

SZAKDOLGOZAT

BOLLA DÁVID ISTVÁN
Természetvédelmi
mérnök

Gödöllő
2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézet
Természetvédelmi mérnök alapképzési szak

A FÖLDIGILISZTÁK FELMÉRÉSÉNEK EREDMÉNYEI
NÉHÁNY HAZAI VÉDETT TERMÉSZETI TERÜLETEN

Belső konzulens: Dr. Centeri Csaba László
egyetemi docens

**Belső konzulens
intézete/tanszéke:** Vadgazdálkodási és
Természetvédelmi Intézet,
Természetvédelmi és
Tájközgazdálkodási Tanszék

Külső konzulens: Dr. Simon Barbara
egyetemi docens

Készítette: **Bolla Dávid István**
HXM1UU
Levelező

Gödöllő
2023

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	3
2. Célkitűzések	5
2.1. Általános, bevezető jellegű célkitűzések.....	5
2.2. Részletes célkitűzéseim	5
3. Szakirodalmi áttekintés.....	6
3.1. Talajok és szerepük.....	6
3.1.1. A talaj fogalma és jelentősége.....	6
3.1.2. Tápanyagellátás a talajban.....	9
3.2. A földigiliszták és szerepük a talajban	10
3.2.1. Rendszertani besorolás és általános jellemzés	10
3.2.1.1. Magyarország földigilisztá taxonjai.....	12
3.2.2. A földigiliszták előfordulását befolyásoló tényezők.....	12
3.2.2.1. Trágyázás és földművelési mód	12
3.2.2.2. Talajparaméterek.....	14
3.2.2.3. Időbeli eloszlás	14
3.2.3. A földigiliszták hozzájárulása a talaj ökoszisztéma-szolgáltatásaihoz.....	15
3.2.4. Indikátorfajok	16
4. A vizsgálatok anyagai és módszerei	18
4.1 A vizsgált területek rövid jellemzése.....	18
4.1.1. Területválasztás és mintázás időpontjának indoklása.....	18
4.1.2. Mintázási helyszínek.....	19
4.2 A terepi munka során használt eszközök.....	21
4.3 Mintavételezés.....	21
4.3.1. Mintagödrök kialakítása és földigiliszták begyűjtése	21
4.3.2. Talajminták NIR-szkenneres vizsgálata	22
4.3.3. Szűrőbotos talajvizsgálat	23
4.3.4. Földigiliszták fajmeghatározása és tömegmérése	23
4.3.5. Statisztikai kiértékelési módszer	24
5. Eredmények és értékelésük	25
5.1 A vizsgált területek giliszta-faunisztikai eredményei.....	25
5.2 Földigiliszták abundanciájának és biomasszájának eredményei	27
5.2.2. Demográfiai megoszlás	29
5.3. A talajélet szempontjából fontos paraméterek eredményei.....	29

5.4. Mintázás idejének hatása és idősoros vizsgálatok eredményei.....	31
5.5. Domboldalhatás vizsgálata.....	32
6. Következtetések és javaslatok.....	34
6.1 Következtetések	34
6.2. Javaslatok jövődöbeli vizsgálatokhoz.....	35
7. Összefoglalás.....	36
8. Irodalomjegyzék.....	37
9. Köszönetnyilvánítás.....	42
10. Mellékletek.....	43
10.1. A mintavételi pontok koordinátái	43
10.2. Szada, Margita tető mintavételi pont.....	44
10.3. Szada, Margita alja mintavételi pont	45
10.4. Szada, Margita mély mintavételi pont	46
10.5. Sirok, Váralja mintavételi pont és szűröbotos talajvizsgálat	47
10.6. Sirok, tarvágás mintavételi pont és szűröbotos talajvizsgálat.....	48
10.7. Sirok, Nyírjes-tó melletti domboldal teteje mintavételi pont és szűröbotos talajvizsgálat.....	49
10.8. Sirok, Nyírjes-tó melletti domboldal alja mintavételi pont és szűröbotos talajvizsgálat	50

„Ne feledd: a talajon nemcsak állsz, hanem élsz is!”

(Stefanovits Pál)

1. Bevezetés

A fenti idézet Stefanovits Pál, magyar vegyészmérnöktől, talajtanásztól és a Magyar Tudományos Akadémia egykori rendes tagjától származik, és rávilágít arra az egyre erősödő törekvésre, hogy megértsük, mi is történik pontosan a lábunk alatt. Ám a feladat összetett, mivel a vizsgálat tárgya is az.

Hosszú időn keresztül a talajok termelési- és erőforrás-funkciói domináltak az emberi faj nézőpontjából. A környezetvédelmi kérdések előtérbe kerülésével nyilvánvalóvá vált, hogy az egyik kulcskérdés a talajok állapotának megóvása, hiszen a talaj természetes szűrő és egyben nagy kapacitású pufferközeg. Mindemellett a föld- és a kultúrtörténet archívuma, fontos génrezervoár. Ez utóbbi funkciók a természet védelmében betöltött szerepére is utalnak, erősítik a talajvédelem természetvédelmi vonatkozásait (Barczy *et al.*, 2008).

A talaj egyik természetes funkciója az egyes anyagok megkötése, lebontása és átalakítása. Mivel korlátozottan áll rendelkezésre, termőterületeink kiterjedése rohamosan zsugorodik. Antropogén hatásra a talajműködést befolyásoló környezeti tényezők megváltoznak a talajélet egyensúlyának felborulásához, a termőképesség fokozatos kimerüléséhez vezethetnek, regenerálódása pedig akár évszázadokat is igénybe vehet igénybe. A talaj tehát a levegőhöz és vízhez hasonlóan védelmet igényel! Ezt felismerve, Földünk számos országában, és hazánkban is törvényi védelem alatt áll: a környezetvédelmi és a természetvédelmi törvénykezés a természeti környezet más elemeivel együtt védi meg (Horváth, 2012). A nemzetközi környezeti jognak a földek leromlásának okai ellen, különösen az emberek viselkedésének megváltoztatásáért kell küzdenie, hogy felhagyjunk a nem fenntartható földhasználati módszerek felhagyásával (Boer *et al.*, 2016).

A talaj vízháztartása meghatározza annak levegő- és hőgazdálkodását, biológiai tevékenységét és – ezeken keresztül – tápanyag-gazdálkodását is. Illetve azt, hogy az ökoszisztéma a környezet „stresszhatásait” milyen mértékig képes pufferelni. A klímaváltozással kapcsolatos előrejelzések alapján a szélsőséges hidrológiai és talajnedvesség-forgalmi helyzetek (árvíz, belvíz, túlnedvesedés, valamint aszály, gyakran ugyanabban az esztendőben, ugyanazon a területen) valószínűsége, gyakorisága, időtartama és intenzitása a jövőben növekedni fog (Simon 2008).

Bolygónk talajai ~2500 gigatonna szénnek tárolnak, mely háromszorosa a légköri szén mennyiségének. A CO₂ egy gyakori üvegházgáz, mely eredetét tekintve természetes, és egyre inkább emberi, antropogén eredetű kibocsátásokból származik. Ezen kibocsátás ellensúlyozására, illetve az eredményeképp kialakult éghajlatváltozás hatásainak csökkentésére lehetne válasz a CO₂ talajban történő megkötése (Panchal *et al.*, 2022), például fenntarthatóbb földhasználati módokkal.

A talaj azontúl, hogy egy polidiszperz, háromfázisú és négydimenziós rendszer, amelyből az egyik dimenzió a talaj biomasszáját jelenti, többek között a vizsgálatom célcsoportjának, a földigilisztáknak az egyik legfontosabb élőhelye is. Ők képviselik a talaj makrofaunájának egyik meghatározó élőlénycsoportját. Kiemelkedő szerepük van különböző talajbiológiai folyamatokban, valamint olyan ökoszisztéma-szolgáltatások befolyásolásában, mint a talajélet és termőképesség, vízháztartás szabályozása, leromlott földterületek helyreállítása és az üvegházgázok egyensúlya (Dewi & Senge, 2015). A kapocs a földigiliszták és a talaj között, pedig az indikáció mivel utóbbi állapotváltozását minél többféleképpen nyomon kell kövessük a fenntartható használat eléréséhez. A taxon egy tudományosan már régóta vizsgált (Darwin, 1840), remek indikátor-fajcsoport, mely jól alkalmazható a talajok biológiai vizsgálatára. A dolgozat témájául választott földigiliszták vizsgálata elválaszthatatlan a talajtól, hiszen élő- és szaporodóhelyként szolgál sok fajuknak, így dolgozatomban igyekszem a jelenlétüket potenciálisan befolyásoló faktorokat megvizsgálni.

2. Célkitűzések

2.1. Általános, bevezető jellegű célkitűzések

A dolgozat témája a talajlakó élőlények közül kiválasztott fajcsoport, a földigiliszták közösségeinek vizsgálata különböző védettségű, illetve természetközeli állapotú területeken, valamint egy LIFE-MICACC projektben helyreállított vizes élőhely közelében. Viszonylag kevés eredmény áll rendelkezésre a fajcsoport védett területeken történő előfordulásáról, az azt befolyásoló paramétereiről, illetve a rendelkezésre álló irodalmak is gyakran ellentmondásosak, illetve hazánk vonatkozásában hiányosak. Így egyes mintaterületeim védett területen voltak. Az irodalmi áttekintés célja, hogy rövid hazai és nemzetközi áttekintést adjon a talajok szerepéről, ökoszisztémájukról. Ennek részeként bemutatni a talajok élő és élettelen alkotói között létrejövő kapcsolatokat, melyeket egyre gyakrabban tanulmányoznak, ám továbbra is számos feltáratlan összefüggés maradt. A célom volt megjeleníteni azt is, hogy hol helyezkednek el a talajok életében a földigiliszták, milyen funkciókat látnak el és mik azok a tényezők, amelyek előfordulásukat befolyásolják, kitérve a taxonok indikációs lehetőségeire, valamint az esetleges összefüggések bemutatása a földigiliszták gyakorisága és az egyes talajparaméterek, valamint a földhasználati módok között.

2.2. Részletes célkitűzéseim

- Földigilisztá-faunisztikai vizsgálatok különböző használatú, illetve védettségű területen.
- A földigiliszták biomasszájának és abundanciájának meghatározása.
- A talajélet szempontjából fontos paraméterek mérése NIR- (near-infra red) készülékkel a mintagödrökből begyűjtött talajmintákban.
- A kapott adatok statisztikai kiértékelése a földigiliszták előfordulására vonatkozóan
 - az egyes mintaterületek,
 - az egyes mintaidőpontok tekintetében.
- Domboldal (lejtő) hatásának hipotézisvizsgálata a földigiliszták előfordulására.

3. Szakirodalmi áttekintés

3.1. Talajok és szerepük

3.1.1. A talaj fogalma és jelentősége

A talaj a természeti környezet része, mely biztosítja az anyagok biológiai körforgását, fogadja a földfelszínre érkező energia- és anyagáramlásokat; tárolja és átalakítja azokat (Stefanovits *et al.*, 1999). A rendszerelméleti megközelítés jól szemlélteti a talaj fogalmát és lényegét: bármely talaj két, önmagában is részrendszerek sokaságának hierarchiájából felépülő nagy alrendszerre bontható. Egy élő szervezetekből álló biológiai és egy szerves és szervetlen vegyületek szilárd és oldott fázisaiból, ásványokból, szerves ásványi komplexekből stb. felépülő abiotikus alrendszer integrációjából (Szabó, 2008).

A mezőgazdaság és az erdőgazdálkodás a vízellátás és a növényi gyökerek megkötése szempontjából nagyban függ a talajtól (COM-nyilatkozat, <http3>). Ezen kívül tároló, szűrő, pufferelő és átalakító funkciókat is ellát: a bekerülő anyagokat bizonyos mértékig lekötő és/vagy átalakítani, így hatásukat közömbösíteni, illetve tompítani képes rendszer. Pufferelő hatásának két legfontosabb területe: a sav/bázis pufferképesség, valamint a táp- és toxikus elem-megkötő képesség. Ez is szerves részét képezi a talaj vízháztartásának (Fülek *et al.*, 2011), emiatt pedig központi szerepet játszik a vízvédelemben és a légkörrel történő gázcserében. Élőhely, genetikai készletraktár (Barczi *et al.*, 2008), tájképi elem, kulturális örökség (Barczi *et al.*, 2009, Saláta *et al.*, 2014) és nyersanyagok forrása.

A termőföld természeti erőforrás, amely az élővilággal szoros kapcsolatban és kölcsönhatásban megújul, ha az anyagok körforgása zavartalan. Ha azonban az anyagforgalomban fennakadás van, vagy a talaj megsemmisül, mint erőforrás nem, vagy csak részlegesen, évtizedek, akár évszázadok alatt újítható meg. Korunkban a talaj biodiverzitása sok oldalról erős stresszhatás alatt van, és felmerült az igény egy hatékony, európai szintű biológiai talajmonitorozásra vonatkozó szabályozás létrehozására. A 2012-es Riói Egyezménybe olyan indikátorok szükségessége került be, melyek a talaj biodiverzitásának változását képesek nyomon követni. A biológiai indikátorok fontos szerepet játszanak a fenntartható talajerő-gazdálkodás elérése érdekében. Ezeken túl további előremutató döntések születtek a talaj védelme érdekében a Részes Felek UNFCCC és UNCCD Konferenciáin (Boer *et al.*, 2016).

A hazai föld- és talajvédelem jogi rendszerében a rendszerváltást követően az 1994. évi LV. törvény jelentett nagy előrelépést az önálló talajtörvény felé, illetve hasonlóan jelentős a

termőföld védelméről szóló 2007. évi CXXIX. törvény. Az Alaptörvény P) cikkében pedig rögzítésre került, hogy a termőföld, az erdő, a vízkészlet, valamint a biológiai sokféleség a nemzet közös örökségét képezik (Raisz, 2022). A természetvédelmi vonatkozása a 1996. évi LIII. törvény III. rész 22.§ értelmében:

„Kiemelt oltalmuk biztosítása érdekében védetté kell nyilvánítani a tudományos, kulturális, esztétikai, oktatási, gazdasági és más közérdekből, valamint a biológiai sokféleség megőrzése céljából arra érdemes (...)

j) tipikus és ritka talajszelvényeket; (...)”

Ez alapján a természetes talajféleségek ugyanúgy a biodiverzitáshoz tartoznak, mint az ökoszisztéma vagy bioszféra többi eleme, tehát védettségük is indokolt, mivel a kipusztulás, eltűnés veszélye hasonlóan fennáll. Gyulai Iván 60 évre becsülte Magyarországon a talajok élelmezési célokra hasznosíthatóságát (Tanka, 2018). Sajnálatos, hogy a természetes talajok aránya rohamosan csökken, mely jelenség nemcsak hazánkban, hanem az egész Földön megfigyelhető.

A talaj élővilágának sokszínűsége több okból is előnyös, nemcsak a talajélet, hanem az emberi faj fennmaradása szempontjából is, mivel az emberiséget pótolhatatlan szolgáltatások széles spektrumával látja el. A talajok több olyan ökoszisztéma-szolgáltatást nyújtanak, amelyek végső soron a helyi sokszínűségen és a földalatti élőlények abundanciáján alapulnak (Griffiths *et al.*, 2016). A legtöbb talajban élő szervezet (1. táblázat) nem található meg más ökotópban, ezért megőrzésük csak a talajok megőrzésével lehetséges.

1. táblázat Organizmusok, taxonok, melyek előfordulhatnak a talajban (Horváth *et al.*, 2012)

Prokarióták	Gombák	Növények		Állatok		
		Mikro	Magasabb rendű	Mikro <0,2 µm	Mezo 0,2 µm – 2 mm	Makro 2-20 mm
Baktériumok Sugár- gombák Ciano- baktériumok	Mikro- gombák Nagy- gombák	Algák	Magvak Rizómák Gumók Hagymák Gyökerek	Egysejtűek Fonálférgek	Ugróvillások Atkák Medveállatkák	Pókok Rovarok Puhatestűek Giliszták

A különböző szervezeteknek többlépcsős folyamatra van szüksége a lebontáshoz, illetve a tápanyag körfolyamathoz. A komplex, talajban élő organizmusok versengenek egymással, és

ezáltal megakadályozzák egymás túlszaporodását. Ezekből következik, hogy élő szervezetek nélkül nincs talaj, illetve, hogy talajt csupán élőlények, élettelen környezetük nélkül nem alkothatnak.

A növények megkötik a légköri szenet, mely szerves szénként a talajban tárolódik. A biodiverzitás jelentőségét növeli, hogy ez a szén a talajlakó élőlények által fenntartott bioturbációs folyamatok révén épül be a talajprofilba, és válik elérhetővé a talaj mikrobiális közösségei számára, amelyek kiemelkedő szerepet játszanak a szervesanyag átalakításában. Ezen széntartalmat fizikai és kémiai stabilitás alapján különböző típusokba lehet sorolni: a labilis vegyületek rövid idő alatt ásványosodási folyamatokon, míg a stabilabb vegyületek lassú, biológiai és kémiai lebomláson mennek keresztül. Ez utóbbiak tekinthetők a talaj valódi és stabil szénraktárainak, mivel hosszú időre a talajban maradnak. A talaj szervesanyag-tartalma pedig kritikus kihatással van a talajszerkezet stabilizációjára, eróziós ellenállására, és a vízvisszatartó-képességére. Baktériumok és más, talajlakó élőlények is részt vesznek a körforgásában, így nemcsak a mezőgazdasági termelékenység, hanem a környezeti ellenállóképesség egyik kulcs indikátora is (Canedoli *et al.*, 2020).

A talaj ökoszisztéma-szolgáltatásainak indikátorai a következők lehetnek: éghajlat-szabályozás a szén megkötésén keresztül, vízkörforgás- és talajerózió-szabályozás talajba történő beszivárgáson keresztül, és az elsődleges termelőfolyamatok támogatása a talajminőségen és a vízraktározáson keresztül (Marichal *et al.*, 2017).

Kevés olyan tanulmány született, amely a talajtulajdonságokat ökoszisztéma-szolgáltatásokhoz kapcsolja (Adhikari & Hartemink, 2016). Ám a talaj széntartalma, élő szervezetei, tápanyag-körforgása és vízháztartása közti kapcsolat az ökoszisztéma-szolgáltatásokkal széles körben dokumentált, hasonlóan a talajhasználat megváltozásának hatásaihoz (Centeri *et al.*, 2012) és a védekezési lehetőségekhez (Bolf *et al.*, 2014). A talaj ökoszisztéma-szolgáltatásai a talaj tulajdonságaitól és alkotóinak kapcsolatától függenek, amelyeket pedig főként a talajhasználat és -kezelés módja határoz meg. A földcsuszamlások, a talajerózió, a széntartalom és a biodiverzitás csökkenése mind-mind a talaj degradációjához vezetnek, amely komoly globális kihívás az élelmiszer-biztonság és az ökoszisztéma fenntarthatóságára nézve. A talajok kezelése tehát a környezeti szabályozáshoz és a földi rendszerek működésének fenntartásához is szükséges, így a talajösszetevők számszerűsítése a talajtudományi kutatások célkeresztjébe került. A talajok, illetve ökoszisztéma-szolgáltatásaik értéke a jogalkotásban, kezelési tervekben és a jövő generációk szempontjából is megkerülhetetlen kérdés. A talaj szerves széntartalma a legtöbb ökoszisztéma-szolgáltatást szabályozza, beleértve szolgáltató, támogató

és kulturális szolgáltatásokat is. A szerves szénttartalom ökoszisztémák általi megkötése potenciálisan csökkentheti a CO₂ légköri koncentrációját, így lassíthatja a globális felmelegedést, ezért pedig a klímaváltozás hatásait csökkentő stratégia részeként tartják számon (Canedoli *et al.*, 2020).

A természeti területek tehát ökológiai, társadalmi és gazdasági hasznat nyújtanak, amelyek értéke használható politikai támogatás növelésére és természetvédelmet elősegítő anyagi források előteremtésére. Ennek következményeképp a természeti szolgáltatások koncepciója egyre gyakrabban megjelenik a kormányzati és nem kormányzati szervek stratégiáiban és irányelveiben, különösen a védett területeken. Az EU 2030-ig tartó időszakának Talaj Stratégiája célul tűzte ki a talajökoszisztémák védelmét (Köninger, 2022), míg hazánk esetében például a 2021-2026-os természetvédelmi stratégia (NTA V., [http2](#)) fogalmaz meg talajvédelmi célokat. A természetvédelemmel foglalkozó szervezeteknél viszont még nem minden esetben van meg a szükséges tudás és tapasztalat egy ökoszisztéma-szolgáltatásokkal kapcsolatos elemzéshez (Canedoli *et al.*, 2020), így ezen megközelítés egyelőre ritkán kerül alkalmazásra a védett területek kezelésekor (Hummel *et al.*, 2019).

3.1.2. Tápanyagellátás a talajban

A talaj tápanyag-gazdálkodásának a rajta és benne élő szervezeteket tápanyagokkal történő ellátását nevezzük. Ez tulajdonképpen a termékenység alapvető eleme, a hő-, víz- és levegőgazdálkodással együtt meghatározza és szabályozza a talajjal kapcsolatos élővilág tevékenységét. A talajok tápanyagellátásában jelentős szerep jut a kolloidoknak. A szerves kolloidok a talajban a humuszkolloidok, míg a szervetlen eredetűekhez az agyagásványokat, a kovasavakat és különféle ásványtörmelékeket soroljuk. Jelentőségük, hogy a talaj különböző kémiai tulajdonságait meghatározó folyamatok a felületükön játszódnak le. A talajban megtalálható tápanyagokat a növények számára nyújtott fontosságuk szerint makro-, mezo- és mikrotápelemekre oszthatjuk. A növények számára a nitrogén, a foszfor és a kálium elengedhetetlen makrotápelemek. A foszfor gyakori indikációs paraméter eróziós vizsgálatoknál, mivel kapcsolódik a talajszemcsékhez, így vízerózió esetén az alacsonyabb lejtőjű területek felé mosódik a talajaggregátumokkal együtt (Centeri *et al.*, 2010). A nitrogén mintegy 95%-a szerves kötésben, humuszban, növényi maradványokban, elhalt szervezetekben található meg. A növények számára felvehető formában csak nitrát és ammónium alakjában van jelen, ami csupán néhány kg/ha mennyiséget jelent. Ráadásul a nitrát könnyen kimosódik, és az ammóniumnak is csak egy része van oldott és kicserélhető formában. A foszfor szerves és szervetlen kötésben egyaránt előfordul. A gyökerekhez tömegáramlással és iondiffúzióval

vándorol. A kálium eredete a földpáttal, csillámokkal kapcsolatos. Az ásványok kismértékű oldhatósága miatt a növények számára csak korlátozottan felvehető. A talajhumusz káliumot csak kis mértékben szolgáltat a növényeknek. A mezotápanyagok, például a kalcium és a magnézium, fontos szerepet játszanak a növényi szervezet felépítésében. A mikrotápanyagok közé azokat az elemeket soroljuk, amelyekből a növények csak nagyon kis mennyiséget igényelnek, de mégis esszenciálisak. Ilyen elemek a vas, a mangán, a réz, a cink, a molibdén, a bór és a szelén (Barczi *et al.*, 2008).

3.2. A földigiliszták és szerepük a talajban

3.2.1. Rendszertani besorolás és általános jellemzés

A földigiliszták rendje (*Lumbriculida*) a kevésstérűűek (*Oligochaeta*) alosztályába tartozik, és a gyűrűsférgék (*Annelida*) törzsének a nyeregképzők (*Clitellata*) osztályába. Az ide tartozó fajok nagyobb testűek, 1 cm-től 75 cm-ig. Testszelvényeiken 8-8 serte található párosával vagy egyesével. Az idősebb állatokon a nyereg a párzási időszaktól függetlenül mindig megtalálható. Elsősorban a talajban levő bomló szerves anyagokkal táplálkoznak, de kiölthető garatjuk segítségével maguk is húznak be leveleket járataikba. A humuszképzésben nagy jelentőségűek, emellett a talajrétegek keverésével, a talajok szellőzésének javításával is kedvezőleg hatnak a talaj szerkezetére. Ürülékük elősegíti a talajban élő mikroorganizmusok szaporodását. Fagyra érzékenyek, így télen a hideg, míg nyáron a szárazság miatt húzódnak a mélyebb talajrétegekbe (Fazekas & Szerényi, 2015).

A földigiliszta fajok egyes egyedei akár hosszú éveken át is életben maradhatnak, közben nagy intenzitással elegyítik az ásványi talaj anyagát, vízellenálló talajmorzsák kiindulási alapját képező ürüléket raknak le, és az erdei alom felaprózásával és annak az ásványi talajba szállításával, illetve keverésével a talajképződés legnagyobb hatású aktivátorai. Ezek a szervezetek a talajban testük megnyúlásával és megrövidülésével mozognak. Testük egész felületén – amit az epidermiszmirigy váladéka tart nedvesen – lélegeznek. A kiszáradással szemben általában nagyon érzékenyek. A talajokban pF 4,2 körül tartósan már nem életképesek. Elterjedésüket a talajok pH-értékei döntően meghatározzák. Petéiket ellenálló kokonokban rakják le. A peték és az azokból kifejlődő lárvák ezekben a meleget és a szárazságot hosszú időn át elviselik (Szabó, 2008).

Alapvetően permanens talajlakók, amelyek életciklusuk valamennyi stádiumában a talajhoz kötöttek. A talajszervezetek makrofauna részét képviselik, mérsékelt övi klímazónába tartozó talajokban átlagos, illetve optimális létfeltételek közötti jellemző egyedszám- és élőtömegértékeik tetszés szerinti mélységű, 1 m² területű talajszelvényre vonatkoztatva a 2. táblázatban láthatóak (Szabó, 2008).

2. táblázat Földigilisztákra (Lumbricidae) jellemző egyedszám- és élőtömegértékek átlagai és optimumai 1 m² talajszelvényre vonatkoztatva (Szabó, 2008; Papp, 2021).

Egyedszám/m ²		Élőtömeg g/m ²	
Átlag (Szabó, 2008)	100	Átlag (Szabó, 2008)	30
Optimum (Szabó 2008)	500		
Extenzív szántó (Papp, 2021)	120-250	Optimum (Szabó, 2008)	200
Sovány gyepek (Papp, 2021)	30-40		

A földigiliszták nedvesséigénye fajoként eltérő. A talaj teljes vízkapacitásának 20%-a alatti víztartalomérték már nem elegendő egyetlen faj létfeltételeinek biztosítására sem. Ezért a talaj nedvességtartalmának és szerkezetének megőrzését szem előtt tartó, talajkímélő művelési eljárások a földigilisztá-fauna fennmaradása és tevékenysége szempontjából is kedvezőek (Pacs, 1990), például az organikus talajművelési módszerek, amelyek a talaj mikro- és makrotápanyagainak mennyisége szempontjából is kedvezőek (Singh *et al.*, 2020).

Ökológiai kategóriáik szerint, melyeket fiziológiájuk, morfológiájuk és viselkedésük alapján határoznak meg, a földigiliszták 3 csoportba tartozhatnak: epigeikus, anektikus és endogeikus (Bouché, 1972), melyek között vannak átfedések. Az epigeikus és anektikus földigiliszták primer lebontó szervezetek. Az epigeikus fajokat az avar átalakításával kapcsolják össze, míg az anektikus földigiliszták függőleges járatokat ásnak, illetve hulladékot/avart fogyasztanak így a vízszűrést is fokozzák, illetve hozzájárulnak a talaj-aggregációhoz. Az endogeikus földigiliszták másodlagos lebontók, ők járulnak hozzá leginkább a talaj-aggregátumok kialakításához. Ezek reagálnak legérzékenyebben a talajban végbemenő változásokra. Ebbe az életformátípusba tartozik a legtöbb hazai földigilisztá faj (Pacs, 1990). Ez az osztályozás viszont nem jelezheti pontosan előre az ökoszisztéma-szolgáltatásokat érő hatásokat, és nem könnyen alkalmazható a *Lumbricidae* családon kívül más családokra, mivel erre lett kialakítva (Marichal *et al.*, 2017).

3.2.1.1. Magyarország földigilisztá taxonjai

A földigiliszták alacsony diszperziós képességgel rendelkeznek. Ennek bizonyítéka, hogy az egyes taxonok földrajzilag merre terjedtek el. Szinte minden kontinensnek megvan a maga endemikus földigilisztá-családja. A hazánkban előforduló *Lumbricidae* család jellegzetes holoarktikus elterjedést mutat. Az elterjedés határai nagyjából egybeesnek az utolsó glaciális periódus jégtaakarójának déli határával. A *Lumbricidae* család áréáját 4 jól elkülönülő régióra lehet osztani, melyek jellegzetes endemikus genuszokkal, fajokkal rendelkeznek. Magyarországon a *Lumbricidae* család 60 taxonja él (Csuzdi, 2007), bár Pacs *et al.* (1990) még 62 fajról írtak. Hazánkban főleg védett területekről van kevés adatuk, de Szederjesi (2011) például a Karancs-Medves Tájvédelmi Körzetben vizsgálta a jelenlevő fajokat.

3.2.2. A földigiliszták előfordulását befolyásoló tényezők

A fajok elterjedése alapjaiban határozza meg a biodiverzitást, az evolúciót és az ökoszisztéma működését. Ennek közvetlen következménye, hogy a fajok gyakorisága és általános összetétele egy táj különböző pontjain nem függetlenek egymástól. Ezért a helyi életközösség és az általános szerkezet tanulmányozása szükséges mind helyi, mind pedig regionális szinten, hogy megérthessük a populációk és életközösségek rendszerét, valamint funkciós szerepüket (Sakraoui *et al.*, 2022). A földigiliszták esetében az egyes egyedek nyomkövetése különösen nehéz, mivel ritkán láthatóak a felszínen (Mathieu *et al.*, 2018).

3.2.2.1. Trágyázás és földművelési mód

Szántóföldeken negatív korrelációt találtak a földigiliszták teljes abundanciája és a tájképi diverzitás között, mivel utóbbi megnöveli a gerinctelenek, az emlősök és a madarak abundanciáját, amelyek a földigiliszták potenciális ragadozói (Hoeffner *et al.*, 2021). Jó példa erre a nagy goda (*Limosa limosa*), illetve a búbic (*Vanellus vanellus*), melyek populációi csökkenő trendeket mutatnak Európában az elmúlt évtizedekben, főként a mezőgazdaságban alkalmazott művelési módszerek miatt (Tucker & Heath, 1994; [http 4](http://4)).

Trágyázás nélküli szántóföldi művelés még hosszútávon sem okoz mérhető csökkenést a földigiliszták egyedszámában, illetve a trágyázott területeken talált giliszták számához képest sem, sőt előbbi esetben magasabb is az egyedszámuk (Timmerman *et al.*, 2006), mely ellentmond más tanulmányoknak, ahol trágyázott körülmények között több egyedet találtak (Jordan *et al.*, 2004; Curry, 2004). A szarvasmarha-trágyával kezelt területeken pedig több földigilisztafajt találtak, mint agrár területeken (Singh *et al.*, 2020).

Füves élőhelyeken, legelőkön magasabb a földigiliszták gyakorisága, mint mezőgazdasági művelésbe vont területeken (Weldmichael *et al.*, 2020), akár kétszerese is (Kanianska *et al.*,

2016). Egy másik kutatás pozitív korrelációt talált a földigiliszta-közösségek sűrűsége és biomasszája, valamint a növények fajgazdagsága között legelőkön. A szántás, a növényvédőszer alkalmazása és az alacsony folyamatos felszínborítás negatív hatással van a földigiliszta-közösségekre, a visszacsatolások erőssége pedig attól függ, hogy mely ökológiai kategóriáról van szó (Hoeffner *et al.*, 2021).

Szilágyi *et al.* (2022) permakultúrás, organikus és hagyományosan művelt földterületeken talált szignifikánsan több földigilisztafajt a permakultúrás területen egy májusi mintázás során, mint az organikuson, viszont a hagyományosan művelt területhez képest nem volt szignifikáns eltérés. Vizsgálataik csak részben támasztották alá a permakultúrás művelési módról feltételezett földigiliszta számára kedvező körülményeket (Szilágyi *et al.*, 2019).

A legelőt, illetve füves élőhelyet körülvevő sövény növeli a földigiliszta-fajgazdagságot, amely a mezőgazdasági területeken a környező területek agrárcélú hasznosításának növekedésével csökkent. A változatos tájjal körbevett mezőgazdasági terület viszont magasabb földigiliszta diverzitást, sűrűséget, illetve biomasszát eredményezett, összehasonlítva egy ugyanolyan típusú, de kevésbé fajgazdag tájban fekvő mezőgazdasági területtel (Hoeffner *et al.*, 2021).

A földigiliszta biomasszája és abundanciája heterogén képet mutat a mintavételi területen belül, illetve a különböző területek között is (Salomé *et al.*, 2011). Gyakran fordulnak elő aggregáltak egy helyen, akár pár méteren belül is nagy szórással, mindez jellemzően demográfiai hatásra, másodlagosan környezeti hatásra alakul ki (Rossi *et al.*, 1997). Két lehetséges indok az aggregációs előfordulásra az egyedek kedvezőbb talajrészekbe vándorlása, illetve a gyorsabb szaporodásuk ilyen területeken (Barot *et al.*, 2007). A több mintaterületen végzett mintázásoknál az egyes helyszínek eltérő topográfiája mind az abundanciát, mind a fajgazdagságot befolyásolta. A földigiliszta-közösségek változatosságát pozitívan befolyásolja az élőhelytípusok komplex mozaikja, illetve hatással van rá a tengerszint feletti magasság. Ezen kívül a klimatikus tényezők, a talajtípus, valamint a növényzet is befolyásolhatja a giliszta-populációt (Timmerman *et al.*, 2006). Jelentősen több földigiliszta-találtak zavartalan, nem tömörödött talajban, illetve mikor a tarlóhántás maradékait a földfelszínen hagyták, mint amikor teljesen csupaszon hagyják a földfelszínt (Ojha & Devkota, 2014; Birkás *et al.*, 2004). Szárazság vagy fagy közeledtével a mélyebb talajrétegekbe húzódnak az egyedek. A fagyra különösen érzékenyek, így mezőgazdasági területeken igen sok elpusztul a túl kései mélyszántások következtében (Bakonyi *et al.*, 2003).

3.2.2.2. Talajparaméterek

A szárazföldi ökoszisztémák esetében általában a talajparaméterek szabályozzák a giliszta-közösségek eloszlását (Salomé *et al.*, 2011) és a földgiliszták ökológiai kategóriáinak abundanciáját, biomasszáját. A talaj magasabb homoktartalma csökkentette a földgiliszták teljes abundanciáját (Lapied *et al.*, 2009), mivel a homokos talajok vízmegtartó-képessége rosszabb, kevésbé kedvező élőhely a földgilisztáknak (Hoeffner *et al.*, 2021). A mezőgazdasági művelésű, valamint a gyorsan száradó, homokos talajokban kevesebb fordul elő, mint például erdős területen (Bakonyi *et al.*, 2003), de az erdők szukcessziós fázisa is meghatározó. A talajszerkezetnek nagy hatása volt az epigeikus fajokra, amelyek tipikusan durva, homokos szemcsézettségű talajokhoz társítanak, míg az anektikus fajok a mély talajokat, és az érett szukcessziós stádiumban levő erdőket preferálják, mely tényezők kombinációja biztosítja a legmagasabb széntartalmat és a legfinomabb talajszerkezetet (Salomé *et al.*, 2011). Táplálkozási szokásaiknak megfelelően, mely főleg idősebb szerves anyag fogyasztását jelenti, az endogeikus földgiliszta-közösségek számosabbak és diverzebbek voltak a magas talaj szervesanyag-tartalommal bíró legelőkön (Hoeffner *et al.*, 2021). Az *Aporrectodea caliginosa* faj jelenléte az iszap- és agyagtartalommal, míg az *Allolobophora chlorotica*-é a szervesanyag mennyiségével függ össze (Lapied *et al.*, 2009).

A földgiliszta-gyakoriság, illetve biomassa szempontjából a legnagyobb jelentőséggel bíró faktorok egyike a pH (McCallum *et al.*, 2016), mely hatással van a földgilisztán belüli kémiai folyamatokra, ami kihat a tápanyagok elérhetőségére. A növekvő pH pozitívan korrelált mind a földgiliszták fajgazdagságával (Joschko *et al.*, 2006), mind pedig a teljes abundanciájukkal (McCallum *et al.*, 2016), de egyes fajok csak bizonyos pH-jú talajokon voltak megfigyelhetőek. A földgiliszták gyorsan reagálnak a pH-ban bekövetkező változásokra és igyekeznek elkerülni 4,5 alatti pH-jú talajokat, főleg az 5,0 és 7,4 közöttieket preferálják (Singh *et al.*, 2020). További jelentős faktorok a talaj szervesanyag-tartalmának növekedése (Hoeffner *et al.*, 2021), a talajszerkezet, a növényzet típusa, valamint a tápanyag-elérhetőség (Salomé *et al.*, 2011).

Előfordulásukat nagyban befolyásolhatja a tengerszint feletti magasság. A gilisztaközösségek összetétele a magassági grádiens függvényében változik. A magashegységi régiókban nem találtak gilisztát, míg a legnagyobb sűrűségben és biomasszában a dombságokban fordultak elő, főleg az anektikus fajok (Salomé *et al.*, 2011).

3.2.2.3. Időbeli eloszlás

Predátoraik (például a gerincesek közül: borz (*Meles meles*), vakondok (*Talpa europaea*), sündisznó (*Erinaceus europaeus*)) nagyobb éjszakai aktivitásából lehet arra következtetni,

hogy magasabb az éjszakai földigilisztá-előfordulás a talajfelszín közelében, mint a nappali. Ennek egyik oka, hogy nagyon érzékenyek a napfényre és ezért kora reggel és késő este jönnek a felszínre szaporodni és táplálkozni (Duriez *et al.*, 2006).

Egy 20 éves vizsgálat alatt dinamikusan változott a földigilisztá-közösség összetétele, így a javallott monitorozásnak évtizedes léptékűnek kellene lennie a realisztikus kiértékeléshez (Butt *et al.*, 2022). Az évek közötti nagy szórás rávilágít, hogy óvatosnak kell lenni a rövidtávú terepi kísérletekkel, illetve területek összehasonlításával alacsony mintaszám mellett (Timmerman *et al.*, 2006).

3.2.3. A földigiliszták hozzájárulása a talaj ökoszisztéma-szolgáltatásaihoz

Az egyes ökológiai földigilisztá csoportok relatív hatása a főbb talajparaméterekre eltérő, éppen ez támasztja alá alkalmazhatóságukat monitorozásra és ökoszisztéma-szolgáltatások értékelésére különböző használatú területeken (Keith & Robinson, 2012), bár az éven belüli hozzájárulásuk változása a talaj szolgáltatásaihoz nem tisztázott (Schon *et al.*, 2017). Szerepük sokrétű, mert táplálkozásuk és járatkészítő mozgásuk révén forgatják a talajrétegeket, melynek nagyságát évente Európában 50 tonnára becsülik, javítják a talaj szellőzőtségét, vízháztartását és szerkezetét. A növények szempontjából is jótékony a hatásuk, ugyanis elősegítik azok gyökereinek mélyebb rétegekbe történő lejutását, illetve megvédhetik azokat a kártevőktől, termésfokozó hatásuk pedig számszerűleg is kimutatható. Jelentős mennyiségű szerves növényi maradványt fogyasztanak, felaprítják a talajfelszínen levő növényi anyagot, főképp falevelet, és a talajban levő szerves anyagot, valamint közben a talajszemcséket is fogyasztják. A testük átmérője meghatározza a földalatti vájatok átmérőjét és a stabil makroaggregátumok méretét a talajban (Marichal *et al.*, 2017). Javíthatják a talajok porozitását, vízgazdálkodási jellemzőit, szemcseösszetételét (Ojha & Devkota, 2014). Az emésztési folyamatuk végén testükből egynemű ürülék távozik, amely a talaj szerkezetét morzsalékosná teszi. Ürülékük igen kedvező hatású a mikroorganizmusok elszaporodásához (Bakonyi *et al.*, 2003), és a talaj gombaközösségeire (Al-Maliki, 2021), ugyanis gazdag nitrogénben és részben lebontott szerves anyagban, amelynek a mikrobák fejlődésében is szerepe van (Stefanovits *et al.*, 1999).

A földigilisztákat számos szárazföldi ökoszisztémában ökoszisztéma-mérnök fajokként tartják számon (Blouin *et al.*, 2013). Azáltal, hogy az anyagok és az energiaáramlás eloszlását módosítják a talaj táplálékláncaiban, módosítják a környezetet, így alsóbbrendű élőlények élőhelyeit alakítják ki, illetve rombolják le. Bioturbációs tevékenységükön keresztül, mint például a járat- és ürülékképzés és a szerves anyag, valamint az ásványi részecskék keverése, befolyásolják a talajok fizikai és biológiai tulajdonságait (Salomé *et al.*, 2011), a talaj

szervesanyag-dinamikáját és a talajszerkezetet, mely az összes hidrológiai szolgáltatásra kihat. Ezen kívül más talajfolyamatokra is van hatásuk, például a lebontásra, aggregátumok képződésére és a talajporozitás fenntartására. Szerepük a támogató folyamatokban bizonyítottan összefügg az ökoszisztéma-szolgáltatásokkal (Schon & Dominati, 2020).

A különböző gilisztafajok, hasonlóan számos más fajhoz, érzékenyen reagálnak a környezetük megváltozására. Számos faktor játszhat szerepet abban, hogy hány giliszta van jelen egy adott területen, illetve az előforduló fajok között milyen arányban találunk adult és juvenilis egyedeket, valamint tömegüket több tényező befolyásolja. A jellegzetességek egy adott faj egyedei között jelentősen eltérhetnek, például a növekedési fázis során, mivel a felnőttek gyakran 15-40-szer nagyobbak, mint a frissen kikelt példányok (Schon & Dominati, 2020).

Agrárterületeken, földgiliszták jelenlétében nőtt a szántóföldi növények hozama (Groenigen *et al.*, 2014). A hozamnövekedés a növényi maradványok nagyobb arányú talajba forgatása esetén nagyobb volt, viszont a magas arányú elérhető nitrogén esetén nem figyeltek meg pozitív hatást. Vagyis a földgiliszták a növényi maradványokon és a talaj szervesanyag-tartalmában elérhető nitrogén felszabadításán keresztül befolyásolják a növények növekedését. Aktivitásuk eredménye, hogy az immobilis makro- és mikrotápanyagok a növények gyökerein keresztül felvehetővé válnak (Ojha & Devkota, 2014). Egy-egy földgiliszta-közösség létrejöttékor az alábbi megszorítások lehetnek hatással az ott található fajösszetételre: történeti és biogeográfiai, táji szintű (mikroklíma és talajtulajdonságok), földhasználat, és közösségen belüli kölcsönhatások (pl.: versengés) (Decaëns, 2008).

A földgiliszták növelik a talaj N-körforgását a szervesanyag-lebontás gyorsításával: elősegítik a szerves nitrogén (N) ásványosodását, amely összeköttetésben van a növények N-felvételével és a talaj N-leadásával. A füvek N-felvétele földgiliszták jelenlétében növekedett (Lubbers *et al.*, 2011; Na *et al.*, 2022), mert N-ben gazdag maradványokat juttathatnak el a fizikailag elszigetelt talajfrakciókba, és átmenetileg növelik annak stabilizációját (Na *et al.*, 2022), gyorsítják a ^{15}N avarból talajba történő áramlását (George *et al.*, 1998). Összességében párhuzamosan nyújtanak ökoszisztéma szolgáltatásokat (növelik a növények N hasznosítását és a talaj N stabilizációját) és ellenszolgáltatásokat (a N_2O kibocsátást növelik és a N kimosódást fokozzák) a talaj N-körforgásában.

3.2.4. Indikátorfajok

A fentebb leírtak alátámasztják, hogy a fenntartható talajgazdálkodáshoz szükséges talaj-monitorozás, része kell legyen a biológiai indikáció, azért, hogy összekapcsolható legyen a

talajhasználat- és gazdálkodás a talajok funkcióival és ökoszisztéma-szolgáltatásaival (Pulleman *et al.*, 2012). A biológiai indikátorok kiválasztásának feltételei a következőkben foglalhatóak össze: értelmes, szabványosított, mérhető és költséghatékony, szakpolitikailag releváns, térbeli és időbeli lefedettség, érthetőség és pontosság (http 1).

A talaj élővilága nagyszámú mikro-, mezo- és makrofaunából áll, melyek közül főleg az ízeltlábúak élnek a talajfelszínen és az avarszintben. Közülük néhány fajcsoportot (például bogarak, pókok, hangyák) indikátor értékeik miatt biodiverzitás-monitorozási programokban is felhasználnak (Canedoli *et al.*, 2020).

Egy földterület, illetve adott talaj minőségének jellemzésére használhatunk különböző típusú indikátorokat. Ezek csoportosítása történhet például Mizik (2018) munkája alapján:

1. Vizuális – alap információk, például a domborzati viszonyok, a gyomosodás mértéke és típusa, az esetleges vizesedés stb.
2. Fizikai – a talaj ellenállóképessége a különböző környezeti hatásokkal szemben. Ide tartozik a talaj vízfelvevő és -megtartó képessége, a felső talajréteg vastagsága.
3. Kémiai – a talaj pH-értékét, (elektromos) vezetőképességét, ásványianyag- és nyomelemtartalmát, tápanyagmegtartó és -felvevő képességét. Különösen fontos a nitrátszint és annak hasznosíthatósága.
4. Biológiai – a talajban élő organizmusok összessége, vagyis fajuk, sűrűségük, összetételük és tevékenységük a mikroorganizmusokon át egészen a földigilisztáig.

A földigiliszták talajökoszisztémában betöltött szerepe mérsékelt égövben bizonyított, illetve a talaj biológiai és fizikai állapotának jelentős indikátorai, így egyedszámukat és biomasszájukat több kutatás is vizsgálta a talajállapot változására vonatkozóan (Bakti *et al.*, 2017, Kalu *et al.*, 2015). A változás számszerűsítésére és minősítésére talajfizikai (például talajnedvesség-tartalom), talajkémiai (pH(H₂O és KCl), szervesanyag-tartalom) és talajbiológiai (földigilisztá egyedszám és biomassza tömeg) paramétereket alkalmaztak (Magyari-Meskó *et al.*, 2019). Egyes fajok (*Lumbricus* ssp., *Allobophora* ssp.) pedig a talaj nehézfém (cink, réz, ólom, kadmium) terhelésének indikálására alkalmasak (Kovács *et al.*, 1986). Mindazonáltal, a taxonok jobb indikátorai lehetnek az élőhely minőségének és a talajfunkcióknak (Pulleman *et al.*, 2012).

4. A vizsgálatok anyagai és módszerei

4.1 A vizsgált területek rövid jellemzése

4.1.1. Területválasztás és mintázás időpontjának indoklása

A mintagödrök helyszínének kiválasztásakor igyekeztem a vadcsapát és a vaddisznótúrát elkerülni, valamint nagyobb fák törzsének közvetlen közelében sem ástam. Erre azért volt szükség, mert rengeteg faktor befolyásolja a földigiliszták jelenlétét és az említett faktorokat szerettem volna kizárni jelen vizsgálatból. A szadai Margitán, a geodéziai torony közelében, a domboldal tetején (MT) és alján (MA) került felvételre egy-egy mintavételi terület, ezzel vizsgálva a lejtő hatását a földigiliszták előfordulására, illetve idősoros vizsgálatot tudtam végezni. A területről már korábbi földigiliszta-adatok álltak rendelkezésre (Margita, Mély - MM) (King, 2021), így ezen mintagödröket vizsgálva a saját eredményeimet össze tudtam hasonlítani azokkal. Ebben az esetben 4 mintagödöröm egyezett a korábban kiásottakkal, az 5. gödör helyét nem találtam, így egy új gödört ástam ki. Ezt követően egy évvel később, 2023 május 29-én is mintáztam ugyanezen gödröket. A mintázásokra MT-n 2022 áprilisában és májusában került sor, majd 2023-ban minden hónapban volt vizsgálat, míg MA-n 2023-ban minden hónapban. Jellemzően a délutáni órákban, ám MT helyszínen egy éjjeli mintavétel is volt. Dolgozatomban a 2023 augusztusi mintavételig értékelem ki az eredményeket. A mintázási időpontokat és az eredmények típusát a 3. táblázat foglalja össze.

3. táblázat A vizsgálatokhoz végzett mintázás helye, azonosítója, időpontjai és az eredmények típusa

Mintázás helye, azonosító	Mintázás dátuma + eredmények típusa			csak NIR			csak fajok		mindkettő	
ÉV	2022			2023						
Margita, TETŐ (MT)	4. 25.	5. 29.		1. 14.	2. 18.	3. 28.	4. 30.	5. 27.	7. 2.	8. 12.
Margita, ALJA (MA)										
Margita, MÉLY (MM)		5. 29.								
Margita, (MT) éjjel									7. 2.	
Sirok, Váralja (VA)	04.30-05.01.		9. 24.							
Sirok, Tarvágás (T)										
Sirok, Nyírjes-tó alja (NYA)										
Sirok, Nyírjes-tó teteje (NYT)										
Rákócziújfalu "A", RA							4. 5.	5. 6.		
Rákócziújfalu "B", RB										
Rákócziújfalu "C", RC										

A második mintavételi település Sirok volt, melynek környékéről 4 mintaterületet jelöltem ki úgy, hogy a földigiliszták sokaságára vonatkozó domboldal-hipotézist, a tarvágás és a riolittufa alapkőzet hatását vizsgálni lehessen a földigiliszta közösségekre. Ezen túl szempont volt, hogy

legyen köztük természetvédelmi oltalom alatt álló terület. Az összes siroki területen kétszer mintáztam, 2022 tavaszán és őszén, mivel jellemzően ezekben az évszakokban aktívabbak a földigiliszták. A mintázások itt reggeltől a késő délutáni órákig tartottak. A Nyírjes-tó mintavételi területeket tőzezláp mellett domboldal aljában, a láptól kb. 20 méterre, és a domboldal tetején az erdészeti úttól kb. 20 méterre jelöltem ki.

A harmadik mintavételi település pedig a szakmai gyakorlatom helyszíne, Rákócziújfalu, mely egy LIFE-MICACC vizes élőhely-helyreállítási mintaterület is egyben. Itt 3 különböző mintázási területet, egy csatorna melletti, pár éves földhalmon, ami a vizes élőhely kialakításakor keletkezett (RA) és két szántóföldit, ahol őszi búzát termesztettek, a legmélyebb (RB) és a legmagasabb (RC) pontján a tábla szegélyének, vizsgáltam ugyanazon mintagödröket kiásva először 2023 áprilisában, majd májusában, a késő délelőtti, délutáni órákban.

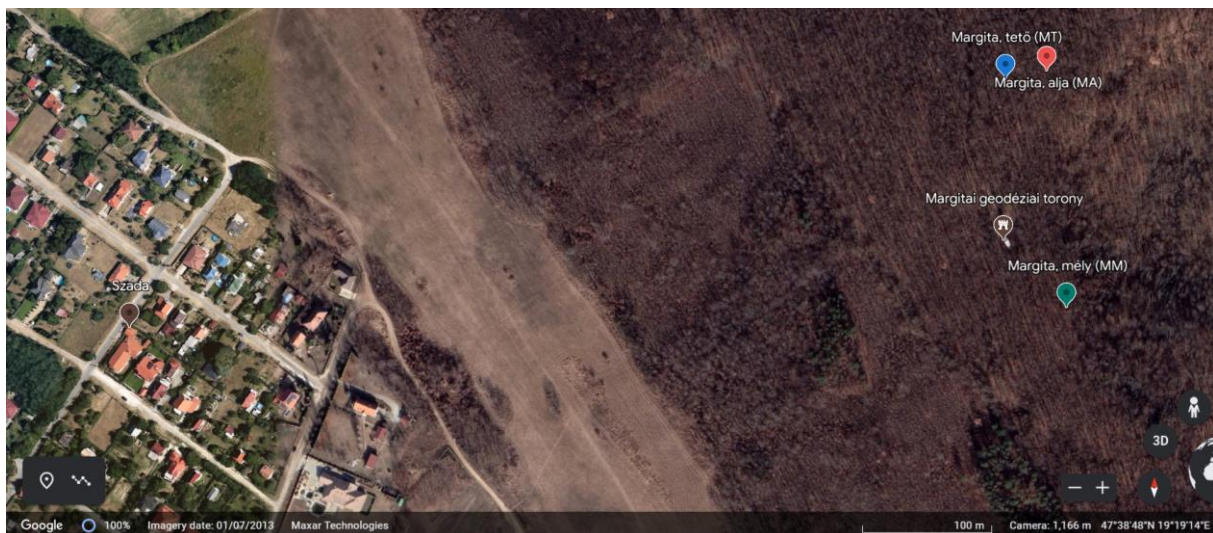
4.1.2. Mintázási helyszínek

Az egyes mintázási területek, azok védettségi típusai és a vizsgálati típusok a 4. táblázatban láthatóak. A térképen az 1-3. ábrákon vannak jelölve a mintaterületek, illetve a táblázatban az egyes dátumok, amikor a mintázás történt az adott helyszínen.

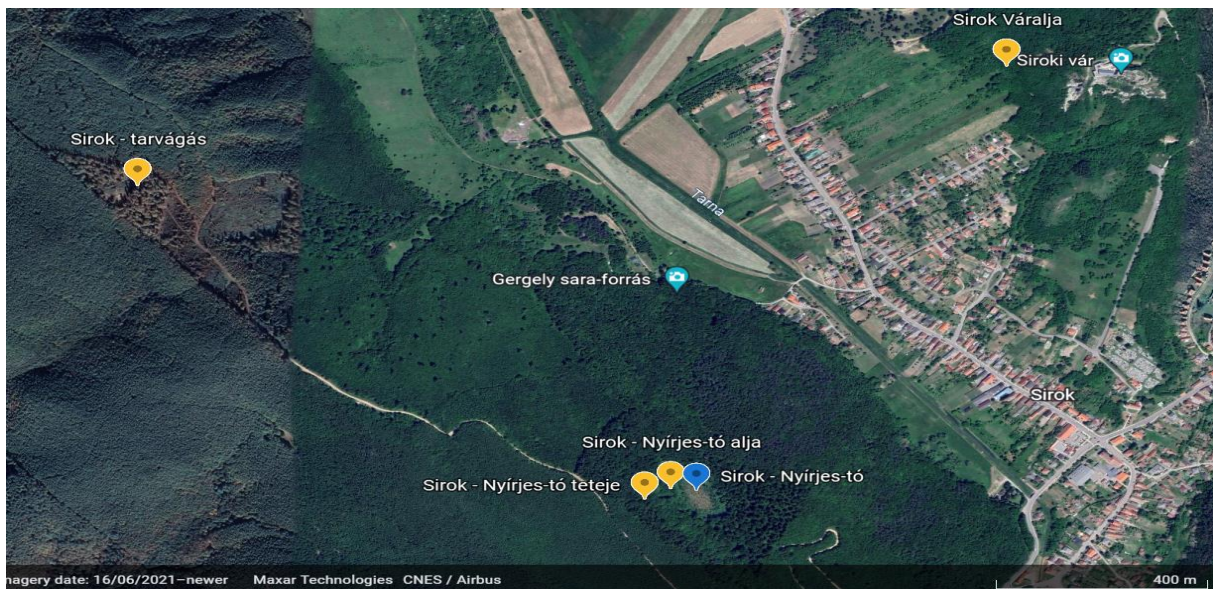
4. táblázat Az egyes területek védettségi szintje, illetve a vizsgálatok típusa

Terület	Védettség	Vizsgálat típusa		
Margita tető (MT)	védett, Gödöllői Dombvidék TK	talaj- paraméterek + fajok	domboldal hipotézis	idősoros
Margita, alja (MA)				
Margita, mély (MM)				
Sirok, Váralja (VA)	Országos			
Sirok, tarvágás (T)	Ökológiai Hálózat magterülete			
Sirok, Nyírjes-tó teteje (NYT)	védett, Siroki Nyírjes-Tó TT		domboldal	
Sirok, Nyírjes-tó alja (NYA)			hipotézis	
Rákócziújfalu: (RA)	nem védett			
Rákócziújfalu: (RB)				
Rákócziújfalu: (RC)				

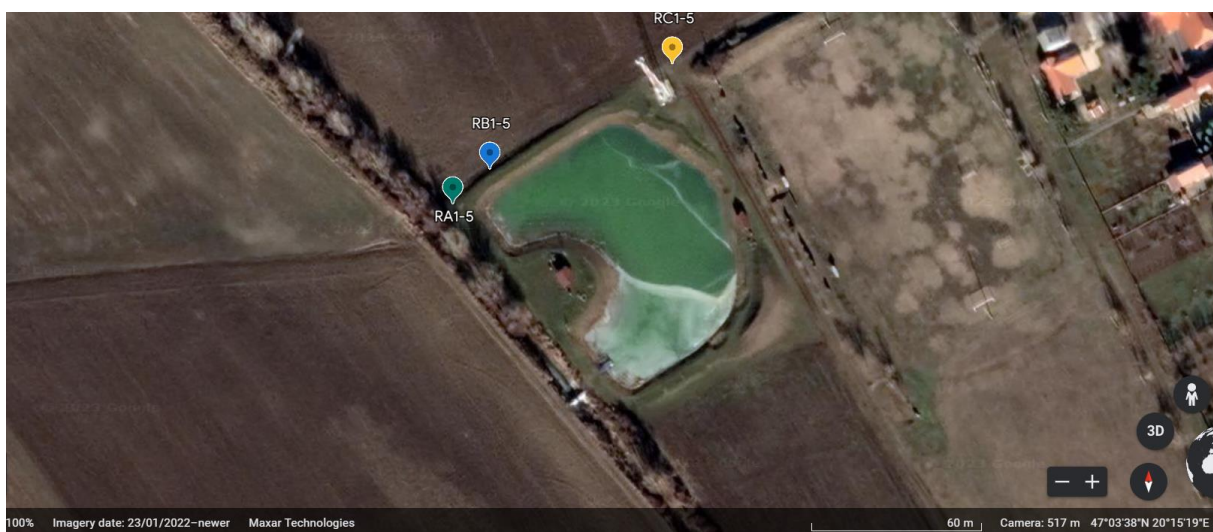
A GPS koordináták a Mellékletben találhatóak.



1. ábra A szadai mintavételi pontok (MA, MT, MM). Kép forrása: Google Earth, elérés: 2023.08.30.



2. ábra A siroki mintavételi pontok (sárga jelölővel). Kép forrása: Google Earth, elérés: 2022.09.12.



3. ábra A mintavételi helyszínek Rákócziújfalun, a LIFE-MICACC helyszínen. Kép forrása: Google Earth, 2023.04.29.

4.2 A terepi munka során használt eszközök

A mintázáshoz felhasznált eszközök:

- ásó
- Pürckhauer-típusú szűrőbot
- gumikalapács
- mérőszalag
- befőttesüveg kilyukasztott tetővel
- mintagyűjtő zacskó és záródrót
- GPS, hőmérő, óra (mobiltelefon)
- bicska és jelölőbotok
- 20%-os ecetsav
- kukászsák a talajválogatáshoz
- Munsell-skála
- jegyzetfüzet, toll és filctoll
- AgroCares talajszkenner készülék + SoilCares mobilalkalmazás

4.3 Mintavételezés

4.3.1. Mintagödrök kialakítása és földigiliszták begyűjtése

A mintavételezés során egy 5 méteres sugarú körben, véletlenszerűen kiválasztott pontban ISO-szabvány (ISO 2006) szerinti 25×25×25 cm-es talajmintát ástam ki egy ~25 cm szélességű ásóval. Ezt összesen 5-ször végeztem el egy mintaterületen. A talajmintát egy előre leterített szemeteszsákra fordítottam ki. Az egyik mintavételi gödör, illetve a mérőszalag látható a 4. ábrán. Ezt követően egy feljelölt (helyszín, sorszám, dátum) befőttesüvegbe raktam az adott mintában található gilisztákat, és egy kevés talajjal együtt a fajhatározáshoz. A befőttesüvegek teteje ki volt lyukasztva, illetve a mintákat a tárolás során sötét, hűvös helyen tartottam, hogy a földigilisztákat a lehető legkisebb sokk érje.



4. ábra Szada, Margita tető mintaterületen az egyik mintagödör mérőszalaggal (Bolla Dávid István, 2022.04.25.)

A kiásott földből mintát vettem azt követően, hogy kézzel a talajt összekevertem. A talajminta és a földigiliszták begyűjtése egyszerre történt, így a talajminta begyűjtése közben figyeltem rá, hogy giliszta ne kerüljön a talajmintába. A gyökereket, illetve egyéb szerves anyagokat igyekeztem kiválogatni, mielőtt a talajmintás zacskóba helyeztem volna, mivel ezek torzíthatják a NIR-eredményeket. Gödrönként kb. 100-150 g mintát vettem, amelyet egy műanyag zacskóba helyeztem, feliratoztam a mintavételi hely azonosítójával, a száját légmentesen lezártam egy dróttal. A talajminták tömege a mérés szempontjából annyiban releváns, hogy a 3 ismételt NIR-méréshez elegendőnek kell lennie, nagyjából 3 maroknyi talajmintát jelentett a gyakorlatban.

Minden mintagödör GPS-koordinátáját feljegyeztem, az ásott gödrökről a centivel együtt fotót készítettem. A terület közelében jelen levő vegetációt is lefotóztam, ezen kívül a mintavétel idejét, illetve az aktuális hőmérsékletet is feljegyeztem. A mintavétel befejeztével a mintagödrökbe visszatöltöttem a földet és egy karóval megjelöltem a pontokat.

Az idősoros, ismétlődő mintavételek során felkerestem az előzőleg megjelölt, illetve GPS-koordinátákkal rögzített mintavételi pontokat és a közelükben ástam ki újakat, figyelve a 25×25×25 cm-es méretre. Újabb szűrőbotos vizsgálatot már nem végeztem, ám ebben az esetben is kigyűjtöttem a talajmintában található földigilisztákat.

4.3.2. Talajminták NIR-szkenneres vizsgálata

A talajmintákat az AgroCares NIR talajszkennerrel vizsgáltam meg, a kiértékelés a készülékhez fejlesztett telefonos applikációval (SoilCares) történt. A készülék az 1300-2600 nm-es hullámhossz-tartományban mér, a mérés alapja egy spektroszkópai eljárás. Ezzel meghatározható a talaj pH-ja, szervesanyag-tartalma (m/m%), foszfor (mg/kg), összes nitrogén (g/kg), kicserélhető kálium (mmol/kg), kicserélhető kalcium (mmol/kg), kicserélhető magnézium (mmol/kg), növények számára felvehető nitrogén (mg/kg), kationcsere kapacitás (mmol/kg), összes alumínium (g/kg), összes vas (g/kg), nedvesség- (%) és agyagtartalma (m/m %). A mérés megkezdése előtt a készüléket két lépésben kalibrálni kell referencia mérések felvételével, melyek lemérését minden mintagödör között is el kell végezni. A mintaelőkészítés során a talajmintát a zacskón belül elkevertem, majd egy maréknyit egy műanyag edénybe helyeztem, figyelve arra, hogy a szemmel látható szerves anyagokat (levéldarab, gyökér) eltávolítsam. Ezt követően a talajmintába süllyesztettem a talajszkennert, hogy annak mérőfeje teljes egészében a talajban legyen. A mérés végeztével visszaborítottam a zacskóba a mintarészletet, homogenizáltam és újabb maréknyit mértem le az előzőek szerint.

Mintagödrönként 3 ismétlést végeztem az ismertetett módszerrel. A mérési eredményt Excelben exportáltam ki a gyártó honlapjáról.

4.3.3. Szűrőbotos talajvizsgálat

A szűrőbotos mérést annak érdekében végeztem el, hogy képet kapjak a különböző talajszintekről és talajtípusokról egy adott területen. Ezen vizsgálatot minden esetben csak a legelső mintázáskor végeztem el, a rákócziújfalui helyszíneken nem végeztem el. Az 1 méteres szűrőbotot a mintavevő vájat teljes hosszában, függőleges irányban egy műanyag kalapács segítségével leütöttem a földbe, a kihúzás előtt pedig mind az óramutató járásával ellentétesen, mind pedig azzal megegyezően körbe forgattam. Ezt követően a szűrőbotot felfelé függőlegesen kihúztam a földből és a mintáról fotókat készítettem (lásd a Mellékletekben). Az egyes talajszinteket a mérőszalag segítségével mértem le, majd a Munsell-skála segítségével meghatároztam a színeiket.

4.3.4. Földigiliszták fajmeghatározása és tömegmérése

Az adult egyedek fajsztípus meghatározása és a juvenilis egyedek ökológiai csoportba (epigeikus, endogeikus, illetve anektikus) sorolása történt, mivel rajtuk még nem fejlődött ki a fajhatározás alapjául szolgáló nyereg. Ezen kívül meghatároztam az egyes mintagödrökben talált adult, valamint külön a juvenilis egyedek össztömegét egy laboratóriumi mérleggel. A fajok meghatározása külső bélyegek megfigyelésével történt (Csuzdi & Zicsi, 2003). A földigiliszták tömegéből meghatároztam az 1 m²-re jutó biomasszájukat, ehhez beszoroztam 16-tal a kapott tömegüket az alábbi képlet szerint:

$$biomassza_{mintagödör_{A1}} \left(\frac{g}{m^2} \right) = egyedek\ össztömege_{A1}(g) * \frac{1\ m^2}{0,25\ m * 0,25\ m} \left(\frac{1}{m^2} \right)$$

A darabszámukból pedig meghatároztam az abundanciájukat a következő számítással:

$$abundancia_{mintagödör_{A1}} \left(\frac{db}{m^2} \right) = egyedek\ összdarabszáma_{A1}(db) * \frac{1\ m^2}{0,25\ m * 0,25\ m} \left(\frac{1}{m^2} \right)$$

A dolgozatban közölt abundancia és biomassza értékeket az 5 mintagödör átlagaként kaptam meg az egyes területekre. MA és MT 2023 januári földigilisztá-adatai elvesztek, így onnan csak NIR-eredmények vannak, míg 2023 márciusában a NIR-eredmények veszték el, csak földigilisztá eredmények vannak.

4.3.5. Statisztikai kiértékelési módszer

A kiértékeléseket a Statistica, valamint Microsoft Excel programokkal végeztem. A földigiliszták darabszámát, tömegét és a mért talajparaméterek korrelációját vizsgáltam. A kiértékelésnél négyzetgyök transzformáltam a földigiliszták darabszámát, hogy az elemzéshez biztosított legyen a szórások normális eloszlása és homogenitása.

A domboldalhatás vizsgálatokor két párral, MA és MT, valamint NYA és NYT dolgoztam. Box-plot diagramokat készítettem és egyváltozós ANOVA-tesztet alkalmaztam. Ehhez 4 feltétel ellenőrzése szükséges: az ϵ_{ij} hibák várható értéke 0, normális eloszlást követnek, csoporton belül és csoportok között is függetlenek, valamint a homoszkedaszticitás teljesülése: a hiba varianciája konstans. Ezen feltételek MA-MT, NYT-NYA esetén a biomasszára teljesülnek. Az abundanciára NYT-NYA esetén viszont a normális eloszlás feltételei nem teljesülnek a gyöktranszformált változóra sem, így Wilcoxon-Mann-Whitney próbát kellett végezni.

A rákócziújfalui eredményeket faktoriális ANOVA-val vizsgáltam, ahol a mintázás időpontja volt a random faktor. Medián tesztel pedig azt vizsgáltam, hogy a minta azonosítójának szignifikáns hatása van a területek közötti abundanciára és biomasszára nézve.

A mintázások idejének vizsgálatához box-plot diagramokat készítettem, valamint az előzőkön túl becsléseket a variancia-komponensekre. Minden esetben 3 becslést kaptam: a mintavétel idejére, a mintavétel idejének és helyszínének kölcsönhatására és egy „Error” hibatagot, amely egy maradék tag és mindent magában foglal, ami nem került a modellbe. Ha ettől nagyobb a mintavétel idejének ingadozás-komponense, akkor van a mintavétel idejének nagy hatása az abundanciára és a biomasszára.

5. Eredmények és értékelésük

Az eredmények értékelésekor a fő mintaterületek a Margita domboldal teteje (MT) és alja (MA) voltak, ugyanis itt volt a legtöbb időpontban mintázás. Ám igyekszem megemlíteni a többi helyszín eredményeit is, ahol azok relevánsak lehetnek.

5.1 A vizsgált területek giliszta-faunisztikai eredményei

A mintaterületeken összesen 9 faj fordult elő, melyek az 5-6. táblázatokban láthatóak. Az egyedüli faj, amely minden területről előkerült legalább egy alkalommal az *Aporrectodea rosea*. Az MT területen elvégzett éjjeli mintázás során szintén csak ez a faj került elő. 4 másik faj fordult elő több helyszínről, a *Lumbricus terrestris*, a *L. rubellus*, és az *Aporrectodea caliginosa*, amelyek siroki és margitati; az *Allolobophora chlorotica*, amely pedig a siroki és rákócziújfalui területeken fordultak elő.

5. táblázat A siroki és rákócziújfalui gilisztafajok és egyedszámok. Ökotípusok (Szabó 2018) EN: endogeikus, AN: anektikus, EP: epigeikus. Juv.: csak juvenilis egyed fordult elő.

Terület megnevezése		Sirok						Rákócziújfalu					
		T	NYA	NYT	VA			A	B	C	A	B	C
Mintavétel dátuma	Öko-típus	2022.						2023.					
Faj megnevezése		05	04	09	04	04	09	Ápr			Máj		
<i>Aporrectodea rosea</i>	EN	2	6	5	2	10	2			2	1		
<i>Lumbricus terrestris</i>	AN		3			1	2						
<i>Allolobophora chlorotica</i>	EN					3		4		4	1		16
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	EN		1										
<i>Lumbricus rubellus</i>	EP		1										
<i>Dendrobaena depressa</i>	AN		1										
<i>Octolasion cyaneum</i>	EN					4							
<i>Eisenia fetida</i>	EP												
<i>Octolasion lacteum</i>	EN												
Fajok száma		1	5	1	1	4	2	1	juv.	2	2	juv.	1

A területeket egymással összehasonlítva, Sirok, Nyírjes alján (NYA) fordult elő a legtöbb faj (öt a kilencből), annak ellenére, hogy Margitán sokkal több mintavétel volt, vagyis nagyobb volt az esély további fajok előfordulására. Ezt követi Sirok, Váralja (VA) és Margita, domboldal alja (MA) ahol négy-négy faj fordult elő. Azon fajok, amelyek csak 1-1 területen kerültek elő, szintén ezen 3 helyszín egyikén találtam meg, vagyis kedvezőbbek voltak a talajadottságok és

további, környezeti paraméterek több fajnak is. A többi vizsgálati helyszínen 1 vagy 2 faj egyedeit találtam meg.

6. Táblázat A margitai gilisztafajok és egyedszámok. Ökotípusok (Szabó 2018) EN: endogeikus, AN: anektikus, EP: epigeikus

Terület megnevezése		Margita																
		MT							MM			MA						
Mintavétel dátuma	Öko-típus	2022.		2023.					'21.	'22.	'23.	2023.						
Faj megnevezése		04	05	03	04	05	07	07e	05 (King)	05	05	02	02	03	04	05	07	08
Aporrectodea rosea	EN	6		8	4	3	2	1	5	1	5	1	3	4	8	7	1	1
Lumbricus terrestris	AN									1			1					
Allolobophora chlorotica	EN																	
Aporrectodea caliginosa	EN					1			3					1		1		
Lumbricus rubellus	EP		1										1					
Dendrobaena depressa	AN																	
Octolasion cyaneum	EN																	
Eisenia fetida	EP														1			
Octolasion lacteum	EN												1					
Fajok száma		1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1	4	2	2	2	1	1

Rákócziújfalun felennyi faj egyedet találtam meg (max. 2 faj/terület), mint a másik két terület esetében (Sirok max. 5, Margita max. 4 faj), mely különbség várható volt, hiszen a mezőgazdasági területek alacsonyabb diverzitásának jelentős az irodalma, míg a frissen kialakított földterületen a földmunkák miatt felcserélődtek, összekeveredtek a különböző talajsíntek, a talajfauna regenerálódásához, így a magasabb földgiliszta abundanciához, hosszabb időre van szükség. Ezzel szemben Sirokban és a Margitán természetközeli területeken történt a mintázás. A maradék 4 faj egyedeit a mintaterületek közül csak egyben és ezen belül is csak egy időpontban találtam meg. A *Dendrobaena depressa* (NYA, 2022 ápr.) és az *Octolasion cyaneum* (VA, 2022.04.) csak Sirokban, az *Eisenia fetida* és az *Octolasion lacteum* pedig csak Margita, MA területen fordult elő, mindkettő 2023 februárjában.

Az éven belüli fajszámgyakorosság nagyobb mintaszám mellett egyedül MA és MT területen látható, ahol mindkét mintaterületnél a február-májusi időszakban volt a fajszám maximuma. A siroki mintázásoknál a fajszám minden esetben magasabb volt áprilisban/májusban, mint szeptemberben.

A várakozásokkal ellentétben, az éjszakai mintázáson az *Aporrectodea rosea* egyedet találtam meg, amely nappal is a leggyakoribb volt. Abundanciáját tekintve a nappalihoz képest magasabb volt az éjszakai mintázás a juvenilis egyedek miatt, ám csak MT helyszínen vizsgáltam júliusban, amikor a meleg és szárazság miatt lejjebb húzódhattak a giliszta.

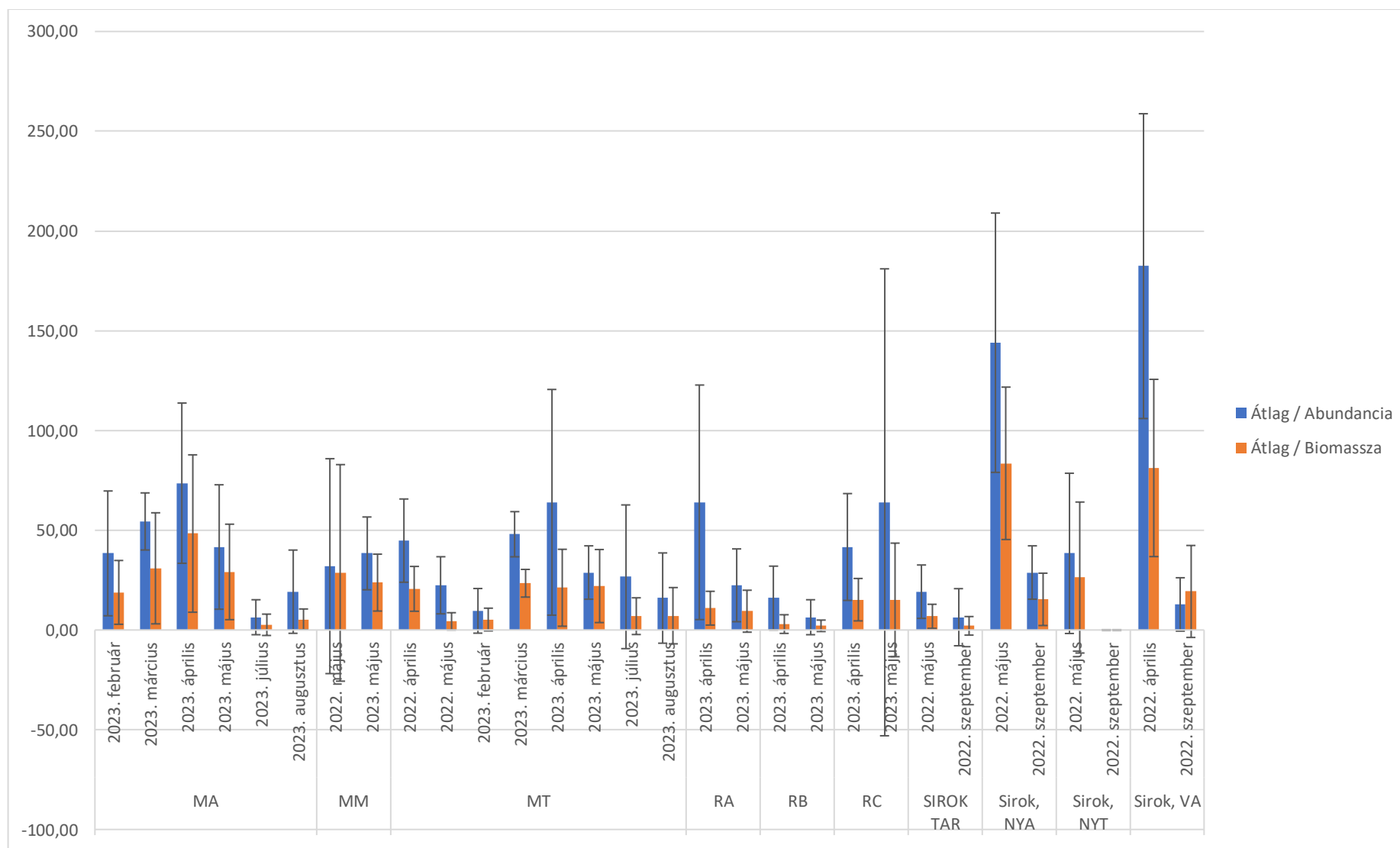
5.2 Földigliszták abundanciájának és biomasszájának eredményei

Az optimális irodalmi abundancia és biomassza értékektől jócskán elmaradnak a mintaterületek értékei. Az átlagos szintet két siroki helyszínen, NYA és VA haladja meg, a többi elmarad attól (5. ábra). Margita MM helyszínen King (2021) eredményeivel szemben (96 db/m^2), ahol ezekben a mintákban magas egyedszámban fordultak elő a giliszták, az én 2022-es mintázásomkor kevés egyedet találtam (32 db/m^2), majd 2023-ban is csak kevésbé volt gazdagabb ($38,4 \text{ db/m}^2$), mely trend a szárazabb időjárásnak tudható be.

A három legnagyobb abundanciájú terület volt egyben a három legnagyobb biomasszájú is. Ezek abundancia szerinti csökkenő sorrendben: Sirok, VA (2022. április), NYA (2022. május), valamint Margita, MA (2023. április). Az átlagos biomassza maximuma Sirok NYA (2022. május, $83,55 \text{ g/m}^2$) területen volt. Ezen sorrendiségi eltérés oka a biomassza és abundancia maximumok területei között, hogy a Sirok, NYA területen talált kevesebb egyed nagyobb tömegű volt, ami pedig vagy az adult egyedek magasabb arányával, vagy pedig a fajok növekedési potenciáljának eltéréseivel magyarázható. Mivel az adult-juvenilis arány Sirok, NYA-n $0,36$ volt, VA-n pedig $0,46$, vagyis utóbbiról kerültek elő adult egyedek nagyobb arányban, feltehetően a második magyarázat áll közelebb a valósághoz. Vagyis a területen a mintázás időpontjában jobbak lehettek a növekedés feltételei. Ahhoz pedig, hogy egy állomány regenerálódjon, szükséges a kifejlett egyedek minél nagyobb aránya (Radics, 2022).

Az előfordult fajokat tekintve pedig 2 közöset találtam, a további 5 faj mindig csak az egyik területről került elő, vagyis a különböző fajösszetétel és ezen fajok eltérő növekedési potenciálja magyarázhatja, hogy az abundancia és a biomassza maximumok nem egy mintaterületre esnek. Ezek a maximumok tehát, hasonlóan a fajszámhoz, a február-májusi időszak alatt fordultak elő. Látható viszont az is, hogy a szórások is nagyok, vagyis az 5 mintagödör között nagyon eltérő számú és tömegű élőlényeket találtam.

A legalacsonyabb értékeket vizsgálva érdemes az egyedi időpontokat megvizsgálni, illetve egy területre a különböző időpontok átlagaként kapott értéket, ugyanis ez többlet információval szolgálhat. A legalacsonyabb abundancia Sirok NYT területén volt, 2022 szeptemberében, ahol egyik gödörben sem volt giliszta. Ezt követte szintén ebben az időpontban Sirok Tarvágás (T) ($6,4 \text{ db/m}^2$), Rákócziújfalú RB 2023 májusban ($6,4 \text{ db/m}^2$), és MA 2023 júliusban ($6,4 \text{ db/m}^2$). MA ($8,76 \text{ g/m}^2$) és RB ($8,76 \text{ g/m}^2$) biomasszában a legalacsonyabbak közé tartozott, viszont a Tarvágásnál talált egyedek magasabb tömegűek voltak ($14,31 \text{ g/m}^2$). Ha a területek átlagának minimumait nézzük RB a legalacsonyabb mind az abundancia ($11,2 \text{ db/m}^2$), mind pedig a biomassza átlagát ($13,17 \text{ g/m}^2$) (2023 április és májusi) nézve.



5. ábra Átlagos abundancia (db/m²) és biomassza (g/m²) értékek területenként és időpontoként.

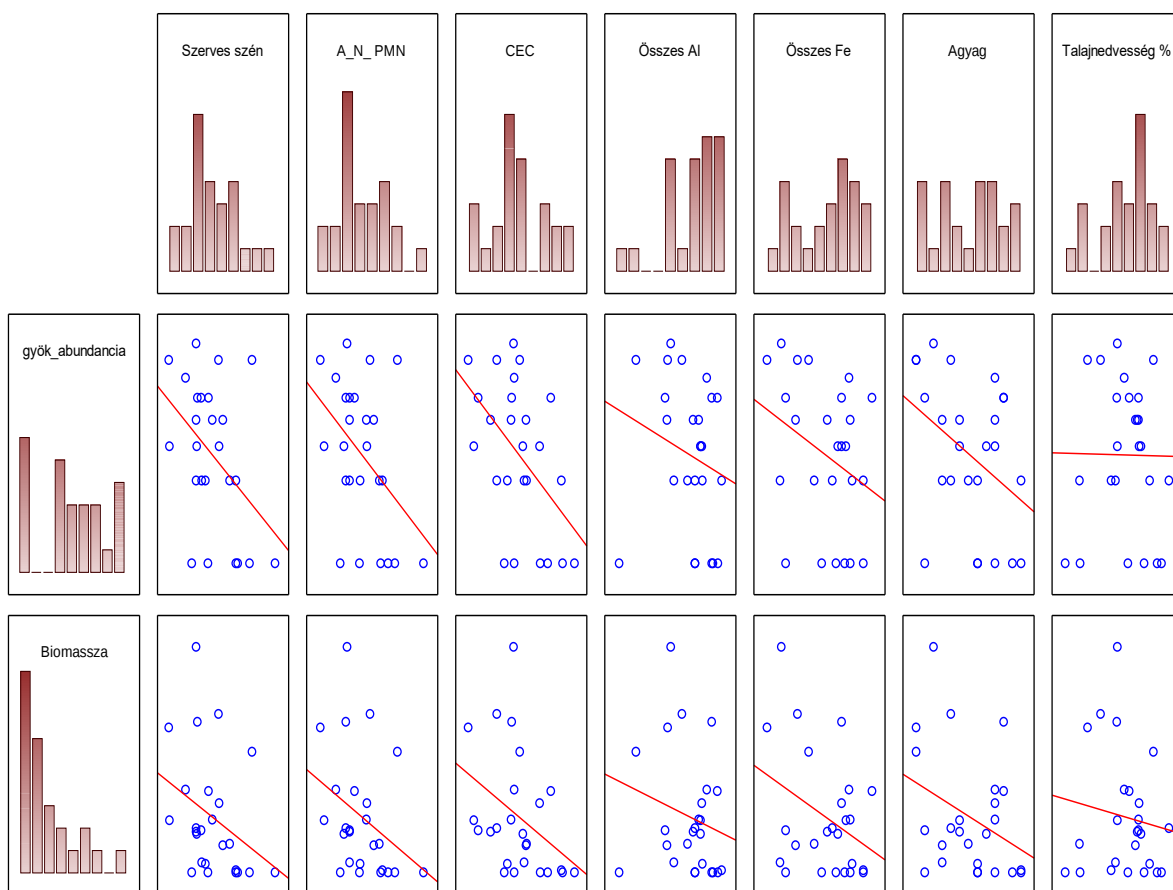
Rákócziútfalun a három terület átlagos abundanciája áprilisban az optimumtól elmarad, nagyjából egy sovány gyepen várható értékhez közelít, májusban pedig még alacsonyabb (31 db/m²). Legmagasabb áprilisban az RA jelű terület (64 db/m²), feltehetően a zavarás hiányának köszönhetően, és májusban az RC területen *A.chlorotica* faj nagyszámú (17 egyed) előfordulása miatt az egyik gödörben 272 db/m²-nek adódott (átlag 64 db/m²), ami jóval meghaladja az irodalmi abuncia átlagot és alátámasztja az aggregált előfordulás elméletét (Rossi *et al.*, 1997). Májusban a szervesanyag-tartalom 2,4-3,8% között alakult, ebben a gödörben 3,8% volt, ugyanannyi, mint a szomszédosban, ott mégis 0 egyedet találtam. Ez egyrészt alátámasztja, hogy környezeti hatások másodlagos befolyásoló tényezők, viszont az *A. chlorotica* szervesanyag-tartalom összefüggésébe oly módon illeszthető, hogy éppen egybeesett a magas szervesanyag és az *A. chlorotica* egyedszám. Nem találtam szignifikáns hatást ($p=0,1177$) a mintázás helyválasztására vonatkozóan. Vagyis 0,05-ös konfidenciaintervallum mellett nem lehet a H_0 -t elutasítani. A minta azonosítójának hatása vagyis, hogy a minta a szegélyen vagy a búzatáblában volt, sem volt szignifikáns hatása a területek közötti abundanciára nézve ($p=0,08$).

5.2.2. Demográfiai megoszlás

Megfigyeltem, hogy két mintagödörben talált azonos egyedszám esetében azok lehetnek eltérő korösszetételűek és tömegűek. A talajtípus hatással lehet az adult-juvenilis arányra, illetve befolyásolja, hogy mekkora tömegű egyedek tudnak kifejlődni. Az 5. ábrán látható a hasonló abundanciájú gödrök esetén (áprilisban például RB2, RB5 és RC3) eltérő a biomassa. Az eddigi vizsgálataim során széles skálán mozgott a kifejlett és fiatal egyedek arányszáma, és a rákócziútfalui mintagödrök is ezt erősítették meg. Az arányszámot a területen talált adult egyedek számát a juvenilis egyedek számával elosztva kapom meg. Az RA területen ez 0,25 ('23. április) és 0,4 ('23.május), az RB területen mindkét vizsgálatnál 0, vagyis kizárólag juvenilis egyedeket találtam, míg az RC-nél jelentős növekedés történt: 0,87 áprilisban és a kiugró felnőtt egyedszám miatt 2023 májusban 4 volt.

5.3. A talajélet szempontjából fontos paraméterek eredményei

Korrelációvizsgálatot végeztem a különböző talajtani paraméterekre, a földigiliszták összes darabszámára és össztömegére a margitai területekre (MA és MT), mivel onnan volt a legtöbb adat, ami pedig növeli a kiértékelés megbízhatóságát. Az 6. ábrán látható, hogy nagy szórással helyezkednek el a pontok, nem figyelhető meg trendszerű, statisztikailag szignifikáns változás MT területen sem az abundancia, sem pedig a biomassa változásában a környezeti paraméterek függvényében. Hasonló a helyzet az MA területen is.



6. ábra Korrelációvizsgálat eredménye az MT területre (kivéve 2023 január), Statistica programmal.

A szakirodalomban a talajnedvesség és a pH szerepelnek gyakran, mint befolyásoló faktorok, ám az én eredményeimben egyik sem mutatkozott szignifikánsnak. A 7. táblázatban láthatóak az átlagaik, minimum és maximum értékeik a szervesanyag-tartalommal együtt.

Megnevezés	MA	MM	MT	RA	RB	RC	T	NYA	VA	NYT
pH (víz) (átlag)	7,1	6,8	7,0	7,6	7,5	7,6	6,3	6,3	7,3	6,3
pH (víz) (Min)	6,5	6,1	6,4	7,3	7,1	7,3	6,1	6,2	6,8	6,2
pH (víz) (Max)	7,6	8,0	7,4	7,9	7,9	7,7	6,6	6,6	7,6	6,5
Szerves anyag % (átlag)	4,4	5,9	4,2	2,6	2,7	3,6	3,0	1,9	3,7	2,3
Szerves anyag % (Min)	2,2	2,7	3,0	2,3	2,3	2,7	1,8	1,5	2,4	1,6
Szerves anyag % (Max)	7,0	13,9	7,0	2,9	3,2	4,6	5,9	2,2	5,6	3,2
Talajnedvesség % (átlag)	23,7	25,4	23,6	26,4	22,6	23,0	23,8	21,0	28,3	22,1
Talajnedvesség % (Min)	18,4	15,9	17,3	21,9	18,7	17,6	19,8	15,9	20,3	19,4
Talajnedvesség % (Max)	29,5	42,2	32,7	30,6	25,8	25,7	27,7	25,6	34,5	25,1

Feltehetően vannak olyan mintázási időpontok, amelyeket külön vizsgálni egy-egy paraméternek jelentős hatása van, ám az alacsony mintaszám mellett ezek az eredmények nem lennének megbízhatóak.

5.4. Mintázás idejének hatása és idősoros vizsgálatok eredményei

A 8. táblázatban összesítve láthatóak a variancia-komponensek becslése, mely alapján egyedül a siroki mintavételeknél van a mintázás idejének szignifikáns hatása, vagyis a mintázás időpontja befolyásolta leginkább az abundanciát és a biomasszát. Margitán és Rákócziújfalun a modell hibatagjának, vagyis figyelembe nem vett paramétereinek hatása jóval nagyobb volt.

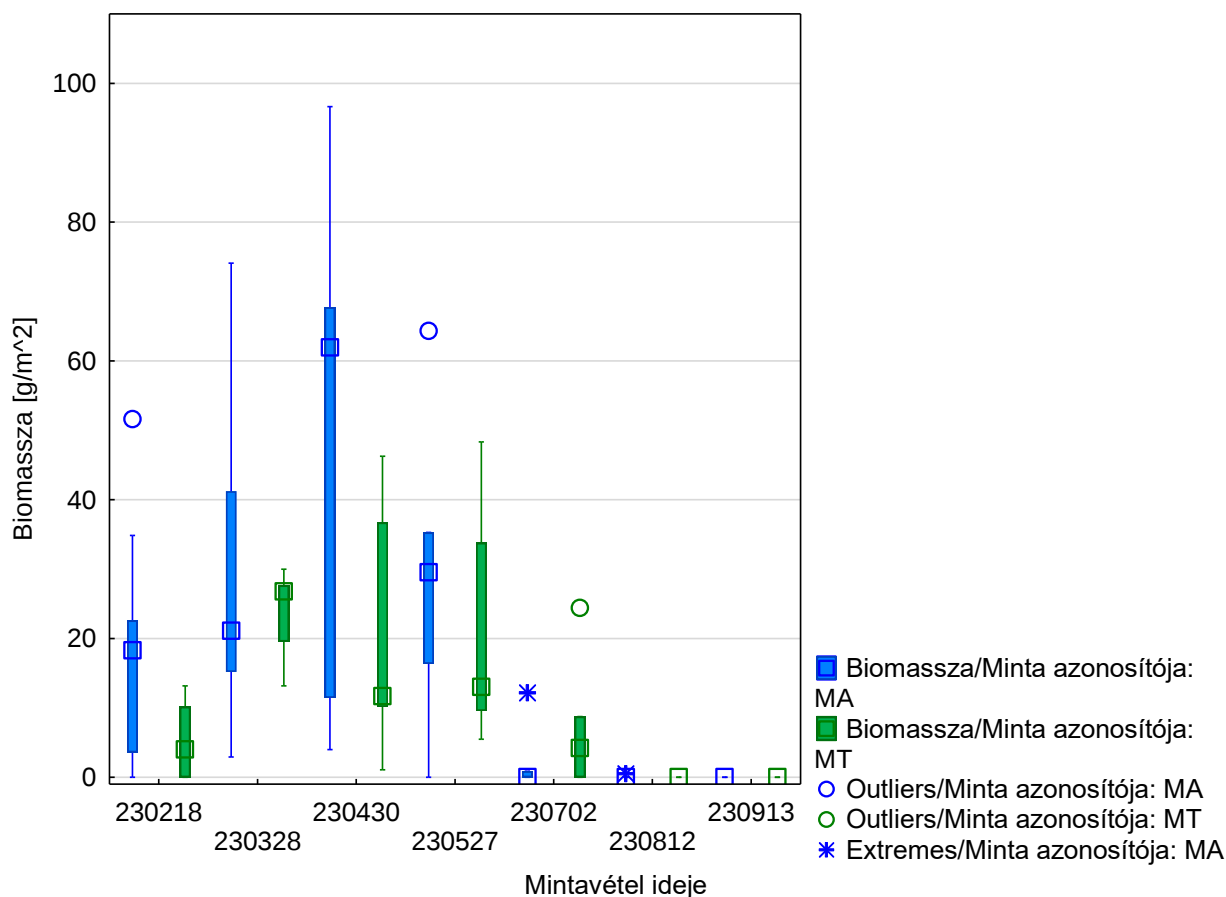
7. táblázat Variancia-komponensek becslései a mintaterületeken a mintavétel idejére, az időpont és a helyszín kölcsönhatására és a hibatagra (Error)

Terület	Gyöktranszformált abundancia			Biomassza		
Hatás	Mintavétel ideje	Kölcsönhatás	Error	Mintavétel ideje	Kölcsönhatás	Error
Sirok	18,1	4,09	6,29	698	309	703
Margita	3,33	1,09	7,25	113	0,10	348
Rákócziújfalu	1,16	-2,04	14,9	5,60	9,55	57,9

Sirokban a mintavétel ideje szignifikáns hatású az abundanciára ($p=0,032$), vagyis többletingadozást okozott, hogy nem mindig ugyanazon a napon végeztem a mérést. Viszont nincs szignifikáns hatással a biomasszára ($p=0,075$). A becsült variancia-komponenseknél a maradék hibataghoz (6,29) (Error) - ide tartozik minden olyan paraméter, amit a modellbe nem vettem be – képest a mintavétel idejének igen nagy az ingadozás-komponense (18,07), vagyis jóval nagyobb hatása van annál az élőtmegre és az egyedszáma.

Sirokban az őszi mintázáskor az összes mintahelyszínen alacsonyabb volt a földigiliszták abundanciája, ami feltehetően a 2022-es évi hosszantartó meleg, aszályos időjárás eredménye. Ez nem kedvezett a földigilisztáknak és valószínűleg mélyebb talajrétegekbe húzódtak a csapadék érkezéséig. NYA és VA területek hasonló földigilisztá-abundanciával rendelkeztek májusban és szeptemberben is, míg NYA esetében a dombalji elhelyezkedés, addig VA esetében a riolittufás alapkőzet kedvezőbb hatása játszhat szerepet, a hasonló tendenciájú csökkenésük pedig az aszályos időszak miatt lehetett.

A margitai (MA és MT) biomassza box-plotok láthatók a 7. ábrán. Az első szembetűnő trend, hogy mindkét terület esetében februártól növekszik a biomassza, majd nyárra drasztikusan lecsökken. A második, látványos eltérés áprilisban a mediánok a két terület között, amely alátámasztja a domboldalhatást, bár vannak olyan hónapok (március és július), amikor MA mediánja elmaradt MT-étől. A trendek háttérében a földigiliszták évszakos aktivitásának változását látom igazolva, vagyis tavasszal egyre aktívabbak és jobban növekednek (nagyobb biomassza), míg nyárra mélyebb rétegekbe húzódnak a szárazságtól és melegtől.



7. ábra A biomassza mintavétel ideje és helyszíne szerint csoportosítva. Margita MA és MT helyszíneire. Mintavétel dátumának formátuma ÉÉHHNN

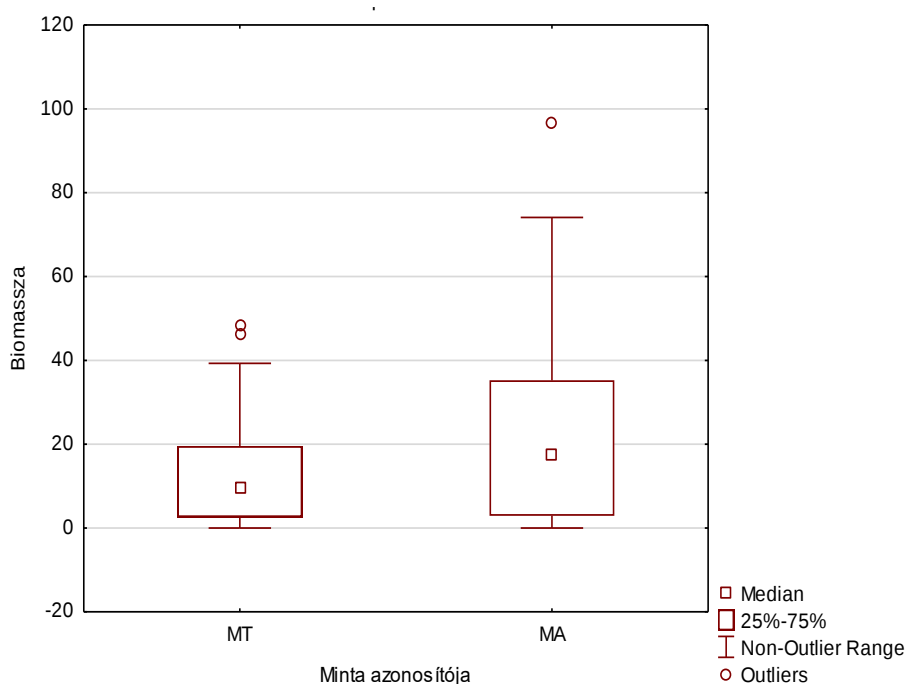
Rákócziújfalu esetében a biomasszájánál először szignifikáns hatás mutatkozott a mintavétel idejére vonatkozóan, majd eltávolítottam a kiugró értéket a 17 egyeddel, ezt követően pedig már a hibatag volt a legjelentősebb, így a kiugró érték torzította el az adatsort. Vagyis a modellbe be nem vett paraméterek hatása volt a legjelentősebb, nem pedig a mintavétel ideje.

5.5. Domboldalhatás vizsgálata

Az alapfelvetés egy hipotézis, mely szerint a domboldal alján elhelyezkedő mintagödrökben magasabb egyedszámú és élőtömegű földigiliszták-közösségeket várok, mivel a talajvíz és a számukra fontos tápanyagok lefelé vándorolva és a gravitációtól vezérelve a domboldal alján nagyobb koncentrációban vannak jelen, amely kedvez a földigilistáknak.

A H_0 szerint a siroki és margitai területpárra (NYA, NYT és MA, MT) mögött álló sokaság megegyezik a helyzetét nézve. Először a siroki területet vizsgálva, az abundanciára nézve a H_0 -t elutasítottam ($p=0,005$), vagyis szignifikánsan eltért a két terület biomasszája, mely szerint több egyed volt NYA-n. A biomassza értékekre is szignifikáns eltérést tapasztaltam ($p=0,045$), a H_0 elutasításra került.

A 8. ábrán a siroki területpár (MA-MT) biomasszára kapott box-plot ábrája látható. Margita MA és MT esetén a 2023 januári időpont kivételével az összes többi időpont adatait vizsgáltam. MT esetén az abundancia négyzetgyöktranszformált értékeinek vizsgálatakor nem látszott statisztikailag szignifikáns különbség ($p=0,304$), míg a biomassza esetében szignifikánsan eltérő ($p=0,020$) volt az érték a két terület között, a box-plot alapján pedig megfigyelhető, hogy MA biomasszája volt nagyobb.



8. ábra Biomassza box plot a minta azonosítója szerint MA és MT területekre

Vagyis bár az egyedek gyakoriságát a margitai területeken nem, míg a sirokiak esetében befolyásolta, hogy a domboldal alján vagy tetején helyezkednek el, biomasszájuk mindkét területen szignifikánsan eltért. Az általam vizsgált két területre tehát részben alátámasztást nyert a lejtőhatás elmélete. A két terület közti eltérés magyarázata lehet a siroki alacsonyabb mintaszám, illetve az is, hogy a biomassza tekintetében elfogadtam a hipotézist, hiszen az egyedszám elfedi, hogy milyen fajokról van szó, és az egyes fajok eltérő növekedési potenciállal bírnak, amelyet jobban ki tudnak használni a domboldal alján.

Rákócziújfalun (RB és RC) is tettem egy ehhez kapcsolódó megfigyelést, ahol az adult egyedek RC-n, a szántó szegélyének legmagasabb pontján voltak, illetve a biomasszájuk is nagyobb volt, mint RB-n, ahol csak juvenilis egyedek fordultak elő. A hipotézis alapján fordítva vártam ezeket az eredményeket, bár csak pár méteres szintkülönbségről van szó és térben elnyújtva, nem egy margitai vagy siroki meredekebb domboldalról.

6. Következtetések és javaslatok

6.1 Következtetések

A földigilisztá-faunisztikai vizsgálatok különböző védettségi fokú és használatú területeken nem mutattak rá egyértelmű összefüggésekre és a közösségek dinamikáját szignifikánsan mozgató paraméterekre. A több időpontban, több helyszínen és több paraméter vizsgálatával végzett terepi munka rávilágított, hogy nehéz egyértelmű összefüggéseket találni a természetben, illetve szabályozni, hogy mely paraméterek legyenek állandóak.

Az egyes területeken talált földigilisztá-fajok nem azonos gyakorisággal fordultak elő. Ezen kívül egyes területekről változó számú faj került elő, ami még a mintázás időpontjától függően is változott. Egyértelműen alacsonyabb volt a fajszám, mely a diverzitás jelzője, a mezőgazdasági művelésű Rákócziújfalun és magasabb a természetközeli állapotú siroki és margitai területeken. Ám az abundancia és biomassza értékek árnyalják ezt a képet, ugyanis az alacsony fajszám ellenére magas egyedszámmal és élőtömeggel volt példa rákócziújfalui mintagödörre is. Ez az ún. aggregációs előfordulás, amely szerint kedvezőbb tulajdonságú talajrészletekben nagyobb a földigiliszták előfordulása. Ez pedig inkább demográfiai hatásra történő eloszlása a közösségeknek, míg a környezeti faktorok egy területen csupán másodlagosak. Emiatt a terület védettségi fokának földigilisztá-közösségekre kifejtett hatásáról sem lehet egyértelmű következtetéseket levonni.

A NIR talajszkennerrel vizsgált talajparaméterek és a statisztikailag szignifikáns összefüggések hiánya is arra mutat, hogy ezen paraméterek között nem volt olyan, ami egymagában meghatározná a földigiliszták abundanciáját és/vagy biomasszáját. Mindazonáltal előfordulhat olyan ingadozást kiváltó paraméter, amelyet nem vizsgáltam a dolgozatban.

A két, idősorosan vizsgált margitai terület, MA és MT adataiból, illetve feltételesen a siroki területek adataiból is egy évközbéli trendszerű jelenséget figyeltem meg, mely szerint az abundancia, a biomassza és a fajszámok maximumai, valamint az egyszeri előfordulású fajok mind a februári-májusi mintázásokra estek, bár giliszták voltak jelen ezen időszakon kívül is.

A lejtőhatás esetében statisztikailag szignifikáns összefüggéseket találtam, vagyis a domboldal alján mind a siroki, mind a margitai domboldal alján magasabb volt a földigiliszták biomasszája, mint a tetején, míg a siroki területnél az abundancia esetén is szignifikánsan több egyed volt a domboldal alján. Ez a különbség főként a nedvességtartalom és az élőlények mikro- és makrotápanyagainak nagyobb rendelkezésre állásával magyarázható, melyek a

mélyebb térszíneken, a domboldal alján nagyobb koncentrációban lehetnek jelen. Ha az egyedszám ezt nem is mindig követi le, mint Szadán, a biomasszára közvetlenül hathat az eltérő fajösszetételen keresztül.

Felmerült a fűrtös vizsgálat módszer alkalmazhatósága, ám annak élőmunkaigénye jóval nagyobb és egy védett természeti terület esetében akár túlzott bolygatással is járhat, amely kedvezhet az inváziós fajok megtelepedésének, ami egy nem kívánt mellékhatása lehet a vizsgálatoknak. Így ezt két szempontból is elvetettem.

6.2. Javaslatok jövőbeli vizsgálatokhoz

A dolgozatban az 5 mintagödör átlagával jellemeztem egy-egy területet, ám többször szükséges volt kiemelni egy-egy kiugró értéket. Ez felveti a kérdést, hogy mennyire kezelhető 5 ismételtsnek egy területen kiásott 5 mintagödör, számszerűsíteni lehetne egyes kulcsparaméterek vonatkozásában, és alsó, felső határok megállapításával a szórásra vonatkozóan.

A vizsgált paraméterek nagy száma miatt célszerű lenne lecsökkenteni a változók számát és olyan kísérletet tervezni, amiben minél több állandó faktor mellett történik a monitorozás.

Egyedek tömegmérése az abundancia és biomassza közötti összefüggés árnyalására lehetne alkalmas, mivel például a dolgozatomban a legalacsonyabb abundanciájú területek nem teljesen esnek egybe a legalacsonyabb biomasszájukkal.

A földigiliszták abundanciájában, biomasszájában és a fajszámukban igen nagy eltérések láthatóak, vagyis nem ugyanolyan eséllyel találkozunk velük ugyanazon területen az év ugyanazon napján. Ezen faktorokat meghatározva tehát jó indikációs fajcsoportról beszélünk.

Az éjjeli vizsgálatnál magasabb ismételtszám mellett képet lehetne kapni az éjjel aktívabb fajokról, ám a dolgozatnak a fajösszetétel változása mögötti komplex értékelés nem volt a célja.

A Butt *et al.* (2022) által javasolt monitorozási idő az évtizedes skálán mozog. A margitai mintaterületeken tovább folytatódnak a havi vizsgálatok, hogy egy teljes évről legyen adatsor. Ezen vizsgálatokat egyetemi, de akár középiskolai hallgatókat bevonva, szabványosítva lehetne folytatni, a környezeti nevelés részeként. Ehhez kialakítható lenne egy mintázási útmutató, valamint az alapadatok begyűjtésére szolgáló sablon, akár telefonos alkalmazásban is. A NIR-készülékkel azonnal eredmények generálhatóak és megfelelő ismételtszám mellett. Viszont a védett területek bolygatását minimalizálva, az inváziós fajok betörését megakadályozva kell a kísérleteket lefolytatni.

7. Összefoglalás

A dolgozatomban bemutattam a terepi vizsgálataim eredményét két védett területről (Gödöllői Dombvidék TK, Siroki Nyírjes-tó TT), valamint egy akácosból, egy tarvágott erdőrészletből és mezőgazdasági hasznosítású területről, Rákócziújfalun. A védett margitai területek közül kettőn idősoros mintázást végeztem, minden hónapban, 2023 januárt és augusztus között, ugyanazon a területen, más mintagödrökben. Vizsgáltam a földigiliszta-közösségeket, hogy mely fajok alkották és ez hogyan változott a kísérlet során, milyen korú (adult vagy juvenilis) egyedek voltak jelen, milyen biomasszával, illetve elemeztem a talajt egy NIR-szkennerrel. Ezeket a vizsgálatokat az összes többi helyszínen is végrehajtottam 2-2 időpontban. Az eltérő mintázási időpontok, de ugyanazon helyszínen lehetőséget adtak arra, hogy a helyszín állandósága mellett a környezeti faktorokat, valamint a mintázás idejéből eredő különbségeket vizsgáljam, amelyek a földigiliszták számosságát és élőtömegét befolyásolhatják. Az eredményeim meglepő módon egyik vizsgált talajparaméter esetén sem mutattak ki szignifikáns összefüggést a földigiliszták abundanciájával és biomasszájával. Ennek oka lehet az is, hogy a demográfiai hatások egyes időszakban nagyobb hajtóerővel bírnak a közösségekre, mint a környezeti faktorok. Az egyes területek között és időpontok között is eltérést találtam a fajkészletben, a leggyakoribb faj az *Aporrectodea rosea* volt.

Az egyes területekre kiszámolt földigiliszta abundancia és biomassza adatokat az irodalmival összevetve képet kaptam annak ökológiai állapotáról, míg az ott talált fajok alapjául szolgálhatnak komplexebb vizsgálatnak, amely a közösség összetételét, változását vizsgálja.

Vizsgáltam egy hipotézist is, mely szerint a lejtő alján számosabb és nagyobb tömegű egyedeket találunk. Két helyszínen volt alkalmas domboldal, ahol vizsgáltam a lejtő hatását a földigiliszta-közösségekre. A biomassza esetében mindkét helyszínen igazolódott a hipotézis, míg Sirokban az abundancia esetében is szignifikáns eltérés volt a domboldal alja és teteje között.

Az alkalmazott mintázási módszer egyszerű és olcsó, mely széles körben használható kiegészítő ökológiai vagy indikációs vizsgálatokkor, amikor a talajállapotról szeretnénk információt kapni.

Úgy gondolom, hogy a kitűzött céljaim jórészt megvalósultak, ám hiányosságának rónám fel, hogy nem sikerült olyan paramétert találni, amely szignifikánsan befolyásolja a földigiliszta-közösségeket, illetve nem tudtam bemutatni egy teljes évet az idősoros vizsgálatban.

8. Irodalomjegyzék

- Adhikari, K. & Hartemink, A. E. (2016): Linking soils to ecosystem services – A global review. *Geoderma* 262: 101–111.
- Al-Maliki, S., Al-Taey, D.K.A., Al-Mammori, H.Z. (2021): Earthworms and eco-consequences: Considerations to soil biological indicators and plant function: A review. *Acta Ecologica Sinica* 41, 512–523.
- Bakonyi G., Juhász L., Kiss I. & Palotás G. (2003): Állattan. Mezőgazda Kiadó, Budapest, (314 pp.) 718 p.
- Bakti B., Simon B., Gyuricza Cs. (2017): Földigiliszta (Lumbricidae) egyedszám és biomassza vizsgálat fás szárú energetikai ültetvényben. Alföldi Erdőkért Egyesület, Kutatói Nap. 116-125. Elérés: [Kutatói Nap 2017. \(oszk.hu\)](https://www.kutatoi-nap2017.oszk.hu) (2022.10.08.)
- Barczy A., Centeri Cs., Michéli E., Penksza K., Schubert F., Stefanovits P., Szabóné Kele G. & M. Tóth T. (2008): A talajtan földtani és természetföldrajzi alapjai. Szent István Egyetem, Mezőgazdasági- és Környezettudományi Kar, Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet, Gödöllő, 114 p.
- Barczy, A., Tóth, Cs., Tóth, A., Pető, Á. (2009): A Bán-halom komplex tájökölógiai és paleotalajtani felmérése. *Tájökölógiai Lapok* 7, 1, 191–208.
- Barot, Rossi, S. J.-P., Lavelle, P. (2007): Self-organization in a simple consumer–resource system, the example of earthworms. *Soil Biology & Biochemistry* 39 (2007) 2230–2240
- Birkás M., Jolánkai M., Gyuricza Cs., Percze A. (2004): Tillage effects on compaction, earthworms and other soil quality indicators in Hungary. *Soil & Tillage Research* 78, 185-196
- Blouin, M., Hodson, M. E., Delgado, E. A., Baker, G., Brussard, L., Butt, K. R., Dai, J., Dendooven, L., Peres, G., Tondoh, J. E., Cluzeau, D. & Brun, J.-J. (2013): A review of earthworm impact on soil 1 function and ecosystem services. *European Journal of Soil Science*, doi: 10.1111/ejss.12025
- Boer, B.W., Ginzky, H., Heuser, I.L. (2017): International Soil Protection Law: History, Concepts and Latest Developments. In: Ginzky, H., Heuser, I., Qin, T., Ruppel, O., Wegerdt, P. (eds) *International Yearbook of Soil Law and Policy 2016. International Yearbook of Soil Law and Policy*, vol 2016. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-42508-5_7
- Bolf, G. B., Szabó, J., Szabó, B., Czakó, B., Németh, A. (2014): Protection measures against gully erosion in the Gödöllő Hillside Landscape Protection District. In: A., Čelková (ed.) 21st International Poster Day and Institute of Hydrology Open day: Transport of Water, Chemicals and Energy in the Soil-Plant-Atmosphere System: Proceedings of peer-reviewed contributors Bratislava, Slovakia: Institute of Hydrology SAS, pp. 24–37.
- Butt, K. R., Gilbert, J. A., Kostecka, J., Lowe, C. N., Quigg, S. M., Euteneuer, P. (2022): Two decades of monitoring earthworms in translocated grasslands at Manchester Airport. *European Journal of Soil Biology* 113, 103443
- Bouché, M.B. (1972): *Lombriciens de France: ecologie et systematique*. Institut National des Recherches Agricoles, Párizs, 668 p.
- Canedoli, C., Ferrè, C., Abu El Khair, D., Comolli, R., Liga, C., Mazzucchelli, F., Proietto, A., Rota, N., Colombo, G., Bassano, B., Ramona Viterbib, Padoa-Schioppa, E. (2020): Evaluation of ecosystem services in a protected mountain area: Soil organic carbon stock and biodiversity in alpine forests and grasslands. *Ecosystem Services* 44, 101135
- Centeri Cs., A, Penksza K., Malatinszky Á., Pető Á., Vona M. (2010): Potential effects of different land uses on phosphorous loss over the slope in Hungary. Conference paper, 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing
- Centeri, Cs., Akác, A., Jakab, G. (2012): Land use change and soil degradation in a nature protected area of East-Central Europe. In: Aubrecht, C., Freire, S., Steinnocher, K. (eds) *Land Use: Planning, Regulations, and Environment*. New York (NY), United States of America: Nova Science Publishers pp. 211–241.

- Curry, J.P., (2004): Factors affecting the abundance of earthworms in soils. In: Edwards, C.A. (Ed.), *Earthworm Ecology*. CRC press LLC, Boca Raton, FL, pp. 91–114.
- Communication from the Commission to The Council, The European Parliament, The Economic and Social Committee and The Committee of the Regions. Towards a Thematic Strategy for Soil Protection, Brussels (2002)
- Csuzdi Cs. (2007): Magyarország földigilisza-faunájának áttekintése (Oligochaeta, Lumbricidae). *Állattani közlemények* 92(1), 3-38 p.
- Csuzdi Cs., Zicsi A. (2003): *Earthworms of Hungary (Annelida: Oligochaeta, Lumbricidae)*. Magánkiadó, Budapest, 271 p.
- Darwin, C.R. 1840. On the formation of mould. *Transactions of the Geological Society* (Ser. 2) 5:505-509.
- Decaëns T., Margerie P., Aubert M., Hedde M. & Bureau F. (2008): Assembly rules within earthworm communities in North-Western France—A regional analysis. *Applied Soil Ecology* 39, 321-335.
- Dewi, W., Senge, M. (2015): Earthworm diversity and ecosystem services under threat. *Reviews in Agricultural Science*, 3: 25-35.
- Duriez, O., Ferrand, Y. & Binet, F. (2006): An Adapted Method for Sampling Earthworms at Night in Wildlife Studies. *The Journal of Wildlife Management*, Vol. 70, No. 3.
- Fazekas Gy. & Szerényi G. (2015) *Biológia I. kötet*. Sclar Kiadó, Budapest, 592 p.
- Griffiths, B.S., Römbke, J., Schmelz, R.M., Scheffczyk, A., Faber, J.H., Bloem, J., Pérès, G., Cluzeau, D., Chabbi, A., Suhadolc, M., Sousa, J.P., Martins da Silva, P., Carvalho, F., Mendes, S., Morais, P., Francisco, R., Pereira, C., Bonkowski, M., Geisen, S., Bardgett, R.D., de Vries, F.T., Bolger, T., Dirilgen, T., Schmidt, O., Winding, A., Hendriksen, N.B., Johansen, A., Philippot, L., Plassart, P., Bru, D., Thomson, B., Griffiths, R.I., Bailey, M.J., Keith, A., Rutgers, M., Mulder, C., Hannula, S.E., Creamer, R., Stone, D. (2016): Selecting cost effective and policy-relevant biological indicators for European monitoring of soil biodiversity and ecosystem function. *Ecological Indicators* 69, 213-223.
- van Groenigen, J., Lubbers, I., Vos, H. & Deyn, G. (2014): Earthworms increase plant production: a meta-analysis. *Sci Rep* 4, 6365. <https://doi.org/10.1038/srep06365>
- Hoeffner, K., Santonja, M., Monard, C. Barbe, L., Le Moing, M. & Cluzeau, D. (2021): Soil properties, grassland management, and landscape diversity drive the assembly of earthworm communities in temperate grasslands. *Pedosphere*, 31(3), 375-383
- Horváth E. (szerk.), Farsang A., Horváth B., Pestiné dr. Rác É. V. Godó Z. A. (2012): *Talajtan és talajökológia. Környezetmérnöki Tudástár XXIV. kötet*, Pannon Egyetem – Környezetmérnöki Intézet, Veszprém, 404 p.
- Hummel, C., Poursanidis, D., Orenstein, D., Elliott, M., Adamescu, M.C., Cazacu, C., Ziv, G., Chrysoulakis, N., van der Meer, J., Hummel, H. (2019): Protected Area management: Fusion and confusion with the ecosystem services approach. *Science of The Total Environment*, Volume 651, Part 2, Pages 2432-2443.
- ISO - International Standard ISO23611-1, 2006. Soil Quality – Sampling of Soil Invertebrates – Part 1: Hand-sorting and Formalin Extraction of Earthworms. Reference number: ISO 23611-1:2006 (E). First edition
- Jordan, D., Miles, R.J., Hubbard, V.C., Lorenz, T., (2004): Effect of management practices and cropping systems on earthworm abundance and microbial activity in Sanborn Field: a 115-year-old agricultural field. *Pedobiologia* 48, 99–110.
- Joschko M, Fox C A, Lentzsch P, Kiesel J, Hierold W, Krück S, Timmer J. (2006): Spatial analysis of earthworm biodiversity at the regional scale. *Agr Ecosyst Environ*. 112: 367–380.
- Kalu, S., Koirala, M., Khadaka, U. R. (2015): Earthworm population in relation to different land use and soil characteristics. *Journal of Ecology and the Natural Environment* 7, 5, 124–131.

- Kanianska, R., Jad'ud'ová, J., Makovníková, J. & Kizeková, M. (2016): Assessment of Relationships between Earthworms and Soil Abiotic and Biotic Factors as a Tool in Sustainable Agricultural. Sustainability, 8, 906
- Keith, A.M., Robinson, D.A. (2012): Earthworms as Natural Capital: Ecosystem Service Providers in Agricultural Soils. The Economic Journal 2, Vol. II. 91-99.
- King C. M. (2021): A Gödöllői Dombvidék Tájvédelmi Körzet természeti értékei- A tájvédelmi körzet talajainak és bennük élő földigilisztá állományainak összefüggése. TDK dolgozat, MATE, Gödöllő 49 p.
- Kovács M., Podani J., Tuba Z., Turcsányi G. (1986): A környezetszennyezést jelző és mérő élőlények. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 207 p.
- Köninger, J., Panagos, P., Jones, A., Briones, M.J.I., Orgiazzi, A. (2022): In defence of soil biodiversity: Towards an inclusive protection in the European Union. Biological Conservation 268 109475
- Lapied E, Nahmani J, Rousseau G X. (2009): Influence of texture and amendments on soil properties and earthworm communities. Appl Soil Ecol. 43: 241–249.
- Magyari-Meskó, R., Kolár, A., Centeri, Cs., Biró, Zs (2019): Comparison of earthworm numbers and some soil parameters of conventional and organic farms in Hungary. In: A., Celková (szerk.) 26th International Poster Day and Institute of Hydrology Open Day: Transport of water, chemicals and energy in the soil-plant atmosphere system. Bratislava, Slovakia: Slovak Academy of Sciences, Institute of Hydrology (2019) 296 p. pp. 119–127.
- Marichal, R., Praxedes, C., Decaens, T., Grimaldi, M., Oszwald, J., Brown, G.G., Desjardins, T., da Silva Junior, M.L., Martinez, A. F., Oliveira, M.N.D., Velasquez, E. & Lavelle, P. (2017): Earthworm functional traits, landscape degradation and ecosystem services in the Brazilian Amazon deforestation arc. European Journal of Soil Biology, 83, 43-51.
- Mathieu, J., Caro, G., Dupont, L. (2018): Methods for studying earthworm dispersal. Applied Soil Ecology 123, 339–344.
- McCallum, H. M., Wilson, D. J., Beaumont, D., Sheldon, R., O'Brien, M. G., Park, K. J. (2016): A role for liming as a conservation intervention? Earthworm abundance is associated with higher soil pH and foraging activity of a threatened shorebird in upland grasslands. Agriculture, Ecosystems and Environment 223, 182–189.
- Mizik T. (szerk.) (2018). Agrárgazdaságtan II. Akadémiai Kiadó. <https://doi.org/10.1556/9789634541875>. (Letöltve: 2022. 08. 28. https://mersz.hu/hivatkozas/dj335agt_5_p10#dj335agt_5_p10)
- Na, L., Abail, Z., Whalen, J.K., Liang, B., Hu, C., Hu, R. & Wu, Y. (2022): Earthworms increase nitrogen uptake by lettuce and change short-term soil nitrogen dynamics. Applied Soil Ecology, 176, 104488
- Ojha, R. B., Devkota, D. (2014): Earthworms: 'Soil and Ecosystem Engineers' – a Review. World Journal of Agricultural Research. Vol. 2 No. 6, 257-260
- Pacs I., Puskás F. & Zicsi A. (1990) Giliszta, gilisztahumusz. Mezőgazdasági Kiadó Kft., Budapest, 94 p.
- Panchal, P., Preece, C., Penuelas, J. & Giri, J. (2022): Soil carbon sequestration by root exudates. Trends in Plant Science, Vol. 27., No. 8
- Papp O. (szerk.) (2021): Földigiliszta – A termékeny talajok építészei. ÖMKI – Ökológiai Mezőgazdasági Kutatóintézet Közhasznú Nonprofit Kft., Budapest, 9p.
- Pulleman, M., Creamer, R., Hamer, U., Helder, J., Pelosi, C., Pérés, G., Rutgers, M. (2012): Soil biodiversity, biological indicators and soil ecosystem services – an overview of European approaches. Current Opinion in Environmental Sustainability 4, 5, 529–538.
- Radics Z. A. (2022): Öntözés, szerves talajtakarás és a művelési eredetű talajtömörödés földigilisztá közösségre gyakorolt hatásainak komplex vizsgálata. Doktori értekezés, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő, 164 p.

- Raisz A. (szerk.) (2022): Környezetjog. Különös rész. Miskolci Egyetemi Kiadó, <https://doi.org/10.53707/2021.ra.kornykul>, 210 p.
- Rossi, J. P., P. Lavelle, and A. Albrecht. (1997): Relationships between spatial pattern of the endogeic earthworm *Polypheretima elongata* and soil heterogeneity. *Soil Biology and Biochemistry* 29:485-488.
- Sakraoui R., Boukheroufa, M., Dadci, W., Abdallah, K., Senaoui, C., Sakraoui, F., Benyacoub, S. (2022): Environmental and Habitat Preferences of the Algerian Hedgehog *Atelerix Algeris* (Lereboullet, 1842) in El Kala National Park (North-East Algeria). *Journal of Bioresource Management* 9, 1, 165–174.
- Saláta, D. Krausz, E. Reményi, L., Kenéz, Á., Pető, Á. (2014): Combining historical land-use and geoarchaeological evidence to support archaeological site detection. *Agrokémia és Talajtan* 63, 1, 99–108.
- Salomé, C., Guenat, C., Bullinger-Weber, G., Gobat, J.-M. & Le Bayon, R.-C. (2011): Earthworm communities in alluvial forests: Influence of altitude, vegetation stages and soil parameters. *Pedobiologia* 54S, S89-S98
- Schon, N. L., Mackay, A. D., Gray, R.A., van Koten, C., Dodd, M.B. (2017): Influence of earthworm abundance and diversity on soil structure and the implications for soil services throughout the season. *Pedobiologia* 62, 41–47.
- Schon, N.L., Dominati, E.J. (2020) Valuing earthworm contribution to ecosystem services delivery. *Ecosystem Services* 43, 101092
- Simon L. (szerk) (2008): Talaj-víz kölcsönhatások a klímaváltozás tükrében. *Talajvédelem különszám* 17-30.
- Singh, S., Sharma, A., Khajuria, K., Singh, J. & Vig A.P. (2020): Soil properties changes earthworm diversity indices in different agro-ecosystem. *BMC Ecol* 20, 27 <https://doi.org/10.1186/s12898-020-00296-5>
- Stefanovits P., Filep Gy., Fülek Gy. (1999): *Talajtan*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 470 p.
- Szabó I. M. (2008) *Az általános talajtan biológiai alapjai*. Mundus Egyetemi Kiadó, 405 p.
- Szederjesi T. (2011): The earthworm fauna of the Karancs-Medves Landscape Protection Area (Oligochaeta, Lumbricidae). *Opusc. Zool. Budapest* 42(1): 67-73
- Szilágyi A, Horváth E, Nagy P, Simon B, Centeri Cs (2019) Earthworm and nematode populations in conventional, organic and permaculture farms on Szentendre Island, Hungary: an explorative case study. 26th International Poster Day and Institute of Hydrology Open Day, 6 November, Bratislava, Slovakia. 213–221. pp. ISBN 978-80-89139-44-6
- Szilágyi A, Plachi E, Kun R, Nagy P, Centeri Cs, Simon B (2022): Effects of soil characteristics and farm types on earthworm populations in Hungarian organic, permaculture and conventional farms, 20 May 2022, PREPRINT (Version 1) Elérhető: Research Square [<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1670104/v1>]
- Tanka E. (2018): Mit tehet a hazai jog a fenntartható talaj- és földvédelem megalapozásáért? *Gazdaság és Jog* 2018/1–2. sz., 18–25.
- Timmerman, A., Bos, D., Ouwehand, J. & G.M. de Goede, R.G.M. (2006): Long-term effects of fertilisation regime on earthworm abundance in a semi-natural grassland area. *Pedobiologia* 50, 427-432
- Tucker, G.M., Heath, M.F., (1994): *Birds in Europe: Their Conservation Status*. Birdlife International, Cambridge, UK.
- Weldmichael, T.G., Szegi, T., Denish, L., Gangwar, R.K., Michéli, E., Simon, B. (2020): The patterns of soil microbial respiration and earthworm communities as influenced by soil and land-use type in selected soils of Hungary. *Soil Sci. Ann.*, 2020, 71(2), 139–148
- http1: Soil biodiversity: functions, threats and tools for policy makers. Technical report - 2010-049 [biodiversity_report.pdf](#) (europa.eu) (Elérés: 2023.09.02.)
- http2: http://www.hermanottointezet.hu/sites/default/files/nta_v_0429_tervezet-1.pdf#page=42&zoom=100,90,260 (Nemzeti Természetvédelmi Alapterv V., elérés: 2023.09.02.)

- http3: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2002:0179:FIN:EN:PDF> (elérés: 2022.09.04.)
- http4: http://datazone.birdlife.org/userfiles/file/Species/erlob/EuropeanRedListOfBirds_June2015.pdf European Red List of Birds 2015, DOI: 10.2779/975810 (elérés: 2023.07.25.)

9. Köszönetnyilvánítás

A témát, amelynek különböző aspektusait már több éve kutatja, Dr. Centeri Csaba mutatta be nekem. Levelezős hallgatóként sok egyeztetés kellett a terepi munkák megszervezéséhez, amelyben mindig rugalmas és segítőkész volt. Mind a terepi munka, mind pedig a kiértékelések során tudtam profitálni a tapasztalatából, a közös munka elejétől fogva magas színvonalon tartotta a konzultációkat. Úgy gondolom, külön köszönetet érdemel a rugalmasságáért, ahogy a levelező hallgatói időbeosztásomat kezelte és mentorként kísért.

Köszönettel tartozom Dr. Simon Barbarának, a külső konzulensemnek, aki a terepi munkában is aktívan részt vett, ezen kívül segített a földigiliszták faji azonosításában, valamint a laboratóriumi munkában is.

Szeretném megköszönni Gergely Ildikónak a laboratóriumi munkáját és segítségét a minták elemzésében, a laboratóriumi munkafolyamatok biztonságos, pontos és hatékony elvégzésére történő megtanítását.

A statisztikai kiértékelésben sok segítséget kaptam Dr. Biró Zsolttól, illetve Dr. Pusztai Évától, szeretnék nekik is köszönetet mondani.

Nem utolsóként pedig a családomnak, akik a mintagyűjtés előkészületeiben, illetve a mintázások során segítettek a dolgozat elkészültét.

10. Mellékletek

10.1. A mintavételi pontok koordinátái

8. táblázat Szada, Margita tető mintavételi pontok GPS koordinátái

Helyszín	Mintaterület és sorszám	GPS koordináta (É.sz., K.h.)
Margita	Tető 1	47.645691, 19.330406
Margita	Tető 2	47.645863, 19.330390
Margita	Tető 3	47.645761, 19.330434
Margita	Tető 4	47.645755, 19.330417
Margita	Tető 5	47.645681, 19.330506
Margita	Mély 1	47.644233, 19.331017
Margita	Mély 2	47.644233, 19.331022
Margita	Mély 3	47.644283, 19.330840
Margita	Mély 4	47.644433, 19.330958
Margita	Mély 5	47.644433, 19.330885
Margita	Alja 1	47.645743, 19.330800
Margita	Alja 2	47.645682, 19.330841
Margita	Alja 3	47.645699, 19.331012
Margita	Alja 4	47.645721, 19.330964
Margita	Alja 5	47.645752, 19.331067
Sirok	Váralja 1	47.939168, 20.193159
Sirok	Váralja 2	47.939080, 20.193195
Sirok	Váralja 3	47.939094, 20.193094
Sirok	Váralja 4	47.939150, 20.193172
Sirok	Váralja 5	47.939074, 20.193151
Sirok	Tarvágás 1	47.936523, 20.171643
Sirok	Tarvágás 2	47.936482, 20.171681
Sirok	Tarvágás 3	47.936515, 20.171633
Sirok	Tarvágás 4	47.936495, 20.171637
Sirok	Tarvágás 5	47.936452, 20.171716
Sirok	Nyírjes-tó, domboldal tető 1	47.929749, 20.184068
Sirok	Nyírjes-tó, domboldal tető 2	47.929818, 20.184001
Sirok	Nyírjes-tó, domboldal tető 3	47.929725, 20.183985
Sirok	Nyírjes-tó, domboldal tető 4	47.929645, 20.183994
Sirok	Nyírjes-tó, domboldal tető 5	47.929782, 20.184077
Sirok	Nyírjes-tó, domboldal alja 1	47.929960, 20.184725
Sirok	Nyírjes-tó, domboldal alja 2	47.929957, 20.184438
Sirok	Nyírjes-tó, domboldal alja 3	47.929984, 20.184560
Sirok	Nyírjes-tó, domboldal alja 4	47.930017, 20.184481
Sirok	Nyírjes-tó, domboldal alja 5	47.930240, 20.184409
Rákócziújfalu	RA 1	47.059847, 20.257236
Rákócziújfalu	RA 2	47.059722, 20.257222
Rákócziújfalu	RA 3	47.059822, 20.257253
Rákócziújfalu	RA 4	47.059839, 20.257261
Rákócziújfalu	RA 5	47.059828, 20.257208
Rákócziújfalu	RB 1	47.059983, 20.257381
Rákócziújfalu	RB 2	47.060050, 20.257397
Rákócziújfalu	RB 3	47.060000, 20.257369
Rákócziújfalu	RB 4	47.060008, 20.257369
Rákócziújfalu	RB 5	47.059977, 20.257384
Rákócziújfalu	RC 1	47.060372, 20.258228
Rákócziújfalu	RC 2	47.060381, 20.258267
Rákócziújfalu	RC 3	47.060367, 20.258283
Rákócziújfalu	RC 4	47.060358, 20.258311
Rákócziújfalu	RC 5	47.060367, 20.258289

10.2. Szada, Margita tető mintavételi pont

9. táblázat Margita tető, mintavételi pont és mintázás körülményei

Szűrőbot felvételének dátuma:	2022.04.25.
Mintavétel ideje:	16:50-17:10
Hőmérséklet:	19°C
Tengerszint feletti magasság:	345 m
Időjárás:	Száraz, napos, a mintavételt megelőző 3 napban hullott kb. 10 mm csapadék
Terület jellemzése:	tölgy, lágyszárú fajok, vastag avarborítás

10. táblázat Margita tető, szűrőbotos vizsgálat eredménye

Szint (cm)	Szín (Munsell-skála alapján)	Megfigyelés
0-20	10YR3/2 + 10YR4/3	tömörödött, humuszos A-szint
20-45	10YR5/4	AB-szint
52-62	10YR6/4	B-szint
62-80	10YR7/4	C1
80-100	10YR7/2	lössös, keményebb C2 ecettel pezseg (mész)



10. ábra Margita, tető mintavételi pont környezete



9. ábra Margita, tető szűrőbotos vizsgálat

10.3. Szada, Margita alja mintavételi pont

11. táblázat Margita alja, mintavételi pont és mintázás körülményei

Szűrőbot felvételének dátuma:	2023.02.18.
Mintavétel ideje:	16:10-16:30
Hőmérséklet:	8°C
Tengerszint feletti magasság:	334 m
Időjárás:	Száraz, felhős, a mintavételt megelőző időszakban csapadékmentes
Terület jellemzése:	tölgyek, vastag avarborítás

12. táblázat Margita alja, szűrőbotos vizsgálat eredménye

Szint (cm)	Munsell-skála	Megfigyelés
0-42	10YR3/1	közepesen tömörödött, szerkezetes morzsás
43-72	10YR6/4	szerkezetes morzsás
73-100	10YR5/6	igen erősen tömörödött



12. ábra Szada, Margita domboldal alja - szűrőbotos mintázás környezete (2023.02.18.)



11. ábra Szada, MA szűrőbotos vizsgálat (2023.02.18.)

10.4. Szada, Margita mély mintavételi pont

Megjegyzés: szűrőbotos vizsgálat nem volt.

13. táblázat Margita mély, mintavételi pont és mintázás körülményei

Dátum:	2022.05.29.
Mintavétel ideje:	10:00-11:50
Hőmérséklet:	19°C
Tengerszint feletti magasság:	340 m
Időjárás:	száraz, borult, a mintavételt megelőző napokban közvetlenül nem, kb 10. nappal korábban viszont ~20 mm csapadék hullott a területen
Terület jellemzése:	tölgy, Poaceae fajok



13. ábra Margita, mély mintavételi pont környezete

10.5. Sirok, Váralja mintavételi pont és szűrőbotos talajvizsgálat

14. táblázat Sirok, Váralja mintavételi pont és mintázás körülményei

Szűrőbot felvételének dátuma:	2022.04.30.
Mintavétel ideje:	16:40-18:25
Hőmérséklet:	20°C
Tengerszint feletti magasság:	257 m
Időjárás:	száraz, napos, a mintavételt megelőző 3 napon kb. 15 mm csapadék hullott
Terület jellemzése:	galagonya, fehér akác, nagy csalán

Szint (cm)	Munsell-skála	Megfigyelés
0-20	10YR3/2 (keveredve 10YR4/3)	A - (vályog)
20-60	10YR5/3	AB/B ecettel sercegés (mész)
60-100	10YR7/4	C _k : riolittufa ecettel sercegés (mész)



14. ábra Sirok, Váralja mintavételi pont környezete

15. táblázat Sirok, Váralja szűrőbotos vizsgálat eredményei



15. ábra Sirok, Váralja szűrőbotos vizsgálat

10.6. Sirok, tarvágás mintavételi pont és szűrőbotos talajvizsgálat

16. táblázat Sirok, tarvágás mintagyűjtési információk

Szűrőbot felvételének dátuma:	2022.05.01.
Mintavétel ideje:	07:30-10:30
Hőmérséklet:	13°C
Tengerszint feletti magasság:	318 m
Időjárás:	száraz, napos, a mintavételt megelőző 3 napon kb. 15 mm csapadék hullott
Terület jellemzése:	tölgy tarvágása után, lágyszárú vegetáció, tölgy magoncok

17. táblázat Sirok, tarvágás, szűrőbotos vizsgálat eredménye, 2022.05.01.

Szint (cm)	Munsell-skála	Megfigyelés
0-20	10YR4/6	A - nedves, morzsás, (agyagos vályog)
20-100	10YR4/6	A- nem pezseg, vályog (agyagos vályog)



17. ábra Sirok, tarvágás mintavételi pont környezete



16. ábra Sirok, tarvágás szűrőbotos vizsgálat

10.7. Sirok, Nyírjes-tó melletti domboldal teteje mintavételi pont és szűrőbotos talajvizsgálat

18. táblázat Sirok, Nyírjes-tó domboldal teteje mintagyűjtési információk

Szűrőbot felvételének dátuma:	2022.05.01.
Mintavétel ideje:	10:50-12:10
Hőmérséklet:	19°C
Tengerszint feletti magasság:	300 m
Időjárás:	száras, napos, a mintavételt megelőző 3 napon kb. 15 mm csapadék hullott
Terület jellemzése:	vastag avarborítás, gyertyános-tölgyes, többnyire fiatal faegyedekkel, kevés lágyszárúval, néhány idősebb fával

Szint (cm)	Munsell-skála	Megfigyelés
0-5	10YR3/4	O/A ₁ morzsás
5-45	10YR4/6	A ₂ vályog
45-100	10YR5/4	Bt felhalmozási szint, fehér foltokkal gazdag, tömött

19. táblázat Sirok, Nyírjes-tó domboldal teteje, szűrőbotos vizsgálat eredménye



18. ábra Sirok, Nyírjes-tó domboldal teteje mintavételi pont környezete



19. ábra Sirok, Nyírjes-tó melletti domboldal teteje szűrőbotos vizsgálat

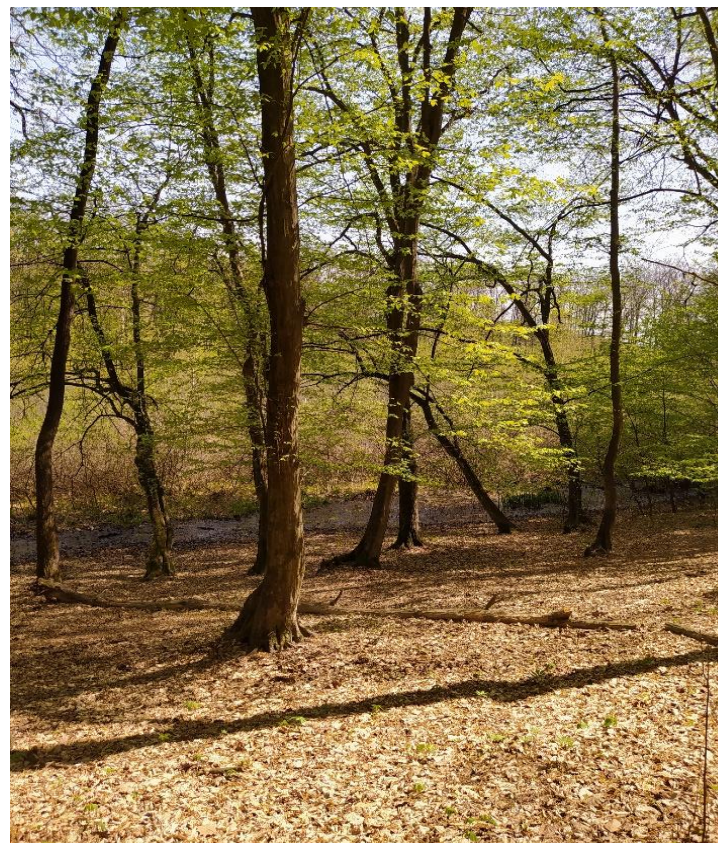
10.8. Sirok, Nyírjes-tó melletti domboldal alja mintavételi pont és szűrőbotos talajvizsgálat

20. táblázat Sirok, Nyírjes-tó domboldal alja mintagyűjtési információk

Szűrőbot felvételének dátuma:	2022.05.01.
Mintavétel ideje:	12:20-14:15
Hőmérséklet:	20°C
Tengerszint feletti magasság:	267 m
Időjárás:	száraz, napos, a mintavételt megelőző 3 napon kb. 15 mm csapadék hullott
Terület jellemzése:	Gyertyános tölgyes, idősebb faállomány, vastag avarborítással, kevés, jellegtelen, lágyszárú fajjal

21. táblázat Sirok, Nyírjes-tó domboldal alja, szűrőbotos vizsgálat eredménye

Szint (cm)	Munsell-skála	Megfigyelés
0-7	10YR3/2	(O) A
7-40	10YR5/4	A
40-100	10YR5/4 (benne 10YR8/3)	B _t / C _k



20. ábra Sirok, Nyírjes-tó domboldal alja mintavételi pont környezete



21. ábra Sirok, Nyírjes-tó melletti domboldal alja szűrőbotos vizsgálat

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

A hallgató neve: BOLLA DAVID ISTVÁN
A Hallgató Neptun kódja: HXM144
A dolgozat címe: A FÖLDGÍLLISZTÁK FELMÉRÉSÉNEK EREDMÉNYEI NÉHÁNY HAZAI VÉDETT TERMÉSZETI TERÜLETEN
A megjelenés éve: 2023
A konzulens intézetének neve: VADGAZDÁLKODÁSI ÉS TERMÉSZETVÉDELMI INTÉZET
A konzulens tanszékének a neve: TERMÉSZETVÉDELMI ÉS TALAJGAZDÁLKODÁSI TANSZÉK

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² 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.

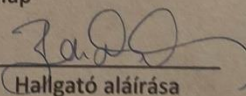
A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

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

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védelmet követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2023 év 10 hó 24 nap


Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

NYILATKOZAT

Bolla Dávid István (hallgató Neptun azonosítója: HXM1UU) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: 2023 év október 27.



Dr. Simon Barbara



Dr. Centeri Csaba

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törölendő.

² A megfelelő alá húzandó.

³ A megfelelő alá húzandó.