszivárgó kivezetése

33+10 Hátszivárgó kivezetése

Folyóka
folyásszint

Folyóka
folyásszint

Támfal
alapozási sík

Dilatáció
32+90

Támfal
alapozási sík

Óbuda

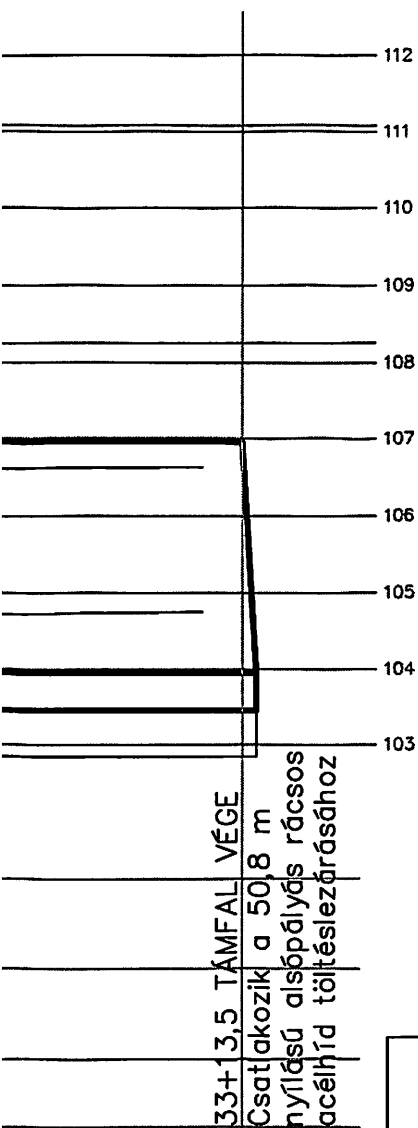


108,15 111,08

108,22 111,08

32+75

33+00



Jelmagyarázat, megjegyzések:

— támfal

— vasúti tengely

A magasságok Balti tenger szintje felett értendők.

SZIE–YMÉK, Geotechnika szakcsoport

Tárgy:
Szakdolgozat terv

Rajznév:
Hossz–szelvény

Készítette:
Zsoldos Szabina

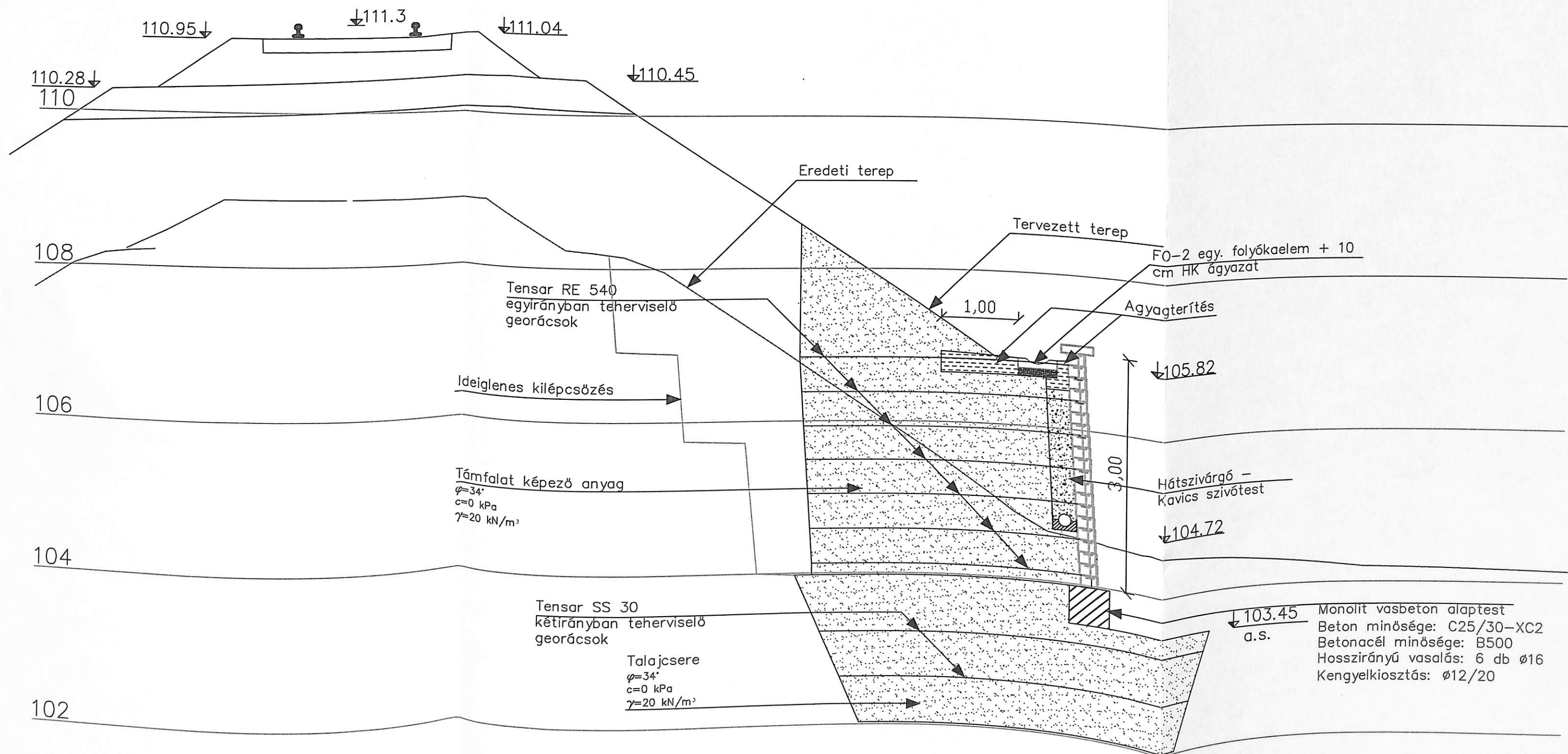
Dátum:
2015. május

Konzulens:
Kecskés Gábor

Rajzszám:
R–3

Méretarány:
M=1:100

30+40 (Mintakeresztmetszvény)



Megjegyzés:

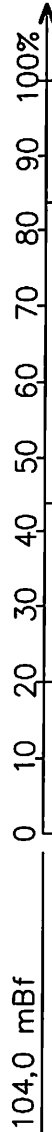
A magasságok Balti tenger szintje felett értendők.
Az anyagmennyiségek az anyagkimutatási rajzokból olvashatók.

SZIE-YMÉK, Geotechnika szak

Tárgy: Szakdolgozat terv	Rajznév: Keresztmetsz
Készítette: Zsoldos Szabina	Dátum: 2015. m
Konzulens: Kecskés Gábor	Rajzszám: R-4

3300

104,0 mBf



	U	Ic	e	Sr	ρ	ρ_d	qu	φ	c	Es	Iv
					g/cm ³	g/cm ³	kg/m ²	°	kg/m ²	kg/m ²	%
1.8	13,08										
2.3	9,64										
3.7	6,04										
4.2											
5.2											
5.6											
7.1	3,04										
8.3											
11.5	30,91										
15.0		0,91	0,6	0,76	2,03	1,75				16,7	

3000

104,3 mBf

szürke homokos kavics

GÖRGETEG

szürke kavicsos iszapos

HOMOK

sárga iszapos

HOMOK

sárga kissé iszapos
homokos

KAVICS

nytv. 2008.01.30.

mtv. 2008.01.30.

finom kavicsos

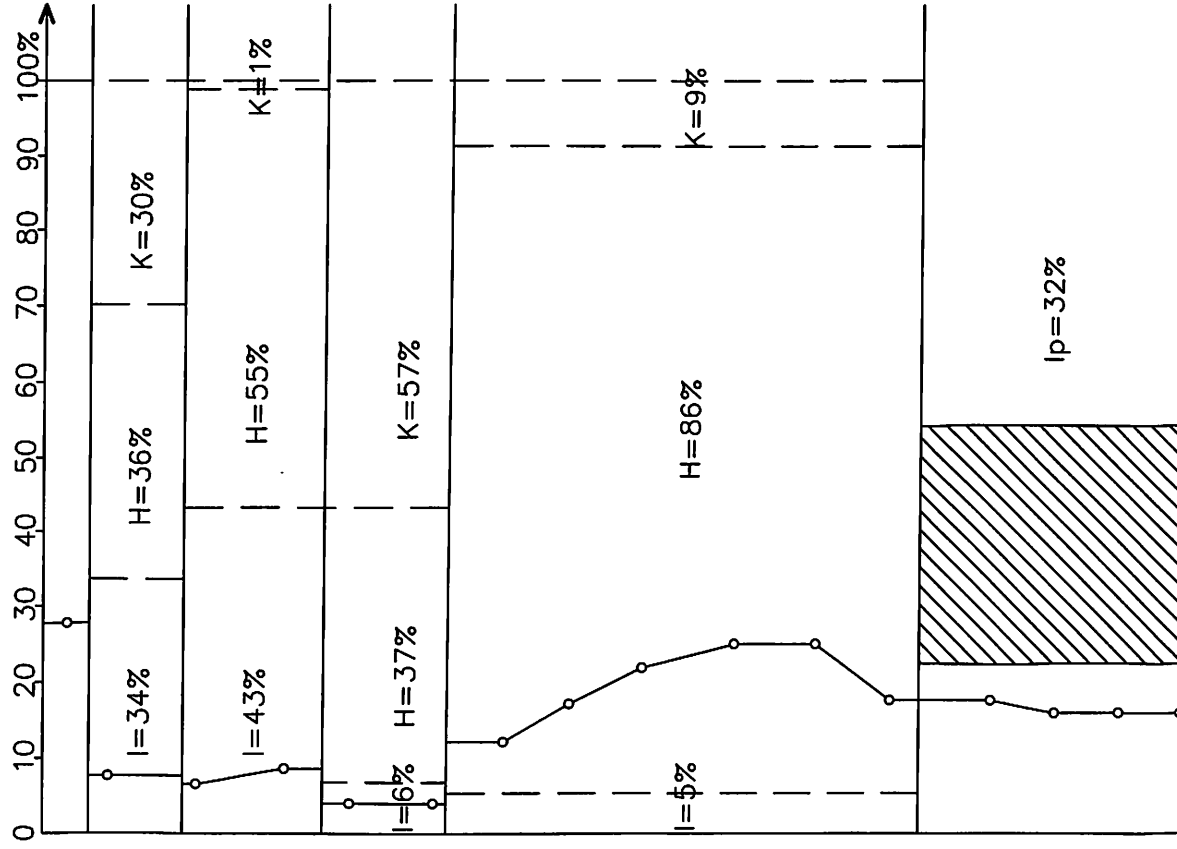
sárga kavicszemes

szürke iszapos

HOMOK

szürke
erősen meszes
kemény
kővér

AGYAG



U	Ic	e	Sr	ρ	ρ_d	q_u	ψ	c	Es	IV
				g/cm ³	g/cm ³	N/m ²	°	N/m ²	N/m ²	%
71,88										
6,79										
33,83										
3,07										
1,11	0,55	0,68	2,01	1,77					15,4	