



Széchenyi István Egyetem
Műszaki Tudományi Kar



A füvesítés hatása a csapadék okozta talaj erózió megelőzésében

Pataki Zsófia

Építőmérnök Bsc 5.évfolyam

2012. november. 14

Konzulens: Hudacsek Péter

Egyetemi tanársegéd

A füvesítés hatása a csapadék okozta talaj erózió megelőzésében

Moderating effects of grassing in case of soil erosion caused by rain

Dolgozat lezárásának időpontja: November 14, 2012

Előszó

Az építőmérnök hallgató életében az egyik legfontosabb motívum a gyakorlati tapasztalatszerzés, ami nem csak a tanulás terén segít leküzdeni a nehézségeket, hanem akár egy adott szakterület iránti elkötelezettséget is jelentheti.

Az oktatás során szerteágazó területekkel ismerkedhetünk meg. Kutatásom során két külön területen tanultakat próbáltam összefűzni és együttesen alkalmazni.

Az elsődleges felismerésem az volt, hogy szinte mindegy milyen kutatási területre tévedek szinte biztosan más természettudományi ágazatokkal is szükséges megismerkedni.

A kutatásom ötlete a csapadék okozta talaj erózió vizsgálatának ötletével indult. Utána olvasva a területnek meg kellett állapítanom, hogy egy életet lehet ennek a vizsgálatára áldozni, így leszűkítettem a „Füvesítés mérséklő hatásai a csapadék okozta talaj erózió esetén” témaköre.

Fontos szempontnak tartottam, hogy nem új ötletet, hanem valós szituáció modellezésével próbáljak konklúziót levonni a mérési eredményekből és tapasztalati megfigyelésekből.

Remélem sikerül visszaadnom azokat a tapasztalatokat és megfigyeléseket szakmailag alátámasztva, ami során gyakorlati szempontból sikerült a talaj mechanikai, a hidraulikai és a növénytani ismereteit vizsgálni.

Prologue

One of the most important motive in the life of a civil engineer student is the work experience, which not only helps overcome learning difficulties, but it can even mean a commitment toward a particular field.

During training we can learn about diverse areas. During my research I tried to merge and apply two different areas that I learned.

The idea of my research started with the study of soil erosion caused by rain. After reading into the topic I realized a whole lifetime can be spent studying this, so I narrowed it down to the “moderating effects of grassing in case of soil erosion caused by rain” topic.

I considered important to draw conclusions from the measuring experiments and empirical observations by modeling real situations instead of new ideas.

I hope I can give back the experiences and observations with professional support, during which I successfully examined the soil mechanics, hydraulics and botanical knowledge in a practical view

Tartalom

Előszó	2
Prologue	3
Bevezetés	5
Kísérleti lehetőségek	7
Mit? Hogyan? Mikor? Miért?	8
Brainstorming.....	8
Hogyan fog a fű hat hét alatt kinőni?	8
Hol és hogyan fogom tárolni?	9
Mit is szeretnék pontosan vizsgálni?	9
Hogyan fogok csapadékot szimulálni?	9
Talaj összetétel.....	10
A Homok.....	11
Az agyagliszt vizsgálatai.....	13
Plasztikus (Sodrasi) határ	13
Folyási határ	13
A kevert talaj tulajdonságai.....	1
Nyírási vizsgálatok.....	3
Eróziós vizsgálat	11
Összegzés	15
Irodalom jegyzék.....	16

Bevezetés

A biológiai felszín védelem, mindegy hogy épületek vagy töltésekről beszélünk, évezredes hagyományokkal rendelkezik. Már a keleten is alkalmazták csapadék megkötésre, díszítésre és védelemre is. A domb oldalakba vájt lakó hely, tároló helyek kialakításánál számoltak a víz megkötésével és a növényzet szigetelő hatásával is.



"Nem hagyhatjuk, hogy épületeink tetőfelületei csak a palák

és a csillagok párbeszédére legyenek fenntartva."

Le Corbusier¹

1. kép Babyloni függő kert

A városok növekedése magával hozta a zöld területek csökkenését is, viszont élhető környezet kialakítása céljából a lefedett/burkolt területeket ellensúlyozni kell. Az ellensúlyozására a „zöld tetők” a legkézenfekvőbb megoldások. A városias környezetben pedig zaj és por szűrő hatása miatt is kedvelt kialakítás. A zöld tető kialakításoknak többféle csoportosítási lehetősége van. Az egyik az extenzív és az intenzív jelleg alapján, a másik megközelítés pedig a kialakítási jellemzők alapján való osztályozás.

Az extenzív tető kialakítás alatt az ökológiai szempontok alapján történő tervezést értünk, ahol a tető emberi tartózkodásra nem alkalmas, kis gyökérmélységgel rendelkező flóra van telepítve, szárazság tűrő és fénykedvelő növények jellemzik ennek következtében szinte önfenntartó a teljes fedés mértéke 10-15 cm-re tehető.

Ezzel szemben az intenzív kialakítás már az emberi igényeket tükrözi, tető kertek, játszó parkok akár fás szárú növényzetet is elbírnak. A felhasznált föld réteg 1-1,5 méteres is lehet, de a minimális ültető közeg 30cm-et jelent. 10 % leejtés a maximálisan megengedett mivel az így kialakított felszín komoly erózió veszélyt hordoz magával.



2. kép Intenzív zöld tető

¹ Le Corbusier (1887-1965) autodidakta francia építész aki a 20 század legnagyobb hatású építőművészeti személyisége.



Szeretnék egyfajta zöld tető kialakítási fajtát kiemelni, mivel a kutatási témámhoz ez áll a legközelebb, ez nem más mint a Ferde tetős kialakítás. A tető dőlés szögétől szinte független és a csapadék erózióknak erősen ellenálló tulajdonságai a legkedvezőbbek. A legjobb hatás elérése érdekében mohák, fűfélék telepítését ajánlják.

3. kép Ferde zöld tető

A Zöld tető kialakítások egyre elterjedtebbek viszont a magas költség igényük következtében eddig Magyarországon csak a nagyobb komplexumok esetében találkozhatunk. Gazdagságos zöld tető kialakítással a győri Széchenyi István egyetem új épület egységein találkozhatunk, parkosított megoldásokkal pedig a budapesti Westend és MoM bevásárló központok rendelkeznek.

További felhasználási területek

A kertépítésben is fontos szerepet játszik, hogy minél hamarabb erózióknak ellenálló felszínt hozzanak létre sík vagy akár dőlt felszínű területen. Ennek lehetőségeit is lehet eső szimulációs kutatással vizsgálni.



A kutatás ötletét a rézsű felszín védelme adta. Az árvízvédelmi töltések nagy százalékban a hidraulikai érdesség csökkentése végett, csak füvesítéssel rendelkeznek, és a kialakítás során érzékenyek az erózióra. Másféle töltések rézsűk kialakításánál előfordulhat kisebb cserjék vagy akár fás szárú növények alkalmazása.

4. kép gönyűi kikötő partfala

Meg kell említeni még a domborzati és természetvédelmi erózióvédekezést, ezek elhanyagolása települések védelem nélkül maradását vagy termő terület kiesését okozhat. Ezen a területen a fás szárú megkötést szokták alkalmazni vagy mesterséges árkokat hoznak létre víz elvezetés céljából.

Kísérleti lehetőségek

Mivel a korunk egyik legérdekesebb építészeti kihívása a zöld tetők építése és a biológiai felszín védelem ezért már akár az alap oktatásban is megismertethetik kísérleti úton a gyerekeket az erózió veszélyeivel és fajtáival. Az iskolás kísérletek jellemzői leginkább az egyszerű bemutatása a víz romboló hatásának.



5. kép Eróziós kísérlet



A felső oktatási képzés keretein belül labor lehetőségekhez mérten van mozgástér. Komolyabb felszerelések segítségével lehetőség van a paraméterek pontos jellemzésére előkészítésére és egy egy probléma terület kontrollált vizsgálatára. Jelen kutatási anyag is ide tartozik. Kis minták vizsgálata és feltételezések bizonyíthatóságának megfigyelése jellemzi.

A komolyabb kutató intézetek felszereltsége lehetővé tudja tenni a valós méretű minták használatát és a pontos később kamatoztatható mérési, tapasztalati adatokat állapítsanak meg.

6. kép Felszíni lefolyás vizsgálat

A kutatások másik területe a valós tapasztalatok és a folyamatos megfigyelések elvégzése. Az erózió által veszélyeztetett területeket folyamatos megfigyelés alatt tartják, az időjárási változások függvényében évente felülvizsgálják, dokumentálják és a korábbi állapotokkal összehasonlítva konklúziót vonnak le. A tapasztalati vizsgálatokhoz fontos nyomon követni a felszíni változásokat is a talaj minőségét, növényzet összetételét. Magyarországon az egyik leginkább megfigyelt területek közé tartozik a tokaji domboldal a szőlő termesztés által használt területei



7. kép Tokaji erodált vidék

Mit? Hogyan? Mikor? Miért?

Feltételezéseim szerint a füvesítés komoly védelmi szerepet játszhat már akár laza talaj esetében is. A biológiai rézsű védelem gazdagságossága miatt elterjedt viszont a minőség itt is komoly szerepet játszik. Más elvárások vonatkoznak egy árvízvédelmi töltés és mások egy vasúti-, autó pálya melletti töltés védelmére. A változatos kialakítási lehetőségek és előírások fényében úgy döntöttem hogy 2 esetet vizsgálok meg.

Az eseteket a rézsű dőlés szöge alapján különítem el, így a vizsgálatokat 45° és 30° esetben végzem el. A munkamenetet több fázisra bontottam fel, következőkben ezeket szeretném bemutatni

Az előkészületi fázisban meghatároztam a tárolás paramétereit és ütem tervet készítettem, a következőkben ezt szeretném bemutatni.

Brainstorming

A téma kiválasztása után rengeteg kérdés merült fel:

- Hogyan fog a fű 6 hét alatt kinőni?
- Hol és hogyan fogom tárolni?
- Mit is szeretnék pontosan vizsgálni?
- Hogyan fogok csapadékot szimulálni?

A lehetőségek felkutatását és a biztos háttér megteremtését vettem az első és legfontosabb lépésnek, mivel ez adta az első biztosítékot a kutatás eredményességére.

Hogyan fog a fű hat hét alatt kinőni?

A füvesítés kapcsán saját tapasztalatokkal kicsiben találkoztam, kertek, parkok közösségi területek leginkább vízszintes gyepek kialakítása formájában. Ezekben az esetekben nem mindig volt sikeres az első füvesítési próbálkozás, feltételezéseim szerint a talaj összetétel, a fűmagkeverék minősége és az időjárási viszonyok nagyban befolyásolták ezek gyors és sikeres kialakítását.

A változók lecsökkentése céljából saját talaj összetétel alkalmazását láttam megfelelőnek és egy fajta gyors csírázási tulajdonságokkal jellemzett keveréket kerestem a piacon.

Otthoni növénytartási tapasztalatok alapján külön figyelmet fordítottam a minták szellőzésére, mivel a füvesített területet gyakran kell locsolni így fontos, hogy a tárolók aljában ne gyűljön fel a „haszontalan” víz. A felgyűlt víz mennyisége rövid időn belül hajlamos rothadást okozni szerves közegben. Ennek megakadályozására a grill felszerelések körében találtam csepegtető tálca névre hallgató megközelítőleg A4-es méretű, kellő mélységű, teli aljú alufólia tálcákat. A csepegtető funkciójának köszönhetően a tálcában lévő minta tudott lélegezni és a felesleges víz kis mennyiségben ki tudott szivárogni.

Hol és hogyan fogom tárolni?

Az időjárás okozta változók kiküszöbölésére és az elfagyás megelőzésére a fűtött üvegház tűnt a legjobb megoldásnak. Ezt sikerült is megvalósítani.

A másik fontos kérdés a tárolás és gondozás paramétereinek megvalósítása volt. Első lépésben két állványzatot építettem 45° és 30° dőlésszögben és ezeket 10-10 minta tálca tárolására méreteztem.

A fű folyamatos növekedése mind felszíni és felszín alatti részeket folyamatosan ha megfelelőek a körülmények, ezért a tulajdonságaik is változnak. Több idő intervallumú növekedést szándékozom megvizsgálni. Így heti bontást terveztem be 4-3-2-1 hetes mintákat szándékoztam előállítani.

A tárolás és gondozás során figyelni kell a felszín csepperóziótól való megvédésre, ezért napi kétszeri kis mennyiségű locsolás lett ütemezve, amit porlasztó fejes szifonnal oldottunk meg.

Mit is szeretnék pontosan vizsgálni?

Első lépésnek a talajminősítést tartom fontosnak, a kialakított mesterséges talajt, amit tömegszázalékos bontásban határoztam meg- összetevőként jellemzem.

A különböző korú mintákat két vizsgálati csoportba sorolnám.

Az első a nyíró szilárdság mérése és azok összehasonlítása, gyökér sűrűség függvényében is.

A második vizsgálat pedig a minták ellenállása intenzív csapadék kitétele esetén. Lemosódott talaj mennyiségének és a talaj megcsúszása/megfolyása során bekövetkezett mozgások vizsgálatát foglalná magába.

Hogyan fogok csapadékot szimulálni?

A csapadék szimuláció egyik fő paramétere a mérhetőség. tervezés során elsődlegesen arra kerestem megoldást, hogy a felhasznált csapadékot kezdetektől fogva tudjam. Ehhez a rendszer összeállítása és szigetelése után a pontos paraméterek felvétele következett. Az egyenletes szórás kép biztosítása véget teli kúpos porlasztó fejet alkalmaztam, amit rögzítettünk a mintához tartozó állványzatra (45v30). Továbbá megoldást kellett találni a melléfolyt az át folyt és felszínen lefolyt víz mennyiségének mérésére.

Talaj összetétel

A vizsgálat során mesterséges talaj keveréket alkalmaztunk, amit tömegszázalék arányában határoztunk meg. Szem előtt tartva a szerves anyag tartalmát és a célunkat, hogy egy laza talajszerkezetet szeretnénk létre hozni. Ehhez Vác környéki bányából szereztünk kvarc homokot, agyaglisztet és a szerves anyagtartalom kialakítására kókuszrostot alkalmaztunk.

A talaj összetétele:

2,5 tömeg % kókuszrost

22,5 tömeg % sárga agyagliszt

75 tömeg % kvarc homok

A minta tálcák mérete: $29 \times 19,5 \times 4 = 2262 \text{ cm}^3$

a teljes szükséges térfogat 20 minta tálca és 5 db nyírási minta. (A külön készített nyírási minták tároló hiányában elmaradtak de az alap számításoknál figyelembe lettek véve.)

$20 \times 2262 + 5 \times 6 \times 6 \times 5 = 49740 \text{ cm}^3$ ami kerekítés után 50000 cm^3

kókusz rost 2,5 t% 1250 cm^3

kvarc homok 75t% 37500 cm^3

agyag liszt 22,5 t% 11250 cm^3

Σ 50000 cm^3

Feltételezett sűrűséggel számolva:

$\delta_h = 2,6 \text{ g/cm}^3$ $t_h = V_h \times \delta_h = 37500 \times 2,6 = 97500 \text{ g}$

$\delta_a = 2,65 \text{ g/cm}^3$ $t_a = V_a \times \delta_a = 11250 \times 2,65 = 29812,5 \text{ g} \sim 29800 \text{ g}$

A kókusz rost téglák méretei 5kg-s téglák $30 \times 30 \times 13 = 12000 \text{ cm}^3$ -be

$12000 / 5000 = 1250 / t_{tr} = 521,87 \text{ g}$

A talajt kimérés és kézi keverés után 24 órát állni hagytam, majd minta tálcába lettek töltve, a kimaradt talaj keverék az alapvizsgálatok elvégzéséhez félre lett rakva.

Az így kapott talaj elnevezése: **kissé szerves agyagos homok**

A keverés során kimaradt alkotókból el lett különítve a talajminősítési vizsgálatokra.

A Homok

Homoknak nevezzük a 2mm és a 0,063mm szemcse átmérőjű talajalkotó anyagokat.

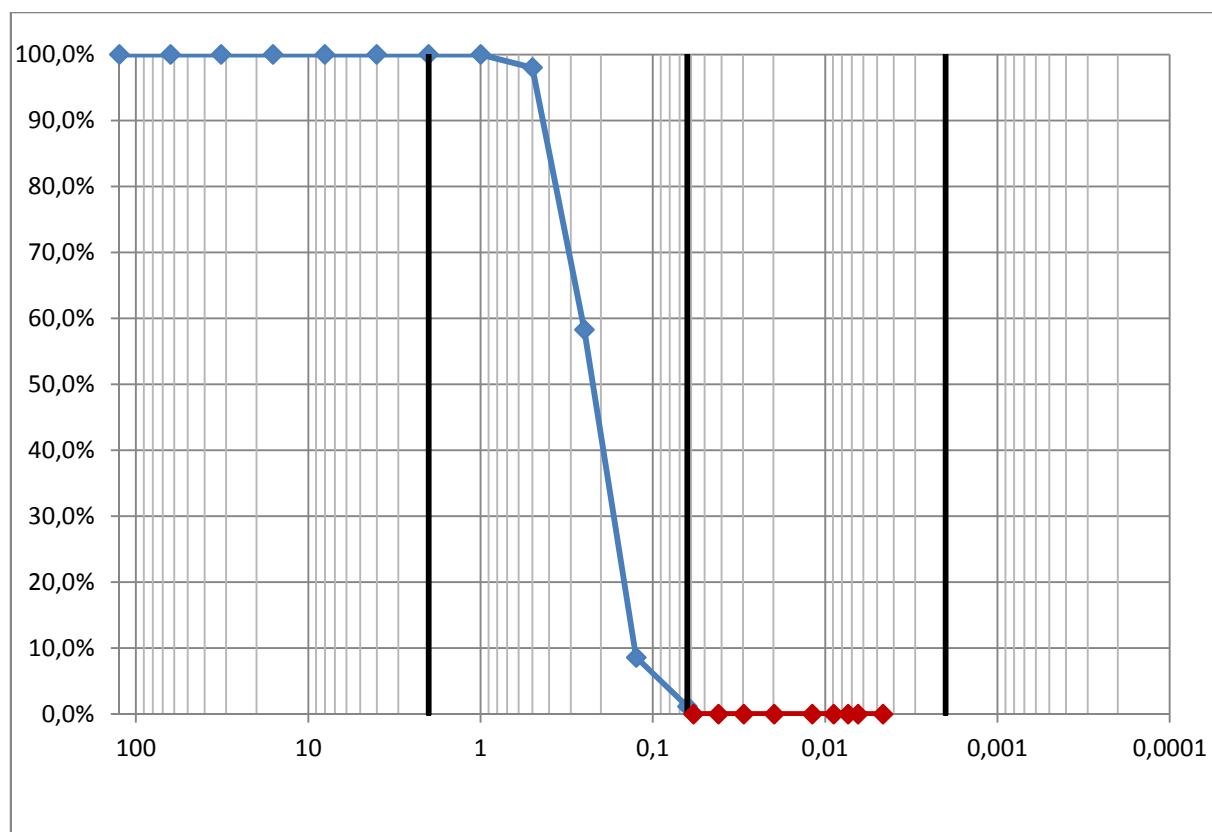
A szemcsék előfordulását szemeloszlással jellemezzük, ez szitálást vagy pedig hidrometálást jelent. A homok vizsgálata szitálással történik.

1. Táblázat: Szemeloszlás

Szitálás			
Szita lyukbősség	Adott szitán fennmaradt tömeg	Áthullott tömeg	Áthullott százalék
1	0	350	100,0%
0,5	7	343	98,0%
0,25	139	204	58,3%
0,125	174	30	8,6%
0,063	26	4	1,1%
Tálcára hullott	4		

Összmenyiség	350 g

2 Szemeloszlási görbe



Szemeloszlásból adódó tulajdonságok

A leggyakoribb átmérő: $d_m = 0,125$

Hatékony átmérő: $d_h \approx 0.0128$

D10	0,005565	D30	0,010936	D60	0,069480499
------------	----------	------------	----------	------------	-------------

$Trg = D60/D10 = 12,48$

$Cc = D30^2/(D60 \cdot D10) = 0,31$

Az agyagliszt vizsgálatai

Az agyag kötött talajnak minősül ezért konzisztencia határok alapján jellemezzük. A sodrási és folyási határ meghatározása után konzisztencia index alapján besorolhatjuk.

Plasztikus (Sodrási) határ

Vizsgálat:

A talajmintát kézzel 3mm vastag hengerekre sodorjuk szűrőpapíron. Addig végezzük a sodrást amíg kereszt irányú repedések nem keletkeznek rajta. Minta tálcánként 10 grammnyi anyagot helyezünk el. Lemérjük majd szárító kemencébe helyezzük. 105°C 24 óráig szárítjuk.

3. táblázat: Sodrási határ

tálca száma	tálca tömege [g]	össz tömeg [g]	minta tömege [g]	szárított tömeg [g]	minta sz tömeg [g]	víztömege [g]	víztartalom [%]
19	91,8	100,6	8,8	98,8	7	1,8	25,71429
33	109,4	119,2	9,8	117,2	7,8	2	25,64103

Ebből következik, hogy a plasztikus határ: $w_p=25,68\%$

Folyási határ

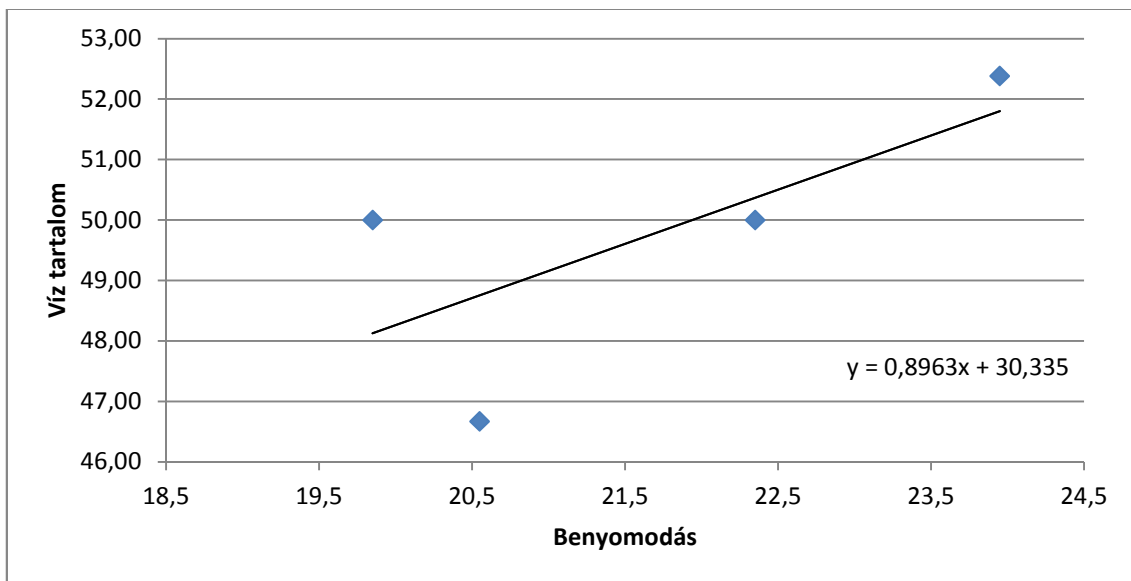
Vizsgálat:

A folyási határ meghatározásához ejtő kúpos penetrométert használunk. A vizsgálócsészébe légbuborékmentesen bekenjük a mintát. A minta felszínére illesztjük az ejtőkúp csúcsát, ezek után megmérjük a kezdeti magasságot. 5 sec-re kioldjuk a rögzítést és megmérjük a bekövetkezett süllyedést. Addig ismétljük az újra keverés és a süllyedésmérést, amíg két egymást követő vizsgálat során kevesebb, mint 0.5mm-nyi eltérést mérünk. A vizsgálati határok 15-25 mm között vannak szabvány szerint meghatározva. Ha megfelelt az 0.5mm-es szabálynak, akkor mintát veszünk, lemérjük és a 105°C kemencébe helyezzük 24 órára. 5 különféle víztartalom mellett végezzük el a vizsgálatot.

4. táblázat Folyási határ

Tálca száma	kezdeti benyomódás [mm]	össz benyomódás [mm]	valós benyomódás [mm]	átlag benyomódás [mm]	tálca tömege [g]	össz tömeg [g]	minta tömege [g]	szárított teljes tömeg [g]	szárított tömeg [g]	víz tömege [g]	víz tartalom [%]
16	4,5	24,9	20,4								
	3	23,6	20,6								
	3,7	23,6	19,9								
	5,2	25	19,8	19,85	129	150	21	143	14	7	50,00
12	4,6	25,1	20,5								
	3,7	24,3	20,6	20,55	125	147	22	140	15	7	46,67
2	3,8	26,2	22,4								
	3,1	26,2	23,1	0							
	4,3	26,6	22,3	22,35	124	154	30	144	20	10	50,00
18	3,4	23,3	19,9								
	5,1	27,5	22,4								
	5,5	29,3	23,8								
	4	28,1	24,1	23,95	108	140	32	129	21	11	52,38
38	4,6	27,6	23								
	5,7	29,5	23,8								
	4,1	29,6	25,5								
	4,5	29,7	25,2	25,35	123	155	32	144	21	11	52,38

2. ábra Folyási határ



A kapott értékek ábrázolása után meg keressük a 20 mm-es benyomódáshoz tartozó víztartalmat és ez fogja adni a folyási határ értékét.

A folyási határ: $w_l = 48,26 \%$

A felhasznált anyag plasztikus indexe

$I_p = I_c = w_l - w_p = 48,26 - 25,68 = 22,58$ Közepes agyag

5. EC- Plasztikus Index

I_p [%]	Csoport név szerint	Megnevezés
....-10	nem plasztikus	szemeloszlás
10-15	kis plaszticitású	iszap
15-20	közepes plaszticitású	sovány agyag
20-30	közepes plaszticitású	közepes agyag
30-...	nagy plaszticitású	kövér agyag

A kevert talaj tulajdonságai

Korábban már megállapítottuk ez a talaj keverék egy kissé szerves agyagos homok.

Kiszárított állapotban szemcsés talajról van szó ezért megtudjuk határozni a tömörségi indexét.

A tömörségi index meghatározásához meg kell határozni a legtömörebb ($e_{\min}$) és a leglazább ($e_{\max}$) állapotot.

Legtömörebb állapot

A vizsgálat során adott térfogatú edénybe töltünk teljesen kiszárított anyagot majd vibro asztal segítségével tömörítjük és utána töltjük. Ha nem hajlandó tömörödni már és tele van a tároló, akkor lemérjük a tömegét. A vizsgálatot 3szor ismételjük meg és a legtömörebb állapotot vesszük figyelembe

6. táblázat $e_{\min}$

	teljes [g]	tároló [g]	talaj [g]	térfogat [cm ³]	δ_s [g/cm ³]	szemcse térfogat [cm ³]	hézag térfogat [cm ³]	e
1	356,3	80,1	276,2	200	2,60375	106,08	93,92	0,89
2	370,6	80,1	290,5	200	2,60375	111,57	88,43	0,79
3	373,5	80,1	293,4	200	2,60375	112,68	87,32	0,77

$$e_{\min} = 0,775$$

A leglazább állapot

Egy henger aljába egy nyeles szitát helyezünk, majd rátöltjük a kiszárított anyagot, felső peremig. Ezt követően lassan felhúzzuk a szitát ezzel levegőt juttatva a részecskék közé a kifutott talaj mennyiséget óvatosan eltávolítjuk. a henger tartalmát lemérjük.



8. kép Henger és nyeles szita

7. táblázat $e_{\max}$

	teljes [g]	tároló [g]	talaj [g]	térfogat [cm ³]	δ_s [g/cm ³]	szemcse térfogat [cm ³]	hézag térfogat [cm ³]	e
1,00	10,50	6,80	381,33	481,00	2,60375	146,45	234,87	1,60
2,00	11,50	6,80	417,64	535,00	2,60375	160,40	374,60	2,34
3,00	11,70	6,80	424,91	530,00	2,60375	163,19	366,81	2,25

$$e_{\max} = 2,335$$

Eltérő tömörségi fokkal rendelkeznek a 45°-os és a 30°-os minták, ennek magyarázata lehet a szögkülönbség miatt a felső réteg hajlamosabb a lecsúszásra ezért a tárolóba kevesebb minta töltése tűnt optimálisnak. A táblázatok a mellékletbe megtalálhatók.

A 30°-os tálcák esetében az $e=1,536$

A 45°-os tálcák esetében az $e=1,679$

Így két relatív tömörséget állapíthatunk meg:

$$I_{d30} = (e_{\max} - e) / (e_{\max} - e_{\min}) * 100 = 51,25\%$$

$$I_{d45} = (e_{\max} - e) / (e_{\max} - e_{\min}) * 100 = 42,049\%$$

A Tömörségi index alapján **közepesen tömör talajról beszélhetünk**.

8 EC- Tömörségi index

Elnevezés	I_d [%]
nagyon laza	0-15
laza	15-35
közepesen tömör	35-65
tömör	65-85
nagyon tömör	85-100

Minták

A minták fűtött üvegházban helyeztük el; 10 minta a 45° állványzatra 10 pedig a 30°-ra került. Tálcánként 15g fűmag lett kikészítve, amit hetente felszíni szórással helyeztünk el a mintákon. A legidősebb minta 4 hetes növekedési időt kapott, napi két permetező locsolás mellett.

Sajnos az egy hetes minták nem csíráztak ki így a vizsgálat során a sima talajjal azonos tulajdonságokat mutattak.



9. A minták tárolás és végleges állapota



A minta tálcák elnevezése: 45-4-2

45: 45°-tárolás

4: a füvesítés kora hétben

2: a minta száma

Nyírási vizsgálatok

Feltételezésem szerint a gyökérzettel átszőtt talaj jobban ellenáll az őt érő terheléseknek, mint a növényzet mentes. Ennek bizonyítására nyírási vizsgálatnak vettem alá a mintáimat. A vizsgálat során 3 feszültség alatt figyeltem a talaj viselkedését, 16kPa, 25,4 kPa és 41,5kPa.

Az értékeket a ráhelyezett súlyok adták ki.

9. Táblázat Függőleges feszültség meghatározása

terhelés súly [kg]	A [cm ²]	Kn	m ²	kPa (kn/m ²)
6	36	0,05886	0,0036	16,35
9,325	36	0,091478	0,0036	25,41063
15,26	36	0,1497006	0,0036	41,5835

A Vizsgálat:

„A nyíródoboz egy vízszintes síkban kettévágott doboz, melyben a felülről normálfeszültséggel lehet terhelni, azaz a minta ekkor gyakorlatilag olyan állapotban van, mint a valóságban különböző mélységekben. Oldalról egy motorral (tetszőleges sebességgel) eltolható a külső edény és a rá támaszkodó mozgó keret (alsó dobozfél). A talajmintán keresztül átadott erő fékezi az alsó keret mozgását, s a felső kerethez kapcsolt erőmérővel megmérhető, mekkora erő kell ennek mozdulatlanul tartásához. Így

kiszámítható az a nyírófeszültség, amely a talaj nyírt vízszintes síkján átadódik. Ennek maximuma a talajnak a működtetett normálfeszültséghez tartozó nyírószilárdsága. Ha meghatározunk néhány összetartozó törést okozó σ - τ feszültségpárt, és ábrázoljuk őket a Mohr-féle koordináta-rendszerben, akkor a pontokra illeszkedő Coulomb-egyenes meghatározható. E kísérlet esetében nincs mód a pórusvíznyomás mérésére, ezért a hatékony feszültségek alapján csak akkor értékelhető, ha "elég" lassú volt a terhelés. A nyírási vizsgálatok során a vízszintes elmozdulásokhoz tartozó nyírófeszültségeket számítjuk.” /Dr. Szepesházi/

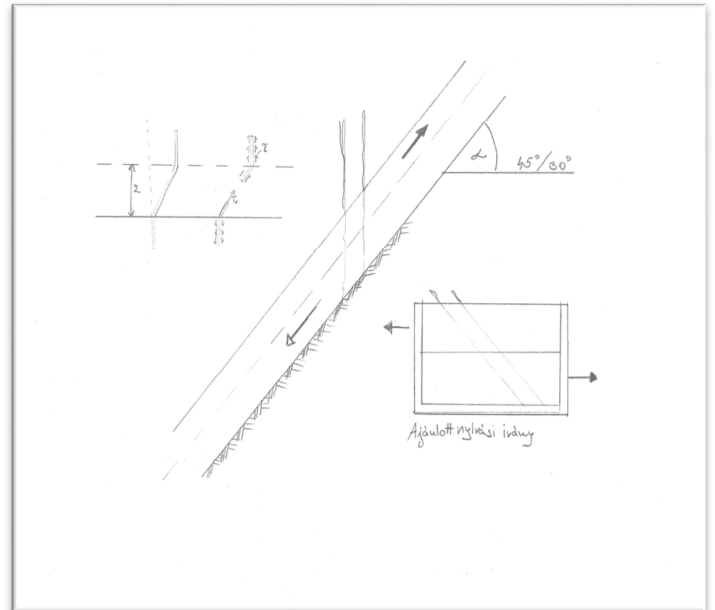
10. Nyíródoboz



A következőkben ismertetni szeretném a nyírási vizsgálatok eredményét és tapasztalatait.

A vizsgálat végzése közben fellépő figyelmetlenségek hiányosságok és tapasztalatlanságok következtében az elemzés során kiderült néhány látványos hiba és felmerült néhány kérdés.

A szakirodalom alapján a nyírás iránya ellentétes a csúszás feltételezett irányával (lásd. ábra). Ez érdekes kérdést vet fel mivel ezen értelmezés alapján a felszín maradna egy helyben, vagy egy másik megközelítésben felfelé csúsznánk a dombon. Ennek vizsgálata egy külön kutatás is lehetne biomérnöki ismeretek bevonásával.



11. Feltételezett nyírási modell

A nyírási vizsgálatok alapján nem volt külön figyelem fordítva a gyökér növeési iránya és a nyíródobozba helyezés között, azaz nem állandó a „húzott” és „nyomott” terhelés. A változó eredmények és az esetleges furcsaságok egyik tényezője lehet ez is.

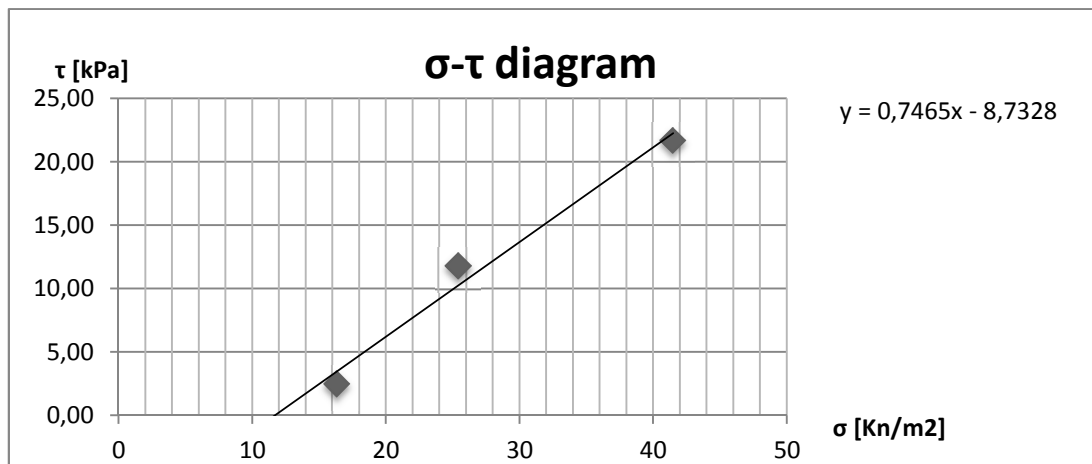
12. kép A gyökér növeési iránya 45 fokban



További megfigyeléseket tehetünk a kapott nyírási ábrák alapján. Gyakoriak az ugrások, ami oka lehet a nem rendesen betöltött minta, ez alatt azt értem, hogy a kivágott minta sarka kiemeléskor leesett és utólag kellett pótolni a szintbehozáshoz, így helyenként nincs megfelelő érintkezés. A talajban egyben maradt agyag/homok szemcsék vagy pedig a tálca lötyögése is befolyásoló tényezőként léphet fel.

Az elnyíródáskor függőleges ugrás látható az ábrán (általában a végén), a vízszintes „fennsíkok” pedig azt jelenthetik, hogy a talaj nem képes több feszültséget felvenni, ezekben az esetekben figyelhető meg negatív kohéziós érték. A negatív kohéziót legtöbb esetben mérési hibának könyveljük el. A belső kohézió hiánya utalhat a talaj összetételére, a szemcsés talajok tulajdonsága hogy nem rendelkeznek belső kohézióval, ezért 5Kpa belső kohéziót szoktak venni számukra, de ezt legtöbbször elhanyagolják, ezt tettük mi is.

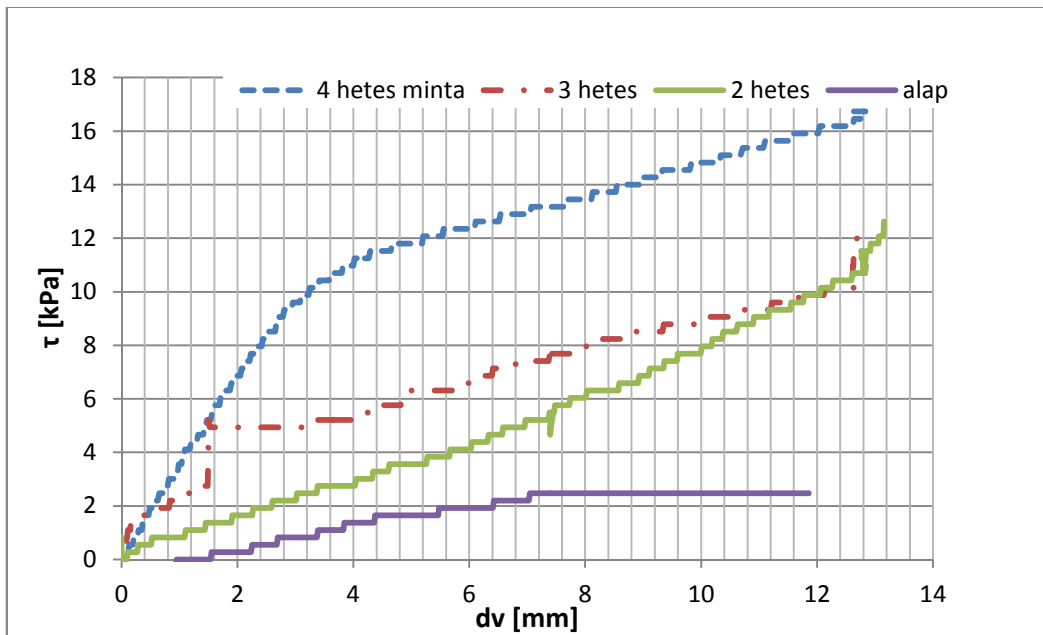
3. ábra Negatív kohéziós ábra



A σ - τ diagramokon a különböző függőleges terhelések esetén felvett maximumokat ábrázoljuk. Ezeket a vízszintes elmozdulások és a folyamatos nyírófeszültségekből kapjuk meg. Az elemzés menetének többféle megközelítése alkalmazható. Szeretném a legegyszerűbb megértését az eredményeknek megtalálni.

Ábrázolás szempontjából az alap Feszültség- elmozdulás diagrammokból kiindulva létre lettek hozva a σ - τ diagramok (coulomb egyenes) amikről leolvasható a kohézió mértéke és a hozzá tartozó szög. Ezeket egymáshoz viszonyítva lehet következtetést levonni hogy a fűvesítés milyen mértékben javítja a talaj ellenállását.

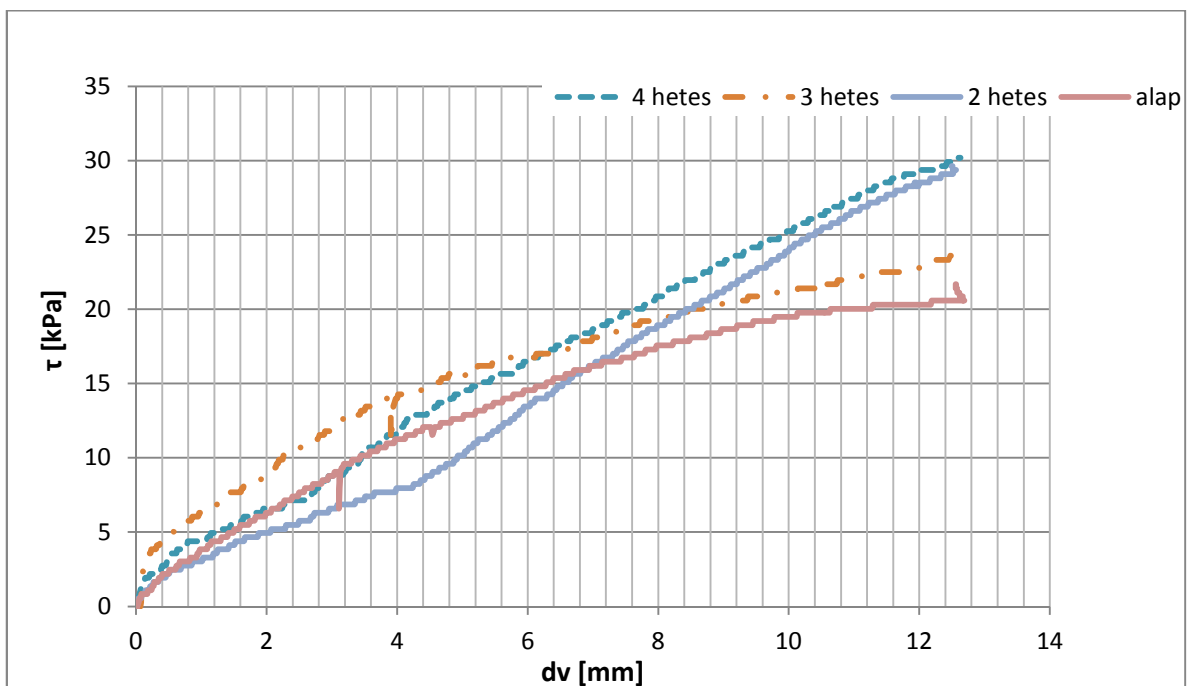
4. ábra 16 kPa terhelés dv- τ fv.



A 45°dőlés szögű minták esetén nagyon szépen megfigyelhető hogy azonos elmozdulás mellett sokkal nagyobb feszültséget bírt felvenni a talaj. minél idősebb a füvesítés, annál jobban át szőtte a talajt a gyökérszövet így növelte a külső hatások elleni ellenállását.

Sajnálatosan nem minden minta ennyire egy értelmű. A következő grafikonon szinte azonos tulajdonságokat mutat az összes minta függetlenül a füvesítéstől.

5. ábra 41,5 Kpa-s terhelés

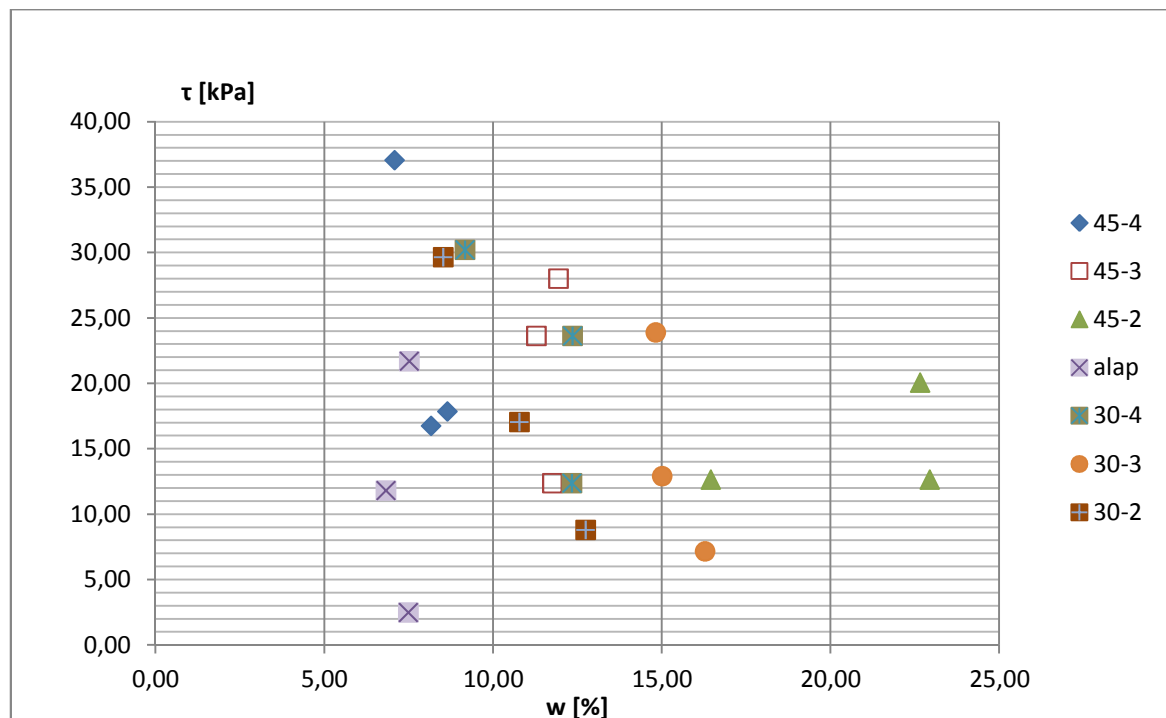


Fontos még kiemelni, hogy a kapilláris szívás miatt minták víztartalma is erőteljesen befolyásolja a nyírási eredményeket. Ezen kívül a növényzet is hatással lehet a szívás mértékére, ami a nyírási vizsgálatokban további nem mért negatív pórus víznyomásként, azaz megemelkedett hatékony feszültségként jelentkezik, ennek következménye nagyobb erő szükséges a tönkre menetelhez. Ennek vizsgálatára egy $\tau_{\max}$ - víztartalom vizsgálat adhat kiindulási pontot. Bemutatásra kerül még a talajhoz tartozó gyökér sűrűség a feszültség függvényében is majd. Biológia behatás mértékét a vizsgálatok során befolyásolja a felszínen megkezdődött poshadás és helyenként kiszáradás is. megfigyelhető a mintákon.



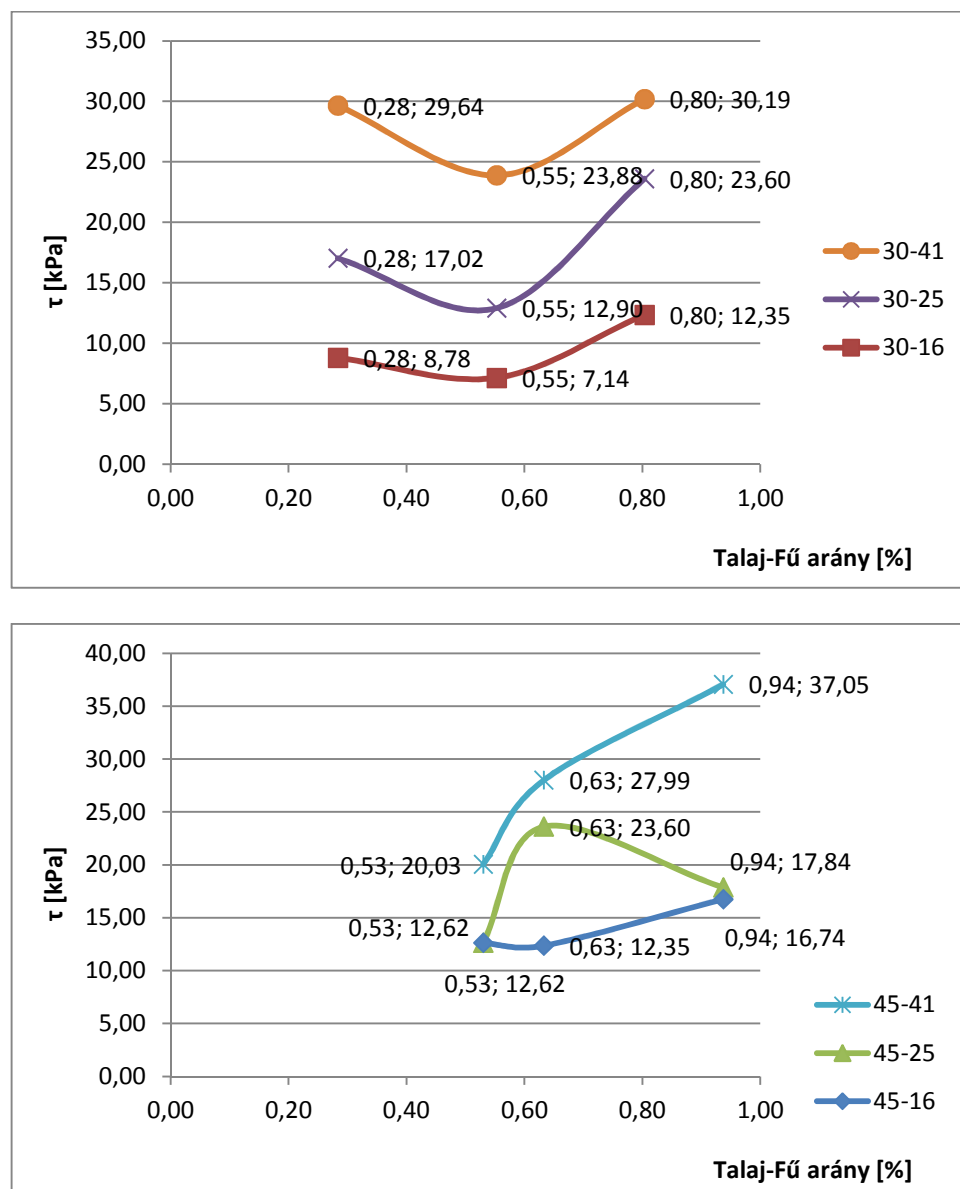
6. ábra $\tau_{\max}$ - W

13. kép Elnyírt, szárított minta



A víztartalom és maximális függvények viszonyából következtetni lehet, hogy a gyökér sűrűség és a talaj víztartalma együttes tényezőként befolyásolják az eredményeket. Mintának kiemelném a 45-4 – es adatsor és a 30-3-as adatsor értékeinek összehasonlítását. Feltételezésem szerint a nagyobb gyökér sűrűség és kisebb víztartalom mellett is képes felvenni a terheléseket az adott talaj. Valószínűsíthetően a víztartalom a füvesítés mellett azért alacsonyabb, mert a fű felveszi a vizet. Megfigyelhető továbbá hogy a kisebb gyökérsűrűség mellett egy megadott szintig növelve a minta víztartalmát még ellenálló. A víztartalom és a feszültségek összevetése csak irányadó feltételezésként funkcionál, mivel a nyírási tulajdonságok nem csak a maximális feszültségek meghatározásában merülnek ki. A pontos számítások mellékletben olvashatóak.

7. ábra Gyökérsűrűség és a feszültség kapcsolata



Nagyon szépen megfigyelhető, a hogy a különféle terhelések értékei mennyiben függenek a gyökér sűrűségtől is. Kiugró értékeket kaptunk a 45 fokos 25 Kpa-s terhelések esetén ebből elég nyilván való a mérési hiba, ami valószínűleg a betöltésből adódhatott. Megfigyelhető az eltérő görbe alak is, ami további kérdéseket vett fel, több mérés elvégzésével valószínűleg módosulna és egységes görbe képet kapnánk minden mérésre, sajnos ennek igazolására idő szűke miatt nem volt lehetőség.

A nyírási eredményekből fontos értékek a maximális σ - τ , a kohézió (jele: c) és a kohéziós szög (ϕ).

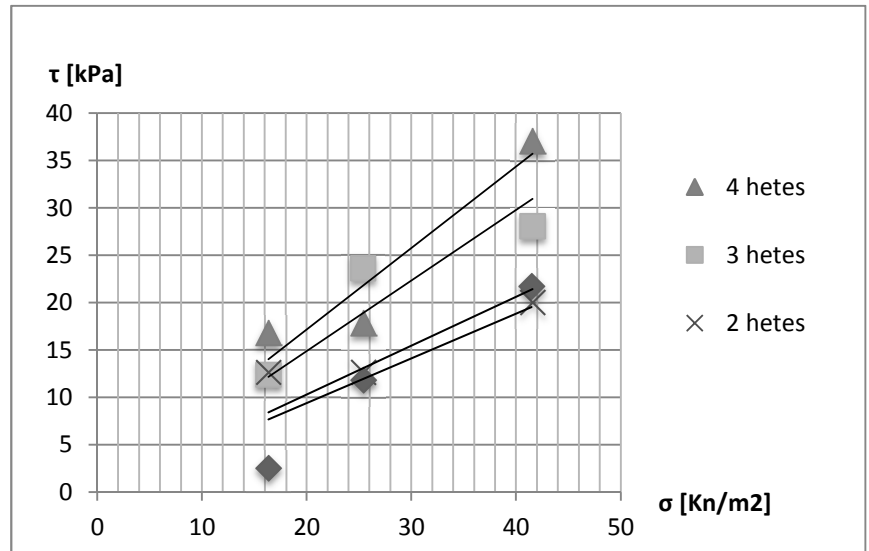
10. Táblázat: Nyírási adatok

minta neve	maximális σ [Kn/m ²]	maximális τ [Kn/m ²]	törési szögek [°]	c	ϕ [°]
Alap	16,35	2,47	8,59	-8,73	36,74
	25,411	11,80	24,91		
	41,584	21,68	27,58		
minta neve	maximális σ [Kn/m ²]	maximális τ [Kn/m ²]	törési szögek [°]	c	ϕ [°]
45-4-1	16,35	16,74	45,68	0,27	40,36
	25,411	17,84	35,07		
	41,584	37,05	41,70		
45-3-2	16,35	12,35	37,07	5,23	30,07
	25,411	23,60	42,89		
	41,584	27,99	33,95		
45-2-1	16,35	12,62	37,67	6,4	17,38
	25,411	12,62	26,42		
	41,584	20,03	25,72		

minta neve	maximális σ [Kn/m ²]	maximális τ [Kn/m ²]	törési szögek [°]	c	ϕ [°]
30-4-2	16,35	12,35	37,07	3,38	33,89
	25,411	23,60	42,89		
	41,584	30,19	35,98		
30-3-2	16,35	7,14	23,58	-3,84	33,63
	25,411	12,90	26,91		
	41,584	23,88	29,86		
30-2-2	16,35	8,78	28,24	-4,33	39,39
	25,411	17,02	33,81		
	41,584	29,64	35,48		

A diagramom 0
metszéspontja rendezet
Coulomb (trendvonal)
egyenesek láthatók, ezzel
a módszerrel kiszűrhető a
negatív kohéziós
eredmények jelentette
anomáliák

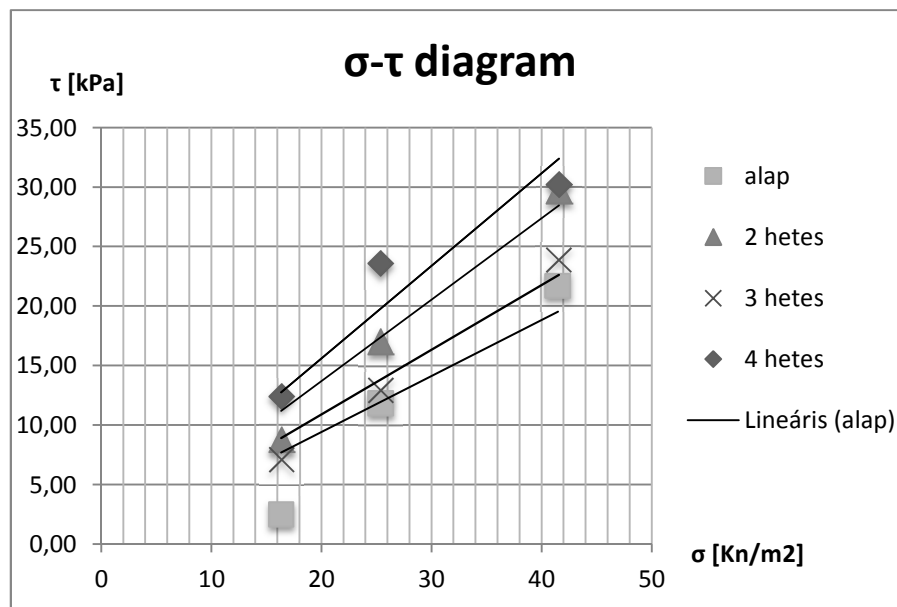
Mind a két diagram
esetében megfigyelhető
az idősebb minták jobb
ellenállása.



Különbbségként levezethető a maximális értékek szóra, 45° esetén látványosabb az eltérés a minták között és valódi kohézióval is rendelkeznek. A 30° minták ezzel szemben gyakran az alap talaj tulajdonságait mutatják. A negatív kohézió mértéke számot tevően csak a 4 hetes minta esetében jelentős mivel ez volt az egyetlen vizsgálat mikor valós kohéziót tudtunk mérni.

A 30° os minták esetében meg kell említeni, hogy a vizsgálat előtt elége száraz állapotú volt a talaj ami befolyásolhatja a vizsgálatot.

9. ábra σ - τ diagram/30°

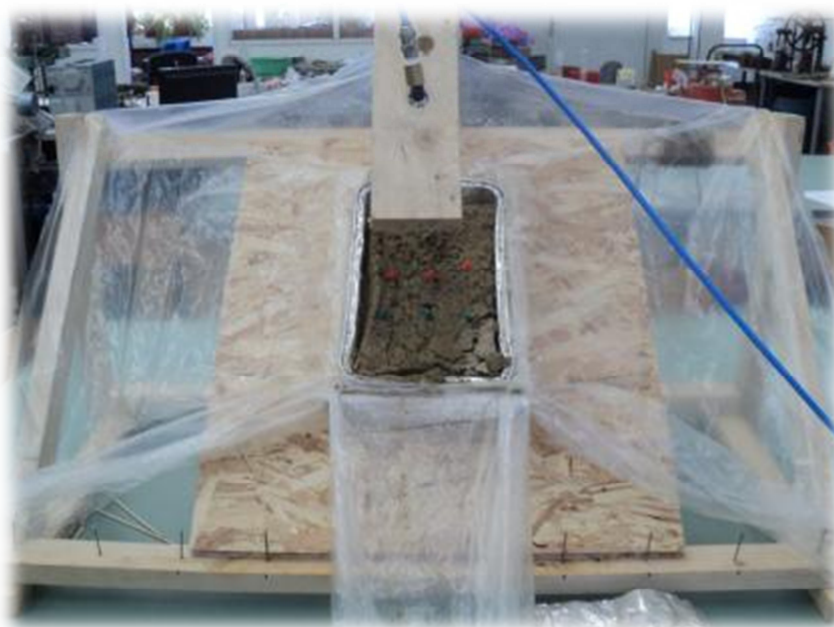


A nyírási vizsgálatok eredményeként arra a következtetésre jutottam, hogy minél meredekebb az alkalmazott dőlésszög annál nagyobb szerepe van a biológiai szemcse megkötésnek. A füvesítés fiatal korban nem igazán fejt ki jelentős hatást.

Eróziós vizsgálat

A vizsgálat során egy saját készítésű állványzaton hétköznapi kúpos kialakítású porlasztóval felszerelt „szimulátort” hoztunk létre. Költség hatékony megoldásként a fóliás vízvezetést alkalmaztuk adott tömegű mérő edényekbe fogtuk fel a mellé, az át és a lefolyt víz mennyiségét. Előzetesen megállapítottuk a vízhozamot, ami megközelítőleg 600ml/perc lett. Kezdetlegesen egy vízórával próbáltuk mérni az átfolyó vízhozamot sajnálatosan nem minden esetben indult el a számláló mikor megnyitottuk a csapot ezért inkább egy stopper és egy 2 literes mérőcsövet alkalmaztunk a percenkénti vízhozam meghatározására. 10-szer 1 percig esőztetjük a mintát, amin 9 pálcika és szituációs fotók segítségével szeretnék később feldolgozni az elmozdulásra irányuló megfigyeléseket.

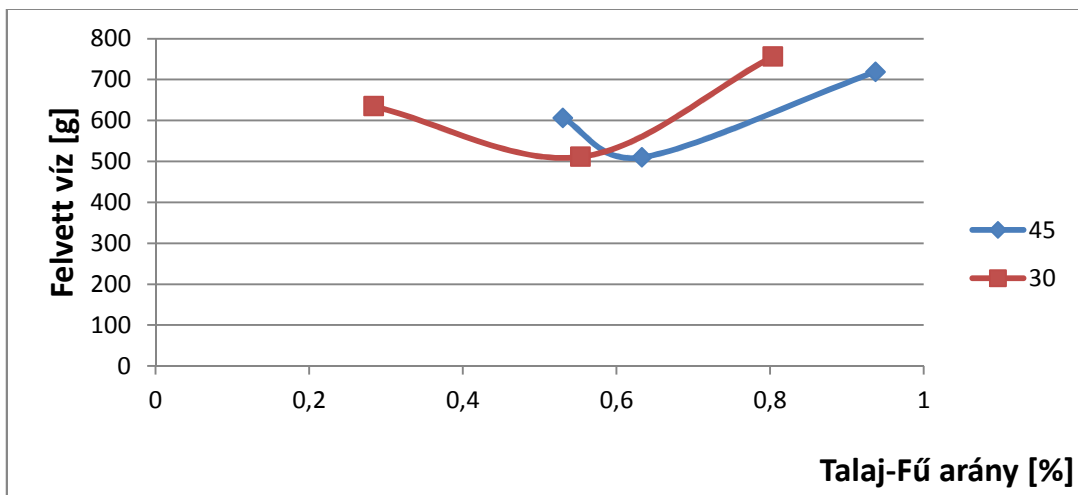
14. kép Eső szimulátor



A fényképeket egy fix ponton rögzített, sorozat fotózásra alkalmas géppel végeztük majd a MatLAB program segítségével jelenítjük meg a kezdeti és vég állapot közötti eltéréseket.

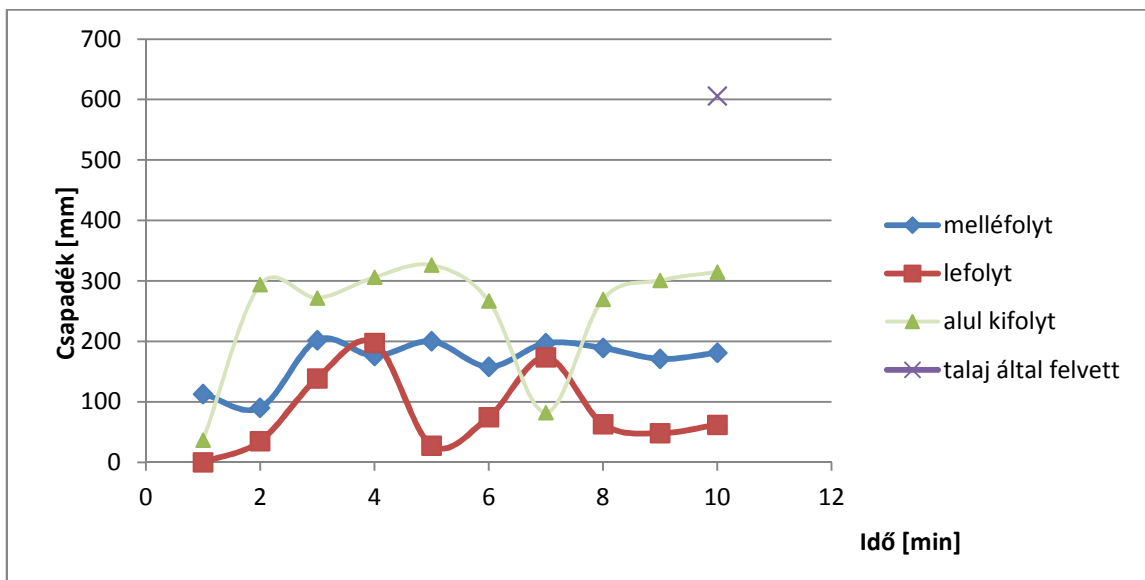
A vizsgálat során egészen fontos szempont a talaj víz felvevő képessége. Ezt befolyásolja a gyökérzet sűrűsége. A következő grafikonon is látható hogy a nagyobb gyökér telítettség esetén a minta több vizet volt képes felvenni az esőztetés során. Nagyban befolyásolja a vízfelvételt az esőztetés előtti nedvesség tartalom is. A rendelkezésünkre álló kevés minta alapján sajnálatosan erre nem tudok adatokat szolgáltatni.

10. ábra Felvett víz és Gyökérzet kapcsolata

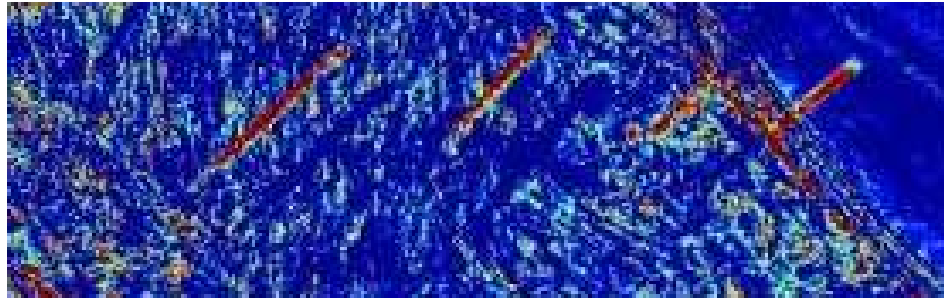


Az eróziós vizsgálatok közül kettőt szeretnék kiemelni. Az egyik minta esetében szépen látszik a talaj megcsúszása, ezt a grafikon alapján úgy tudjuk észrevenni, hogy megjelenik a felszíni lefolyás. A felszíni lefolyás kezdeti nulla értéke két dolgot takar, az első hogy az első locsoláskor minden vizet magába szívott, a másik oka pedig hogy a minta tálcákon szándékosan rés lett hagyva, hogy ha a talaj csúszási állapotba kerül látványosan lehessen bemutatni.

11. ábra Csapadék eloszlási grafikon 45-2

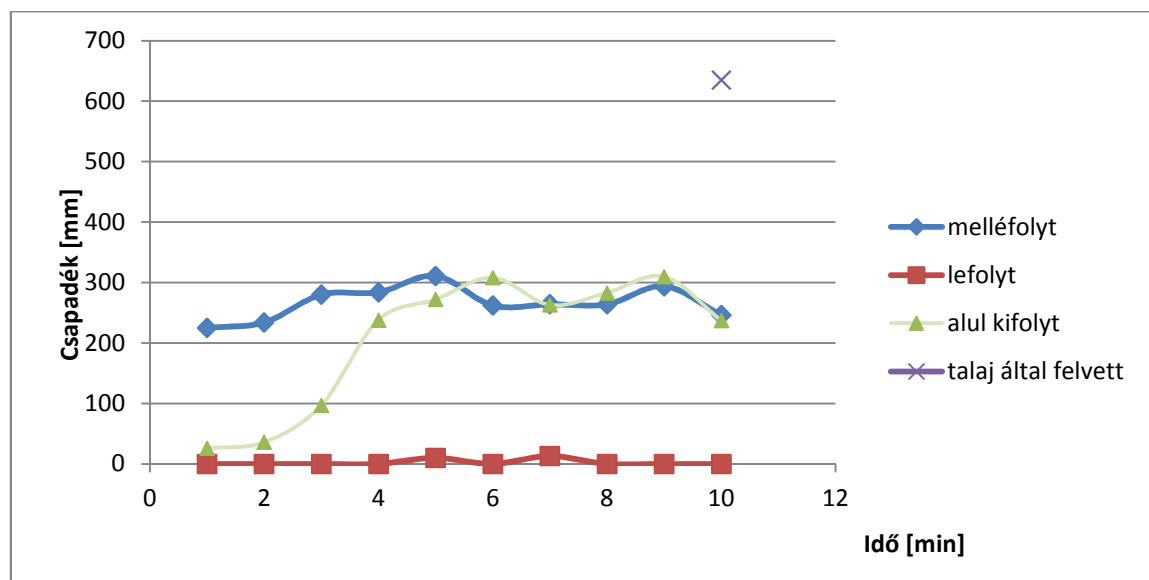


15. kép Csúszás a 45-2-es minta esetében

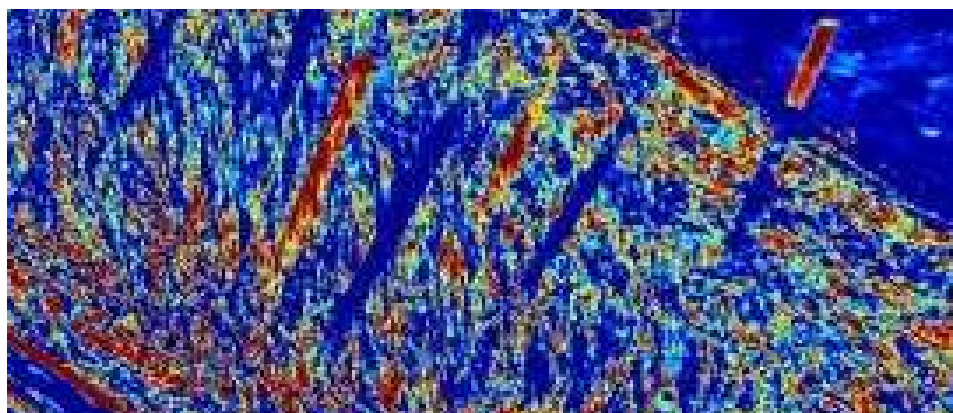


Az ábrán a lefolyási görbén látható ugrások a csúszások idejét jelentik, a második megcsúszás után a legminimálisabb csapadék hullott a felszínre, mert annyira megcsúszott a minta hogy 90%-ban kiesett a fúvóka szórás köréből.

12. ábra Csapadék eloszlási grafikon 30-2



16. kép 30-2-es minta elmozdulása

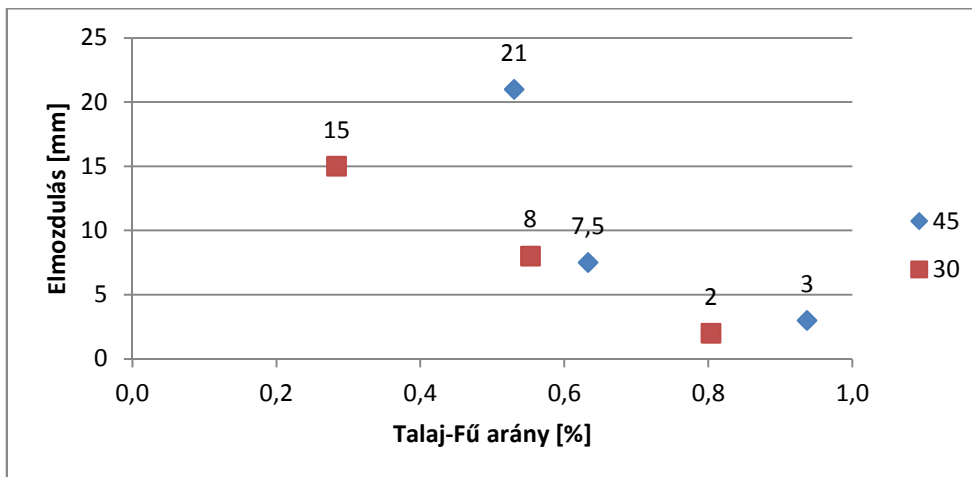


A talaj beszakadása és utána történő megcsúszása figyelhető meg. A kezdeti vízfelvevés után a szivárgó vágás felé elkezdett a talaj a gyökérzet közül folyni, így megnőtt a kifolyó víz tömeg, ebben benne van a kimosódott finom szemcsés talaj is.

11. táblázat Gyökérzet és elmozdulás viszonya

Minta neve	Víztartalom [%]	Elmozdulás [mm]
45-4	0,9	3
45-3	0,6	7,5
45-2	0,5	21
30-4	0,8	2
30-3	0,6	8
30-2	0,3	15

13. ábra Gyökérzet és elmozdulás viszonya



Nagyon szépen megfigyelhető az elmozdulások mértékének grafikus ábrázolása után, hogy a várt 1-3 cm-es maximális elmozdulás reális meglátás volt. Látszik, hogy minél kisebb a gyökérzet sűrűsége annál nagyobb elmozdulások következtek be. A legnagyobb értéke a 2 hetes mintákhoz tartoznak. Az elmozdulások mértékének meghatározása vonalzóval történt, így csak közelítésről beszélhetünk.

Összegzés

A kutatási cél kitűzése az volt, hogy bizonyítsam azon feltételezésemet, hogy a füvesítés nagyban elősegíti a felszín erózió védelmét. Ezt egy szemcsés laza talaj esetében vizsgálva, elvégezhetem az alap talajosztályozás lépéseit, majd két féle bizonyítási eljárás keretein belül megvizsgáltam a feltételezéseim. A nyírási vizsgálat esetén elsajátítottam nyíró gép használatát és az elemzés során elindultam az adatok által hordozott információk háttérének megértésének útján. Érdekes következtetések és feltevésekkel találkoztam például a minta elhelyezését illetően. Összességében pedig igazolni tudtam a feltevésemet. A nyírási eredmények alapján elmondható hogy a megfelelő füvesítés (közepesen vetett és már vágott korú) kiemelkedő többletet nyújt a talajnak.

A kifejezetten eróziós vizsgálatok során megfigyeléseim során tanúja lehettem talajcsúszásnak, egyszerű felszíni lefolyásnak és beszakadásnak is. Az elemzés egy újfajta területével is megismerkedtem a képi modellezéssel. Ez egy teljesen új elemzési terület volt számomra, nehézségekbe is ütközött helyként, de úgy érzem a prezentációval bezárólagosan ezeket a nehézségeket is leküzdöm. A folyamatokban lévő vizsgálatok várható eredménye igazolni látszik a feltevést, hogy a füvesítés a víz okozta erózióval szemben is ideiglenes védelmet nyújt.

A kutatási folyamat sok új kihívást rejtett magában volt, aminek megtudtam felelni a jelenlegi ismereteim fényében és volt olyan, ami plusz energia befektetésével új területi ismereteket hordozott. Az egyetemi tanulmányaimtól sokban különböző elvárásoknak kellett megfelelnem. Bebizonyosodott, hogy az elméleti ismeretek gyakorlatba fektetése újabb kihívásokat rejtenek és folyamatosan új kérdések merülnek fel, ha nincs kérdés az is elgondolkoztató.

„A kíváncsiság a fegyelemsértés legtisztább formája”

Vladimir Nabokov²

² Vladimir Nabokov (1899-1977) orosz-amerikai író.

Irodalom jegyzék

Dr Szepesházi - Dr. Szepesházi Róbert: Geotechnika (2009)

Donald H. Gray-Andrew T. Leiser : Biotechnical slope protection and erosion control (1982)

Szepesházi Róbert: Geotechnikai Tervezés –Tervezés az Eurocode 7 és a kapcsolódó európai geotechnikai szabványok szerint (Budapest,2008)

N.J Coppin-I.G. Richards: Use of Vegetation in Civil Engineering (1990)

Online források

Erózió modellezés: <http://soils.usda.gov/education/resources/lessons/experiments/erosion/>

Fű tető: http://hvg.hu/ingatlan/20110816_futeto

Lefolyás modellezés <http://phys.org/news174577312.html>

Zöld tetők: www.kapanyel.hu

Ábra jegyzék

1. Táblázat: Szemeloszlás	11
2 Szemeloszlási görbe	11
3. táblázat: Sodrási határ	13
4. táblázat Folyási határ	0
5. EC- Plasztikus Index	0
6. táblázat $e_{\min}$	1
7. táblázat $e_{\max}$	1
8 EC- Tömörégi index	2
9. Táblázat Függőleges feszültség meghatározása	3
10. Táblázat: Nyírási adatok	9
11. táblázat Gyökérzet és elmozdulás viszonya	14

Táblázat jegyzék

1. Táblázat: Szemeloszlás	11
2 Szemeloszlási görbe	11
3. táblázat: Sodrási határ	13
4. táblázat Folyási határ	0
5. EC- Plasztikus Index	0
6. táblázat $e_{\min}$	1
7. táblázat $e_{\max}$	1
8 EC- Tömörégi index	2
9. Táblázat Függőleges feszültség meghatározása	3
10. Táblázat: Nyírási adatok	9
11. táblázat Gyökérzet és elmozdulás viszonya	14

Mellékletek

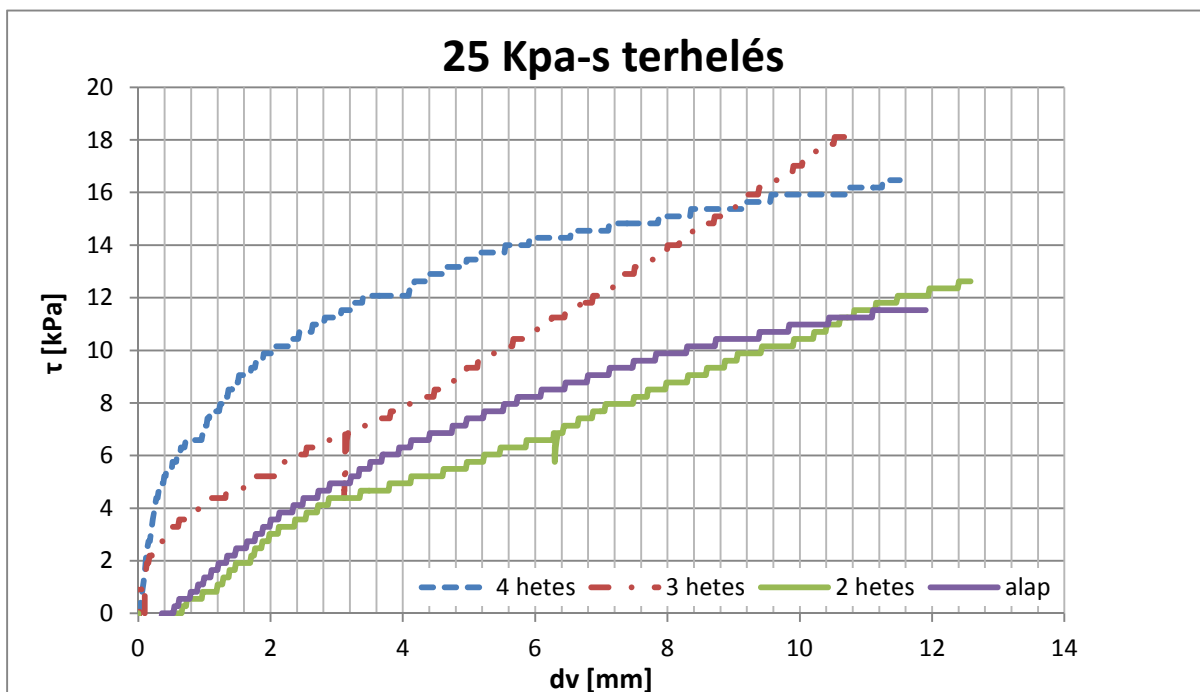
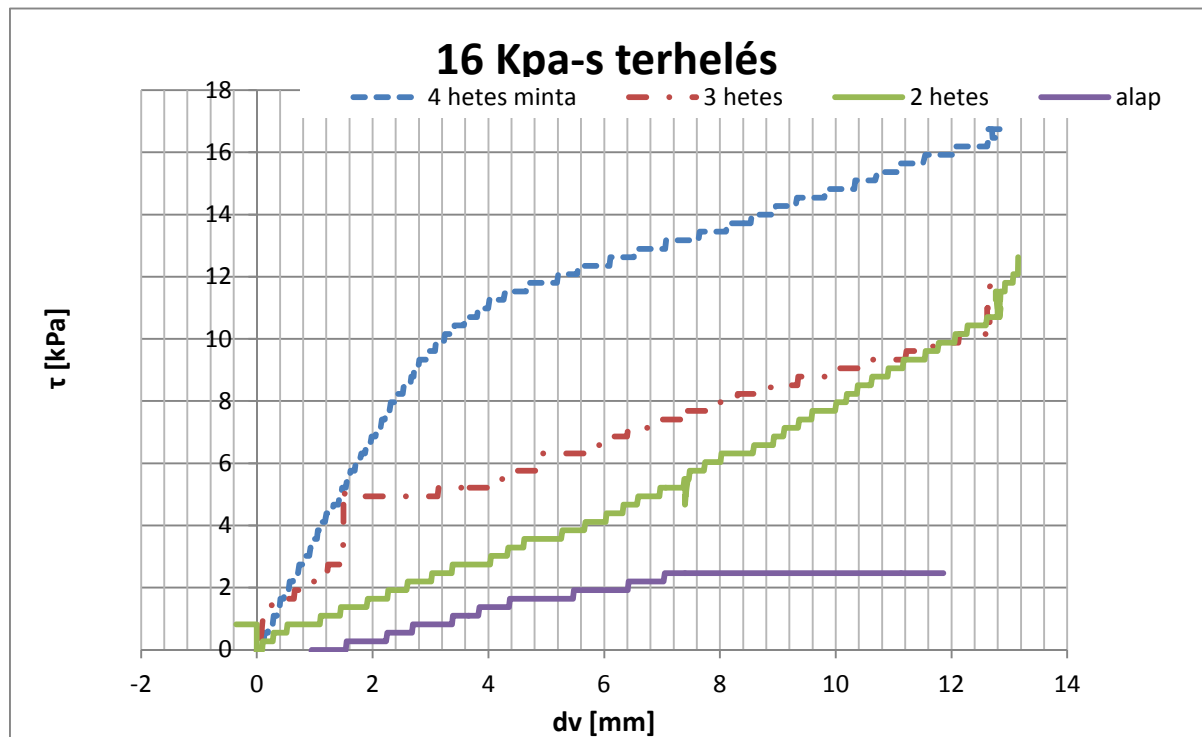
1.Hézagtenyezők meghatározása

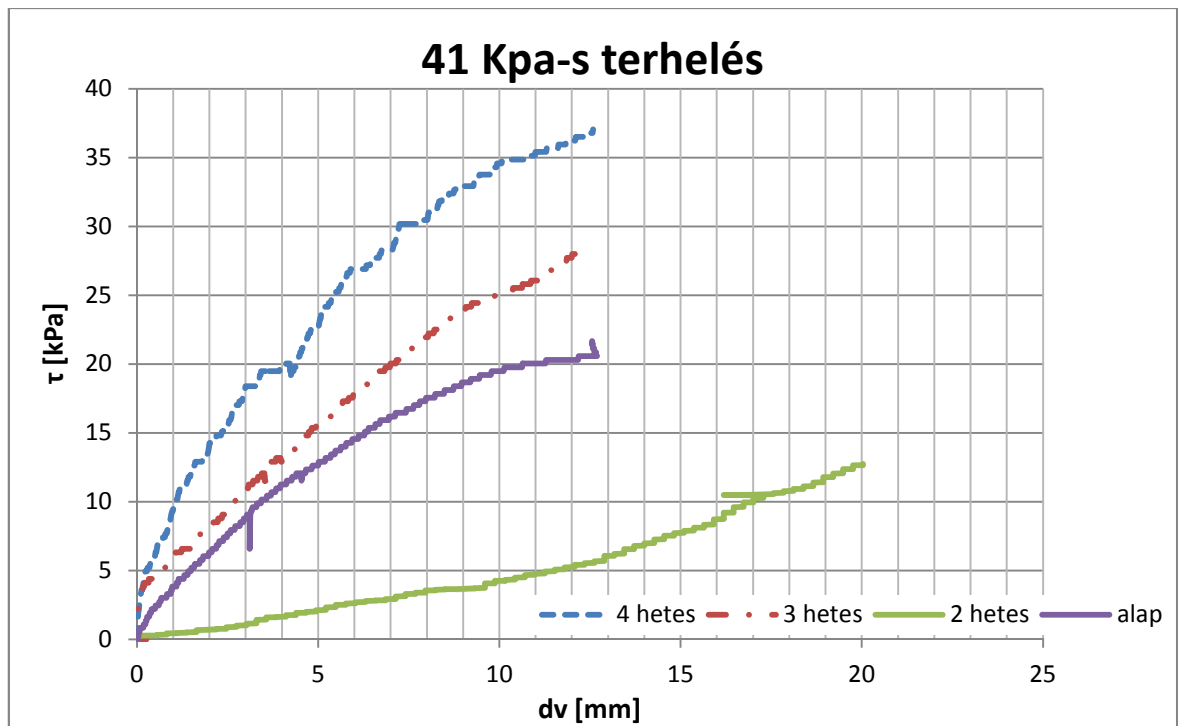
Talajtálca elnevezés	töltött tömeg [g]	tömörített tömeg [g]	tálca tömeg [g]	fúmag tömege [g]	a talaj tömege [g]	térfogat [cm3]	talaj sűrűsége [g/cm3]	szemcse térfogat [cm3]	hézag térfogat [cm3]	e
30.4.1	2290	2580	30	15	2550	2262	2,60375	979,3567	1282,643303	1,309679
30.4.2	2060	2360	30	15	2330	2262	2,60375	894,8632	1367,136822	1,527761
30.3.1	2040	2460	30	15	2430	2262	2,60375	933,2693	1328,730677	1,423738
30.3.2	2040	2180	30	15	2150	2262	2,60375	825,7321	1436,267883	1,739387
30.2.1.	2310	2390	30	15	2360	2262	2,60375	906,385	1355,614978	1,495628
30.2.2	2330	2410	30	15	2380	2262	2,60375	914,0663	1347,933749	1,474657
30.1.1.	2090	2340	30	15	2310	2262	2,60375	887,1819	1374,818051	1,549646
30.1.2	2240	2400	30	15	2370	2262	2,60375	910,2256	1351,774364	1,485098
30.0.1	1930	2150	30	15	2120	2262	2,60375	814,2103	1447,789726	1,778152
30.0.2	2200	2320	30	15	2290	2262	2,60375	879,5007	1382,49928	1,571914
Talajtálca elnevezés	töltött tömeg [g]	tömörített tömeg [g]	tálca tömeg [g]	fúmag tömege [g]	a talaj tömege [g]	térfogat [cm3]	e	szemcse térfogat [cm3]	hézag térfogat [cm3]	e
45.4.1	2050	2200	30	15	2170	2262	2,60375	833,4133	1428,586654	1,714139
45.4.2	1960	2240	30	15	2210	2262	2,60375	848,7758	1413,224196	1,665015
45.3.1	1870	2150	30	15	2120	2262	2,60375	814,2103	1447,789726	1,778152
45.3.2	1990	2400	30	15	2370	2262	2,60375	910,2256	1351,774364	1,485098
45.2.1.	1960	2220	30	15	2190	2262	2,60375	841,0946	1420,905425	1,689353
45.2.2	1920	2230	30	15	2200	2262	2,60375	844,9352	1417,06481	1,677128
45.1.1	1860	2040	30	15	2010	2262	2,60375	771,9635	1490,036486	1,93019
45.1.2	1980	2300	30	15	2270	2262	2,60375	871,8195	1390,180509	1,594574
45.0.1	2100	2170	30	15	2140	2262	2,60375	821,8915	1440,108497	1,752188
45.0.2	2220	2380	30	15	2350	2262	2,60375	902,5444	1359,455593	1,506248

1,536

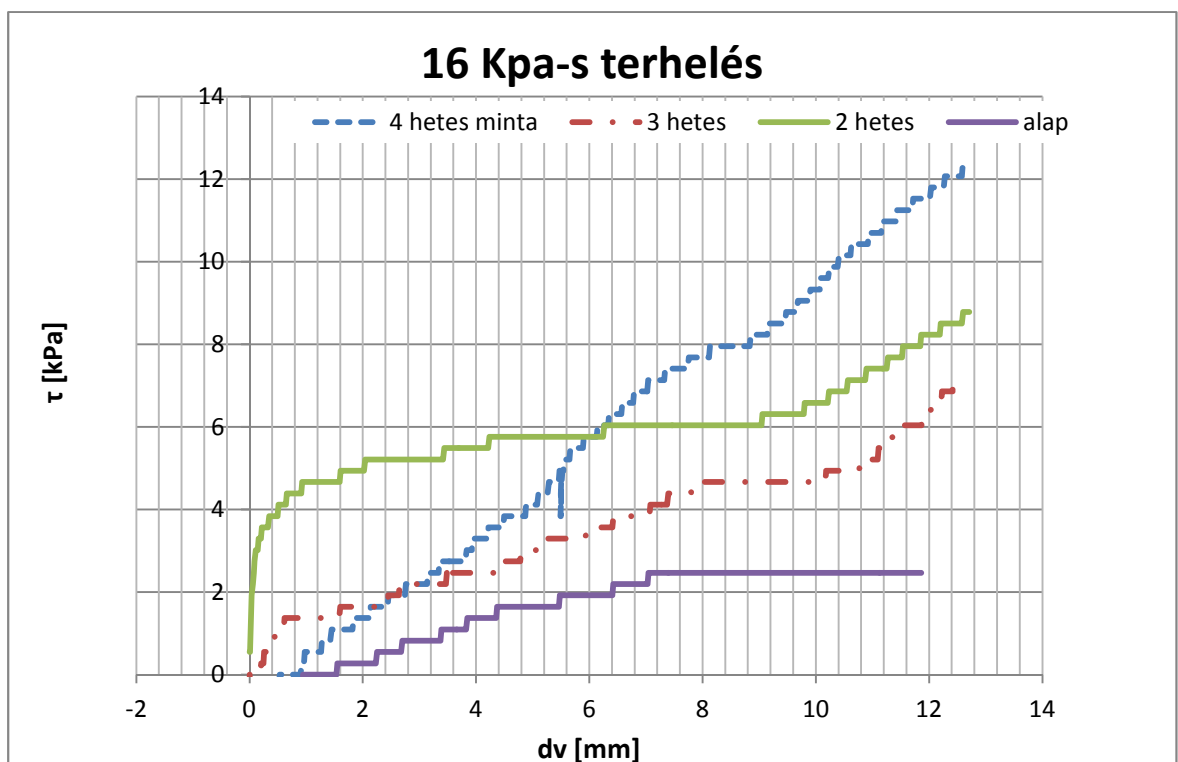
1,679

2. Nyírás 45°minta esetén

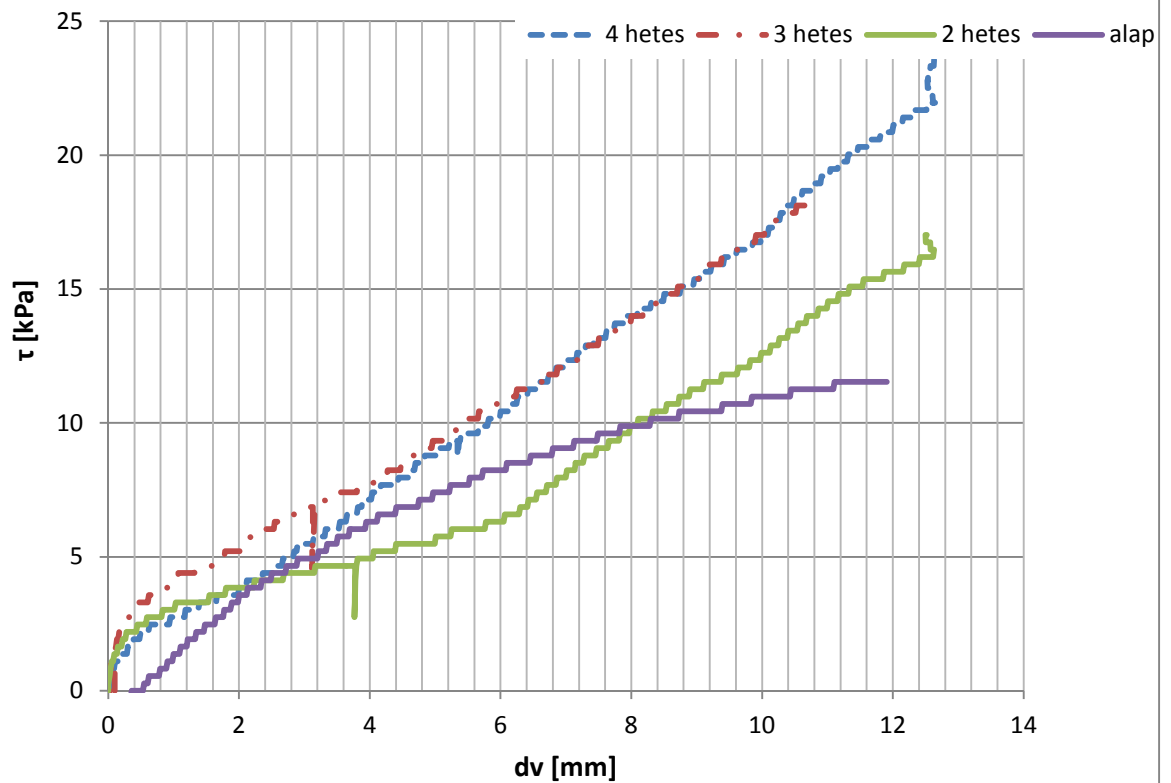




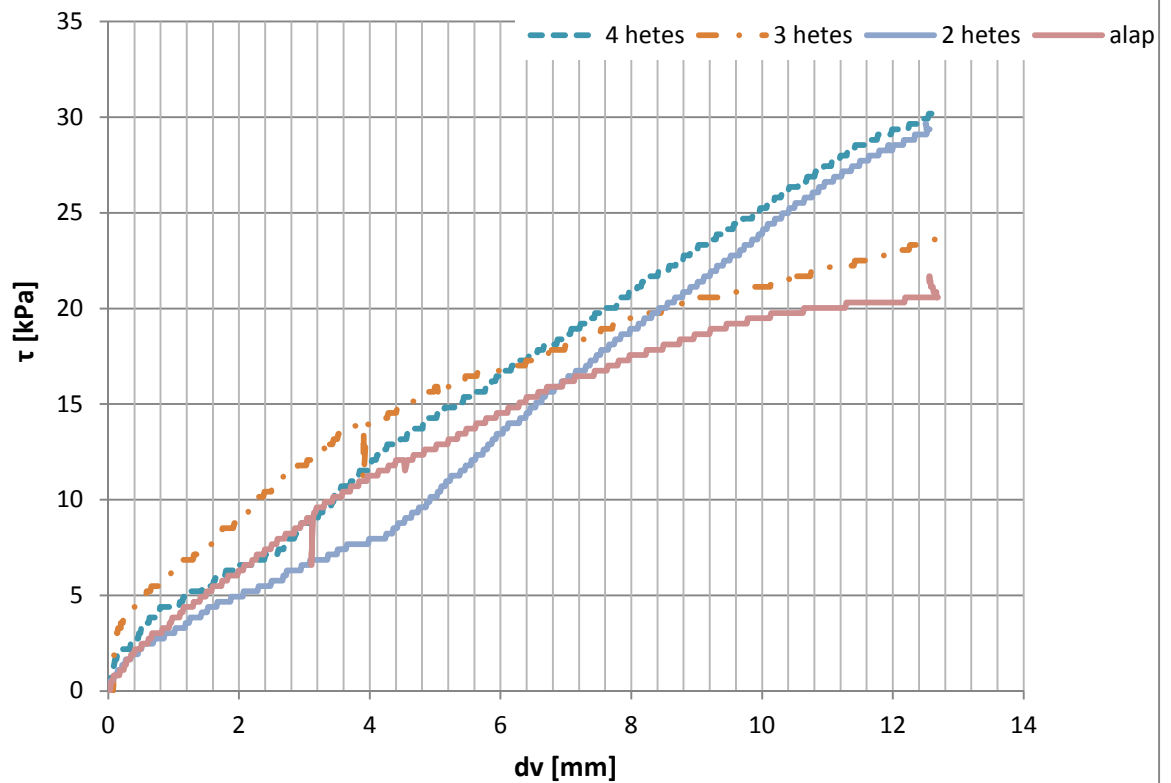
Nyírás 30°minta esetén



25 Kpa-s terhelés



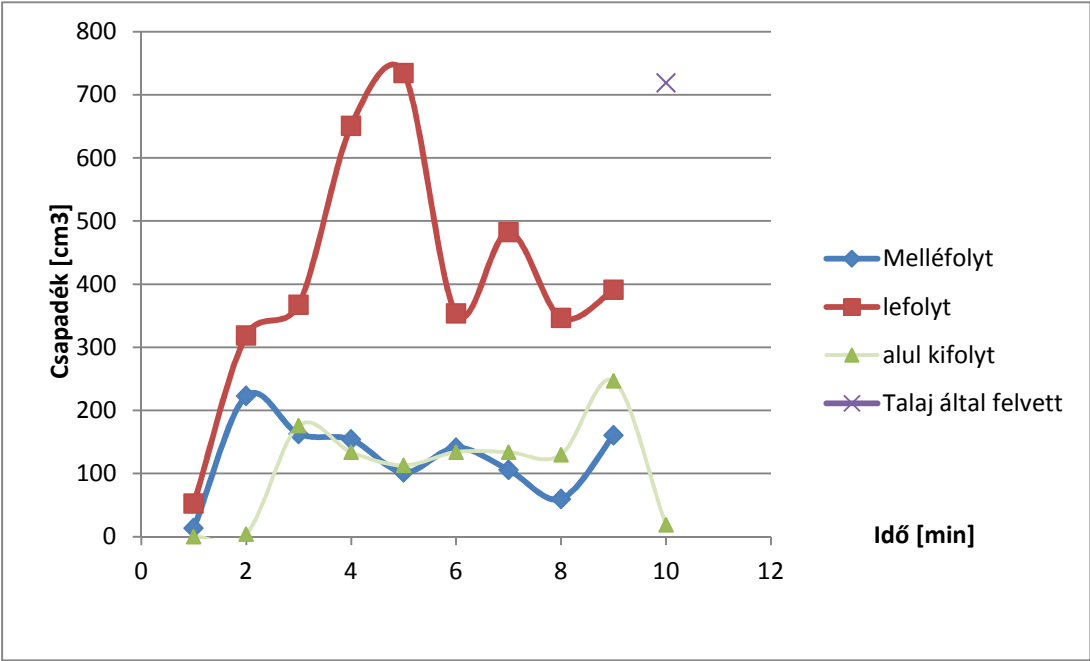
41 Kpa-s terhelés



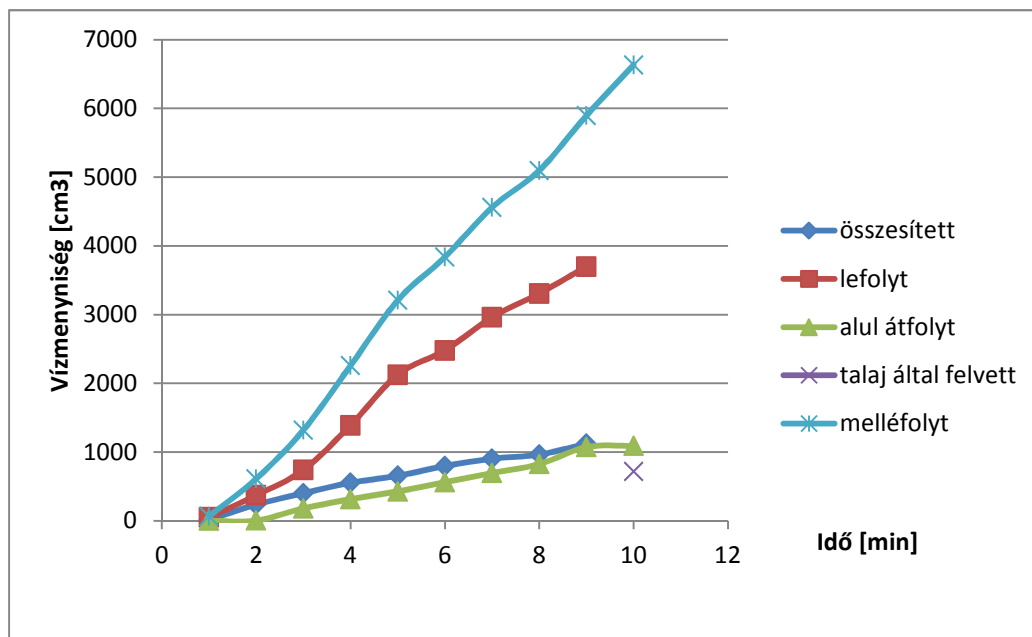
3.A nyírási minták víztartalom meghatározása

Minta/vizsgálat neve	tálca szám	tálca súlya [g]	teljes súly [g]	minta súlya [g]	szárított teljes [g]	szárított [g]	víztartalom [g]	w [%]
45-4-16	21l	109,2	262,8	153,6	251,2	142	11,6	8,17
45-4-25,5	19l	91,8	249,2	157,4	236,67	144,87	12,53	8,65
45-4-41,5	45l	107,6	273,7	166,1	262,71	155,11	10,99	7,09
45-3-16	44l	111,4	292,1	180,7	273,08	161,68	19,02	11,76
45-3-25,5	41l	104,3	283,6	179,3	265,42	161,12	18,18	11,28
45-3-41,5	217	49,5	207,9	158,4	191	141,5	16,9	11,94
45-2-16	207	53,4	263,2	209,8	233,56	180,16	29,64	16,45
45-2-25,5	40	107,72	296,83	189,11	261,54	153,82	35,29	22,94
45-2-41,5	24v	93,87	271,96	178,09	239,06	145,19	32,9	22,66
alap25,5	37v	114,97	288,3	173,33	277,22	162,25	11,08	6,83
alap16	35v	121,05	295,6	174,55	283,43	162,38	12,17	7,49
alap 41,5	44l	111,44	283,65	172,21	273,08	161,64	10,57	6,54
30-4-16	196	51,29	222,21	170,92	203,43	152,14	18,78	12,34
30-4-25,5	13l	127,29	296,88	169,59	278,23	150,94	18,65	12,36
30-4-41,5	34v	121,16	284,04	162,88	270,35	149,19	13,69	9,18
30-3-16	18v	107,8	300	192,2	273,08	165,28	26,92	16,29
30-3-25,5	21	114,69	297,36	182,67	273,52	158,83	23,84	15,01
30-3-41,5	36v	101,79	269,33	167,54	247,7	145,91	21,63	14,82
30-2-1-16	27v	120,53	291,09	170,56	271,81	151,28	19,28	12,74
30-2-25,5	26l	117,01	294,16	177,15	276,91	159,9	17,25	10,79
30-2-41,5	42l	105,29	281,25	175,96	267,42	162,13	13,83	8,53

4.Lefolyási diagramok



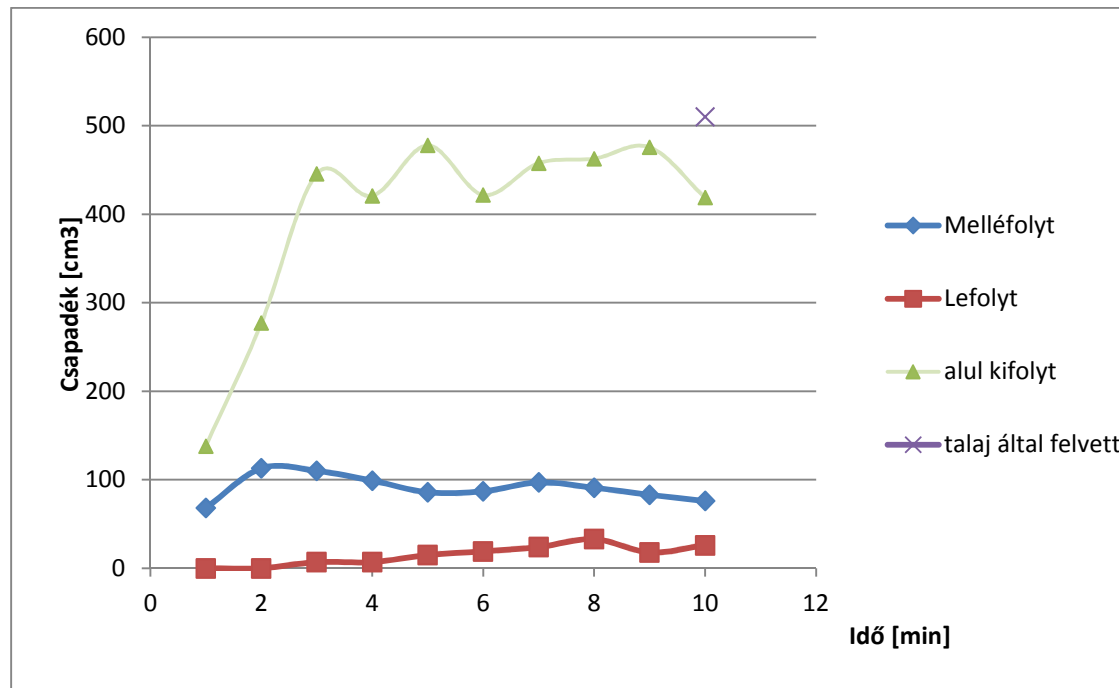
45-4				
idő [min]	melléfolyt [cm3]	lefolyt [cm3]	alul átfolyt [cm3]	talaj által felvett [cm3]
1	14	52,7	0	
2	223	319	4	
3	163	367,7	176	
4	154	651	134	
5	102	734,7	113	
6	141	353,7	134	
7	106	482,7	134	
8	60	346,7	130	
9	161	391,7	247	
10			19	719

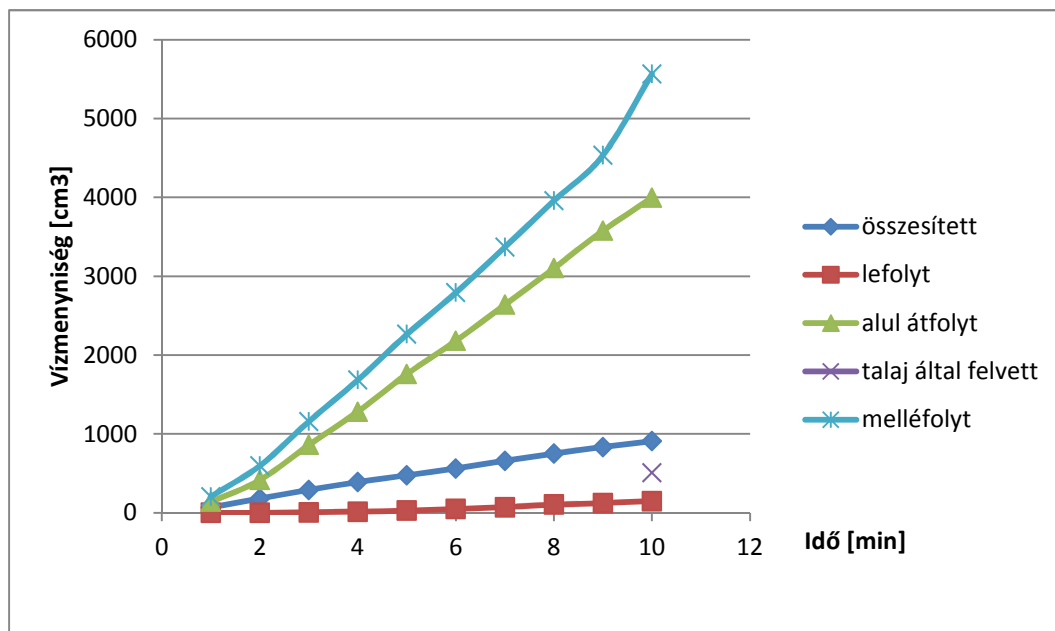


Összesített lefolyás

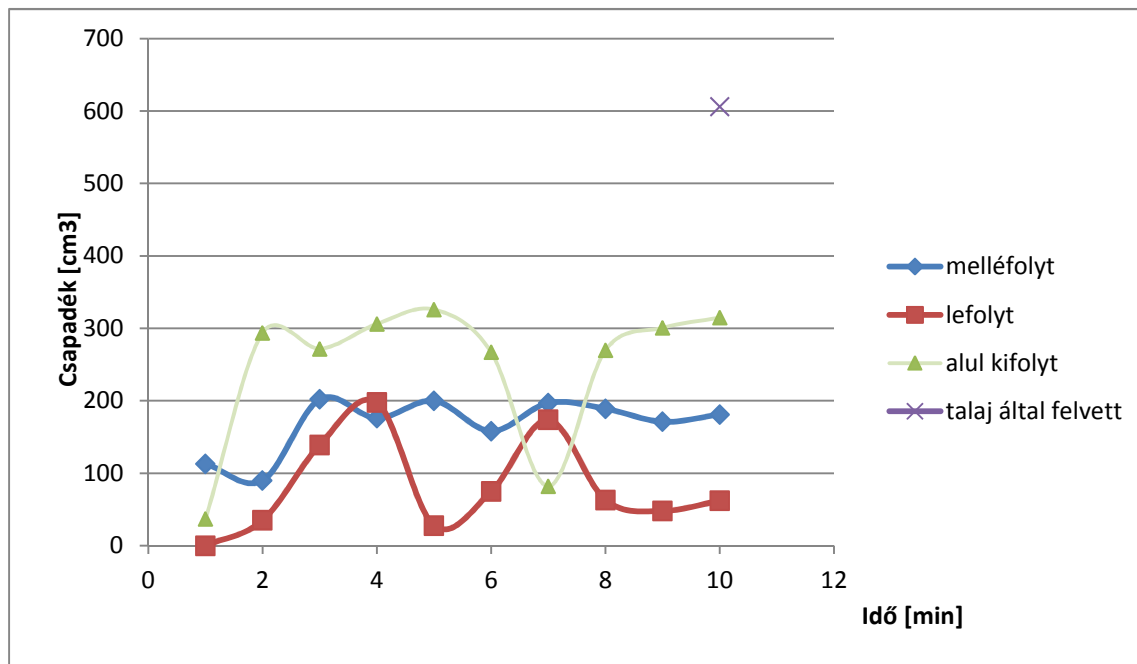
45-4					
idő [min]	melléfolyt [cm3]	lefolyt [cm3]	alul átfolyt [cm3]	talaj által felvett [cm3]	összesített [cm3]
1	14	52,7	0		66,7
2	237	371,7	4		612,7
3	400	739,4	180		1319,4
4	554	1390,4	314		2258,4
5	656	2125,1	427		3208,1
6	797	2478,8	561		3836,8
7	903	2961,5	695		4559,5
8	963	3308,2	825		5096,2
9	1124	3699,9	1072		5895,9
10			1091	719	6633,9

45-3				
idő [min]	melléfolyt [cm3]	lefolyt [cm3]	alul átfolyt [cm3]	talaj által felvett [cm3]
1	68	0	138	
2	113	0	277	
3	110	7	445,7	
4	99	7	420,7	
5	86	15	477,7	
6	87	19	421,7	
7	97	24	457,7	
8	91	33	462,7	
9	83	18	475,7	
10	76	26	418,7	510

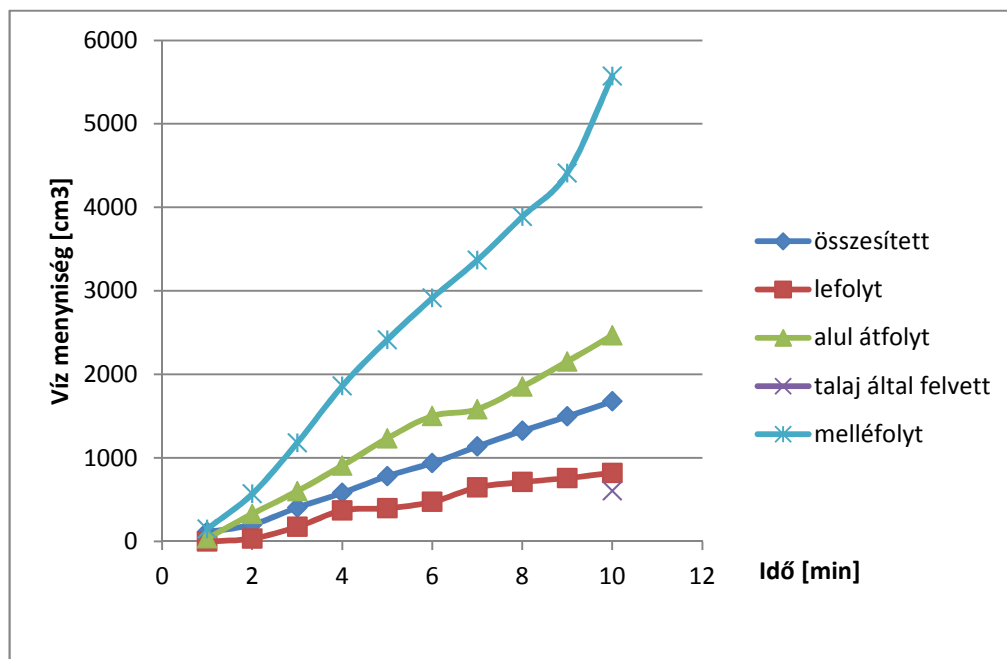




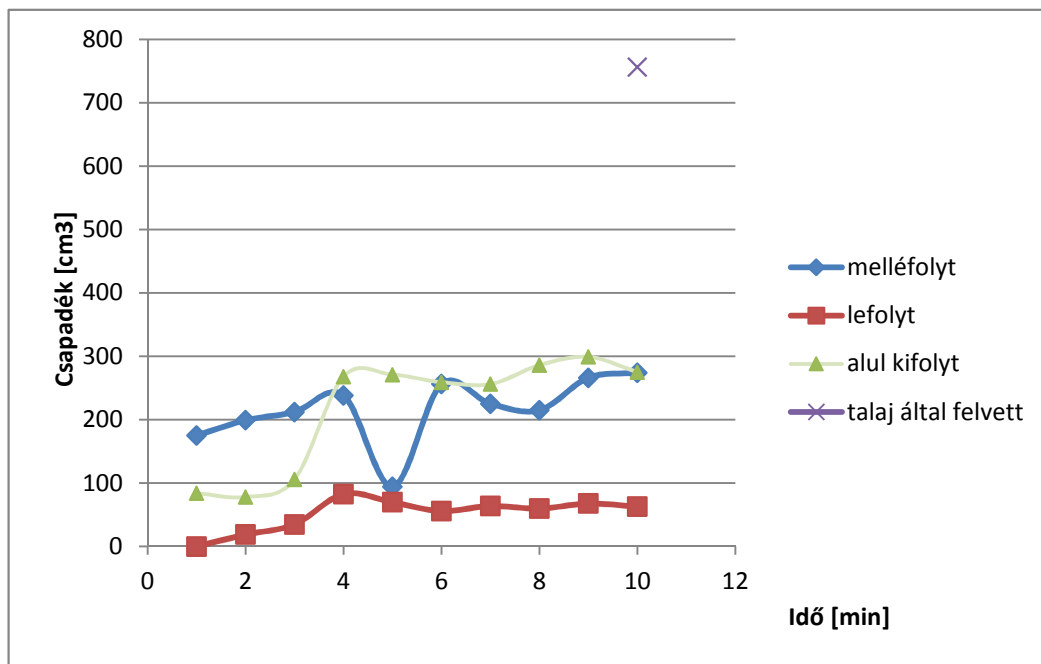
45-3					
idő [min]	melléfolyt [cm3]	lefolyt [cm3]	alul átfolyt [cm3]	talaj által felvett [cm3]	összesített
1	68	0	138		206
2	181	0	415		596
3	291	7	860,7		1158,7
4	390	14	1281,4		1685,4
5	476	29	1759,1		2264,1
6	563	48	2180,8		2791,8
7	660	72	2638,5		3370,5
8	751	105	3101,2		3957,2
9	834	123	3576,9		4533,9
10	910	149	3995,6	510	5564,6



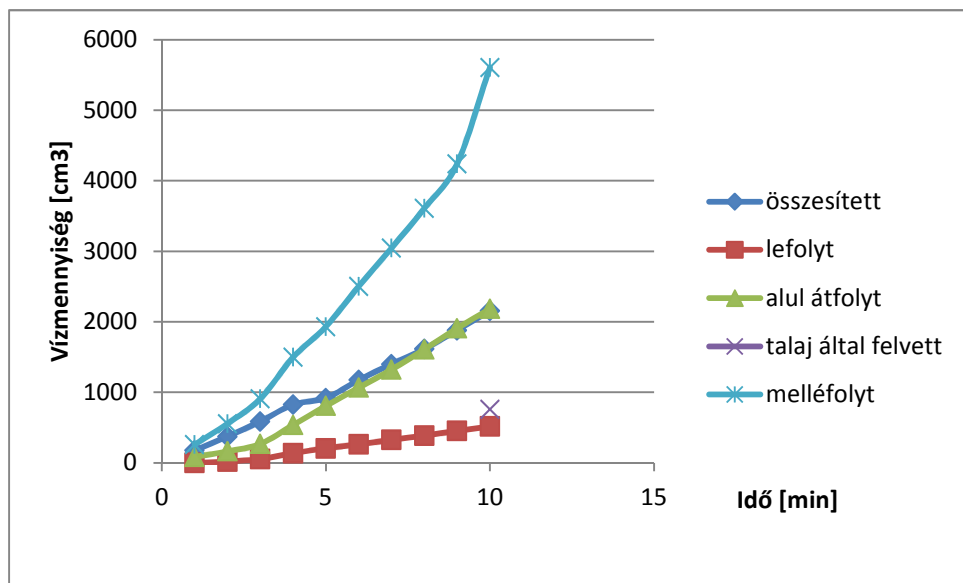
45-2				
idő [min]	melléfolyt [cm3]	lefolyt [cm3]	alul átfolyt [cm3]	talaj által felvett [cm3]
1	113	0	36,7	
2	90	35	293,7	
3	202	139	271,7	
4	176	197,7	306	
5	200	27,7	326	
6	158	74,7	267	
7	197	173,7	82	
8	189	63	269,7	
9	171	48	300,7	
10	181	62	314,7	606



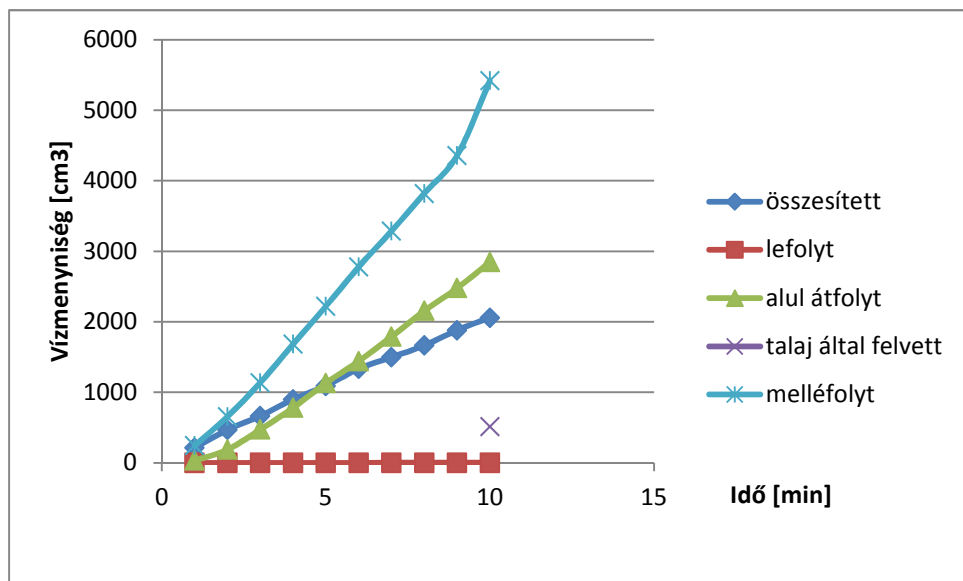
45-2					
idő [min]	melléfolyt [cm3]	lefolyt [cm3]	alul átfolyt [cm3]	talaj által felvett [cm3]	összesített
1	113	0	36,7		149,7
2	203	35	330,4		568,4
3	405	174	602,1		1181,1
4	581	371,7	908,1		1860,8
5	781	399,4	1234,1		2414,5
6	939	474,1	1501,1		2914,2
7	1136	647,8	1583,1		3366,9
8	1325	710,8	1852,8		3888,6
9	1496	758,8	2153,5		4408,3
10	1677	820,8	2468,2	606	5572



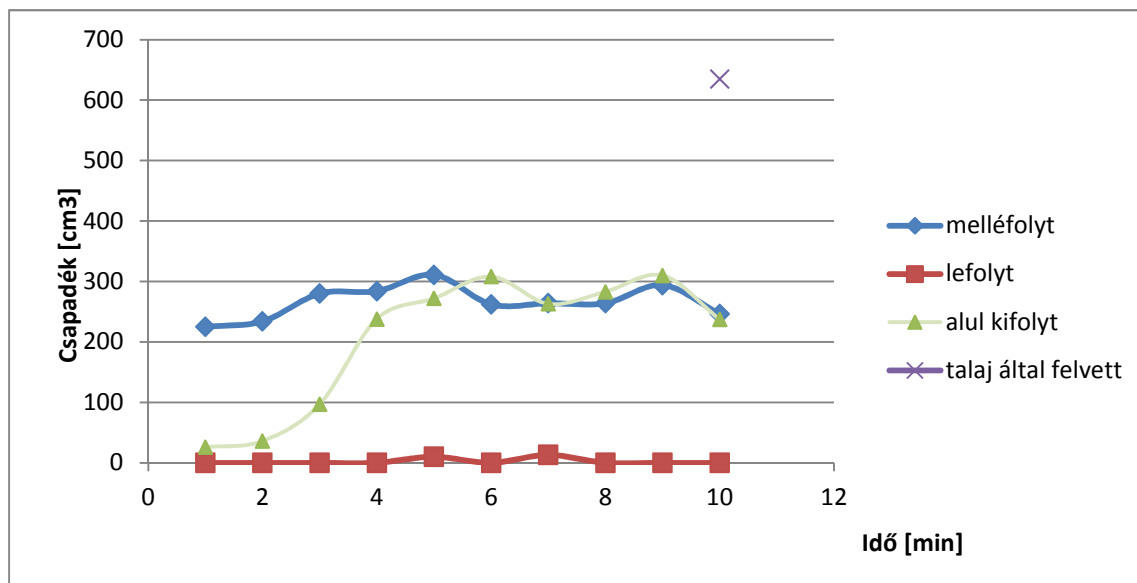
30-4				
idő [min]	melléfolyt [cm3]	lefolyt [cm3]	alul átfolyt [cm3]	talaj által felvett [cm3]
1	175	0	84	
2	199	18,7	78	
3	212	34,7	106	
4	238	82,7	268	
5	94	69,7	271	
6	256	55,7	259	
7	225	63,7	256	
8	215	59,7	286	
9	266	67,7	299	
10	274	62,7	275	756



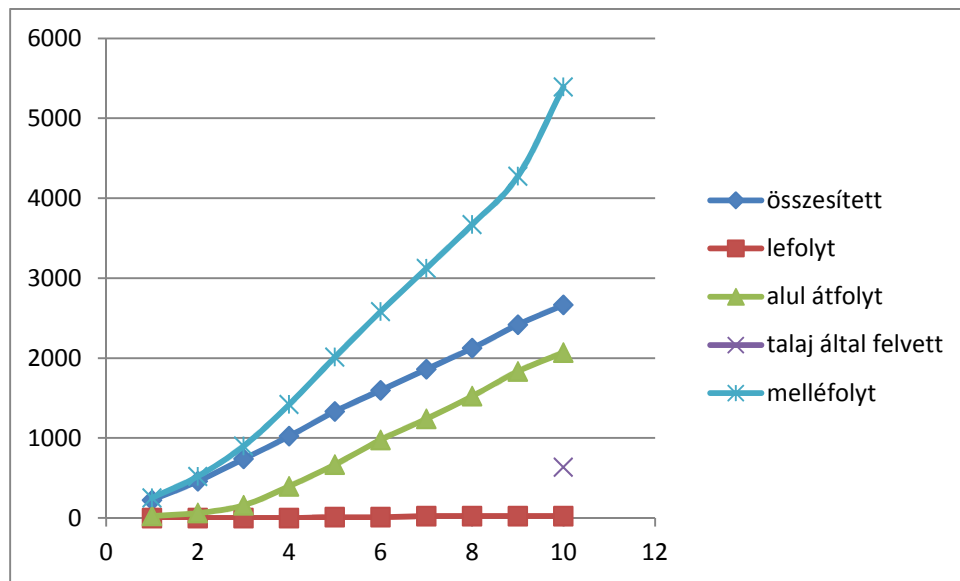
30-4					
idő [min]	melléfolyt [cm3]	lefolyt [cm3]	alul átfolyt [cm3]	talaj által felvett [cm3]	összesített
1	175	0	84		259
2	374	18,7	162		554,7
3	586	53,4	268		907,4
4	824	136,1	536		1496,1
5	918	205,8	807		1930,8
6	1174	261,5	1066		2501,5
7	1399	325,2	1322		3046,2
8	1614	384,9	1608		3606,9
9	1880	452,6	1907		4239,6
10	2154	515,3	2182	756	5607,3



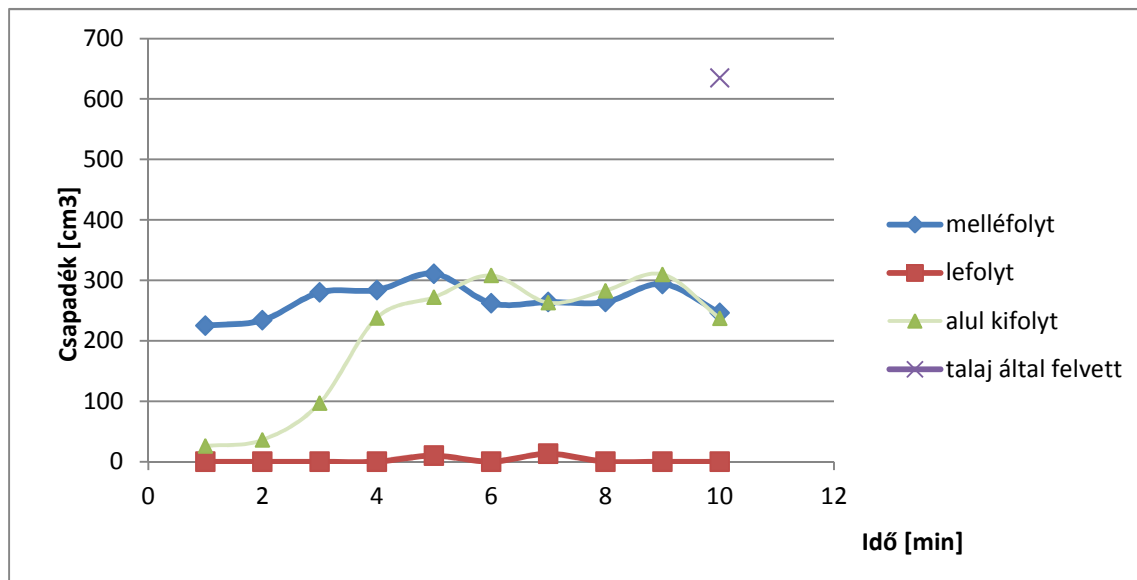
30-3				
idő [min]	melléfolyt [cm3]	lefolyt [cm3]	alul átfolyt [cm3]	talaj által felvett [cm3]
1	213	0	30	
2	254	0	157	
3	197	0	285	
4	237	0	309	
5	188	0	349	
6	246	0	311	
7	162	1	347	
8	167	0	366	
9	217	0	322	
10	177	0	372	511



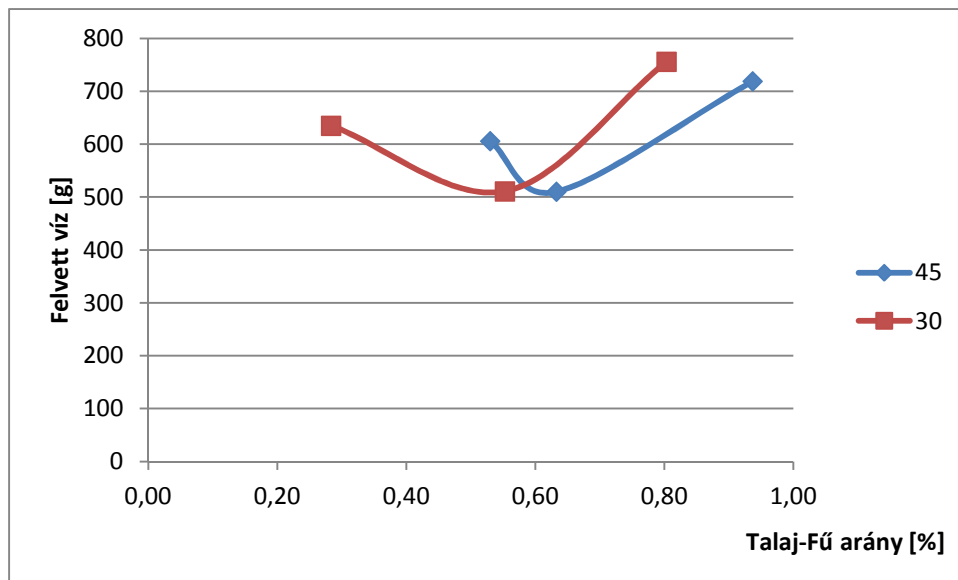
30-2				
idő [min]	melléfolyt [cm3]	lefolyt [cm3]	alul átfolyt [cm3]	talaj által felvett [cm3]
1	225	0	26	
2	234	0	36	
3	280	0	97	
4	284	0	238	
5	311	10	272	
6	262	0	308	
7	264	13	263	
8	264	0	283	
9	294	0	310	
10	246	0	237	635



30-2					
idő [min]	melléfolyt [cm3]	lefolyt [cm3]	alul átfolyt [cm3]	talaj által felvett [cm3]	összesített
1	225	0	26		251
2	459	0	62		521
3	739	0	159		898
4	1023	0	397		1420
5	1334	10	669		2013
6	1596	10	977		2583
7	1860	23	1240		3123
8	2124	23	1523		3670
9	2418	23	1833		4274
10	2664	23	2070	635	5392



30-2				
idő [min]	melléfolyt [cm3]	lefolyt [cm3]	alul átfolyt [cm3]	talaj által felvett [cm3]
1	225	0	26	
2	234	0	36	
3	280	0	97	
4	284	0	238	
5	311	10	272	
6	262	0	308	
7	264	13	263	
8	264	0	283	
9	294	0	310	
10	246	0	237	635



A felvett víz és gyökérsűrűség aránya

minta	szárított tömeg [g]	fű tömege [g]	talaj tömeg [g]	fű talaj arány [%]	felvett víz [g]
45-4	2125	19,73	2105,27	0,94	719
45-3	2102	13,22	2088,78	0,63	510
45-2	2054	10,83	2043,17	0,53	606
30-4	2431	19,38	2411,62	0,80	756
30-3	2213	12,17	2200,83	0,55	511
30-2	2065	5,84	2059,16	0,28	635