

## **1. A KUTATÁS CÉLJA, ELŐZMÉNYE**

Az erdőgazdálkodás területén számos erdőfelújítási technológia épül részleges talajelőkészítésre úgy, hogy a részleges talaj-előkészítést a tuskózás végrehajtása nélkül kell megvalósítani. A tuskózás kiiktatását talaj- és környezetkímélés, valamint költségmegtakarítás indokolják. Az elmúlt években egyre nagyobb hangsúlyt kapott a tuskós területek talajművelését biztosító technikai megoldások fejlesztése.

A tuskós területek talajművelésére alkalmas szerszámok elméletének leírásával eddig behatóan még nem foglalkoztak (azokkal sem, amelyek már alkalmazásban vannak, a korábban készült talajművelő szerszámok gyakorlati tapasztalatok alapján készültek). Ennek pótlása szükséges, hogy a gépfejlesztők és üzemeltetők kellő információval rendelkezzenek.

Az ismeretek birtokában a gépek működésének vizsgálatát, elméleti alapjainak leírását segítő számítógépes modellezéseket lehet végezni. Ennek alapján lehetővé válik az új erdészeti talajművelő gépek fejlesztése során, azok végeselem analízissel támogatott tervezése, továbbá a korábban gyakorlati tapasztalatokra építve kifejlesztett szerszámok szükség szerinti módosítása.

A vizsgálati eredmények a géptervezések, illetve fejlesztések alapadatait szolgáltatják majd.

A szerszámok elméletének leírásához, talajművelésük modellezéséhez nélkülözhetetlen az erdészeti talajok gépesítést befolyásoló legfontosabb paramétereinek ismerete. A talaj-gép kapcsolat számítástechnikai modellezése során ezekre, mint alapadatokra szükség van.

## **2. AZ ELVÉGZETT MUNKA LEÍRÁSA**

### **2.1 Irodalmi áttekintés**

Az eddig – a mezőgazdaságban és az erdőgazdálkodásban – e témában született eredmények megismerése céljából áttekintettük a fellelhető magyar és külföldi irodalmat. (Az irodalom részletes felsorolását a 2002 évi részjelentés tartalmazza.)

Az áttekintett irodalom alapján megállapítottuk, hogy a talajok gépfejlesztés szempontjából fontos jellemzői erdészeti talajokra vonatkozóan nagyjából ismeretlenek. Ezért ezek vizsgálata feltétlenül szükséges.

## 2.2 A gépesítés szempontjából fontos talajjellemzők rendszerezése

A talaj-előkészítő gépek fejlesztése a talajok és azok jellemzőinek ismerete nélkül nem képzelhető el. A talaj fizikai-mechanikai jellemzőinek vizsgálatát, megismerését a gépesítéssel foglalkozó szakemberek nem kerülhetik ki. A kutatási programnak megfelelően ezért először áttekintettük a mezőgazdaságban elért eredményeket.

Az egyes kutatók különböző módon közelítik meg a talajokat. Néhányan nemlineáris elasztikus anyagnak, mások elasztikus, plasztikus nemlineáris rendszernek tekintik a termőtalajt.

A talaj legfontosabb mechanikai jellemzői *Sitkei* szerint a következők:

- a talaj teherbíró képessége, annak változása a mélység függvényében;
- a talaj térfogatsúlya vagy pórushányada;
- a talaj nedvességtartalma;
- a talaj kohéziója;
- a talaj belső súrlódási szöge;
- a talaj nyírási deformációs állandója;
- a talaj tömörödése normál feszültség hatására;
- a talaj viszkoelasztikus jellemzői;
- a talaj thixotrop tulajdonságai, átgyúrási indexe.

Fentiek közül a talajművelés szempontjából meghatározó a talajjellenállás, a tömörség és a nedvességtartalom.

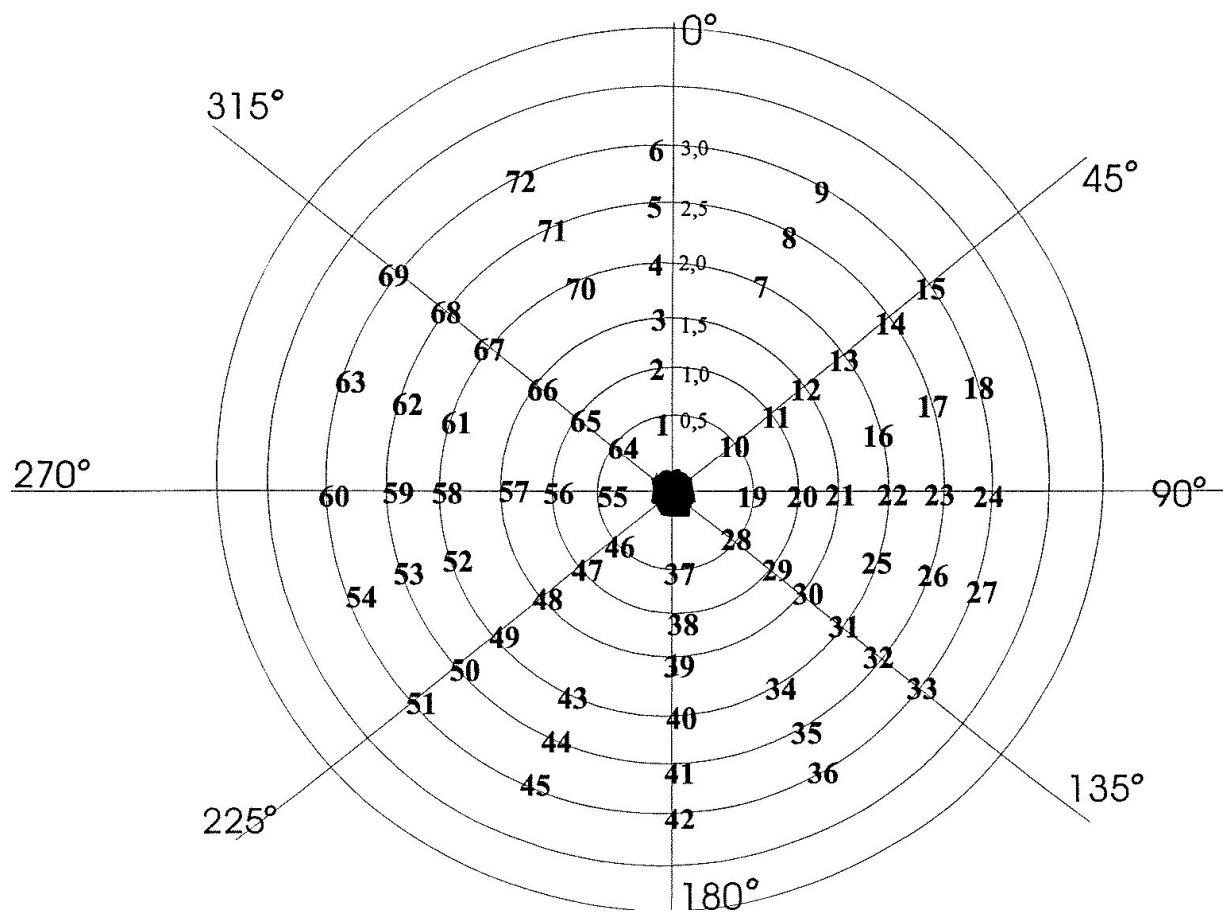
A mezőgazdaság területén rendelkezésre álló jellemzők az erdőgazdasági talajok esetében viszonylag ritkán alkalmazhatóak, mivel a mezőgazdasági és erdőszeti kultúrák más-más talajtípusokon fordulnak elő, továbbá a fák gyökérzetének következtében a talajjellemzők jelentősen megváltoznak. A talajművelő gépek számára a tuskók és a talajban lévő gyökerek is akadályokat jelentenek.

Erdőgazdasági területeken a talaj-gép-szerszám kapcsolat vizsgálatához tehát a talajjellemzők megismerésén túl a gyökérzet hatásának számszerűsítése szintén nagyon fontos.

## 2.3 Próbavizsgálatok

A gyökérzet elhelyezkedésének, hatásának megismerése gyökérfeltárással nagyon időigényes, ezért olyan módszert kerestünk, mellyel viszonylag gyorsan juthatunk megfelelő adatokhoz. Kézenfekvőnek tűnt, hogy talajjellenállás mérések eredményeiből következtessünk a gyökérzet hatására.

A próbavizsgálatok során, arra kerestük a választ, hogy a talajellenállás mérésekből mennyire lehet következtetni a gyökerek elhelyezkedésére, és a talajellenállásra gyakorolt hatásukra. Ehhez „3T System” elektronikus rétegindikátorral talajellenállás méréseket végeztünk. A készülékkel 1 cm-es talajrétegenként összetartozóan mértük a talaj nedvességtartalmát és tömörségét. A kiválasztott fák körül koncentrikus körök mentén a fáktól távolodva 0,5 m-enként 3,0 m távolsáig végeztünk méréseket. Minden mérési pont helyét (polár-koordinátáit) meghatároztuk (1. ábra).



1. ábra. A mérési pontok elhelyezkedése egy adott fa körül

A mérési eredmények kiértékelése során, a mért adatokat Digiterra Map térinformatikai szoftver segítségével készített 3 dimenziós modellre vittük fel. A mérési eredmények helyességének ellenőrzésére a mérés helyén gyökérfeltárást is végeztünk. A feltárt gyökerekről fénykép készült, melyből szintén a Digiterra Map segítségével ortofotót készítettünk. Így lehetőségünk volt az egymás fölött megnyitott rétegek (a mért adatok és a gyökerek elhelyezkedésének) összevetésére.

A feltárt gyökereken szakítóvizsgálatot is végeztünk, amelyből megállapítottuk, hogy a radiális nyírószilárdság a törzs irányában emelkedik, továbbá nincs szignifikáns különbség a húzó- és nyomó oldali gyökerek között.

Összegezve megállapítható, hogy a próbavizsgálatok során kialakítottunk egy vizsgálati módszert, melynek alapján a továbbiakban az érdemi vizsgálatok elvégezhetőek.

## **2.4 Erdei talajok talajjellemzőinek meghatározása, a talajjellenállásra vonatkozó összefüggések feltárása**

A talaj fizikai-mechanikai jellemzői közül szakirodalmi adatok és saját vizsgálataink alapján a talajművelés szempontjából meghatározó a talajjellenállás, a tömörség és a nedvességtartalom. Ezek tuskós területekre vonatkozóan teljesen ismeretlenek.

Ezért vizsgálataink során egyrészt olyan összefüggéseket kerestünk, melyekkel jellemezni tudjuk az egyes talajféleségeket (összefüggéseket kerestünk a talajféleség és a talajjellenállás között), másrészt vizsgáltuk a gyökerek talajjellenállásra gyakorolt hatását.

Mivel az egyes fafajok gyökérzete között jelentős különbségek vannak (a sekély tányérgyökérszettől a mélyre nyúló karógyökérszetig), a vizsgálatokat különböző fafajokra végeztük. Legfontosabb állományalkotó fafajaink közül homokos vályog és vályog talajokon kocsánytalantölgy bükk és erdeifenyő; agyagos vályog és agyagtalajokon kocsánytalantölgy, bükk és lucfenyő esetében végeztünk méréseket.

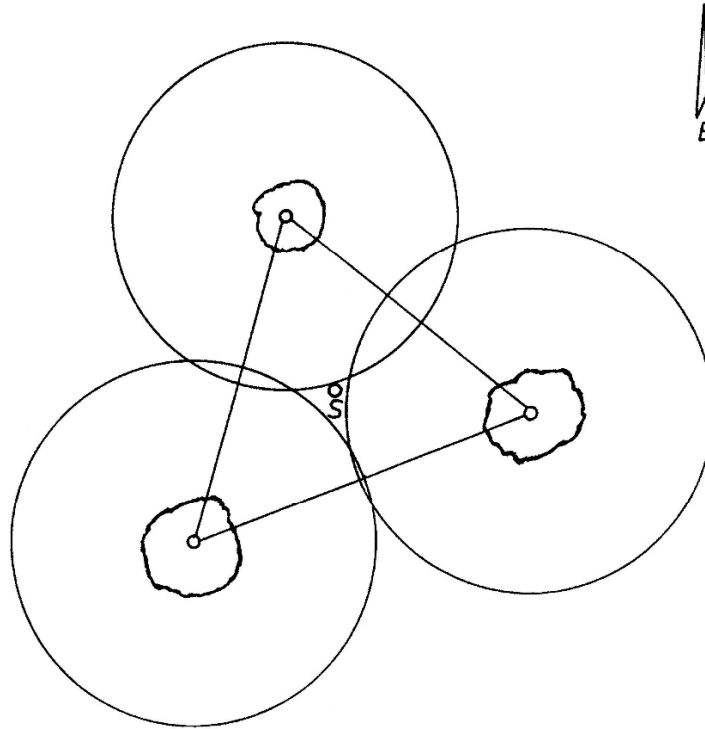
A vizsgálatokat elegyes állományokban végeztük, így a legfontosabb célállomány típusok gyökérrendszerének jellemzésére nyílik lehetőség.

A talajjellenállás méréseket a „3T System” elektronikus rétegindikátorral végeztük.

A készülék kézi működtetésű eszköz, amely 1 cm-es talajrétegenként összetartozóan méri a talaj nedvességtartalmát és tömörségét. A talaj nedvességtartalmát a szántóföldi vízkapacitás (pF 2,5) százalékában kifejezett részarányaként térfogat %-ban adja meg. A talaj penetrációját (tömörödöttségét) a mérőkúp (60°, 12,5 mm átmérő) a talajjal szembeni behatolási ellenállás értékeként regisztrálja (kPa-ban). A mért adatokat tárolja, azok számítógépen kiértékelhetőek. A mérőberendezés alkalmazásához a mérési hely talajának agyagtartalmát ismerni kell, melynek alapján a mérőberendezésen az agyagtartalomnak megfelelő kód-értéket be kell állítani.

Egy mérési helyen három fát választottunk ki (2. ábra). A kiválasztott fák körül koncentrikus körök mentén a fáktól távolodva 0,5 m-enként 3,0 m távolságig mértük a talajjellenállást és a nedvességtartalmat. Kontrollterületként a három fa súlypontjában is

végeztünk méréseket, feltételezve, hogy a gyökereknek ott nincs befolyása. Minden mérés pontos helye ismert, így lehetőség van a mérések rekonstruálására (későbbi ellenőrzésére). A mérési pontok kijelölése egy adott fa körül a próbavizsgálatok során kidolgozottak szerint történt (ld az 1. ábrát).



2. ábra

A mérési hely

A talajellenállás mérések mellett a mérési helyeken található három fa körül és a kontrollterületen (a súlypontban) talajmintákat is vettünk különböző mélységekben. (1-1 mintát a 0-10 cm-es, 10-20 cm-es és 20-40 cm-es mélységben.) A mintákat a Nyugat-Magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Karának Növényteni és Termőhelyismerettani Tanszékének laboratóriumában teljes talajtani vizsgálatnak vetettük alá, meghatároztuk a talajminták porozitását, differenciál porozitását, agyagtartalmát stb.

A gyökerek elhelyezkedése, mennyisége, mérete elsősorban faji tulajdonság, de nagyban befolyásolja a talaj minősége, illetve a szomszédos fák elhelyezkedése is.

A fák gyökérzeténél három alapvető típust különböztetünk meg: szív-, bojtos- és karógyökérzetet. Ezen alapvető típusok azonban a különböző környezeti hatások következtében módosulhatnak, a környezet adottságaihoz idomul(hat)nak, így különböző formát felvevő gyökérzet jöhet létre. A tömörödött szerkezetű megfelelő nedvességtartalmú

agyagtalajba a különböző növények gyökerei könnyebben behatolnak, mint a tömörödött homokba, illetve a tömött durvahomokba (legkönnyebben a homok és agyag keverék gyökeresedik be).

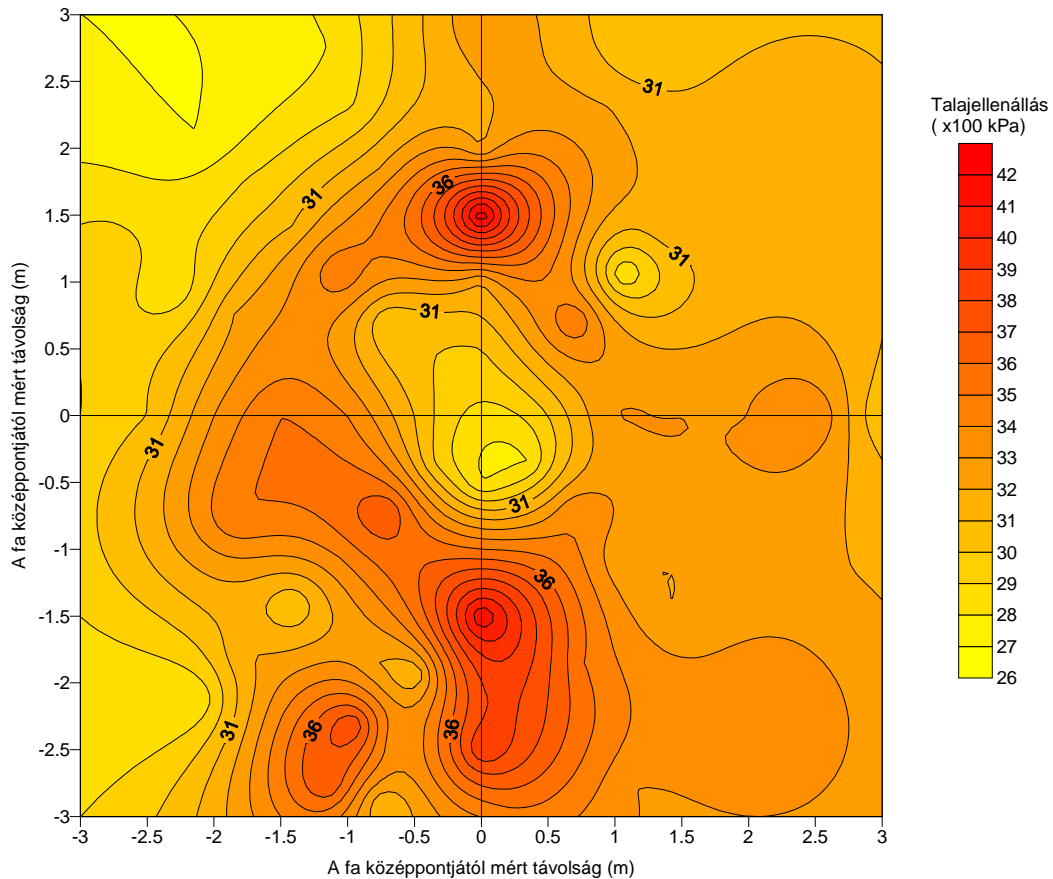
Elegyes állományokban a különböző fafajok mélyebben gyökereznek, mint saját elegyetlen állományaikban. Elegyes kultúrában az átlagos gyökértömegek lényegesen magasabbak, mint egy ezzel összevethető elegyetlen kultúrában. Ezt a gyökértöbbletet főleg a hajszálgökérzet adja.

A vizsgált fafajok közül a kocsánytalantölgy fejlett karógyökérrel és erős oldalágakkal rendelkezik, a bükk szintén karógyökérzettel rendelkezik, az erdeifenyőnek szívgyökérzete van, mely sekély talajrétegben tányérgyökérzetté módosul, a lucfenyőnek pedig sekély talajban erős oldalgyökerű koronggyökérzete, mély talajon 1m-t meghaladó főgyökerű gyökérzete van.

Méréseink során az erdőrészekben a talajellenállás értékek tág határok közt (20- 45 x100 kPa) változtak. A lombhullató fák (tölgy, bükk) – az erősen elágazó, hajszálgökerekben gazdag gyökérrendszerükkel – a túlevelű erdei- és lucfenyőnél sokkal intenzívebben átszövik a talajt. Ezért itt nagyobb talajellenállás értékeket mértünk. A lombosok oldalgyökereinél kiugróan magas ellenállás értékeket mértünk, az oldalgyökerek, terpeszek között pedig kiugróan alacsony értékeket. A talajellenállás értékek a bükk életterében a fától távolodva sem csökkennek, olyan hirtelen, mint a tölgy esetében, mivel ennek oldalgyökerei a talajfelszín közelében futnak.

A területen talált tuskók körül végzett mérések is hasonló eredményeket hoztak, mint az élő fa körüliek. Ez a gyökerek összenövéseinek következménye, ugyanis egymás mellett álló ugyanazon fajhoz tartozó fák egy tuskó gyökereit egészben vagy részben még éveken át életben tarthatják.

Megállapítható, hogy a talajellenállás mértéke elsősorban a fafajtól függ, a talajféleségnek jóval kisebb a hatása. A talajellenállás értékekben eltérést a különböző talajféleségek között csak a „kontrollterületen” (a három fa súlypontjában) végzett méréseknél találtunk. 40 cm mellmagassági átmérőjű kocsánytalan tölgy környezetének talajellenállás modelljét mutatja a 3. ábra.



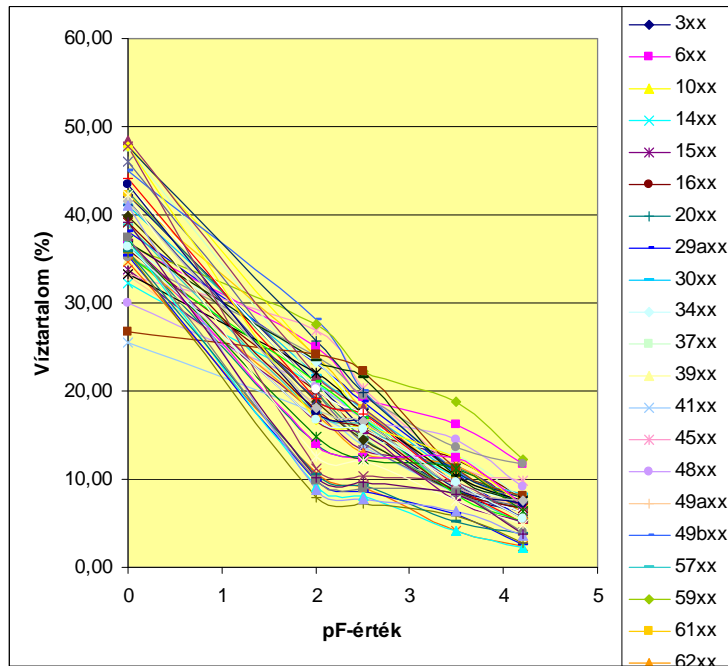
3. ábra

$d_{1,3}=40$  cm-es KTT környezetének talajellenállás modellje

A talajminták teljes talajtani vizsgálatai során a talajok fizikai állapotára következtettünk.

A talaj pórustere nagyságának valamint azon belül a különböző átmérő-tartományú pórusok arányának leírására pF-vizsgálatokat végeztünk. A pF-vizsgálatok közül a vályog talajon végzett két mérési hely összesített adatait mutatja a 4. ábra, az ebből számított összes pórustereket és az egyidejűleg meghatározott térfogattömegeket az 1. táblázat tartalmazza.

A fák közelében vett talajminták pórustere átlagosan 40,15%, 37,41% és 37,97% a 0-10 cm, 10-20 cm és 20-40 cm-es mélységekben, míg a két kontrollterület (súlypont) átlagában ugyanezen értékek 41,21%, 34,94% és 38,42%. A térfogattömegek ugyanilyen sorrendben a fák átlagában 1,10 g/cm<sup>3</sup>, 1,22 g/cm<sup>3</sup> és 1,21 g/cm<sup>3</sup>, a kontrollterületen pedig 1,02 g/cm<sup>3</sup>, 1,32 g/cm<sup>3</sup> és 1,29 g/cm<sup>3</sup>.



4. ábra

A talajtani vizsgálatok során nyert pF görbék

A pórusterek nagysága a vártnak megfelelően mind a fák tövében, mind a súlypontokban a felszíntől lefelé a mélységgel csökken, míg a térfogattömegek épp ellenkezőleg nőnek. Abszolút értékükben a talaj közepes tömörödöttségére utalnak, mind a fák tövében, mind a súlypontokban. A feltalaj lazább mivolta a feltalajban felhalmozódott szerves anyagnak és a talajállatok lazító tevékenységének köszönhető.

A mintavétel helyétől függően eltérést csak a 10-20 és 20-40 cm-es mélységben meghatározott térfogattömegekben tapasztaltunk. A fák súlypontjában a magasabb értékek a gyökerek lazító hatásának hiányát feltételezi. Az összporozításban nem mutatható ki hasonló különbség, ami azonban a pórustér átmérőeloszlásában (differenciálporozitás) megmutatkozhat. Ennek felülvizsgálatára összehasonlítottuk a diszponibilis víz számára rendelkezésre álló pórustérfogatot, mely eredményeket a 2. táblázat és az 5. ábra tartalmazzák.



1. táblázat: Az összes pórustér és a térfogattömegek adatai

Minta helye	Mélység (cm)	Isméltés	Összes pórustér (térf.%)	Térfogattömeg (g/cm <sup>3</sup> )
1/1 pont	0-10 cm	átlag	37,26	1,20
1/1 pont	10-20 cm	átlag	35,75	1,15
1/1 pont	20-40 cm	átlag	34,26	1,18
1/2 pont	0-10 cm	átlag	40,21	1,18
1/2 pont	10-20 cm	átlag	41,52	1,24
1/2 pont	20-40 cm	átlag	34,67	1,14
1/3 pont	0-10 cm	átlag	40,35	1,18
1/3 pont	10-20 cm	átlag	42,30	1,30
1/3 pont	20-40 cm	átlag	41,63	1,39
1/S pont	0-10 cm	átlag	39,67	1,07
1/S pont	10-20 cm	átlag	34,08	1,31
1/S pont	20-40 cm	átlag	40,82	1,19
6/1 pont	0-10 cm	átlag	40,68	1,02
6/1 pont	10-20 cm	átlag	36,54	1,14
6/1 pont	20-40 cm	átlag	33,94	1,10
6/2 pont	0-10 cm	átlag	41,09	1,18
6/2 pont	10-20 cm	átlag	40,11	1,14
6/2 pont	20-40 cm	átlag	36,93	1,16
6/3 pont	0-10 cm	átlag	39,16	1,04
6/3 pont	10-20 cm	átlag	33,21	1,14
6/3 pont	20-40 cm	átlag	45,51	1,09
6/S pont	0-10 cm	átlag	42,75	0,96
6/S pont	10-20 cm	átlag	35,79	1,33
6/S pont	20-40 cm	átlag	36,02	1,38

A diszponibilis (hasznosítható) víz vizsgálattal a vegetációs időszakban a növények számára felvehető víztartalmat jellemezzük. Ezen víz a kapilláris pórusterekben foglal helyet, tehát a differenciál porozitáson belül azt a pórustér nagyságot mutatja, amelyből a gyökerek a talajban tárolt vizet fel tudják venni.

A felső 10 cm-es rétegben található nagyobb diszponibilis víztartalom alapvetően a finom gyökereknek és a talaj organo-minerális komplexek hatásának tudható be. 1m-es talajrétegre számolt hasznosítható víztartalom 120 mm közeli, mely víztartó képesség közepesnek minősíthető.

A fák közvetlen tövétől származó illetve a kontrollterületről származó minták diszponibilis víztartalma sem mutat szignifikáns különbséget. A felső 10 cm-es humuszos réteg diszponibilis víztartalma a legnagyobb, ez 15% körüli, amely a mélységgel fokozatosan csökken.

2. táblázat: A diszponibilis víz számára rendelkezésre álló pórustérfogat értékek

<b>Minta helye</b>	<b>Mélység (cm)</b>	<b>Ismétlés</b>	<b>DV % átlag</b>
1/1 pont	0-10 cm	2	13,4
1/1 pont	10-20 cm	2	8,2
1/1 pont	20-40 cm	2	7,1
1/2 pont	0-10 cm	2	14,7
1/2 pont	10-20 cm	2	18,0
1/2 pont	20-40 cm	2	12,4
1/3 pont	0-10 cm	2	13,7
1/3 pont	10-20 cm	2	18,1
1/3 pont	20-40 cm	2	14,7
1/S pont	0-10 cm	2	19,1
1/S pont	10-20 cm	2	15,6
1/S pont	20-40 cm	2	11,2
6/1 pont	0-10 cm	2	19,3
6/1 pont	10-20 cm	2	14,6
6/1 pont	20-40 cm	2	6,6
6/2 pont	0-10 cm	2	18,1
6/2 pont	10-20 cm	2	15,1
6/2 pont	20-40 cm	2	11,8
6/3 pont	0-10 cm	2	13,2
6/3 pont	10-20 cm	2	5,7
6/3 pont	20-40 cm	2	12,9
6/S pont	0-10 cm	2	11,1
6/S pont	10-20 cm	2	12,4
6/S pont	20-40 cm	2	8,7

5. ábra: A diszponibilis víztartalom az egyes mérési helyeken

