

SZAKDOLGOZAT

Pudleiner Péter Zsolt

2024



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Budai Campus
Tájépítészeti Településtervezési és Díszkertészeti Intézet
Favizsgáló és faápoló szakirányú továbbképzési szak**

**A gyökérzet feltérképezésének előnyei és fontossága mérőműszer
fejlesztéssel**

Belső konzulens: Dr. Szabó Veronika

**Készítette: Pudleiner Péter Zsolt
KLHFP5
levelező**

Budapest

2024

Tartalom

1. Bevezetés	3
2. Szakirodalmi áttekintés	5
2.1 A fák környezetre gyakorolt hatása a városokban.....	5
2.1.1 A fák gyökérzete	6
2.1.2 A fa gyökérvizsgálatának jelentősége	9
2.2. Roncsolással járó gyökérvizsgálat	10
2.3 Roncsolásmentes eljárások	12
2.3.1 Talajradar GPR.....	12
2.4 Kísérleti fázisban lévő rendszerek	15
2.4.1 GPR talajradar időfrekvencia-elemzéssel STFT	15
2.4.2 Mágneses rezonancia képalkotás	16
2.4.3 Elektromos rezisztencia módszerrel	17
2.4.4 Gyökértérképezés akusztikus módszerrel	18
3. Anyag és módszer	21
3.1 Kísérleti fázisban lévő rendszerek	21
3.2 Eszközök.....	21
3.3 Mérések	25
4. Eredmények	27
5. Következtetések, javaslattétel	33
6. Összefoglalás	34
7. Köszönetnyilvánítás	35
8. Irodalomjegyzék.....	36
8.1 További források	37
9. Nyilatkozat	39

1. Bevezetés

A világ fejlődése felgyorsult, és manapság nehéz tartani a lépést az éppen aktuális technológiai fejlesztésekkel. Ez szinte minden ma ismert szakmában megfigyelhető és a hagyományos modellek egyre inkább a perifériába sodródnak. A számítástechnikát úttörő fejlesztések jellemzik a mai napig, a mechanikus számolóeszközök szerény kezdeteitől a nagy teljesítményű és összekapcsolt digitális rendszerek korszakáig.

A modern társadalom szerves részévé vált, és forradalmasította az információfeldolgozás módját. Jelen korban a környezet adatszerű megismerése és feltérképezése, illetve az adatok gyűjtése felértékelődött, mivel ezek alapján adatbázisok alakíthatóak ki. Ezen információk összessége segítséget nyújthat a modernizációnak, újításoknak.

Ezt a tudást felhasználva és fejlesztve a számítástechnikai eszközök döntő szerepet játszhatnak a környezetvédelemben is, könnyedén együttműködve akár a többi ipárral. A hazai informatikai fejlesztések jelenleg kiaknázatlanok ebben a szektorban, pedig számos olyan dolog létezik, mint például mérések vagy modellezések, amelyek az összetett ökoszisztéma megértését segíthetik, ezzel megalapozva a döntések meghozatalát, amivel egy fenntarthatóbb jövőt szolgálhatunk.

A környezetvédelmen belül beszélhetünk a fák és gyökérrendszerük közötti bonyolult kapcsolat megértéséről, amely kulcsfontosságú a hatékony erdőgazdálkodás, városgazdálkodás és természetvédelem szempontjából. A városok túlzott modernizációja kihatással van a fák gyökérzetére. A föld alatti részek felderítésére hagyományos módszereket alkalmaznak, amelyek károsíthatják a fát vagy megzavarhatják a környező ökoszisztémát (1. ábra).

1.ábra. Gyökérzet felderítésének hiányossága
(Pudleiner Péter, 2023)



Kísérletem célja egy olyan gyökér monitorozásra alkalmas rendszer megépítése, amely nem károsítja a fát, illetve annak környezetét sem. Ennek alapelve a fák elektromos vezetőképességének felhasználása és mérése.

2. Szakirodalmi áttekintés

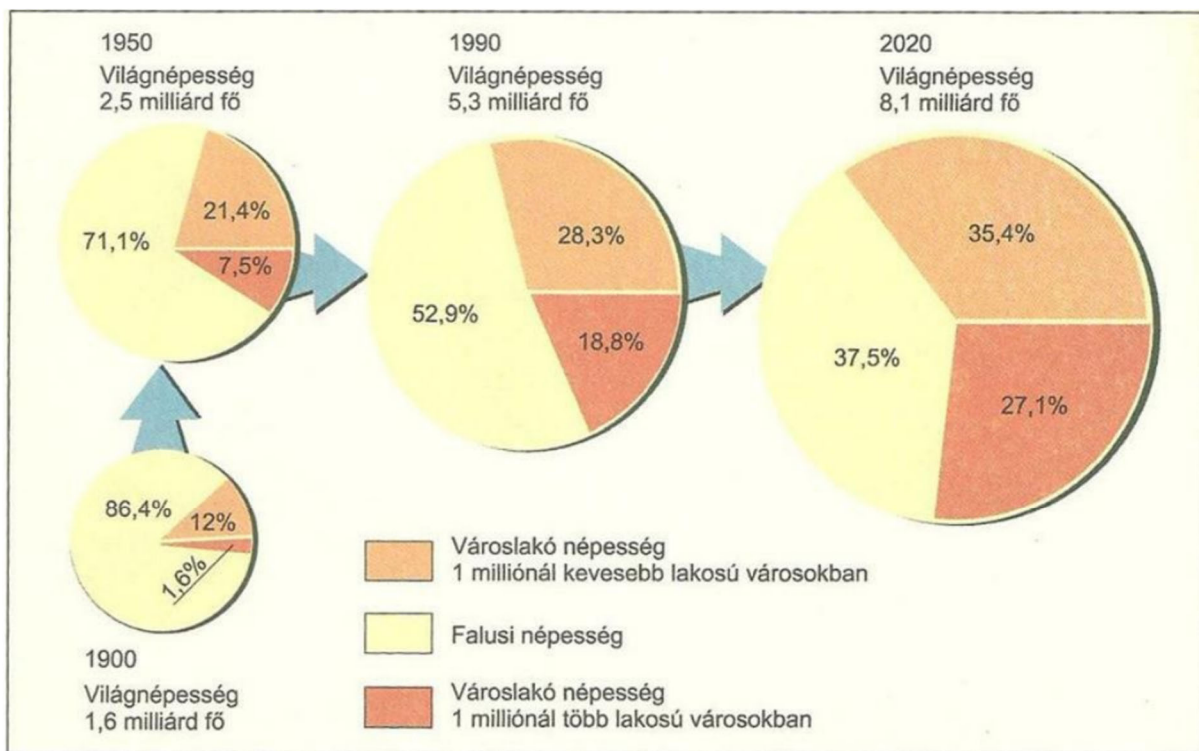
2.1 A fák környezetre gyakorolt hatása a városokban

Az emberi civilizáció mintegy hatezer éves létrejötte során, mindig felülmúlta önmagát és a mai napig törekszik a saját képére formálni környezetét. A modern életmód során az ember fokozatosan távolodik el a természettől és inkább a maga által épített környezetben éli mindennapjait. A városokba egyre többen érkeznek, ami által egyenes arányosságban nő az autók, utak, föld alatt lévő közművek darabszáma, így kiszorítva a növényeket, fákat (Kerényi, 2003).

Egyes felmérések szerint a fejlett országokban az emberek több, mint ötven százaléka városokban él (2.ábra). Ez Európai viszonylatban valamivel kevesebb. A százalékos arányok olyan magasak, hogy a legtöbb városban a növekedés már csak kismértékű lehet (Kerényi, 2003). Az urbanizáció egyfajta láncreakciót indít be, az építkezésekkel, beépítésekkel. Ezen folyamatok be nem látható károkat okoznak minden magasabb rendű élőlény számára, illetve az étellel teli talajra is.

2.ábra. Urbanizáció

(Hoang, 2014)



Ezek közül az egyik a fa, mint élőlény. Világszerte körülbelül hárombillió fa található meg földünkön, elősegítve környezetünk fennmaradását (Crowther és tsai, 2015). A fák globálisan fontosak az emberiség számára, mivel tárolják a szén, mérséklék az időjárási viszonytagságokat és élőhelyet biztosítanak az élővilág széles skálájának. Az erdők tárolják a szárazföldön tárolt szén majdnem felét, ezért nem lehet elégszer felhívni a figyelmet, hogy mennyire fontos szolgáltatást nyújtanak számunkra (UNEP, 2008). Úgyszintén a vízgazdálkodásban is nagy szerepet játszanak, mivel kifele párologtatnak, eső esetén viszont szivacsként működnek. Lelassítják az eső útját a talajban és segítenek javítani a talaj szerkezetét, ezáltal ösztönözve a víz útját a talaj mélyebb rétegeiben, mintsem, hogy a felszínen lefolyjon, így hozzájárulva a patakok, folyók áradásának megelőzésében és a talajerózió csökkentésében.

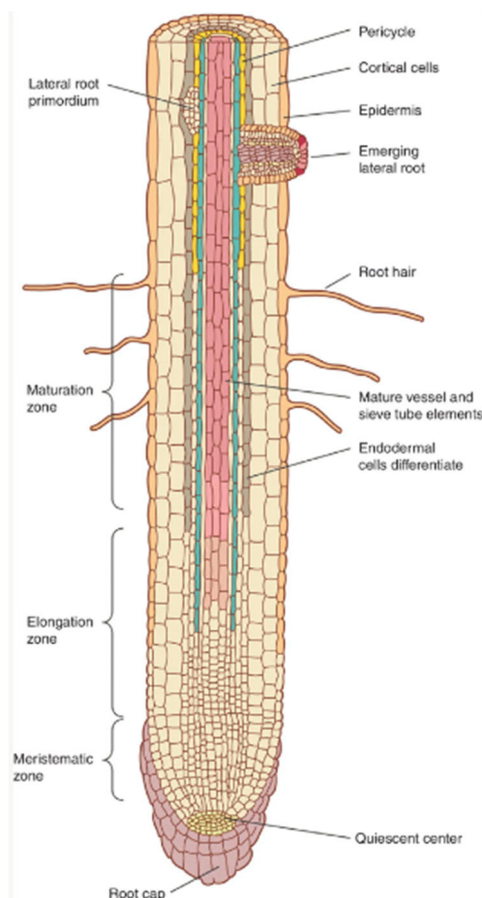
Emellett a városokban a zöldfelületek nagy részét fák teszik ki, ahol ugyanúgy kifejtik jótékony hatásait. Amellett, hogy a fák szebbé teszik a városi környezetet, szabadtéri kikapcsolódási lehetőséget nyújtanak az ott élők számára. Gazdasági szempontból sem elhanyagolhatóak, mivel a fás részek magasabb ingatlanértékeket biztosítanak, épületek energiaigényeit csökkentik, csapadékvíz elvezetését, valamint a légszennyezés csökkentésére szánt kiadásokat is redukálják (Roy és tsai. 2012). A városok zöldfelületei hatással vannak az egészségünkre is, mivel javítja a közérzetet és a szociális tevékenységek hajlandóságát. Emellett a nagy melegekben akár kilencven százalékkal is tudja csökkenteni a napsugárzást lombkoronája alatt, így hűsítő hatást kiváltva, komfortérzetet növelve (Ennos és tsai. 2014). Számos jó tulajdonságaik ismertek még, amelyek a metropoliszokhoz köthetőek, mint például a szén-dioxid tárolása vagy a talaj stabilitásának elősegítése. Kétségtelen, hogy a fák fontos szénraktárak és a növekvő fák aktívan felveszik az üvegházhatású szén-dioxidot. Egy hektár városi erdő jellemzően 10-30 tonna szén-dioxidot képes tárolni a földfelszín felett, míg a gyökereiben további 2-5 tonnát (McPherson és tsai 2013).

2.1.1 A fák gyökérzete

A gyökerek fontos szerepet játszanak a fák életében, mind a fejlődésükben és fennmaradásukban. Ezeken keresztül tudják felvenni a tápanyagokat, vizet, illetve a fák stabilitásában is befolyásolják. A gyökerek növekedése külső és belső hatásokra is reagál, lehetővé téve, hogy táplálékot keressenek a talajban. Ennek eredményeképpen rendkívül változatos a térbeli elhelyezkedésük a földben, akár azonos fajokon belül is. Viszont az alapvető szerkezeti felépítésük azonos (3.ábra).

3.ábra Gyökér szerkezete

(Roloff, 2015)

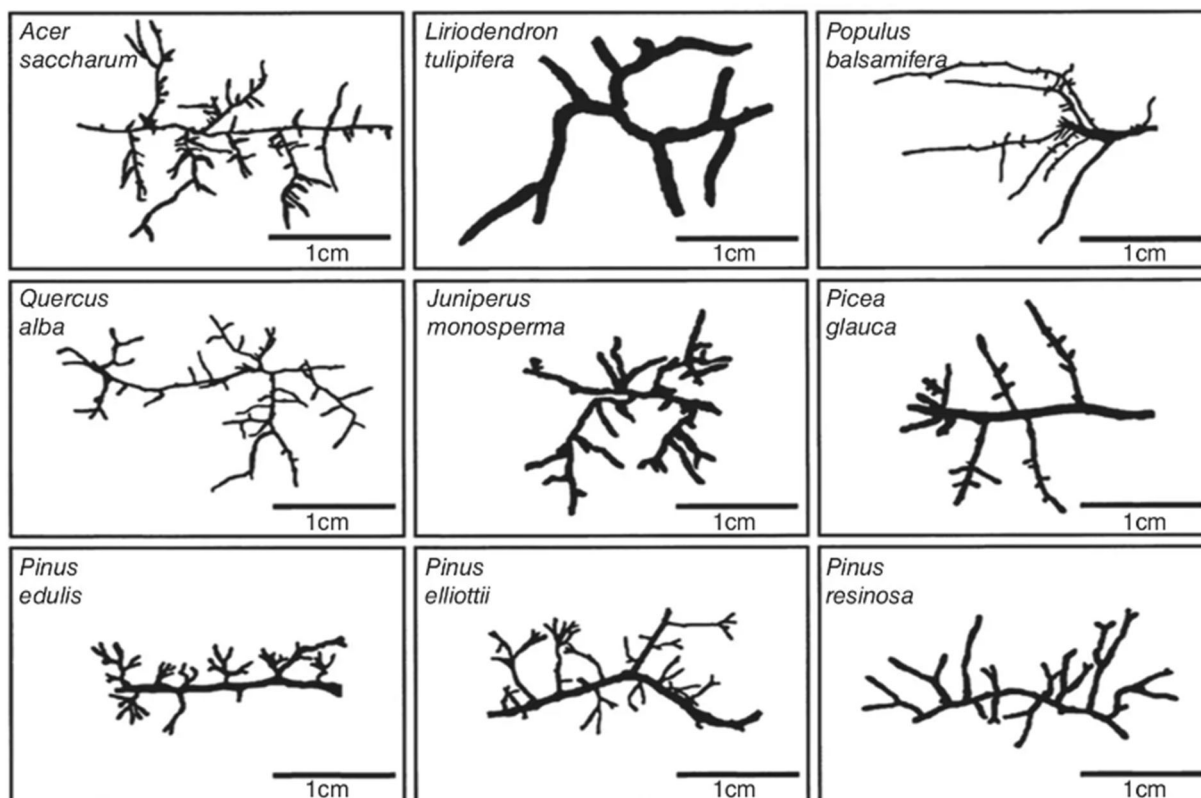


A fa fejlődését szabályozó vegyületek a gyökerekben termelődnek és a fán keresztül a hajtásokba jutnak, illetve a gyökerek olyan vegyianyagokat is termelnek, amelyek képesek módosítani a talaj pH értékét, így elősegítve a saját fejlődésüket és elnyomva a konkurens növényzetet. Ezen felül a gyökérrendszer élőhelyként is szolgál sok mikroorganizmus számára (Buée és tsai., 2009).

Mivel a fák évelők, így gyökérrendszerük lényeges eltér az egynyári növényekétől. A fáknak olyan gyökérre van szükségük, amelyek korona növekedésével együtt tudnak fejlődni és megújulni. Ezt a fa gyökérváza biztosítja, ami hosszú életű elfásult vastag tartógyökerekből áll. A finom gyökerek ezeken alakulnak ki és szövik körbe a fa alatt található talajt. Fajtól függően változhatnak a finom gyökerek (4.ábra). Egyes fajoknál erősen elágazóak és nem vastagodnak elsődleges gyökérré, míg más fajoké képesek rá. Ezek a gyökerek nagy fajlagos hosszal rendelkeznek, amely elősegíti a víz és tápanyag felvételt (McCornak és tsai., 2012).

4.ábra Másodlagos gyökerek

(Hirrons, 2015)



A finom és durva gyökerek eltérő szerepe miatt az egyes gyökerek élettartama eltérő. A vastagabb gyökerek akár évtizedekig, évszázadokig is fennmaradhat, ellentétben a finomgyökerekkel. Azokban a régiókban, ahol az évszakok váltakoznak, a másodlagos gyökerek növekedése a szár közelében lévő vastag gyökerekben kezdődik, mielőtt a külső gyökerek felé haladnak. A törzs tövénél a fejlődés hosszabb ideig tart, így azon a részen elkezdődik egy kúposodás, amely a talajfelszín egyenetlen, kiemelkedő részt idéz elő. Annak ellenére, hogy ez egy normális folyamat, a városi környezetben zavaró lehet. Ehhez hozzájárul, hogy a fák nem rendelkeznek megfelelő mennyiségű talajjal és a járdák, utak közelsége sem kedvez feltétlen.

A gyökerek ugyan a talaj alatt helyezkednek el, viszont fontos a fák kezelésével foglalkozók számára, hogy az adott fa gyökere hogyan fejlődik, illetve a közterületek közelében elhelyezett fák gyökereinek helyzete sem elhanyagolható. A fák számos egészségügyi

problémáját elő tudja idézni a gyökerek károsodása, ritkítása, amely sok esetben a városi építkezések, fejlesztések velejárói.

2.1.2 A fa gyökérvizsgálatának jelentősége

A városokban található fák gyökérkárosodása jelentős problémát okoz, amely a gyökérnövekedés és a növekedési tér közötti kiegyenlítetlenségből ered (5.ábra). Ennek ellenére, kevesebb figyelmet fordítanak rá, mint kéne. A városi fák nagy valószínűséggel okoznak károkat az infrastruktúrában, viszont ez fordítottn is igaz. A városi környezetbe telepített fák gyökérzete általában korlátozott talajmennyiségbe kerül, sekélyen gyökerezik, így a felrepedezett útburkolat, a talajfelszín magas nedvességtartalma, a fák és járdák közti rövid területek a gyökér sérüléséhez vezethetnek.

5.ábra. Gyökér által felrepszett burkolat

(Paparazzo., 2019)



Azaz kimondhatjuk, hogy a városi fák talajkörnyezete és a tényleges igényeik nincsennek összhangban. Mindazonáltal a városok fenntarthatóságában egyre nagyobb szerepe

van, amely javítja az ott lakók életminőségét. Az előnyök ellenére, ezek a fák romboló hatással vannak az ember által épített felszín alatti épületekre, csatornákra stb. A városi fák gyökérsérüléseinek okait több, mint 60 éve vizsgálják olyan régiókban, mint például az USA vagy Európa (Edgar, 1962).

A fák gyökérzetének megóvására és megfékezésére több módszert is alkalmaznak a mai napig, többek között a fafajok cseréjét, az életterek megnövelését, illetve gyökérgátakat, de ezeknek a módszereknek megvannak a korlátai. A fajok cseréje költséges és a lakosok részéről is ellenállásba ütközhet. A megnövelt helyek egy jó alternatíva lehet, feltéve, hogy elegendő hely áll rendelkezésre, de ez túlságosan eltérő.

Amennyiben ezekre fel lehetne készülni, előre meghatározni a gyökerek irányát, közművek, épületek helyét, úgy sok esetben a lehetne óvintézkedéseket tenni, befolyásolni a gyökerek irányát. Ebben lehet segítségünkre a modern technika és azok a számítástechnikai eszközök, amelyek roncsolás nélkül tudják meghatározni a föld alatt található gyökereket. A gyökerek amellet, hogy stabilitást, rögzítést adnak a fának, nagy szerepet játszanak a fák egészségében is. Felszívják a talaj ásványi anyagait és vizet, illetve tárolják azt. Ezen felül a fák gyökérzetének mintái gyakran korrelálnak a fa egészségi állapotával, így értékelésüket széleskörben használják diagnosztikai eszközként. A fa gyökérzetének hatékony feltérképezésére számos módszert dolgoztak már ki, amelyek lehetnek roncsolásos vagy roncsolásmentesek.

2.2. Roncsolással járó gyökérvizsgálat

Jelenleg a gyökérvizsgálatok nagy részét ezzel az eljárás típussal végzik, viszont ez nem azt jelenti, hogy megfelelőek lennének. A roncsolásos eljárások során a gyökérrendszert fel kell tární, hogy szemrevételezhető legyen. Ezek a technikák munkaigényesek és a gyökerek sérülésével jár.

A roncsolásos módszerek kategóriájába sorolhatóak például:

- kézi- vagy gépierővel való ásás (6.ábra)

Ezt a módszert alkalmazzák a legtöbbit, mivel egyszerű és nem kíván speciális eszközöket, tudást. Mivel nem látnak a kiásott talajba munka közben, így nagy a valószínűsége a sérülésnek. Városi környezetben ez még inkább veszélyes, mert a fák gyökérzete sekélyen, vízszintesen terül el a felszínhez közel.

6.ábra Kézi feltárás
(Howe, 2013)



-talaj porszívózás (7. ábra)

Ez az eljárás a talaj lazításával kezdődik rétegenként, amit vízzel vagy levegővel érnek el. A módszer kevésbé roncsolja a gyökérzetet, de a porszívó használata közben homokszemek megsérthetik a gyökér felszínét, így utat engedve különböző betegségeknek. A technika eredetileg közművek károsodásának elkerülésére lett kitalálva, de ma már használják a gyökérzet feltérképezésére is.

7.ábra. Talaj porszívózás

(Vacex ltd., 2020)



2.3 Roncsolásmentes eljárások

A roncsolásmentes gyökérmegfigyelés egyre nagyobb teret nyer manapság, mivel egy olyan megközelítést kínál a gyökérrendszerek tanulmányozásához, amely a növények sérülése nélkül kivitelezhető. Különösen hasznosak hosszútávú vizsgálatokhoz és olyan helyzetekben, amikor a növény épségének megőrzése alapvető fontosságú. Az alábbiakban néhány, a gyökérkutatásban használt technika kerül bemutatásra.

2.3.1 Talajradar GPR

A Ground Penetrating Radar – ismertebb nevén georadart számos iparágban alkalmazzák már az 1990-es évek óta a felszín alatti objektumok meghatározására, akár az építőiparban vagy a hadászatban. Ezzel az eszközzel gyorsan és hatékonyan lehet nagyfelbontású és információdús adatokat kinyerni a felszín alatti rétegekből.

Christian Hülsmeier volt az első, aki radartechnológiát, majd Őt követte 1910-ben Gotthelf Leimbach és Heinrich Löwy, akik felhasználták ezt a technikát a az eltemetett tárgyak lokalizálására. A módszer lényege az volt, hogy elektromágneses hullámokat juttattak a földbe antennák segítségével. Majd a kor előrehaladtával kifejlesztésre került az impulzus alapú radar.

A második világháború idején sokszor használták és az ezt követő időkben egyre elterjedtebb lett.

Az első GPR 1985-ben került elérhetővé a köznép számára is, azóta viszont sokan foglalkoznak a fejlesztésével, illetve használják ezeket az eszközöket.

Jelenleg a legtöbb kísérleti fázisban lévő rendszer, amivel gyökerek helyzetét lehet beazonosítani, ezen a technológián alapul, így érdemes említést tenni annak működési elvéről, felépítéséről.

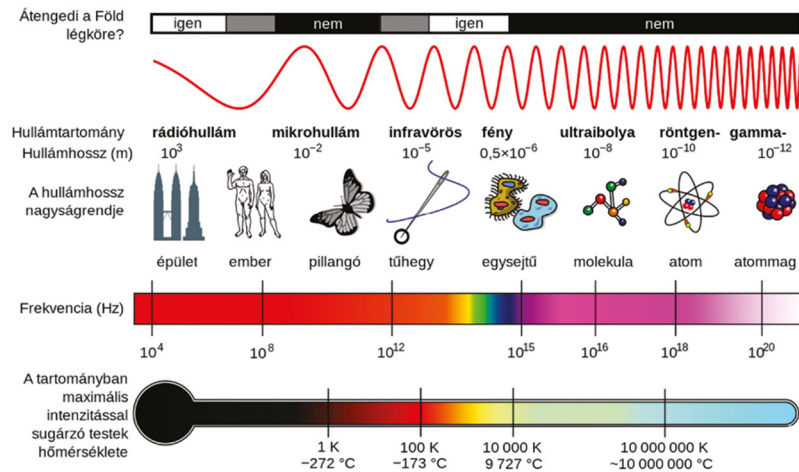
A georadart az elektromágneses módszereken alapuló eszközök közé soroljuk, azon belül is az belül is az aktív gerjesztésű mérésekhez tartozik, mivel a hullámokat mi generáljuk. Itt elektromágneses hullámokat használunk a mérés során, amelyek nagy frekvenciájúak.

Az elektromágneses hullámok igazából mindenhol jelen vannak, amiket a levegőben mérhető hullámhosszuk alapján csoportosítunk. A mindennapi életben is sokat használjuk ezeket a hullámokat, tekintettel arra, hogy nagyon gyorsak, így az üzenetek, képek, hangok gyors továbbítására is tökéletesek. (oktatási hivatal, n.a)

A különböző töltésű részecskék a körülöttük létrejött elektromos mezőn át kerülnek kölcsönhatásba egymással, amik mozognak, így áram keletkezik és mágneses mező jön létre. Az elektromos és mágneses mező folyamatos váltakozása rezgést idéz elő, ami periodikus hullámokban történik. Ezek a hullámok mérhetőek, amelyek tulajdonságai a hullámhossz és frekvencia.

Amennyiben ezen sugárzás egy másik felülethez ér, három dolog történhet: reflektálódik, azaz törést szenved, energiáját megtartva a testbe hatol, de irányt változtat vagy az energiáját megtartva visszaverődik (Németh,2021). Ez tulajdonképpen a GPR alapja.

8.ábra elektromágneses sugárzás tartományai
(SZTE ETA., 2020, <https3>)

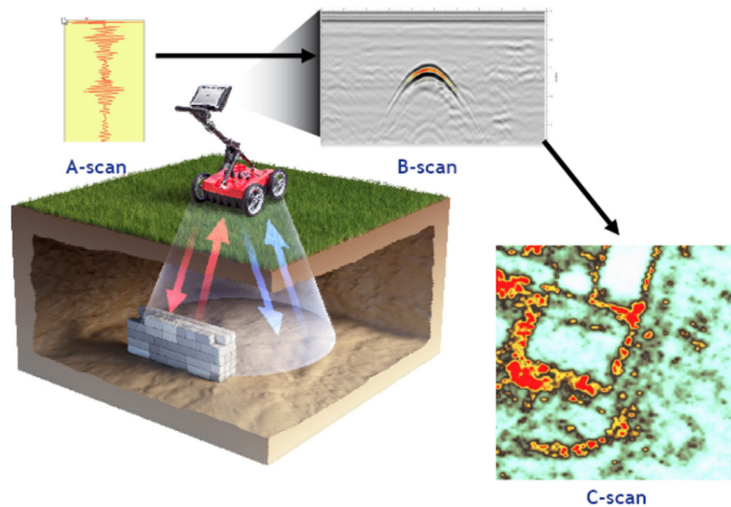


A 8.ábrán behatárolható a GPR által használt hullámtartomány, amely 10^7 - $2 \cdot 10^9$. Egy transzmitter segítségével radar hullámokat küldünk a földbe és minél nagyobb a különbség a két anyag között, annál nagyobb amplitúdójú lesz a visszavert hullám. Amelyek hatással vannak a kapott eredményre, az három anyagjellemző mennyiség, mint a fajlagos vezetőképesség, dielektromos állandó és a mágneses permabilitás. Ezen felül a földben lévő víztartalom vagy fluidum nagyban befolyásolhatja a kapott eredményeket (Giannino és Leucci, 2021)

Felépítése:

- Vezérlőegység, amely a jeleket generálja és az adatokat tárolja
- Adóantenna, amely az impulzusokat idézi elő
- Vevőantenna, ami digitalizálja a beérkező információkat
- GPS vevő, amellyel koordinátahelyesen tudunk mérni

9.ábra. Elektromágneses sugárzás tartományai
(Afacademy., 2020)



A georadar közel negyven éve elérhető a piacon, sokoldalúsága miatt töretlen az érdeklődés iránta sok ágazatban. Köztük a környezettudományban is, mivel a GPR egy roncsolásmentes módszer, amely alkalmas a fák gyökérzetének meghatározására.

2.4 Kísérleti fázisban lévő rendszerek

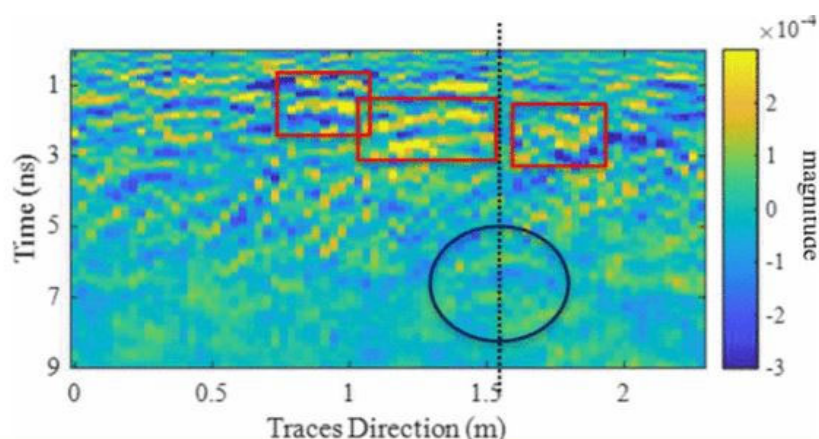
2.4.1 GPR talajradar időfrekvencia-elemzéssel STFT

GPR talajradar használatát nagy mértékben befolyásolják a környezeti behatások, mint például a magas páratartalom és ezáltal a föld nedvességtartalma is. Ezek a tényezők ráhatással vannak a jel behatolási mélységére. Általában szélessávú jelet használnak a behatolási mélység növelésére és felbontásának javítására. Azonban a szélessávú frekvencia hajlamos a zajosodásra és a zajcsökkentéshez szelektív frekvenciaszűrésre van szükség. Az alábbi rendszer a fák gyökereinek jobb felismerése érdekében rövid idejű Fourier – transzformációs időfrekvencia-elemzési módszert használ (10.ábra).

Ezzel a módszerrel a radarképekből mind idő-, mind frekvencia információt lehet gyűjteni tanulmányozásra. A transzformációs algoritmusokat a földben található tárgyak, jelen esetben gyökerek lokalizálására lehet felhasználni.

6. ábra időfrekvenciás mérés

(Geneveieve Ow., 2022)



Maga a GPR radar egy vektorhálózati analizátorból áll, aminek a működése 9kHz és 6,5GHz közötti tartományban lehetséges. Emellett adó és vevő antennákat, amikre abszorberek vannak elhelyezve. a műszerek elhelyezése után, pásztázzák a kijelölt területet és a mintákat konvertálják a háttérzaj csökkentésének érdekében. (Wenhao Luo és tsai, 2023)

Ezek után az időtartománybeli jeleket időfrekvenciás tartományba transzformálják, hogy hogyan változik a visszavert frekvenciainformáció az idő múlásával. Ezt követően Fourier-transzformálják, amely segítségével 2D-s időfrekvenciás ábrát kapnak. A kapott eredmények ígéretesnek bizonyulnak a gyökerek, illetve más földalatti tárgyak vizsgálatában.

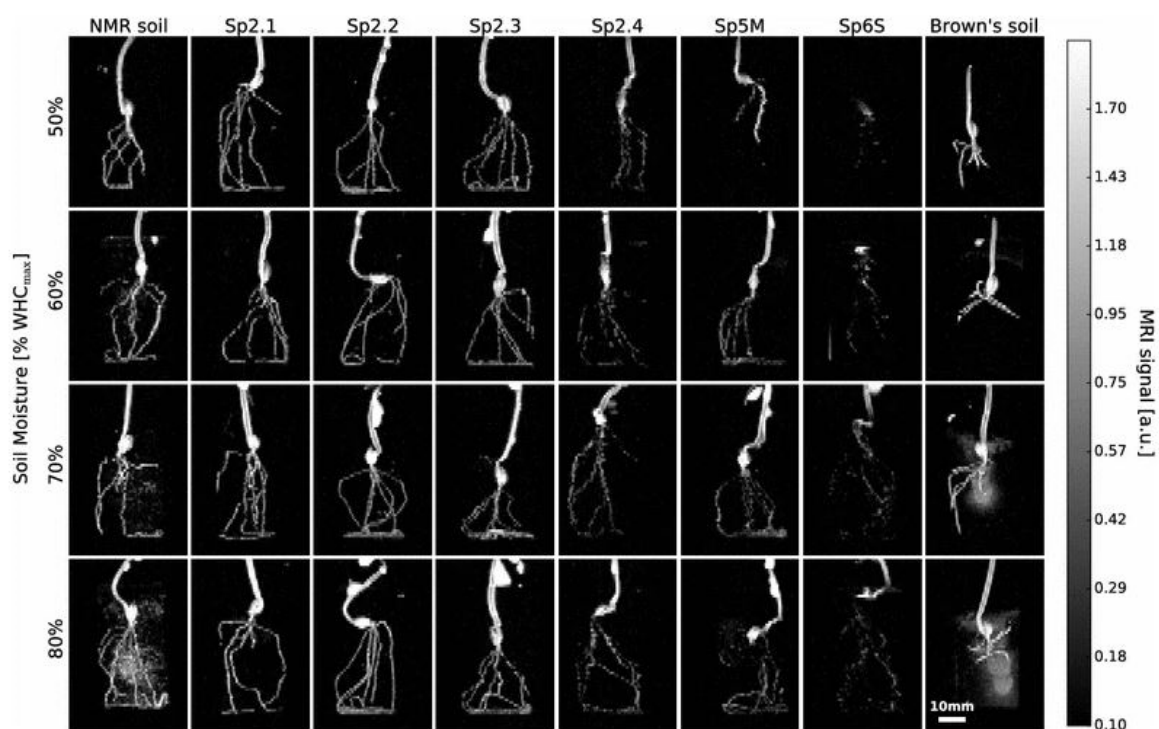
2.4.2 Mágneses rezonancia képalkotás

Rövidítve MRI, amely orvostudományban általánosan használt eszköznek számít, de a gyökerek károsodás nélküli megjelenítésére is alkalmazható. A sérülésmentes gyökérvizsgálat egy alternatívájaként szolgál, viszont egyes kísérletek alapján nem minden talajban használható. Amely eléri a hetven százalékos talajnedvességet, ott a képalkotás nem volt kivitelezhető. Ennél a rendszernél a talaj összetétele nagyban befolyásolja a kapott eredményeket és annak minőségét. Egyes talajok ferromágneses részecskéket tartalmaznak, ami megzavarhatja készüléket, illetve a magas nedvességtartalom esetén a talajvíz megakadályozza az elemezni kívánt gyökerek láthatóságát.

Mivel a rendszert alkotó eszközök helyszíni beüzemelése elég bonyolult, így egyelőre csak labor körülmények között kísérleteztek vele. Ott viszont a vizsgált szubsztrátumok jelentős részén tudtak 3D-s gyökértérképet alkotni. Meghatározták a gyökérhossz és gyökérmérőt, amely bizonyítja, hogy az MRI módszer is alkalmas lehet a jövőben a gyökerek feltérképezésére (Pflugfelder és tsai, 2017).

11.ábra MRI által alkotott kép

(Clay, 2023)



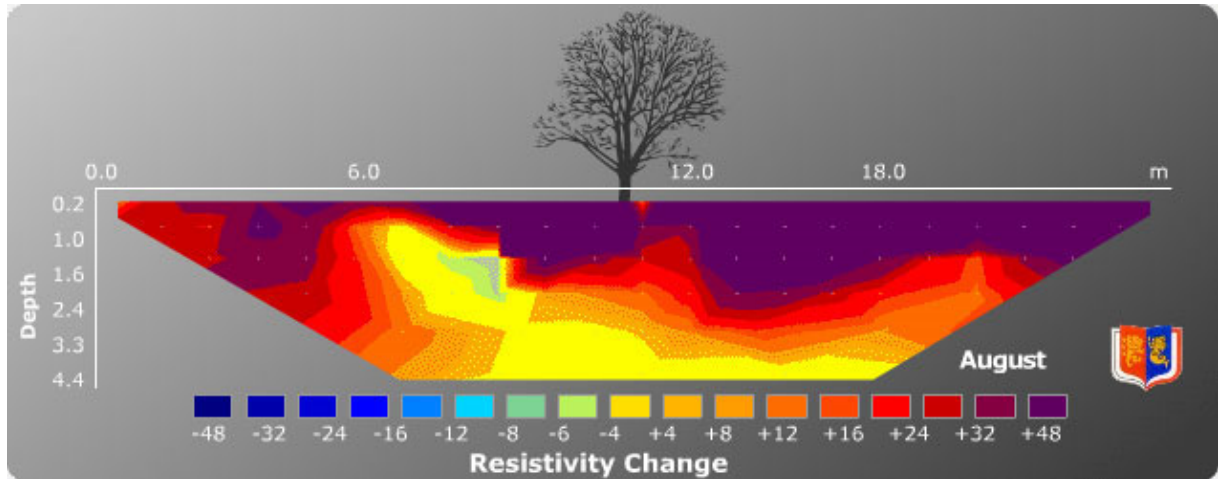
2.4.3 Elektromos rezisztencia módszerrel

Az alábbi módszer volt a legkorábban alkalmazott az alábbiak közül.

A tomográfia egyik legkiterjedtebb válfaja, amely az 1980-as években történt feltalálás óta töretlenül fejlődik, az az elektromos ellenállás tomográfia. Az ERT ígéretes technikává vált a különböző ipari folyamatok megfigyelésére és elemzésére, mivel számos előnyéhez az is hozzátartozik, hogy gyors és költséghatékony. A hagyományos mérésekkel összehasonlítva, az ERT valós idejű keresztmetszeti képeket tud alkotni (12.ábra). Az ERT lényegében egy egyenárú módszer, amellyel felszín alatti struktúrák képezhetők le.

12.ábra keresztmetszeti kép

(Clay, 2023, <https://www.researchgate.net/publication/368111111>)



Ezáltal lehetővé teszi elektromos tulajdonságok felhasználása által a térbeli képalkotást. Az alábbi mérés jellemzően három fő részből áll, a mérendő közeghez (gyökérnyakhoz) rögzített elektródákból, a mérőműszerből és a képalkotást végző számítógépből. (Zhao, 2019)

Az ERT adatokat gyűjt egy automatizált, több elektródából álló ellenállásmérővel, a fajlagos ellenállást (Ω) nézik. A fajlagos ellenállás a vezetőképesség inverze. A fajlagos ellenállás mérése történhet váltóárammal (AC) vagy egyenárammal (DC) (Buza, 2016)

2.4.4 Gyökértérképezés akusztikus módszerrel

Az akusztikus vizsgálat során a fákhhoz tartozó minimum 4cm átmérőjű gyökereket lehet felkutatni, úgy, hogy a földben lévő egyéb tárgyakat nagy pontossággal kilehet zárni.

Ennek oka, hogy egy jeladót helyezünk a fára, így közvetlen kapcsolatot teremtve azzal.

Alapelve a hang sebességének terjedése és eltérése a talajban (kb 300m/s) és a gyökérben kb. 3000m/s) (Divós és tsai, 2009).

Mérés menete:

A gyökérnyakhoz felhelyezünk egy jeladó tűskét (13.ábra), illetve egy földbe szúrható vevőkészüléket, majd egy kalapács segítségével a jeladó tűskét megütjük, így egy hang indul el a fában, gyökérben a vevő felé. Amennyiben a lehelyezett talajszondához hosszabb idő után jut el a hang, úgy feltételezhetően nincs ott gyökér, minél közelebb lesz a gyökérhez, azzal arányosan rövidül az idő is.

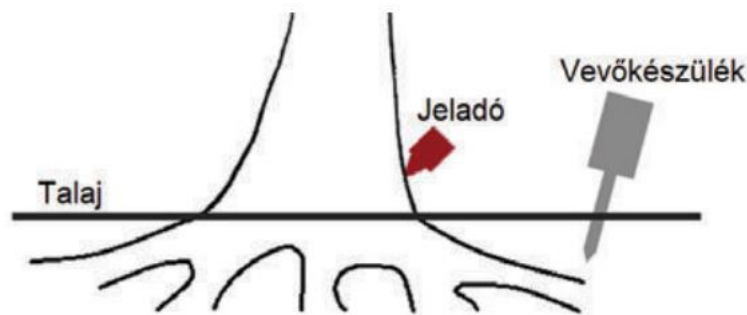
Adatok kiértékelése két módon történhet:

1. a hang sebességének megtett idejét figyeljük
2. számítógép segítségével kiértékeljük az adatokat

Az alábbi módszerrel elkülöníthetők egymástól, azok a gyökerek, amelyek minimum 20cm távolságra találhatók egymástól (Divós és tsai, 2019).

13.ábra akusztikus mérés

(Divós., 2019)

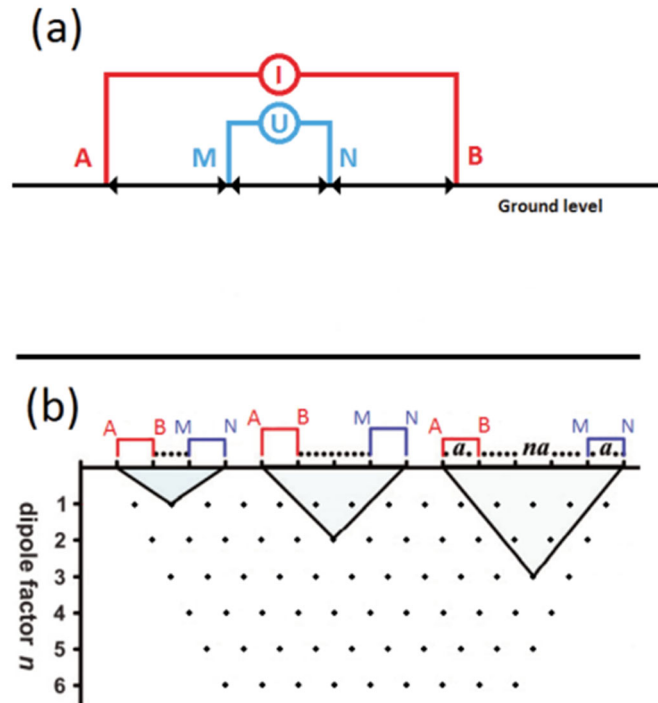


2.4.5 Elektromos ellenállás tomográfia

Az elektromos ellenállás mérése (ERT) egy olyan módszer, amellyel elektródákon keresztül elektromos áramot vezetnek a talajba, és egy kiválasztott helyen mérik az elektromos potenciálkülönbséget (feszültséget). (Daily és tsai. 2004). Ezzel az elektromos ellenállását mérhetjük az anyagoknak, jelen esetben a gyökérnek.

Az ellenállás méréshez legalább négy elektródára van szükségünk, amiből kettő az elektromos áram beviteléhez szükséges (A-B), illetve kettő az elektromos potenciál különbség méréséhez. Az áram- és feszültségelektroddapárok különböző elrendezésével (tömbökkel) különböző mélységi információk és oldalirányú felbontás érhető el. Ezek az elrendezések a céltól függően rácsozással vagy párhuzamos profilozással diverzifikálhatók (14.ábra).

14. ábra elektródák geometriai konfigurációi
(Comin, 2021)



A rendszerre behatással lehetnek a talaj jellemzői, mint például a nedvesség vagy sótartalom, illetve az éghajlati viszonyok is. A rendszer érzékeli a talaj ellenállásának változásait és ezáltal felismeri, ha egy olyan részhez ér, ahol gyökérszóna található. Ahhoz, hogy ez megvalósuljon, a talaj és a gyökér ellenállás értékének különböznie kell, ami nem mindig történik meg. A kísérletek során viszont a legtöbb esetben kimutatható volt a gyökerek pozíciója ezzel a mérési technikával, kivéve amikor több gyökérrendszer fedte át egymást (Comin és tsai, 2021).

3. Anyag és módszer

3.1 Kísérleti fázisban lévő rendszerek

A kísérlet egy már meglévő rendszeren alapul, amelyet egy másik szektorban használnak közép feszültségű kábelek lokalizálására. A kábelhibák nyomvonalazási, hibahely keresési technikákat már hosszú ideje alkalmazzák és ezáltal elég széles körben állnak rendelkezésre kifinomult módszerek.

Amennyiben a kábelekre úgy tekintünk, mint a modern kor és civilizáció gyökerei, nagyon könnyen párhuzamot lehet vonni a fa gyökere és az elektromos kábelek között. Sok meghibásodás a kábel útvonalának közelében lévő munkálatok által okozott mechanikai sérülések miatt következik be, ugyanúgy, ahogy a fák gyökereit is megszórták sérteni, elvágni. Némely hiba azonnali meghibásodáshoz vezethet, és van amelyiknél csak hónapokkal, évekkel később jelentkezik, amely egyaránt vonatkozik mindkettőre. Szintén párhuzamot lehet vonni biztonság-technikai szempontból is. A cél mindkét esetben a megóvás, amit el is érhetünk, ha előre megtudjuk határozni a gyökér, kábel nyomvonalát.

Jelen kísérletben a hangfrekvenciás módszert alkalmaztuk, ami a használata során egy hangfrekvenciás jelet juttat a gyökérbe és a két vezető között kering. Az induló, illetve a visszatérő áram mágneses hatásai általában kioltják egymást, de a keresőtekercs segítségével érzékelhető. Az indukált jelkülönbségek miatt a jelcsúcsokat érzékeljük. A gyökerek vizsgálata nem a legegyszerűbb ezzel a technikával, mivel sokszor egymás alatt vagy felett is elhelyezkednek, így bezavarva a jelet (Clegg és tsa., 1975).

3.2 Eszközök

1, Megger Ferrolux FLG12 hangfrekvenciagenerátor egy olyan mérőberendezés, amely a generátorból származó jelet képes galvanikus és induktív csatolással is átadni (15.ábra). A kimenő jel teljesítménye maximum 12W lehet és négy féle frekvencia választható ki rajta – (33kHz; 9,8kHz; 982Hz és 491Hz).

15.ábra Hangfrekvenciagenerátor

(K.N, 2024)



Element	Description
1	Display
2	Signal output sockets
3	Mains power supply connection socket
4	LED to indicate the charge status
5	6.3 A fine wire fuse, slow
6	Knob
7	Membrane key with following functions: • Indicator unit on/off (when pressed and held) • Backlighting on/off (when pressed briefly) • LED indicates the device is switched on (green) and low batteries (red)

2, Megger Ferrolux IFS hangfrekvenciás vevő

A vevő különböző mérési feladatokra állítható be. A jelvevő segítségével a váltakozó áram rögzíthető, jellé alakítható és továbbítható a vevőegységre (16.ábra). Amely gyökerek a hangfrekvenciával generált jelet hordozzák, kimutathatók lesznek. A műszer pontosan kimutatja a nyomvonalon kívül a mélységet, áramerősséget és a jeláramlás irányát is.

16.ábra Ferrolux IFS

(K.N, 2024)

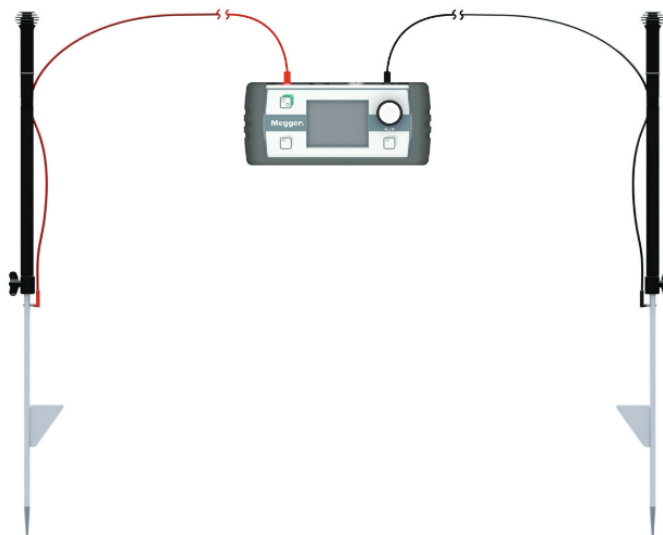


3, Megger ESG NT2 földzárlatkereső készülék

Alap esetben a közép feszültségű kábelek köpenyhibáinak feltérképezésére használt eszköz (17.ábra), mely a lépésfeszültség módszerével működik. A mérőáram a hiba helyén a talajba potenciálgradienst képez. A lépésfeszültség akkor emelkedik, amikor a szondák mindegyike a hibahely előtt helyezkednek el. Amikor a hibahely mellett elmegyünk a polaritás megváltozik majd ismét lecsökken minél távolabb megyünk. A készülék egyenáramú impulzust tudja detektálni, ellentétben a Ferrolux IFS-el.

17.ábra ESG NT2 berendezés

(Anonymus, 2024)



Egyéb eszközök:

- Földelőszonda (18.ábra)

5db 1,5 méteres 22mm² átmérőjű horganyzott szonda köracélból.

18.ábra Rúdföldelő

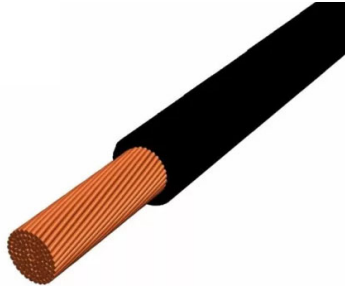
(Pudleiner, 2024)



- 10mm² MKH (H07V-K) sodrott réz PVC szigetelésű vezeték krokodil csipesszel a végeken

19.ábra Vezeték

(K.N, n.a)



3.3 Mérések

A méréseket 3 helyszínen végeztük el különböző fafajokon és talajokon.

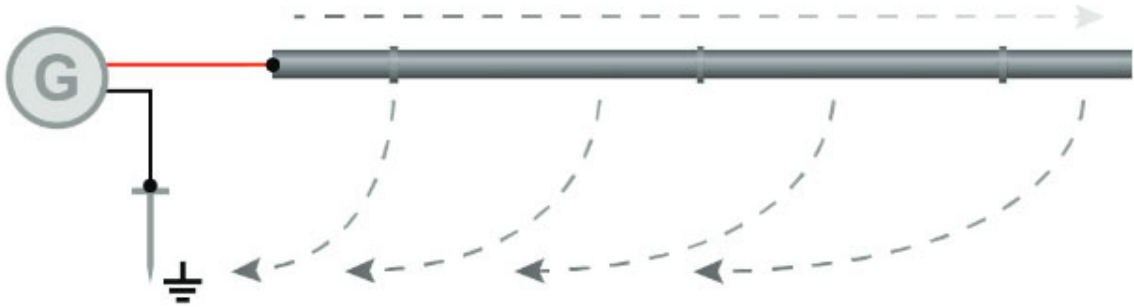
Mindhárom esetben hangfrekvenciás méréseket végeztünk a kijelölt fákon, a gyökerek letérképezéséhez.

A fákat és azok helyszínét igyekeztünk úgy megválasztani, hogy ott a legoptimálisabb körülményekkel végezhesük el a kísérleteket. Ennek érdekében a mérési napokat úgy választottuk meg, hogy az kifejezetten olyan napra essen, amikor az időjárási körülmények stabilok és szárazok. Mivel eső után, nedves talajon a jelek fals információval szolgálhatnak. Továbbá, a mérési helyszínek kiválasztásánál az is szerepet játszott, hogy a kísérleti fa közelében ne legyenek más fák vagy jelentősebb gyökérhálózattal rendelkező növények, melyek zavarhatják a mérés eredményességét.

Ezt követően, a mérési objektummal közvetlen kapcsolatot létesítettünk egy a fában elhelyezett szög segítségével. A hangfrekvenciás generátor egyik kimenetét erre kötöttük rá, a másikat a fa körül elhelyezett szondákra (20.ábra).

20.ábra Mérés telepítés

(K.N, n.a)



A kísérleti mérések során, az eszközöket, úgy helyeztük el, hogy minél hatékonyabban és pontosabban lehessen a nyomvonalakat meghatározni. Ezért törekedtünk, hogy minden fánál egyedileg határozzuk meg az eszközök elhelyezésének módját és távolságát. Mindhárom mérési helyszínen a fák koronájának vetületét használtuk kiindulási alapnak, és ott helyeztük el a szondákat, hogy optimális adatokat gyűjtsünk a gyökérzet kiterjedéséről. A talajba helyezett földelőszondákat réz vezetékkel kötöttük össze, hogy egy mérőhálót hozzunk létre a fa körül, ezáltal javítva a jel erősségét.

Ezek után a generátoron elvégeztük a megfelelő beállításokat. A frekvenciát közel 1kHz-re állítottuk, tapasztalati úton ez minősült a legjobbnak, illetve az átviteli teljesítményt 2W-ra.

Innentől kezdve a mérések alapját ezek az eszközeállítások, telepítési irányelvek határozták meg, amellyel a gyökérrendszer komplex hálózatának feltérképezése volt a cél, minél pontosabban.

4. Eredmények

Az első mérést Nagytarcsa külterületi részén végeztük, magánterületen egy Fehér akácon (*Robinia pseudo-acacia*), melynek dendrológiai tulajdonságait tekintve a lombhullató fák közé sorolandó, hajtásai alig differenciáltak (Gencsi és tsa,1992). A szemrevételezést követően látható volt, hogy a törzse szürkés barna, amely az idősebb akácokra jellemző. Gyökere fiatal korában még vertikális irányban elágazó szívgyökérzet, viszont a feltételezés alapján, hogy ez egy koros fa, a rá jellemző gazdagon elágazó, oldalgyökeres gyökérrendszert feltételeztük. Nagytarcsa azon részén homokos talaj található, ami utat enged a gyökereknek hosszan mélyre hatolni, amit a vizsgálattal szemügyre is tudtunk venni.

Mivel ez volt az első mérés, így a hangfrekvenciás mérés mellett a lépésfeszültség (21.ábra) mérésének módszerével is megpróbáltuk lokalizálni a gyökereket. Az utóbbinál az eredmény nem volt egyértelmű, illetve a fán felléphető negatív élettani hatások elkerülése végett ezt a módszert nem alkalmaztuk a későbbiek során, mivel az egyenáram erősen sejtkárosító, kémiai reakciók mehetnek végbe a fa belsejében (Hernádi, 2013).

21.ábra Egyenáram biztosítását szolgáló mérőkocsi

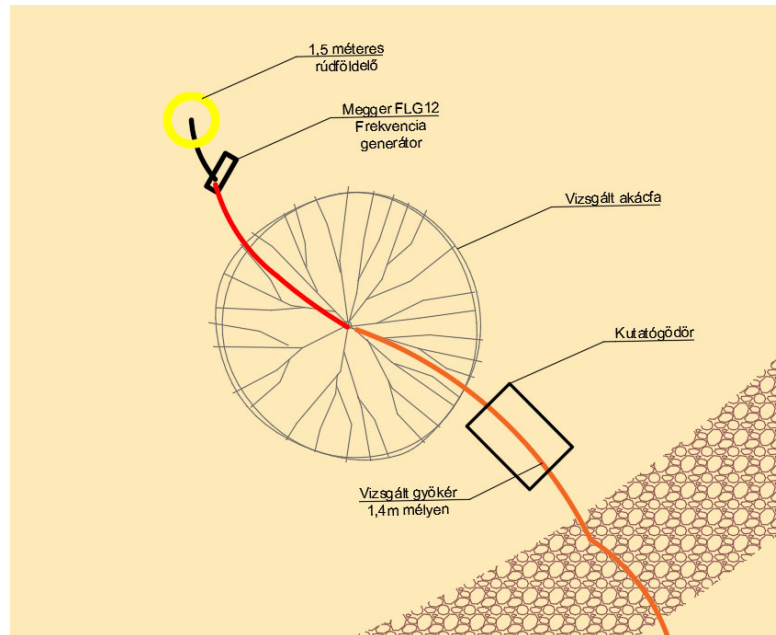
(Pudleiner, 2024)



A hangfrekvenciás mérés összeállításakor, itt csak egy darab rúdföldelőt használtunk (22.ábra), amely segítségével egy gyökér jelét fogtuk összesen.

22.ábra CAD ábrázolás

(Pudleiner,2024)



A generátort először 491Hz-re állítottuk, majd 982Hz-en vizsgáltuk tovább. Miután a detektálás megtörtént, kutatógödör segítségével megnéztük, hogy valójában ott található-e gyökér. A mérés eredményes volt, mivel a műszer szerint 1,31 méteren található a gyökér és 10cm-es mérési hibahatáron belül meg is találtuk (23.ábra).

23.ábra kutatógödör

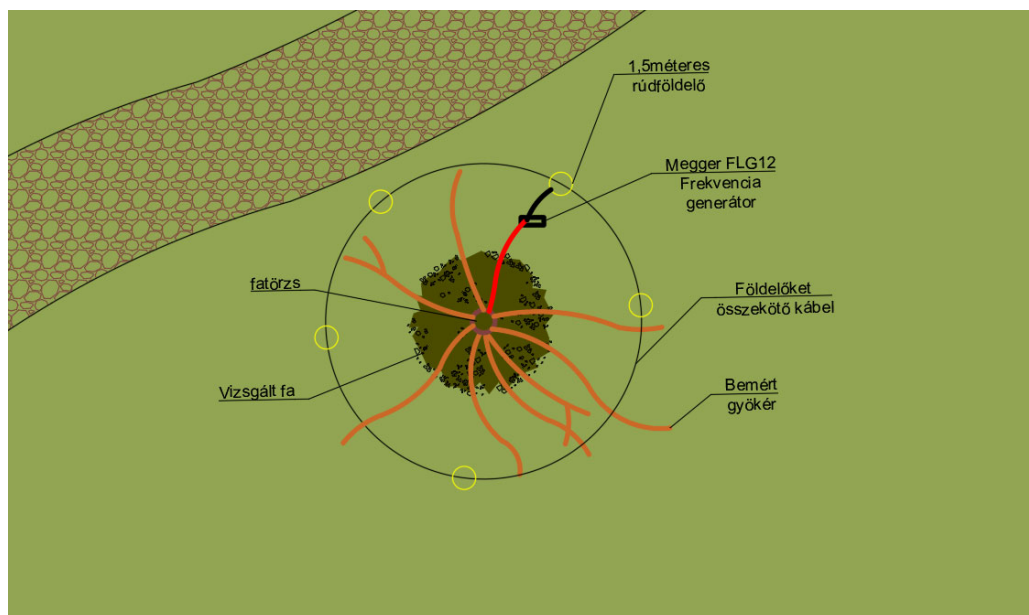
(Pudleiner, 2024)



A második mérést Kerepesen, egy magánkézből lévő parkban végeztük el, ahol már a fentebb írtaknak megfelelően helyeztük el a szondákat, a fa koronáján kívül kör alakban. A szondákat összekapcsoltuk kábelek segítségével, így kialakítva egy földelési hurkot (24.ábra).

24.ábra CAD ábrázolás 2

(Pudleiner, 2024)



Ezek után az első mérésben leírtak szerint állítottuk össze a rendszert és nyomvonalastuk a fa gyökereit. A gyökerek körülbelül 50cm mélyről indultak és a legmélyebben mért gyökér 2,63 méteren helyezkedett el. A mérés során megtapasztaltuk, hogy a generátor áthelyezésével egyik szondáról a másikra, más-más gyökereket kutathatunk fel.

A mérést egy korai juharon (*Acer platanoides*) végeztük. Mivel itt nem áshattuk meg a gyökerek helyét, így a fa fajra jellemző tulajdonságaival hasonlítottuk össze a kapott adatokat, miszerint a gyökérrendszere terjedelmes dendroid gyökérzet, sok támasztógyökérrel, amelyek oldalirányba futnak (Gencsi és tsa,1992). Ezek alapján a mérések eredménye közel állhat a valósághoz. A gyökereket marker jelölőspray segítségével szemléltettük (25.ábra).

25.ábra *Acer platanoides*

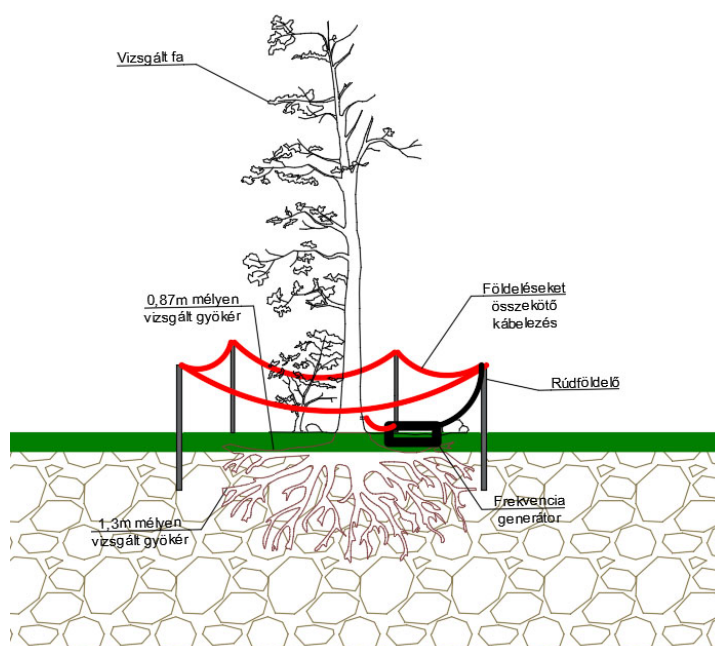
(Pudleiner, 2024)



A harmadik mérést Erdőkertesen egy fenyvesben végeztük el (26.ábra). Az itt található kísérleti fenyő (*Pinus sylvestris*) volt a legnehezebben mérhető a három közül.

26.ábra CAD ábrázolás 3

(Pudleiner, 2024)



A homokos talaj, illetve a többi fa közelsége megnehezítette a gyökerek pontos behatárolását. Az amúgy sem egyszerűen mérhető karógyökér mellett. Itt is hagyatkoztunk a fajra jellemző tulajdonságokban bízva, miszerint az idősebb egyedek oldalgyökereket fejlesztenek majd sűrítik azokat (Gencsi és tsa,1992). A mérés és kijelölés után, elvégeztük a feltárást, amely pozitív eredményeket hozott (27.ábra). Az ásást nehezítette, hogy a lombkorona hiányzott az egyik oldalon, így a fa súlypontja épp a bemért gyökér irányába dőlt.

27.ábra Mérés fázisai

(Pudleiner, 2024)



Az eredményt illetően, a készülék pontosan detektálta gyökér mélységét és helyzetét, viszont nem a sekélyebben lévő vastagabb gyökereket találta meg, hanem egy vékonyabb felszívó gyökeret. A mérést még nehezítette a fa és gyökerének gyanta tartalma is, mivel az szigetelésként funkcionált.

A kísérlet célja összességében az volt, hogy a fák különböző gyökérrendszerein és talajfajtáin keresztül megismerjük ennek a mérési elvnek az előnyeit és hátrányait. A három kísérleti fa közül az akác minősült a legkönnyebben mérhetőnek, mivel homogén talajszerkezet elősegítette a jelek akadálymentes továbbítását a készülékre, viszont a korai juhar gyökérzetének komplexitása miatt az ottani mérés lehetővé tette a gyökérrendszer több részletének megismerését is, ám ez időigényesebb is volt. A harmadik és egyben utolsó mérés bizonyult a legnehezebbnek, mivel a gyanta szigetelőként hatott a mérés során és a közeli fák gyökérzete is interferenciát okozott.

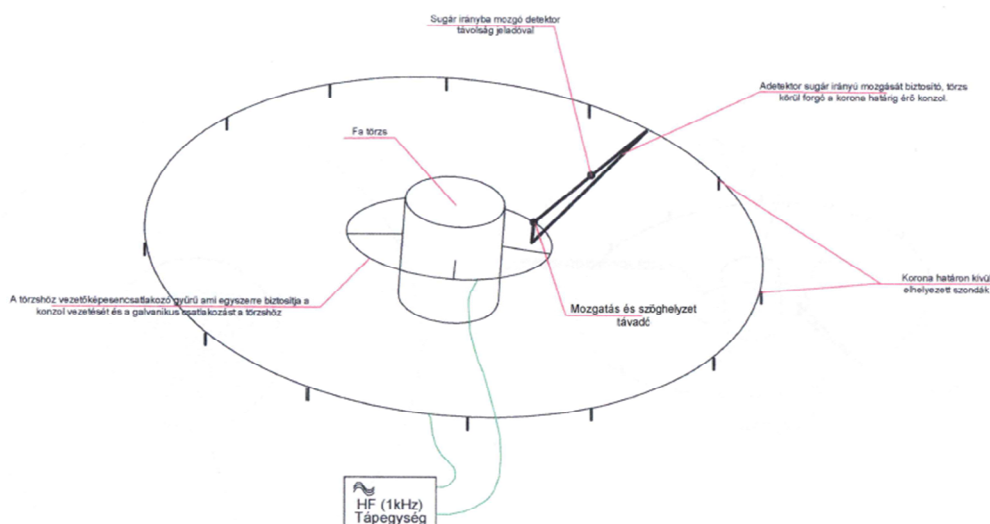
5. Következtetések, javaslatok

Bár ez a módszer ígéretesnek tűnik, olyan tényezők, mint a talaj összetétele, a környezeti feltételek és a fafajok befolyásolhatják a technika hatékonyságát. A pontos és megbízható eredmények biztosításához elengedhetetlen a rendszeres kalibrálás és validálás.

Tapasztalatok alapján a hangfrekvenciás módszerrel lokalizálni lehet a fák gyökérét, viszont további kísérletek javasoltak. Mivel a jellevő által bemért pontokon megtalálhatóak voltak a gyökerek, de kiásva őket több, a vevő által nem detektált gyökér is találtunk. Az eredményt tekintve, nem kijelenthető, hogy a fa mely funkcióját ellátó gyökereket lehet analizálni az adott technikával.

A jövőben tanácsos ezt a technológiát továbbfejlesztve, egy a fára formált berendezést megalkotni, a jobb eredmények reményében. Jelenleg a vevőkészüléket kézben tartva, a nyomvonal mentén sétálva használható, amely a kábelmérések során elegendő. Tekintve, hogy a fának szerteágazó gyökérrendszere van, a terület alapos, pontszerű felvételezése hatékonyabb lehet, amelyet a 28.ábrán szemléltettem.

28.ábra Tervezendő berendezés
(Pudleiner, 2023)



6 Összefoglalás

A mai társadalom új kihívásokkal áll szemben. A városok zsúfolt közege, a klímaváltozás és az egyre nehezebben tartható urbanizációs fejlesztések egyensúlyban tartása az ott élő fákkal megoldást kívánnak. Az eddigieknél jóval fontosabbá vált, hogy a meglévő tudást felhasználva, kísérletet tegyünk a városi növényzet megóvására. Az eddig tapasztaltak alapján a fák föld feletti részére nagyobb hangsúly fektetődött, viszont nem elhanyagolható a talaj alatt lévő gyökérzet sem, amely számos jó tulajdonságával hozzájárul a fa és a körülötte lévő életéhez. Amennyiben megsértik, vagy elvágják azokat, a fa állapota nagy mértékben romolhat, illetve statikáját is ronthatja, ami a városi környezetben igen jelentős veszélyeket rejthet.

Napjainkban a gyökerek előzetes lokalizálására, feltárására nem fektetnek elég nagy nyomtérket, vagy azt úgy teszik, hogy a gyökérzetet valamilyen szinten roncsolják. Ezt megakadályozva, szakdolgozatom betekintést ad a manapság használatban- és kísérleti fázisban lévő berendezésekről, melyek jó opcióként szolgálhatnak a jövőben.

Számos analóg és digitális rendszeren mellett, Egy másik iparágba fejlesztett, meglévő technológia felhasználására tett kísérlete is leírásra került, amely egy ígéretes alternatívaként szolgálhat a meglévő technológiák mellett a jövőben. Ezt a szakdolgozatban leírt mérési technikák után, részletesen bemutatásra kerül saját kísérletek folytán. Hangfrekvenciás méréseket végeztünk több fafajon, eltérő talajtípusokon, hogy meghatározzuk a gyökérzet helyét és mélységét. Ezáltal elősegítve a közműhálózatok és építkezések fejlesztését, úgy, hogy a gyökereket is megóvjuk.

7 Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném kifejezni köszönetemet Dr. Szabó Veronikának, aki a dolgozat lektorálásában nyújtott segítséget, valamint értékes észrevételeivel és javaslataival jelentősen hozzájárult a szakdolgozatomhoz.

Továbbá hálás köszönet Pundleiner Kálmánnak a mérési berendezések összeállításában nyújtott szakszerű és gyakorlati segítségében, amely nélkül a kísérlet nem lett volna kivitelezhető.

8 Irodalomjegyzék

Andrew Hirrons Applied Tree biology (2017) pp. 142.

Buée, M. Boer, W.D. and Martin, F. (2009) The rhizosphere zoo: An overview of plant-associated communities of microorganisms, including phages, bacteria, archaea, and fungi, and of some of their structuring factors. *Plant and Soil*, 321: 189–212.

Crowther, T.W., Glick, H.B., Covey, K.R., Bettigole, C., Maynard, D.S., Thomas, S.M., et al. (2015) Mapping tree density at a global scale. *Nature*, 525: 201–205.

Ennos, A.R., Armson, D. and Rahman, M.A. (2014) How useful are urban trees? The lessons of the Manchester Research Project. In: Johnston, M. and Percival, G. (eds). *Trees, People and the Urban Environment II*. Institute of Chartered Foresters, Edinburgh, UK, pp. 62–70.

McCormack, L.M., Adams, T.S., Smithwick, E.A. and Eissenstat, D.M. (2012) Predicting fine root lifespan from plant functional traits in temperate trees. *New Phytologist*, 195: 823–831.

Kerényi Attila – Környezettan (2003), pp. 247.

Gencsi László és Vancsura Rudolf – Dendrológia (1992) pp.142-150

Gencsi László és Vancsura Rudolf – Dendrológia (1992) pp. 527-528

Gencsi László és Vancsura Rudolf – Dendrológia (1992) pp. 567-572

UNEP (2008) *Kick the Habit: A UN Guide to Climate Neutrality*. United Nations Environment Programme, Arendal, Norway

Roy, S., Byrne, J. and Pickering, C. (2012) A systematic quantitative review of urban tree benefits, costs, and assessment methods across cities in different climatic zones. *Urban Forestry and Urban Greening*, 11: 351–363.

8.1 További források

<https://ieeexplore.ieee.org/document/9163517>

https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fvacuumexcavation.com.au%2F&psig=AOvVaw14XRuiqslBMhIq6UfS3f_D&ust=1701106429411000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCIip8reZ4oIDFQAAAAAdAAAAABAJ

<https://air.unimi.it/retrieve/dfa8b9a7-f34f-748b-e053-3a05fe0a3a96/ITALUS%20HORTUS%20Metodi%20non%20invasivi%20per%20radici%202021.pdf>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969723053536>

<https://ieeexplore.ieee.org/document/9883988>

<http://midra.uni-miskolc.hu/document/41506/39237.pdf>

https://nat2012.nkp.hu/tankonyv/fizika_11/lecke_01_002

<https://www.afacademy.org/courses/3-months-online-course-on-ground-penetrating-radar-oa411>

https://www.debreciner.hu/cikk/1406_gyokerek

http://doktori.nyme.hu/id/eprint/573/1/disszertacio_Buza.pdf

https://tree-assessor.dobrekadry.pl/wp-content/uploads/2021/10/O5_Instrumental_tree_assessment_HU_211007.pdf

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169919310725>

<https://www.clayresearchgroup.co.uk/ert.asp>

<https://plantmethods.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13007-017-0252-9>

<https://surfacesearch.com/electrical-resistivity-tomography-what-is-it/>

https://www.researchgate.net/profile/Susan-Day-5/publication/228695352_Tree_Root_Ecology_in_the_Urban_Environment_and_Implications_for_a_Sustainable_Rhizosphere/links/0c96053c3e95e6b9d4000000/Tree-Root-Ecology-in-the-Urban-Environment-and-Implications-for-a-Sustainable-Rhizosphere.pdf

https://ereader.perlego.com/1/book/991918/12?element_plgo_uid=ch12_125&page_number=147

<https://www.slideserve.com/hoang/a-v-rosok-fejlod-se-s-szerkezete>

<https://takingplaceinthetrees.net/2013/02/11/moving-maturity/>

<https://plantmethods.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13007-017-0252-9>

<https://library.seg.org/doi/full/10.1190/1.1729225>

<https://air.unimi.it/retrieve/dfa8b9a7-f34f-748b-e053-3a05fe0a3a96/ITALUS%20HORTUS%20Metodi%20non%20invasivi%20per%20radici%202021.pdf>

<https://digital-library.theiet.org/content/journals/10.1049/piee.1975.0108>

<https://megger.com/audio-frequency-generator-ferrolux-flg12#overview>

<https://www.sebakmt.de/hu/detail/FERROLUX.html>

<https://elektrikstore.hu/MKH-H07V-K-1x1-5-mm2-fekete-sodrott-rez-PVC-szigetelesu-450-750V-vezetek>

<https://hu.wikipedia.org/wiki/Egyen%C3%A1ram>

<https://prezi.com/i-7deugboruu/az-egyenaram-hatasai/>

9 Nyilatkozat

NYILATKOZAT

Pudleiner Péter Zsolt (hallgató Neptun azonosítója: **KLHFP5**) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: Budapest, 2024. október 31.



belső konzulens

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve:

PUNLEINER PÉTER ZSOLT

A Hallgató Neptun kódja:

KLHFP5

A dolgozat címe:

A gyökérzet feltérképezésének előnyei és fontossága mértékelt mértékű fejlesztéssel.

A megjelenés éve:

2024

A konzulens intézetének neve:

MAGYAR AGRÁR ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

A konzulens tanszékének a neve:

DISZNÖVÉNYTERMESZTÉSI ÉS DENDROLÓGIAI
TANSZÉK

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumba. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumban.

Kelt: 2024. év október hó 29. nap

Hallgató aláírása