



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

DOMBORZATMODELL ALAPÚ DIGITÁLIS TALAJTÉRKÉPEZÉS ELŐKÉSZÍTÉSE A ZIRC-AKLIPUSZTAI FÁS LEGELŐ TERÜLETEN

Szerző:

Gfellner Máté

geoinformatika MSc. szak, II. évf.

Konzulensek:

Verőné Dr. Wojtaszek Malgorzata

ÓE AMK Geoinformatikai Intézet
egyetemi docens

Prof. Dr. Lehoczky Éva

MATE KÖTI Georgikon Campus
Környezeti Fenntarthatóság Tanszék
egyetemi tanár

Székesfehérvár, 2024

1. Bevezetés és célkitűzés	2
2. Irodalmi áttekintés	3
2.1. Talajterképezés áttekintése.....	3
2.2. A Magas-Bakony tájegység jellemzése.....	7
2.3. A fás legelők jelentősége és előfordulása a Magas-Bakony területén	9
3. Mintaterület, eszközök, módszerek	10
3.1. Mintaterület bemutatása	10
3.2. Digitális domborzatmodell és derivátumainak előállítása.....	17
3.3. A talajmintavételezés és laboratóriumi vizsgálatok	19
3.4. Statisztikai vizsgálatok	23
4. Eredmények és értékelésük	24
4.1. Az előállított domborzatmodell és derivátumainak bemutatása, értékelése.....	24
4.2. A kijelölt talajmintavételi pontok bemutatása, értékelése.....	28
4.3. A feltárt talajszelvények bemutatása.....	30
4.4. A derivátumok és a talajtani paraméterek közti összefüggés vizsgálat eredményei, értékelése	36
5. Összefoglalás.....	40
6. Irodalomjegyzék.....	43
7. Köszönetnyilvánítás	45
I. Függelék - Saját eredmények.....	46

1. Bevezetés és célkitűzés

A természetvédelem egyes területein a digitális talajtérképezés, és a talajtakaró térbeli modelljének gyakorlati alkalmazása napjainkban még kevésbé elterjedt, azonban egyre nagyobb az igény a különböző térbeli talajinformációs rendszerekre, talajföldrajzi adatbázisokra, és így a talajtérképekre is. A digitális technológia alkalmazásával elkészített, célspecifikus digitális talajtérképek számos természetvédelmi beavatkozás sikerességéhez járulhatnak hozzá, különösen a növényfajok és a talajlakó állatfajok egyedeinek áttelepítésekor, amelyek sikerességét nagymértékben befolyásolja a megfelelő talajviszonyok megismerése. Ezáltal a talajtérképezés nem csupán a mezőgazdaságban, de a természetvédelemben is kiemelt szerepet kaphat a jövőben, különösen a fenntartható kezelés előmozdítása érdekében.

A Domborzatmodell alapú digitális talajtérképezés előkészítése a Zirc-Aklipusztai fás legelő területen című dolgozatom célja, egy olyan modern geoinformatikai módszertan kidolgozása, amely alkalmazása a későbbiekben hozzájárulhat a különböző, természetvédelmi szempontból értékes területek hosszú távú fenntarthatóságához és megőrzéséhez. Az általam végzett kutatásban részletes és pontos információkat kívánok nyerni a kiválasztott terület talajtani jellemzőiről, amelyek közvetlenül befolyásolják az adott élőhely struktúráját és fajösszetételét.

A digitális domborzatmodell alapú talajmintavételezési módszer, mint döntéstámogató rendszer olyan módszertani előnyökkel jár, amely lehetővé teszi a talaj tulajdonságainak térben differenciált feltárását. Ezek az adatok nagyban segítik egy komplex élőhelyfelmérés alapozását, hiszen a talaj jellemzői meghatározó szerepet játszanak az ott kialakuló vegetáció szerkezetében.

A kutatás során gyűjtött talajtani adatokra, valamint további térinformatikai állományokra építve olyan átfogó és megbízható talajtérképeket kívánok készíteni, amelyek hosszú távon támogatják a természetvédelmi célú döntéshozatalt. Ezek a térképek alapot nyújthatnak a terület fenntartható kezeléséhez szükséges beavatkozásokhoz.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. Talajtérképezés áttekintése

2.1.1. Talaj fogalma, képződése, a talajosztályozási rendszerek

A talaj, vagy más néven pedoszféra a Föld legkülső laza szerkezetű, szilárd burka, mely a litoszféra, a hidroszféra, az atmoszféra, valamint a bioszféra kölcsönhatásainak zónájában, talajképző tényezők és folyamatok hatására létrejött, térben és időben változó, a felszínen feltosságot, míg a felszín alatt rétegzettséget mutató három- (négy-,) fázisú polidiszperz rendszer (Várallyay 1989, Stefanovits et al. 1999).

A talajképződési tényezőket, melyek a különböző térszíneken található talajok kialakulásában és fejlődésében kiemelt jelentőséggel bírnak, öt nagy csoportba sorolhatjuk. Ezen tényezők együttesen, egymással párhuzamos, ám de különböző mértékben fejtik ki hatásukat a talajok képződésében. Jenny (1941) elsőként írta le a talajképző tényezők összefüggését kvantitatív leíró formába, az alábbi CLORPT függvény megalkotásával (Dobos 2001):

$$S = f (CL, O, R, P, T)$$

ahol S a talaj, CL a klíma, O az élő szervezetek, R a domborzat, P a talajképző kőzet és T az idő.

Stefanovits et al. (1999) összefoglalója alapján azonban a fenti talajképző tényezők együttes szerepén túl jelentős szerepe van a különböző talajképző folyamatoknak is melyek szintén egymással kölcsönhatásban, párhuzamosan, de eltérő mértékben járulnak hozzá az egyes térszíneken lévő talajok kialakulásához és fejlődéséhez. Ezek közé tartozik az agyagosodás, az agyagvándorlás, a humuszosodás, a glejesedés, a kilúgzás, a mállás, valamint a podzolosodás, a savanyodás, a sófelhalmozódás és a tőzegesedés is.

A fentiekben bemutatott talajképző tényezők és folyamatok önmagukban is közel végtelen mennyiségi és minőségi egységekre bonthatóak, egymással való összefüggéseik tekintetében pedig a lehetőségek végtelenek. Ez a nagyfokú diverzitás magyarázza a talajosztályozás és egyúttal a talajtérképezés nehézségeit, valamint az egyes talajtani paraméterek térbeli kiterjesztésének összetettségét.

A talajosztályozási rendszerek megalkotásának, a talajok típusokba sorolásának fő szempontja, hogy a közel azonos talajképző tényezők és folyamatok által kialakult talajokat egységekbe, kategóriákba rendezze, így biztosítva az egyes információk azonos értelmezését (Gfellner, 2023). Napjainkban a talajosztályozási rendszerek felépítésük szerint alapvetően két

részre oszthatóak, mint genetikus és mint diagnosztikus szemléletű rendszerek. Magyarországon jelenleg három talajosztályozási rendszer használata elfogadott az alábbiak szerint:

- A tájföldrajzi törvényszerűségek figyelembevételével, valamint a talajok fejlődésén alapuló *hazai genetikus szemléletű talajosztályozási rendszer*, amely a hazai talajokat 8 főtípusba és 39 talajtípusba sorol, különböző definíciók által (MÉM 1989).
- A 2018-ban bemutatott *diagnosztikus szemléletben megújított hazai talajosztályozási rendszer*, amely 15 nemzetközileg is megfeleltethető talajtípust tartalmaz. Ezen talajtípusok meghatározása egységes diagnosztikus talajszintek, talajanyagok és tulajdonságok alapján, határozókulcs segítségével történik (Michéli et al. 2018).
- Valamint a talajosztályozás nemzetközi eszközeként ismeretes, diagnosztikus szemléletű *World Reference Base for Soil Resources* (WRB). Ebben a rendszerben az egyes talajtípusok kategorizálása a talajképző tényezők és folyamatok helyett a jól definiált, diagnosztikus talajszintek (*horizons*), tulajdonságok (*properties*) és talajanyagok (*soil materials*) jelenléte, sorrendje, illetve hiánya alapján történik. A WRB harmadik kiadása összesen 32 referencia csoportot tartalmaz (Novák 2020).

2.1.2. A talajtérképezés fogalma, jelentősége

A talajtérképezés olyan tudományos eljárás, amely során a talaj térbeli változatosságát tematikus térképek formájában ábrázolják, figyelembe véve a talajok tulajdonságait, kialakulásuk feltételeit és a környezeti tényezőket. A talajtérképezés célja, hogy meghatározza az egyes talajtípusok elhelyezkedését, kiterjedését és tulajdonságaikat (Dobos et al., 2006).

A talajtérképezés hazai története szorosan összefügg a talajtan fejlődésével, amely a 19. század végére nyúlik vissza. Az 1891-ben megalakult Földtani Intézet Agrogeológiai Osztálya volt az első olyan intézmény, amely átfogó módon kezdett foglalkozni a talajok vizsgálatával és térképezésével (Fülek, 1999). Az intézet fő feladatai közé tartozott a községek és vármegyék talajviszonyainak feltérképezése, valamint a talajok kémiai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata, amelyek alapján következtetni tudtak a talajban lejátszódó folyamatokra.

Gfeller (2023) összefoglalója alapján a hazai talajtérképezés fejlődésében jelentős előrelépést jelentett az 1909-ben Budapesten megrendezett Első Nemzetközi Agrogeológiai Konferencia, amely után a Földtani Intézet megkezdte az átnézetes talajtérképek készítését. A konferencia hatására nemcsak a térképezési tevékenység bővült, hanem a talajok kémiai

összetételének feldolgozása is nagyobb hangsúlyt kapott, amely fontos szerepet játszott Magyarország első klímazonális talajtérképének elkészítésében. A Treitz Péter, Ballenegger Róbert és Timkó Imre által készített térkép volt az első tudományos elveken alapuló átnézetes talajtérkép hazánkban.

A hazai talajtérképezés történetében Sigmond Elek munkássága is mérföldkőnek számít. Az ő munkássága nyomán, a második világháború idején készült el Magyarország első 1:25.000 méretarányú talajtérképe (Füleky, 1999), amely a teljes ország területét lefedte.

Az elmúlt évtizedek során a talajtérképezés módszerei jelentős fejlődésen mentek keresztül, különösen a digitális technológiák megjelenésével. A digitális talajtérképezés célja, hogy a pontszerű mintavételezéssel nyert talajtani paraméterek a teljes vizsgált területre kiterjeszthetők legyenek. Ennek érdekében olyan térbeli változók alkalmazása szükséges, amelyek a talajképző folyamatokat és azokkal összefüggő környezeti tényezőket megfelelően reprezentálják, így biztosítva a folyamatos és részletes lefedettséget a térképezés során.

A digitális talajtérképezés egyik alapvető eszköze a digitális domborzatmodellek alkalmazása, amelyek segítségével a domborzati jellemzők, például a lejtés, a vízgyűjtő területek kiterjedése, vagy a topográfiai nedvességi index alapján következtetni lehet a talajtípusok és az egyes talajtani paraméterek térbeli elhelyezkedésére. A modern geoinformatikai eszközök, például a földrajzi információs rendszerek (GIS), a távérzékelési technológiák, és a különböző geostatisztikai módszerek egyaránt lehetővé teszik a talajtulajdonságok nagyobb pontosságú és részletesebb interpolációját, térbeli kiterjesztését a különböző környezeti változók felhasználásával (Pásztor et.al 2018).

A talajtérképezés jelentősége napjainkban kiemelkedő, hiszen alapvető információkat nyújt a talajok térbeli változatosságáról, amelyek nélkülözhetetlenek a fenntartható földhasználat, a mezőgazdasági termelés, az erdőgazdálkodás és a természetvédelem számára. A pontos és részletes talajtérképek lehetővé teszik a termőföldek megfelelő hasznosítását, a talajerózió csökkentését, a talajdegradáció megelőzését, valamint a természetvédelmi célú beavatkozások és fenntartási tervek megfelelő kidolgozását. A modern geoinformatikai eszközökkel támogatott digitális talajtérképezés pedig nemcsak hatékonyabbá, hanem pontosabbá is tette a talajok térbeli elemzését, ezzel hozzájárulva a környezeti fenntarthatóság növeléséhez.

2.1.3. A domborzatmodellek és különböző derivátumainak szerepe a digitális talajtérképezésben

A digitális domborzatmodellek fogalma többféle megközelítésben értelmezhető, és gyakran összemosódik más digitális modellezési kifejezésekkel. Bódis (2008) szerint a digitális domborzatmodellek olyan rendszerek, amelyek a földfelszín magassági viszonyait ábrázolják természetes vagy mesterséges tereptárgyak nélkül. Mélykúti (2007) hozzáteszi, hogy a digitális domborzatmodell a talaj fizikai felszínét jeleníti meg, és érdemes különbséget tenni a digitális felszín modell között, amely a tereptárgyak felszínét mutatja be.

Összességében tehát a digitális domborzatmodellek egy adott terület fizikai földfelszínének numerikus ábrázolására szolgálnak. A magassági adatokat egy adott koordinátarendszerben helyezik el, ami lehetővé teszi a felszín magassági viszonyainak térinformatikai rendszerekben való ábrázolását, elemzését és további modellezését (Hengl, 2006). A modellek létrehozásához szükséges adatforrások Bódis (2008) alapján három fő csoportba sorolhatók:

- **Morfológiai pontok magassági adatai:** Az eljárás során felmért pontok – mint csúcspontok, lefolyástalan területek, gerincvonalak – magassági értékeit használják, azonban ez a módszer inkább kisebb területek felmérésére alkalmas.
- **Térképi szintvonalak és völgyvonalak:** A topográfiai térképek szintvonalainak digitalizálása és egyéb kiegészítő magassági információk, mint a háromszögelési pontok, elengedhetetlenek a domborzatmodellek előállításához.
- **Távérzékeléssel nyert magassági adatok:** A technológiai fejlődés révén egyre inkább elterjedtek a fotogrammetriai, mikrohullámú távérzékelési, LiDAR és akusztikai mélységmérési eljárások, melyek elsősorban a felszínmodellekhez alkalmazhatók, és a domborzatmodellezéshez csak korlátozottan használhatók.

A fenti módszerek alkalmazása során kapott adatokat különböző interpolációs módszerekkel terjeszthetjük ki az egész vizsgált területre. A teljesség igénye nélkül a leggyakoribb interpolációs eljárások közé tartozik az *Inverse Distance Weighting* (IDW), a különböző krigelési eljárások, a *Triangulated Irregular Network* (TIN) és *Least Square*, azaz a legkisebb négyzetek módszere. Az így létrejött digitális domborzatmodellek lehetővé teszik különféle, a felület geometriai és topológiai leírására alkalmas derivátumok – például lejtőszög (*slope*), görbületek (*curvatures*), relatív lejtőpozíció (*Relative Slope Position*), topográfiai nedvességindex (*Topographic Wetness Index*) – előállítását, amelyek közvetlen hatással vannak

a talajképző folyamatokra és a talajtulajdonságok térbeli eloszlására (Wilson & Gallant, 2000). Ezen topográfiai derivátumok használata lehetővé teszi a talajtérképezés pontosabb elvégzését, mivel elősegítik a terep formái és a talajképző tényezők közötti kapcsolat felismerését (Florinsky, 2012). Az így származtatott adatok tehát nemcsak a jelenlegi talajállapot felmérésére alkalmasak, hanem prediktív eszközként is használhatók a talajképződési folyamatok irányának és intenzitásának meghatározására, leírására, elemzésére.

Összefoglalva tehát a digitális domborzatmodellek és azok derivátumai kulcsfontosságú eszközök a talajtérképezésben, hiszen jelentős mennyiségű topográfiai információt biztosítanak, amelyek a különböző környezeti folyamatok modellezésében is felhasználhatók (McBratney et al., 2003).

2.1.4. Talajmintavételi stratégiák és módszerek

A talajmintavételi módszerek alapvetően két fő csoportba sorolhatók: a struktúrált (rácsalapú) és a szabadon kijelölt mintavételezési módszerek. A rács alapú módszertan esetében a mintavételi pontok egységes szerkezetben, meghatározott rendszer szerint kerülnek kijelölésre. Ennek előnye, hogy könnyen megismételhető és statisztikailag jól kezelhető, azonban hátránya, hogy nem feltétlenül tükrözi a terület valódi talajtani változatosságát, különösen, ha a vizsgált területen nagymértékű heterogenitás fordul elő.

Ezzel szemben a szabad kijelölésű mintavételezési módszerek alkalmazása lehetővé teszi, hogy a mintavételi pontok a vizsgált területen lévő talajtani változatosságot megfelelően reprezentálják. A talajmintavételi pontok kijelöléséhez nyújt segítséget az úgynevezett *conditioned Latin Hypercube Sampling* (cLHS) döntéstámogató módszer, amely a terület domborzati és egyéb környezeti tényezőinek (pl. domborzatmodell és annak különböző derivátumai) figyelembevételével segít meghatározni a mintavételi pontokat. A cLHS egyik legnagyobb előnye, hogy a különböző változók közötti összefüggéseket is figyelembe véve próbálja lefedni a megadott terület minden lehetséges talajvariációját, a mintavételi pontok számának minimalizálása mellett (Minasny & McBratney, 2006). Ez a módszer különösen hasznos olyan heterogén területeken, ahol a talajtípusok változatosak, és a minták kiválasztása nagyobb pontosságot igényel a talajtérképezés során.

2.2. A Magas-Bakony tájegység jellemzése

2.2.1. A Magas-Bakony természetföldrajzi jellemzése

A Bakonyvidék központi és legmagasabb része a Magas-Bakony, vagy más néven

Öreg-Bakony, amely Magyarország dunántúli középhegységi tájegységének egyik legjelentősebb régiója. A tájegység földtani alapjait főként triász időszi karbonátos kőzetek, így mészkő és dolomit alkotják (Horváth & Marosi, 1972). A térség legmagasabb pontja a Kőris-hegy, amely 709 méteres magasságával a Bakonyvidék legkiemelkedőbb pontja (Dövényi, 2010).

Az éghajlati viszonyok mérsékelt kontinentálisak, az évi középhőmérséklet 9-10°C körül mozog, az éves csapadékmennyiség pedig 700-800 mm között változik (Pécsi & Somogyi, 1967). A hegység északi és déli oldalán jelentős éghajlati különbségek tapasztalhatók: míg az északi oldal hűvösebb és csapadékosabb, addig a déli oldal melegebb és szárazabb, ami hatással van a növényzet és az élővilág diverzitására (Asztalos & Szabó, 2014).

A térség vízrajzi szempontból is érdekes, mivel több kisebb patak és forrás található itt, amelyek a hegység karsztosodási folyamatainak eredményeként jöttek létre. A patakok általában rövid lefolyásúak, de jelentős szerepet játszanak a helyi vízgyűjtő területek vízellátásában (Schweitzer, 1993).

2.2.2. A Magas-Bakony talajtani jellemzése

A Magas-Bakony kistáj talajviszonyai a változatos geológiai felépítés és a felszínformáló folyamatok hatására rendkívül sokszínűek. A talajképző kőzetek között jelentős szerepet játszanak a karbonátos kőzetek, mint a dolomit és a mészkő, valamint a laza szerkezetű harmadidőszaki üledékek és a lösz is (Stefanovits et al., 1999). A legnagyobb területi kiterjedésben a rendzinák találhatók, amelyek a kistáj mintegy 44%-át borítják. Ezekkel a talajokkal elsősorban erdőszült területeken találkozhatunk, mivel mezőgazdasági művelésre kevésbé alkalmasak (Dövényi, 2010).

A medencék és fennsíkok lazább üledékein az agyagbemosódásos barna erdőtalajok dominálnak, amelyek a kistáj közel 40%-át alkotják. Bár ezek a talajok viszonylag kedvező vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkeznek, termékenységük gyenge, ugyanakkor mezőgazdasági hasznosításuk jelentős, napjainkban területük mintegy 50%-a áll szántóföldi művelés alatt (Dövényi, 2010; Ádám et al., 1988).

Fentieken túl a felszíni tagoltság és a meredek lejtők miatti eróziós folyamatok következtében mozaikszerűen megjelennek a lejtőhordalék talajok és földes kopárok, tovább növelve a talajtani heterogenitást (Stefanovits et al., 1999).

2.3. A fás legelők jelentősége és előfordulása a Magas-Bakony területén

Sinigla & Farkas (2020) alapján a fás legelők nemcsak területhasználati módként, hanem élőhelytípusként is értelmezhetőek. Ezekre a területekre jellemző, hogy mozaikos szerkezetet mutatnak, ahol kisebb-nagyobb facsoportok, cserjések, valamint magányosan álló, több százéves idős fák váltakoznak a gyepes területrészekkel és tisztásokkal. Ez az élőhely típus az Általános Nemzeti Élőhely-osztályozási Rendszerben (Bölöni et al. 2011) külön kategóriaként jelenik meg az alábbiak szerint: P45 – Fáslegelők, fáskaszálók, legelőerdők, gesztenyeligetek:

„Emberi használattal, legeltetéssel és/vagy kaszálással kialakított, fás-gyepes élőhelyek. (...) A fák láthatóan nem zárt állásban nőttek: szinte mindig alacsonyan elágazók, vastag oldalágakkal, sokszor csaknem a földig ágakak, koronájuk terebélyes, törzs- és koronaátmérőjük nagy.”

Andrásfalvy (2007) alapján a fás legelők az ember állattartó tevékenységének köszönhetően alakultak ki, és a 19. századig elterjedt területhasználati formát képviselték a Kárpát-medencében. A mezőgazdaság átalakulásával az 1970-es évektől a legeltetett állatok száma csökkent, a legelők elhagyásával pedig sok terület ligetes erdőtársulásokká alakult át (Haraszthy et al., 1997).

Jogsabályi keretek közt a fás legelő kifejezés az erdőről és az erdő védelméről szóló 1996. évi LIV. törvény 6. §-ának (1/c) bekezdése alapján olyan legelőterület, amelyet legalább 30%-ban idős fák lombkoronája fed egyenletes eloszlásban (Saláta et al., 2007).

A fás legelők a Magas-Bakonyi tájegységben is kiemelt jelentőségűek, mind a természeti-tájképi értékek, mind a kulturális örökség megőrzésében. Ezen élőhelyek kialakulása szorosan kapcsolódik a hagyományos legeltető állattartáshoz, amely a Bakony területén évszázadokon át meghatározta a tájhasználatot (Andrásfalvy, 2007). A fás legelők által létrejött mozaikos szerkezetű élőhelyek gazdag élővilágnak adnak otthont, és egyensúlyt teremtenek az erdei és nyílt gyepes élőhelyek között (Varga & Bölöni, 2009).

Ezek a területek tehát nemcsak biodiverzitásuk miatt jelentősek, hanem hagyományőrző szerepük is kiemelkedő, mivel a legeltetési rendszerek folytatásával az erdőssztyepphez hasonló tájképi elemek megőrzését segítik elő (Bölöni et al., 2011).

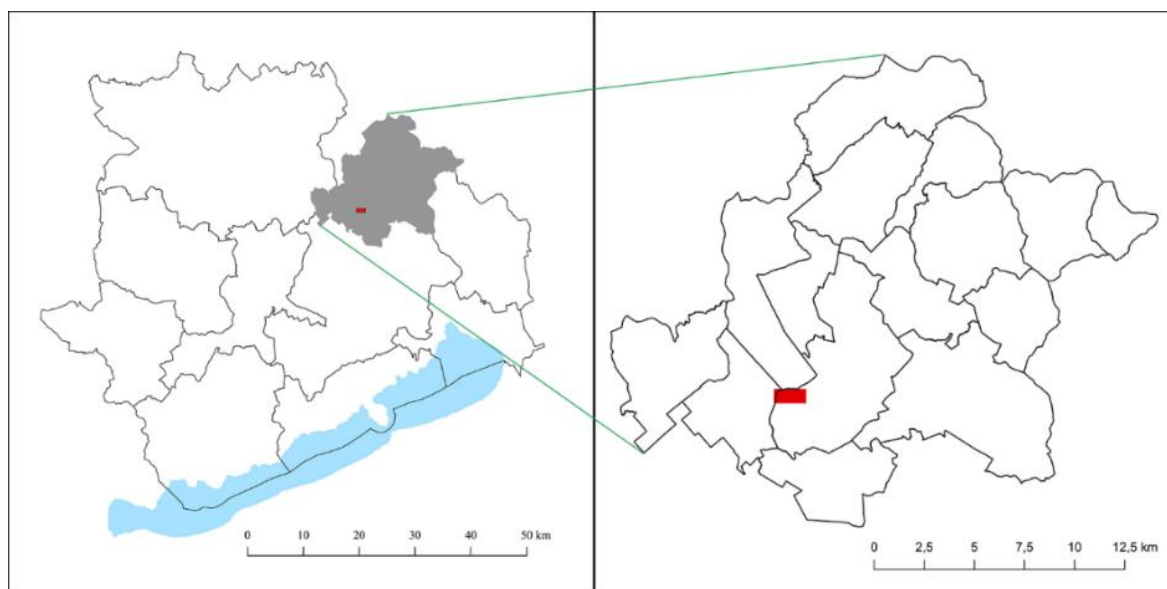
3. Mintaterület, eszközök, módszerek

3.1. Mintaterület bemutatása

A mintavételi terület kiválasztásánál elsődleges szempont volt, hogy az természetvédelmi és talajtani szempontból is heterogén, változatos legyen. Így esett a választás a Zirc városához tartozó Aklipusza elnevezésű területrészen található, a helyiek által csak „Gulya-legelőként” emlegetett fás legelőre, valamint annak közvetlen környezetére. Ezen a területen a fás legelőkre jellemző mozaikos tájhasználat, valamint a terület domborzati változatossága miatt a természetvédelmi szempontból értékes élőhelyek mellett jelentős talajtani diverzitás is feltételezhető volt, ami kiváló alapot biztosított a talajtérképezési kutatás elvégzéséhez.

3.1.1. A mintaterület általános jellemzése

A mintavételi területemül választott fás legelő a jelenleg érvényben lévő hivatalos tájbeosztás (Marosi – Somogyi, 1990) szerint a Dunántúli-középhegység nagytáján belül, a Bakonyvidék középtájhoz tartozó Északi-Bakony kistájcsoport részeként a Magas-Bakony kistáj területén helyezkedik el. E tájföldrajzi besorolás mellett a kijelölt terület a Veszprém vármegyében található, Zirci járáshoz tartozik. Kiterjedésének jelentős része Zirc város közigazgatási területére esik, azonban északon és északkeleten Porva, valamint Pénzesgyőr községek területét is érinti, ahogy ez az *1. ábrán* is látható.



1. ábra A kijelölt mintavételi terület (piros téglalap) elhelyezkedése Veszprém vármegyén, valamint a Zirci járáson belül

A kijelölés alapjául szolgáló fás legelő (2. *ábra*) a mintaterület központi részén, kelet-nyugati irányban mintegy 1300 méter hosszúságban, észak-déli irányban pedig átlagosan körülbelül 400 méteres szélességben helyezkedik el. Északról erdő, dél felől pedig szántóföldek határolják.



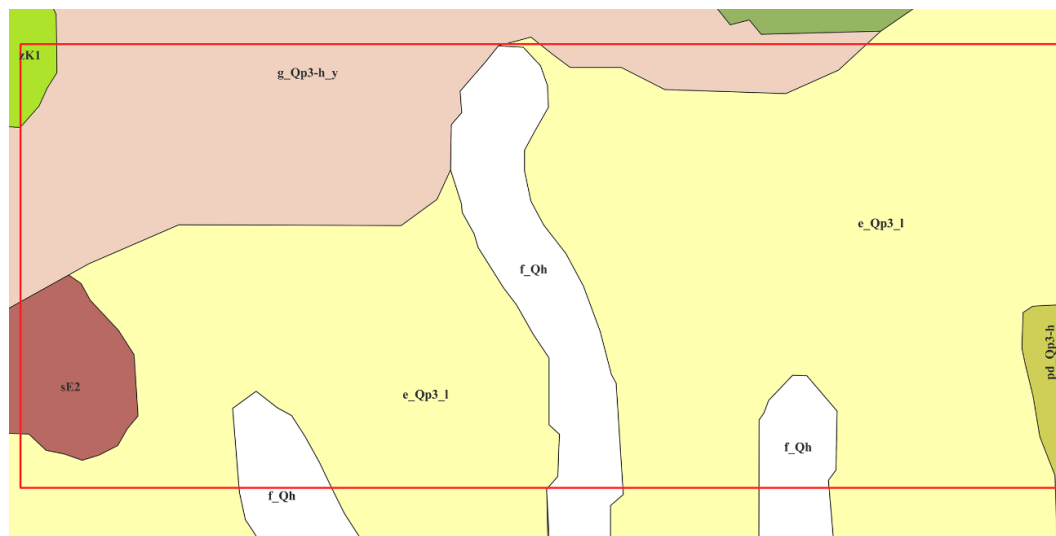
2. *ábra* Zirc-Aklipusztai fás legelő, 2024. május 5-én

A kijelölt 105 hektáros mintaterület tengerszint feletti magassága 400 – 480 m között változik, domborzatát elsősorban az észak-déli irányú lejtés határozza meg. Az északi részekén tapasztalható markáns, 20-25%-os lejtés dél felé fokozatosan mérséklődik. A terület domborzati képét tovább tagolják az ÉNY-DK irányban húzódó völgyek, vízgyűjtők, amelyeken csapadékosabb időjárás esetén időszakos vízfolyások figyelhetők meg. A mintaterületet továbbá egy észak-déli lefolyású, állandó vizű patak szel ketté, amelyet a terület északi határától alig 300 méterre lévő, Köves-hegyi forráscsoport táplál. Ez a vízfolyás a mintaterületet elhagyva körülbelül 1km megtétele után a Bakony egyik jelentősebb vízfolyásába, a Gerence-patakba torkollik.

3.1.2. Földtani viszonyok

A kijelölt mintaterület földtani jellemzőit a <https://map.mbfisz.gov.hu/> honlapon elérhető 1:100 000-es felbontású *Magyarország felszíni földtana* elnevezésű térkép szerint foglaltam össze (3. *ábra*). Ez alapján a lehatárolt terület déli részén a legnagyobb kiterjedésben (e_Qp3_1) lösz található, amely jellemzően a negyedidőszak során lerakódott szél által szállított finomszemcsés üledék. Ezek a löszös területek É-D irányban folyóvízi üledékekkel (f_Qh)

tagolódnak, amelyek a terület lefolyásos részein alakultak ki, különösen a völgyek és vízfolyások mentén.

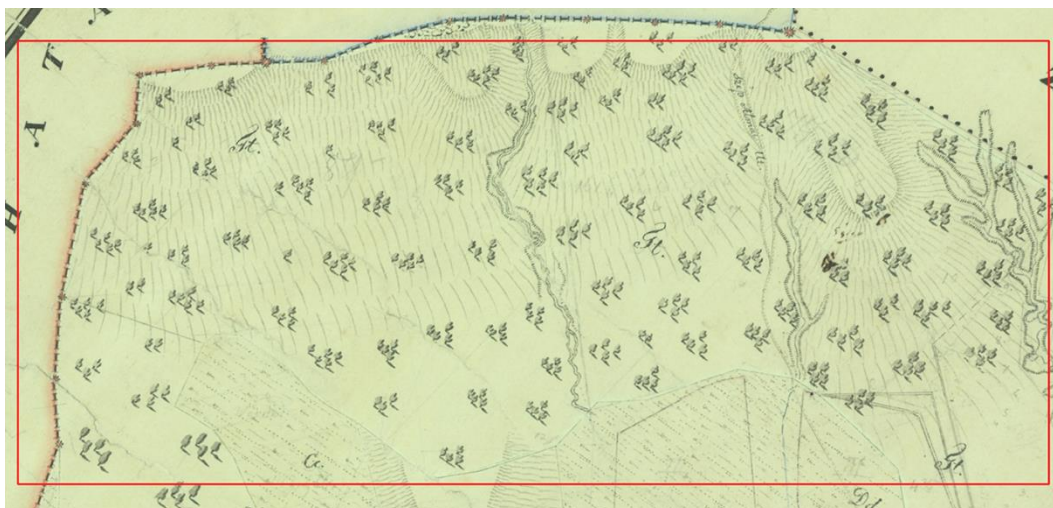


3. ábra A kijelölt mintavételi terület (piros téglalap) földtani viszonyai az 1:100.000-es felbontású, Magyarország felszíni földtana elnevezésű térképlap alapján

Az északi részen dominánsan lejtőtörmelék (g_Qp3-h_y) található, amely a lejtők mentén gravitációs mozgások eredményeként lerakódott kőzet- és talajtörmelékből áll. Ezek mellett kisebb foltokban megjelenik a Zirci Mészke Formáció (zK1) és a Szöci Mészke Formáció (sE2), amelyek a terület karsztosabb részeire jellemző mészköves kőzetek. Ezen túlmenően a terület délkeleti részén proluviális–deluviális üledékek (pd_Qp3-h) is megtalálhatók, amelyek főként a lejtők alján, az erózió által szállított anyagok lerakódásával jöttek létre.

3.1.3. Területhasználat

A Magyar Nemzeti Levéltár Veszprém Vármegyei Levéltára által rendelkezésemre bocsátott Zmali Ferenc által 1810-ben készített, T 140 jelű *Forst Carte von praedium Akli* elnevezésű, valamint Müller János által 1841-ben készített, T135 jelű *Akli pusztának térképe* alapján a kijelölt mintaterület az XIX. század első felében még fás szárú növényzettel borított területként került nyilvántartásra. A napjainkban intenzív mezőgazdasági művelés alatt álló területrészek határa közel megegyezik a fenti térképeken megjelölt mezőgazdasági táblák határaival. Ezen felül továbbá a térképlapokon feltüntetésre kerültek a mintaterületen található É-D irányú patakmedrek és völgyek is. A kijelölt mintaterület 1841-es állapotát a 4. ábra szemlélteti:



4. ábra A kijelölt mintavételi terület (piros téglalap) természetbeni állapota
Müller János által 1841-ben készített, Akli pusztának térképe alapján

A <https://www.fentrol.hu/hu/> honlapon elérhető, 1960. április 3-án készült, 1960-0665-1755 azonosítószámmal ellátott légi felvétel (5. ábra) alapján a kijelölt mintaterület és annak közvetlen környezete már közel a napjainkban is tapasztalható állapotot tükrözi, azonban ekkor még az északon lévő, erdő határvonala kifejezett, élesebben elválik a középén elterülő fás legelő jellegű területtől. Itt már jól látható a két, egykori gémes kút szerkezete, amelyek a kihajtott marhákat látták el ivóvízzel. Ezen felül jól kivehető a terület északkeleti részén kialakított – mára már felhagyott – kerítéssel ellátott gyümölcsös, amelyet a helyiek elmondása alapján gyakran használtak a legelőre kihajtott állatok éjszakáztatásához. Ezen felül a déli részeken látható, intenzív mezőgazdasági művelés alatt álló szántóföldek határvonalai és azok területi kiterjedése szintén közel a napjainkban is fennálló állapotokat tükrözi. Kivételt képez ez alól a délkeleti sarokban lévő parcella, amelyet ekkor még szántóföldként hasznosítottak, mára már azonban ezt a művelési módot felhagyták, és a területrészt rétként / kaszálóként hasznosítják.



5. ábra A kijelölt mintavételi terület (piros téglalap) természetbeni állapota
az 1960. április 3-án készült légi felvétel alapján

Az ugyancsak ezen a honlapon elérhető 1978. július 27-én készült, 1978-0209-3752 azonosítószámmal ellátott légi felvételen (6. ábra) jól kivehető a terület keleti részénél állomásozó szovjet csapatok „táborhelye”. Szintén a helyi lakosok elmondása alapján ebben az időben készült el a korábbi, É-D, valamint K-NY irányú földút megerősítése, burkolattal való ellátása, amelyen a térségben zajló hadgyakorlatok során közlekedtek, elkerülve ezzel a településen való áthaladást. Ezek a köznyelvben csak „hadi út” -ként emlegetett utak napjainkban is fellelhetőek, használhatóak.



6. ábra A kijelölt mintavételi terület (piros téglalap) természetbeni állapota az 1978. július 27-én készült légi felvétel alapján

Szintén ezen az 1978-as légi felvételen is megfigyelhető már, ahogy a kijelölt mintaterület közepén elhelyezkedő fás legelő jellegű terület az eltérő művelés hatására kezd két részletre válni; keleten tartja a fás legelő jelleget, míg nyugaton a legeltetés felhagyása miatt a természetes szukcessziós folyamatok hatására egyre inkább teret nyer a fás szárú növényzet. Ez a folyamat a rendelkezésekre álló, 2000-es, 2005-ös, 2008-as és 2012-es ortofotók alapján egészen a 2010-es évek elejéig fennállt. Ekkorra már a szukcessziós folyamatok eredményeképp a fás legelő terület nyugati oldala szinte egybefüggő, cserjékkel és fákkal borított területté változott, ahogy ez a 7. ábrán is látható.



7. ábra A kijelölt mintavételi terület (piros téglalap) természetbeni állapota a 2012-es ortofotó alapján

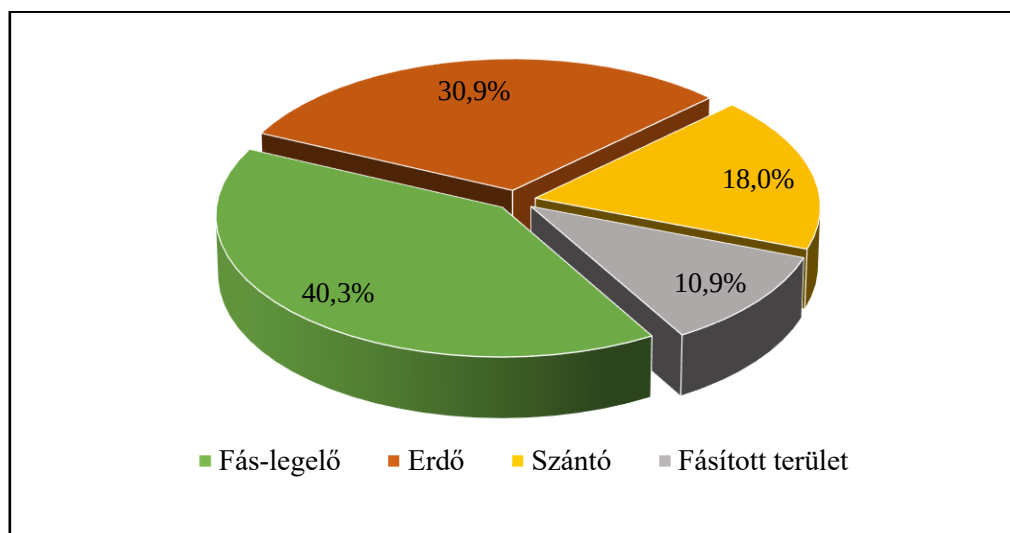
Ezt követően a terület jelenlegi tulajdonosa megkezdte annak cserjéktől való megtisztítását, az ott lévő idős, jellegzetes, úgynevezett legelő fák figyelembevételével és azok megtartásával. A szukcessziós folyamatok által megjelent cserjék, és az agresszíven terjedő vadszeder visszaszorítása, egyúttal a lágyszárú növényzettel borított legelő terület visszaállítása napjainkban is folyamatban van, részben folyamatos legeltetéssel, részben pedig időszakos gépi munkavégzéssel. A kijelölt mintaterület jelenlegi állapotát a Lechner Tudásközpont által szolgáltatott legfrissebb, 2023-as ortofotó alapján a 8. ábra szemlélteti.



8. ábra A kijelölt mintavételi terület (piros téglalap) természetbeni állapota a 2023-as ortofotó alapján

Fentiek okán a kijelölt mintaterületen lévő fás legelő növénytakaróját napjainkban is a kettősség jellemzi, elhatárolható egymástól a folyamatos legeltetés és kaszálás alatt tartott keleti oldal, valamint az elmúlt években megtisztított nyugati oldal.

Napjainkban a helyszíni bejárások, valamint a 2022-es és 2023-as ortofotók kiértékelése alapján a mintaterület területhasználati kategóriák szerint négy különböző kategóriába sorolható: szántó, fás legelő, erdő, és fásított terület. Az egyes területhasználati kategóriák arányát a 9. ábra szemlélteti.



9. ábra A területhasználati kategóriák megoszlása a kijelölt mintaterületen

Ez a földhasználati megoszlás jól tükrözi a terület ökológiai és gazdasági sokszínűségét, ahol a természetközeli területek (erdő, fás legelő) és a mezőgazdasági területek (szántóföldek) kiegyensúlyozottan oszlanak meg.

3.1.4. A területen lévő vegetáció

A jelenlegi kutatás mellett, ahhoz szorosan kapcsolódva, 2024-ben a kijelölt területen (a szántóföldek kivételével) a későbbiekben ismertetett módszertan szerint kijelölt mintavételi pontok cönológiai felmérését is elvégeztük a Magyar Természettudományi Múzeum Bakonyi Természettudományi Múzeumának munkatársaival.

Ehhez Braun-Blanquet (1951) módszerét alkalmazva a gyepek területeken 2x2 méteres, az erdős területeken pedig 20x20 méteres kvadrátokat jelöltünk ki, melyekben feljegyeztük az ott lévő növényfajokat, valamint azok eloszlási értékeit is. A felmérések során a vizsgált területen összesen 45 családba tartozó 179 faj került leírásra.

A kapott eredmények előzetes kiértékelése alapján az Általános Nemzetközi Élőhely-osztályozási rendszer (Á-NÉR 2011) szerint a kijelölt mintaterület az alábbi élőhely típusokkal jellemezhető: *mocsárrétek* (D34), *patakparti és lápi magaskórósok* (D5), *franciaperjés rétek* (E1), *veres csenkeszes rétek* (E2), *hegy- és dombvidéki sovány gyepek és szőrfűgyepek* (E34), *gyertyános-kocsánytalan tölgyesek* (K2), *törmeléklető-erdők* (LY2), *fáslegelők, fáskaszálók, legelőerdők, gesztenyeligetek* (P45).

A degradált részeken ezek az élőhelyek helyenként átmenetet képeznek *jellegtelen üde gyepekkel* (OB), *jellegtelen száraz-félszáraz gyepekkel* (OC), valamint az erdős területeken *őshonos lombos fafajokkal elegyes fenyves származékerdőkkel* (RDa).

3.1.5. A terület talajtani adottságai

A kijelölt mintaterület talajtani jellemzéséhez a Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézetében összeállított Agrotopo adatbázist, valamint a Soproni Egyetem Erdészeti Tudományos Intézete által kifejlesztett SiteViewer 3.0 erdészeti döntéstámogató alkalmazást használtam. Mindkét adatforrás ingyenesen elérhető és országos lefedettségű, megfelelő térbeli felbontású adatokat nyújt a talajtani viszonyok előzetes felmérésére vonatkozóan.

Az Agrotopo adatbázis adatai alapján a mintavételi terület északi részén egy keskeny sávban mészkövön / dolomiton kialakult, durva vázrészekben gazdag, felszíntől karbonátos *rendzina talajok* találhatók, amelyek sekély termőrétegük miatt szélsőséges vízgazdálkodásúak. A terület nagy részén azonban harmadkori és idősebb üledékeken kialakult, vályog fizikai féleségű, erősen savanyú kémhatású *agyagbemosódásos barna erdőtalaj* dominál. Ezek a talajok közepes víznyelő és vízelvezető képességgel rendelkeznek, nagy vízraktározó kapacitásuknak és jó víztartó képességüknek köszönhetően megfelelő vízgazdálkodásúak.

Ezen túlmenően a SiteViewer 3.0 alkalmazás adatai szerint a területen mozaikosan előfordulnak *pszeudoglejes barna erdőtalaj* foltok is, amelyek tovább növelik a várható talajtani heterogenitást.

3.2. Digitális domborzatmodell és derivátumainak előállítása

3.2.1. Digitális domborzatmodell előállítása

A kijelölt mintaterület domborzatmodelljének elkészítéséhez a Lechner Tudásközpont által szolgáltatott szintvonal adatokat használtam fel, amelyek az 1:10 000 méretarányú topográfiai térképeken alapulnak. Ez az adatbázis 2,5 méteres szintközű szintvonalakat tartalmaz, amelyek pontosan reprezentálják a terület domborzati viszonyait, lehetővé téve a domborzati jellemzők részletes elemzését.

A szintvonal adatok felhasználásával a QGIS 3.36 térinformatikai program segítségével, 5x5 méteres felbontásban készítettem el a domborzatmodellt, az *Inverse Distance Weighting* (IDW) interpolációs modul használatával. Ez az interpolációs módszer a térbeli pontok közötti távolság alapján végzi a becslést, azaz a közelebb eső pontok nagyobb súllyal járulnak hozzá a

becsült értékek meghatározásához, mint a távolabbiak.

Az IDW interpolációs módszer, és az 5x5 méteres felbontás alkalmazásával megfelelően modellezhető volt a kijelölt mintavételi terület változatos geomorfológiája, amely elengedhetetlen a területre jellemző talajképző tényezők és folyamatok megértéséhez, modellezéséhez.

Az előállított digitális domborzatmodell validálása

Tekintettel arra, hogy a talajképződési folyamatokra jelentős hatással vannak a különböző felszín formák, a talajtérképezési célú felhasználás során elengedhetetlen az előállított domborzatmodell pontosságának és megbízhatóságának biztosítása. Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy az alább ismertetett validálási módszereknél nagyobb pontosságot és precizitást biztosító metódusok használatát nem láttam indokoltnak, tekintettel arra, hogy általánosságban a talajok diverzitása nem olyan léptékű, amely ezek használatát szükségszerűvé tenné.

Fentiek figyelembevételével a korábban ismertetett módszerrel előállított domborzatmodell megbízhatóságát és pontosságát több lépésben ellenőriztem, ezzel megbizonyosodva arról, hogy az kellő mértékben és megfelelően reprezentálja-e a terület természetbeni domborzati viszonyait;

- **Magasság adatok összehasonlítása:**

Ebben az eljárásban a bemeneti adatként felhasznált, a Lechner Tudásközpont által szolgáltatott szintvonalak magasságértékeit hasonlítottam össze az előállított domborzatmodell magassági értékeivel. Első lépésként a QGIS 3.36 térinformatikai program *Extract Vertices* moduljának segítségével a rendelkezésemre álló, a kijelölt mintavételi területet lefedő vonal alapú shape fájl (szintvonalak) pont alapú shape fájlra alakítottam.

Az így kapott 3180db pontot tartalmazó, pont alapú shape állomány magasság értékeihez szintén a QGIS 3.36 programban, a *Point Sampling Tool* modul felhasználásával hozzá rendeltem a generált domborzatmodell azonos pontjaiban lévő pixeleinek értékeit, azaz a magasság adatait.

Az így kapott, a vektoros állományú szintvonalakból és a raszteres típusú domborzatmodellből származtatott, 2x3180 magasságadatot tartalmazó táblázat alapján számítottam ki a generált modell négyzetes középérték hibáját (RMSE), Microsoft Excel program segítségével.

- **Lejtési és kitettségi értékek vizsgálata:**

A domborzatmodell alapján lejtési és kitettségi térképeket készítettem, amelyeket összevettem a terepi megfigyeléseimmel.

3.2.2. Digitális domborzatmodell derivátumainak előállítása

Az 3.2.1. fejezetben ismertetett módszertan szerint előállított digitális domborzatmodell derivátumainak előállításához a SAGA GIS 9.2.21 térinformatikai szoftvert alkalmaztam. Ez az open-source platform kifejezetten hatékony a raszteres típusú térinformatikai adatok elemzéséhez, különösen a geomorfológiai és hidrológiai folyamatok térbeli modellezéséhez. A SAGA GIS-ben elérhető **Terrain Analysis** modulban számos domborzati és környezeti változót szemléltető derivátum állítható elő, amelyeken részletes térbeli és topográfiai elemzések végezhetőek.

A talajtérképezési célú kutatásomhoz olyan derivátumok létrehozását végeztem el, amelyek a talajképződési folyamatokat leginkább befolyásoló geomorfológiai tényezőket reprezentálják. Ezek a derivátumok nemcsak a terep formáit, hanem a vízmozgásra és vízgyűjtő területekre gyakorolt hatásokat is szemléltetik. A domborzatmodellből származó derivátumok olyan térbeli jellemzőket mutatnak meg, mint a lejtő meredeksége, a nedvességi viszonyok, a vízgyűjtő terület nagysága és a völgyek mélysége, amelyek mind hozzájárulnak az egyes térszíneken képződött talajok fizikai és kémiai tulajdonságainak megértéséhez.

Az így előállított, a mintaterületen lévő környezeti változókat reprezentáló derivátumok a későbbi térbeli elemzések alapját képezték, különös tekintettel a talajmintavételi pontok kijelölésére.

3.3. A talajmintavételezés és laboratóriumi vizsgálatok

3.3.1. A talajmintavételezés előkészítése

A talajmintavételi pontok számának meghatározása

A mintavételi pontok számának meghatározásakor a talajtani kutatások során alkalmazott, és a hazai gyakorlatban is elterjedt 5 hektáronkénti talajmintavételezés módszertanát vettem alapul. Ez az eljárás optimális egyensúlyt biztosít a mintavétel sűrűsége és a rendelkezésre álló erőforrások között, miközben elegendő adatot szolgáltat a talajtani tulajdonságok heterogenitásának megfelelő reprezentációjára, különösen olyan területeken, ahol a talajtani viszonyok közepes változékonyságot mutatnak (Németh 2006). Pásztor et al.

(2013) alapján a nagyobb mintavételi sűrűség – mint például az 5 hektáronkénti – növeli a térbeli interpolációk megbízhatóságát, ami különösen fontos a digitális talajtérképezés szempontjából. Ezek alapján a kijelölt, 105 hektáros területi kiterjedéssel rendelkező mintaterületen legalább 21 talajmintavételi pont kijelölését tűztem ki célul.

A talajmintavételi pontok kijelölése

A cLHS módszer alkalmazása

Az előre meghatározott, 21db talajmintavételi pont térbeli kijelöléséhez a *conditioned Latin Hypercube Sampling* (cLHS) módszertanát alkalmaztam. A cLHS mintavételi eljárást Salas et. al (2021) programkódjának felhasználásával valósítottam meg, R környezetben. A metódus során alkalmazott bemeneti adatok kiválasztása során olyan domborzati derivátumokat használtam, amelyek a területre leginkább jellemző talajképző tényezőket és folyamatokat legjobban reprezentáló környezeti változókat tükrözik.

Fentiek figyelembevételével a metódus lefuttatásakor a *Geomorphons*, az *Analytical Hillshading*, a *Topographic Wetness Index*, a *Relative Slope Position*, valamint a *Valley Depth* elnevezésű derivátumok raszteres típusú állományait adtam meg bementi adatként. Ezek a derivátumok a talaj és a táj komplex kölcsönhatásait modellezzik, amelyek kulcsfontosságúak a mintavételi helyek pontos meghatározásához és a talajtani változatosság feltárásához.

Korrigált talajmintavételi pontok meghatározása

Tekintettel arra, hogy a cLHS módszer alkalmazása során kapott 21 talajmintavételi pont területi elrendeződése nem biztosította a megfelelő térbeli eloszlást (mivel a pontok eloszlása nem fedte le kellő mértékben a vizsgálati területet), ezért a mintavételi pontok korrekciója mellett döntöttem. A korrekcióhoz az 3.2.2. fejezetben ismertetett módszertannal előállított *Topographic Position Index* (TPI) elnevezésű derivátum adatait vettem alapul, tekintettel arra, hogy az egyes domborzati formák kiemelt szerepet töltenek be a talajképződésben, így ezek figyelembevételével a mintavételi pontok heterogenitása biztosítható.

Ehhez először a mintaterületre generált TPI raszteres típusú állományát a QGIS 3.36 térinformatikai program *Polygonizer* moduljának segítségével vektorizáltam, majd az így kapott vektoros réteg tisztítását követően kiszámítottam az egyes topográfiai formák (pl.: gerincek, völgyek, sík területek, lejtők) területi kiterjedését. Ezt követően az előre meghatározott 21 mintavételi pontot úgy osztottam el a mintaterületen, hogy azok a TPI alapján azonosított topográfiai formák területi kiterjedéséhez igazodjanak. Ennek érdekében a

mintavételi pontok eloszlását százalékos arányban igazítottam a különböző topográfiai formák elterjedtségéhez. Ezáltal azok a formák, amelyek a kijelölt mintaterületen nagyobb területi lefedettséggel rendelkeznek, arányosan több mintavételi pontot kaptak, míg a kisebb kiterjedésű formákra kevesebb pontot jelöltem ki. Két topográfiai forma (*Streams - Patakok és vizes területek* valamint az *Upland Drainages - Fennsíki vízgyűjtők*) esetében a minimális területi kiterjedés (0,2%) nem tette lehetővé, hogy a fentebb ismertetett elosztási elvek alapján mintavételi pontot jelöljek ki, azonban a terep változatosságának teljes lefedése érdekében ezekre a formákra 1-1 plusz pontot helyeztem el, így összesen végül 23 talajmintavételi pont került kijelölésre.

Összeségében tehát a cLHS módszerrel kapott mintavételi pontokat a fent említett korrekciók alapján átrendeztem, úgy, hogy azok a topográfiai formák területi kiterjedéséhez igazodjanak. Az átrendezés során arra törekedtem, hogy a pontok térbeli eloszlása megfeleljen az előírásoknak, ugyanakkor a pontok eredeti helyzetét csak minimális mértékben módosítottam. Ezzel a megközelítéssel biztosítottam, hogy a cLHS által meghatározott pontok megtartsák az eredeti módszertan térbeli változatosságot biztosító előnyeit, miközben a korrekciók révén a terület heterogenitásának jobb reprezentációja is megvalósult.

Mintavételi mélység meghatározása

A térképészeti célú felhasználás és az egységes összehasonlíthatóság érdekében az általános gyakorlattól eltérően nem a talajszelvények különböző genetikai szintjeiből, hanem előre meghatározott mélységekből kerültek begyűjtésre a talajminták.

A mintavételi szintek meghatározásakor a tájegység területén általánosan előforduló barna erdőtalajok jellemző szelvényfelépítését, genetikai szintekre való tagolódását vettem alapul, melyek alapján összesen 8 különálló mintavételi szint került kijelölésre; 0-5, 5-15, 15-30, 30-50, 50-75, 75-100, 100-150, valamint 150-200 cm-es felosztásokban.

3.3.4. A mintavételezés

A mintaterületre meghatározott nagy számú talajmintavételi pont miatt az ásott szelvényfeltárás helyett a fúrásos szelvényfeltárási módszert választottam, amelyhez hagyományos *Edelman* típusú talajfúrót alkalmaztam. A fúrás során feltárt talajanyagot egy 10 x 10 x 150 cm méretű, vonalzóval ellátott fém tálcába helyeztem, ügyelve a rétegek eredeti mélység szerinti elhelyezésére. Az ily módon feltárt, tálcába helyezett talajszelvényekről ezt követően egységesen, megfelelő árnyékolás mellett fotókat készítettem egy Sigma 24mm f/1.4 DG HSM Art objektívvel ellátott Canon EOS R fényképezőgéppel a 10. ábra szerint.



10. ábra A 4. mintavételi ponton feltárt talajszelvény fotózása

Ezen felül a fűrt szelvényeken terepi vizsgálati módszerek segítségével különítettem el egymástól a különböző genetikai talajszinteket; feljegyeztem a szintek szerkezetét, színét, a durva vázrészek arányát, gyűrőpróbát végeztem a fizikai féleség megállapítására, valamint 10%-os sósav alkalmazásával megbecsültem a szelvényben fellelhető mésztartalom mennyiségét.

A kijelölt mintaterület talajtani adottságaiból kifolyólag azonban az előre meghatározott 200 cm-es mélységig nem minden mintavételi ponton volt lehetőség lefűrni, így a várt 184 db talajminta helyett összesen 163 db talajminta került begyűjtésre a további laboratóriumi vizsgálatokhoz.

3.3.5. Talajminták laboratóriumi vizsgálata

A mintavételezés során vett 163 db talajminta laboratóriumi vizsgálatát – a humusztartalom meghatározását kivéve – magam végeztem el a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Georgikon Campusán, a Környezettudományi Intézet Környezeti Fenntarthatóság Tanszékének Talajtani Laboratóriumában. Minden talajmintának meghatároztam az Arany-féle kötöttségi értékét (MSz-21470-51-83), a tömegszázalékos mésztartalmát (MSz-08-0206/2-1978), valamint a kémhatását külön kálium-kloridos és desztillált vizes szuszpenzióban (MSz-08-0206/2-1978).

Fentiekén túl minden mintavételi pont esetében az első három szintből vett talajminták

tömegszázalékos humusz tartalma a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Növényegészségügyi Nemzeti Referencia Laboratórium Velencei Telephelyén került bevizsgálásra (MSZ 21470-52:1983 2.fejezet).

Így a 163 talajmintán összesen 721 laboratóriumi vizsgálat került elvégzésre.

3.3.6. Feltárt talajtípusok osztályozása

A mintaterületen feltárt talajok osztályozását a hazai genetikus szemléletű osztályozási rendszerben, a diagnosztikus szemléletben megújított hazai talajosztályozási rendszerben, valamint a Világ Talaj Referenciabázisában (*World Reference Base for Soils Resources, rövidítve WRB*) egyaránt elvégeztem. Az osztályozások eredményei a 4.3.2. fejezetben kerülnek bemutatásra.

3.4. Statisztikai vizsgálatok

3.4.1. A derivátumok és a talajtani paraméterek közti összefüggés vizsgálat

Annak érdekében, hogy a későbbi talajtérfépezési - geostatisztikai módszerek során kiválaszthassam a független változóként felhasználni kívánt domborzatmodell derivátumokat, előzetesen megvizsgáltam az egyes derivátumok és a feltárt talajtulajdonságok közötti lehetséges összefüggéseket.

Ehhez a talajmintavételi pontokat tartalmazó pont alapú shapefile felhasználásával végeztem el a derivátumok értékeinek kinyerését a QGIS 3.36 szoftver *Point Sampling Tool* moduljának segítségével. Ez a modul lehetővé tette, hogy az előállított raszteres derivátumok, valamint a domborzatmodell szűrkeségi értékeit minden egyes talajmintavételi ponthoz hozzárendeljem, majd táblázat formájában kiexportáljam. Ezt követően az exportált szűrkeségi értékekhez hozzárendeltem a laboratóriumi vizsgálatok során kapott különböző talaj fizikai és kémiai paramétereket az összefüggés vizsgálat előkészítése érdekében. Az így létrejött adathalmazban mind a 23 mintavételi ponthoz tartozóan rendelkezésre álltak a domborzati derivátumok és a talajtulajdonságok megfelelő értékei.

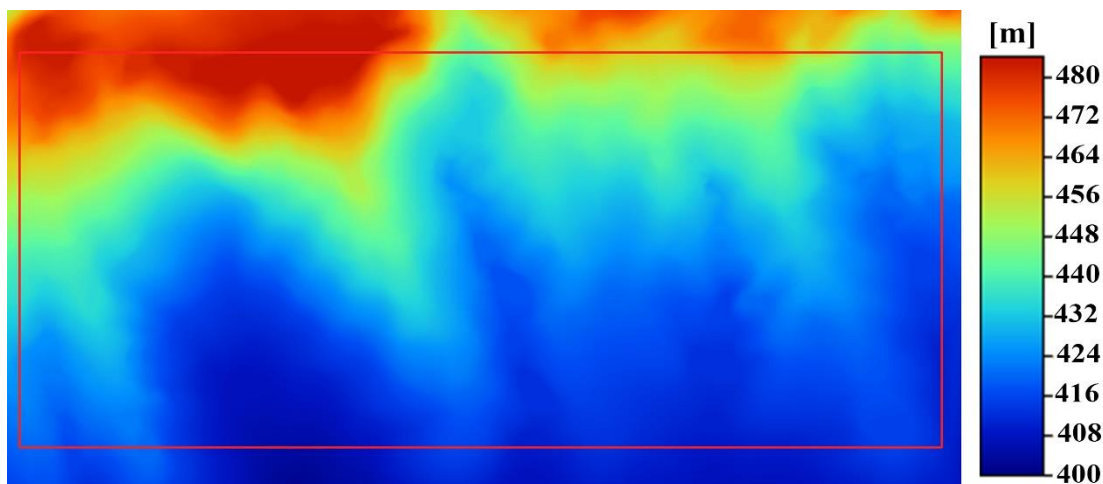
Az összefüggések vizsgálata érdekében az SPSS statisztikai program segítségével Pearson-féle lineáris korrelációs elemzést végeztem, amely lehetővé tette a talajtulajdonságok és a derivált domborzati adatok közötti kapcsolat erősségének és irányának meghatározását. Az elemzés során különös figyelmet fordítottam arra, hogy az egyes talajparaméterek milyen mértékben mutatnak korrelációt az egyes domborzati derivátumokkal, ezáltal segítve a későbbi geostatisztikai modellezéshez a legmegfelelőbb változó(k) kiválasztását.

4. Eredmények és értékelésük

4.1. Az előállított domborzatmodell és derivátumainak bemutatása, értékelése

4.1.1. Domborzatmodell

Az 11. ábrán látható domborzatmodell részletesen szemlélteti a kijelölt mintaterület, és annak közvetlen környezetének változatos topográfiai viszonyait.



11. ábra A kijelölt mintavételi területre (piros téglalap) és közvetlen környezetére előállított domborzatmodell

A kapott adatok alapján jól kivehető a terület északi részén domináló, K-Ny irányban húzódó heggyerinc, amelynek tengerszint feletti magassága eléri a 480 métert. Innen dél felé haladva a terep először markáns, majd fokozatosan egyre lankásabb lejtéssel süllyed, mígnem eléri a déli, sík területet, ahol a tengerszint feletti magasság már csupán 400 méter körülire tehető. Ezt a déli kitettségű térszint ÉNY-DK irányban futó völgyek és gerincek szabdalják, melyek nagyban befolyásolják a terület vízáramlási viszonyait.

A domborzatmodell validálásának eredménye

Az 3.2.1. fejezetben ismertetett módszerrel végzett validálás során a rendelkezésemre álló szintvonalak magassági adatai és a generált domborzatmodellből származtatott magasságértékek közti összehasonlítás alapján a négyzetes középérték hiba (RMSE) 0,026 méter lett. Ez azt jelenti, hogy a generált domborzatmodell magassági adatai átlagosan 2,6 cm eltérést mutatnak a referenciaként használt szintvonalakhoz képest. Az eredmények alapján a domborzatmodell pontossága a talajtérképezés céljaira megfelelőnek bizonyult, mivel az ilyen mértékű eltérés teljes mértékben elfogadható a további talajtani elemzésekhez.

Ezen felül a lejtési viszonyok pontosan tükrözték a területen tapasztalható geomorfológiai sajátosságokat, különös tekintettel a dél-észak irányú völgyekre és az északi

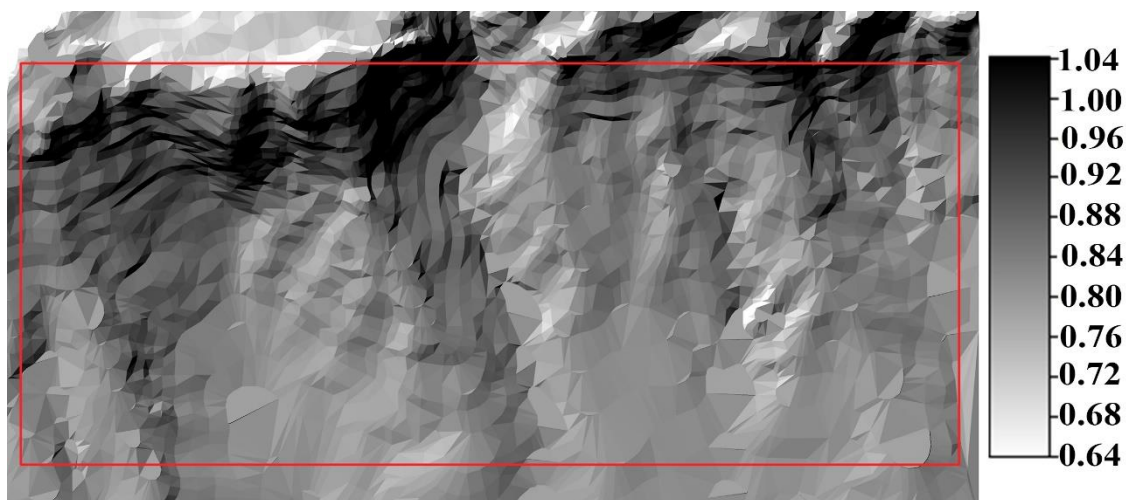
lejtők meredekebb részeire.

4.1.2. Domborzatmodell derivátumai

Az alábbi fejezetben a vizsgálatok során előállított és alkalmazott domborzati derivátumokat szeretném bemutatni, a területi korlátok miatt azonban a teljesség igénye nélkül. Az elemzésekhez összességében az alábbi modelleket készítettem el: *Analytical Hillshading*, *Aspect*, *Channel Network Distance*, *Convergence Index*, *Flow Accumulation*, *Geomorphons*, *LS-factor*, *Plan Curvature*, *Profile Curvature*, *Relative Slope Position*, *Slope*, *Topographic Position Index*, *Topographic Wetness Index*, *Total Catchment Area*, *Valley Depth*.

Analytical Hillshading– domborzat árnyékolás

A domborzatmodellből származtatott *Analytical Hillshading* – *domborzatárnyékolás* elnevezésű derivátumot a 12. ábra szemlélteti.

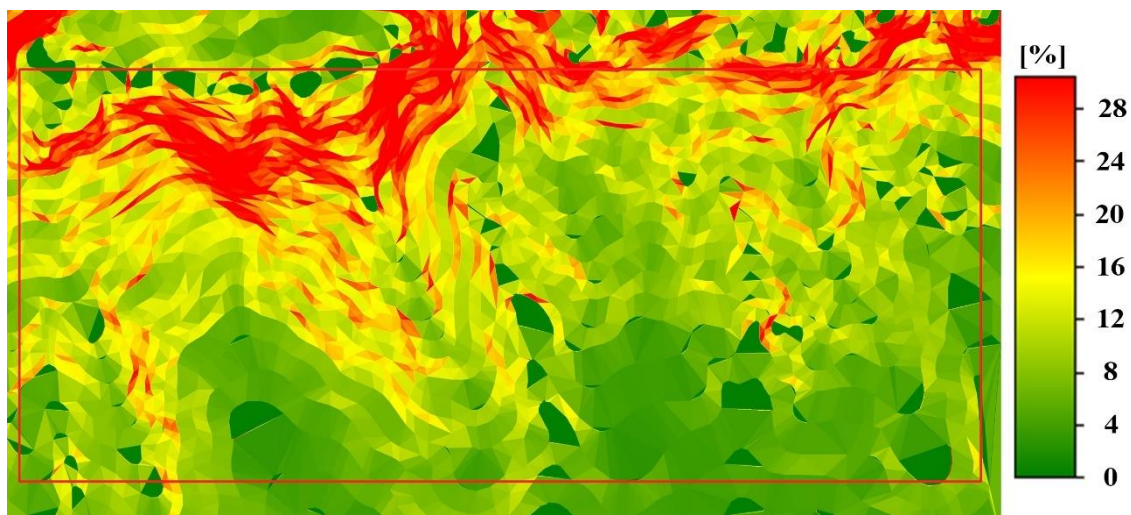


12. ábra A kijelölt mintavételi területre (piros téglalap) és közvetlen környezetére előállított *Analytical Hillshading*– domborzat árnyékolás elnevezésű derivátum

A fenti ábrán látható derivátum alapvetően vizuális megjelenítésre alkalmas, mivel a benne szereplő értékek kizárólag a domborzat árnyékolásának intenzitását fejezik ki, és nem hordoznak további kvantitatív geomorfológiai információt. Bár korlátozott az alkalmazhatósága adatelemzés szempontjából, kiválóan szemlélteti a kijelölt terület változatos domborzati viszonyait és tagoltságát, így hasznos eszközként szolgálhat a morfológiai jellemzők térképi ábrázolásában.

Slope – lejtőszög

A domborzatmodellből származtatott *Slope* – *lejtőszög* elnevezésű derivátumot a 13. ábra szemlélteti.

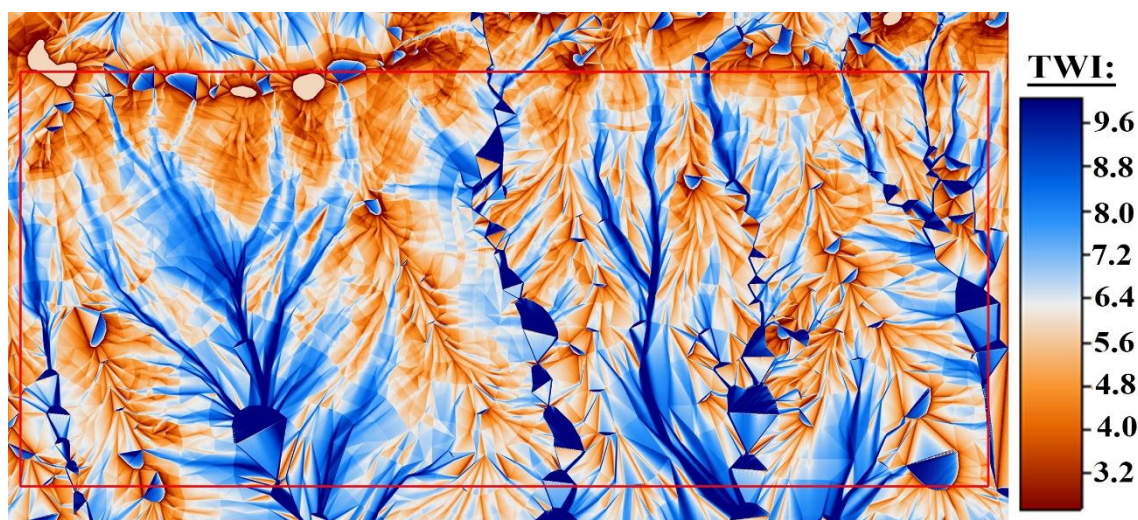


13. ábra A kijelölt mintavételi területre (piros téglalap) és közvetlen környezetére előállított Slope – lejtőszög elnevezésű derivátum

Az eredmények alapján jól kirajzolódik a kijelölt mintavételi terület változatos domborzati képe. Az északi oldalon domináló, 24-28%-os meredekségű lejtők délkelet felé haladva fokozatosan és eltérő mértékben csökkennek. Jól látható, hogy a mintaterületet kelet-nyugati és észak-déli irányban is változatos lejtők tagolják, ami összetett geomorfológiai viszonyokra utal. Ezek a változatos lejtőkategóriák különböző mértékben befolyásolhatják a talajképző tényezőket és folyamatokat, így a kapott eredmény mindenképp figyelembe veendő a terület talajtani értékelésénél.

Topographic Wetness Index - topográfiai nedvességi index

A domborzatmodellből származtatott Topographic Wetness Index - topográfiai nedvességi index elnevezésű derivátumot az 14. ábra szemlélteti.



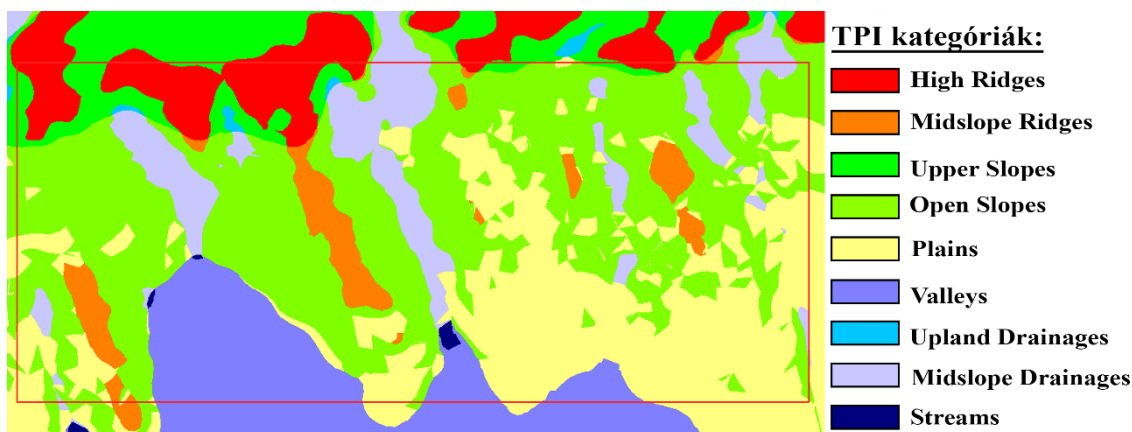
14. ábra A kijelölt mintavételi területre (piros téglalap) és közvetlen környezetére Topographic Wetness Index - topográfiai nedvességi index elnevezésű derivátum

A fenti ábrán látható eredmények részletesen szemléltetik a kijelölt területre jellemző talajnedvességi és vízháztartási viszonyokat. Jól kirajzolódnak az észak-déli irányú völgyek, amelyekben több helyen vízgyűjtő területek és időszakos lefolyások alakultak ki. Ezeket a magas TWI értékeket a 2024-es év rendkívül csapadékos szeptemberi időjárása során tett megfigyeléseim teljes mértékben megerősítették; ebben az időszakban a területen számos alkalommal volt tapasztalható az ábrán kék színnel, azaz magasabb nedvességindexszel jelölt részeken időszakos vízösszefolyás, többlet nedvesség.

A változatos vízlefolyási mintázatok és eltérő nedvességindexek jelentős hatással vannak a terület talajképző folyamataira és a talaj tulajdonságaira. A vízgyűjtő helyeken, ahol magasabb a TWI érték, a többlet nedvesség hosszabb ideig fennállhat, ami kedvez a többlet nedvességhez kapcsolódó talajképződési folyamatoknak, például a glejesedésnek.

Topographic Position Index - topográfiai pozíció index (TPI)

A domborzatmodellből származtatott *Topographic Position Index - topográfiai pozíció index (TPI)* elnevezésű derivátumot a 15. ábra szemlélteti.



15. ábra A kijelölt mintavételi területre (piros téglalap) és közvetlen környezetére előállított Topographic Position Index - topográfiai pozíció index elnevezésű derivátum

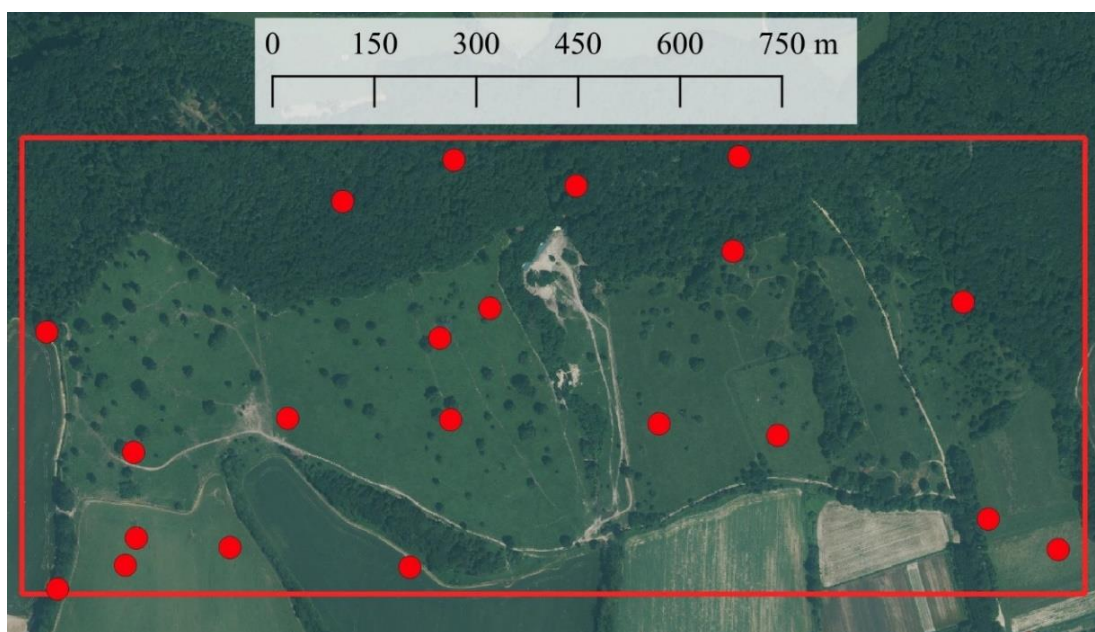
A TPI eredményei részletesen feltárják a mintavételi terület komplex domborzati felépítését. A lehatárolt, kilenc különböző geomorfológiai egység a terület domborzatának tagoltságát tükrözi. A különböző kategóriák magyar nyelvű megfelelőikkel a következők: *High Ridges* (Meredek gerincek), *Midslope Ridges* (Közepes lejtésű hegyhátak), *Upper Slopes* (Felső lejtők), *Open Slopes* (Nyílt lejtők), *Plains* (Síkságok), *Valleys* (Völgyek), *Upland Drainages* (Fennsíki vízgyűjtők), *Midslope Drainages* (Középső lejtő vízgyűjtő területei), valamint *Streams* (Patakok és vizes területek). Ezek a domborzati kategóriák jelentős szerepet játszanak a talajképző tényezők és folyamatok alakításában, befolyásolva ezzel a talajok fizikai-kémiai tulajdonságait.

A területen több ízben tartott terepbejárások alkalmával a fenti domborzati formák jól azonosíthatóak voltak és pontosan tükrözték a digitális modell által lehatárolt alakzatokat.

4.2. A kijelölt talajmintavételi pontok bemutatása, értékelése

4.2.1. A cLHS módszertan alapján kijelölt talajmintavételi pontok

A talajmintavételi pontok kijelölése a 3.3.1. fejezetben ismertetett módon, a conditioned Latin Hypercube Sampling (cLHS) módszerrel történt R környezetben. Az így kapott, 21 talajmintavételi pontot a 16. ábra szemlélteti



16. ábra A cLHS metódus alapján kijelölt 21 db mintavételi pont elhelyezkedése

Ahogy azonban az a fenti ábrán is látható, az automatikusan generált mintavételi pontok nem minden esetben biztosítottak megfelelő térbeli szórást, így bizonyos területeken, például a dél-nyugati sarokban indokolatlanul több mintavételi pont koncentrált, míg ezzel párhuzamosan a vizsgált terület egyes részein a pontok ritkábban helyezkedtek el, ami a talajviszonyok változatosságának alulreprezentálását eredményezte volna. A generált mintavételi pontok helyenkénti, indokolatlan koncentrációja a betáplált domborzati derivátumok alapján létrejött adathalmazban mutakozó kisebb eltérésekre vezethető vissza. Ha ezek az apró eltérések nagyobb területi kiterjedést mutató mozaikokat alkotnak, a cLHS módszer olyan helyekre is elhelyezhet pontokat, amelyek a talajvizsgálat szempontjából kevésbé relevánsak.

Fentiek okán a generált mintavételi pontok kis mértékű korrekcióját láttam indokoltnak, a megfelelő térbeli szórás elérése érdekében, valamint, hogy a mintavételi pontok nagyobb

pontossággal fedjék le a különböző domborzati formákat, biztosítva ezzel a területen lévő heterogén talajtani viszonyok megfelelő reprezentálását.

4.2.2. A korrigált, végleges talajmintavételi pontok

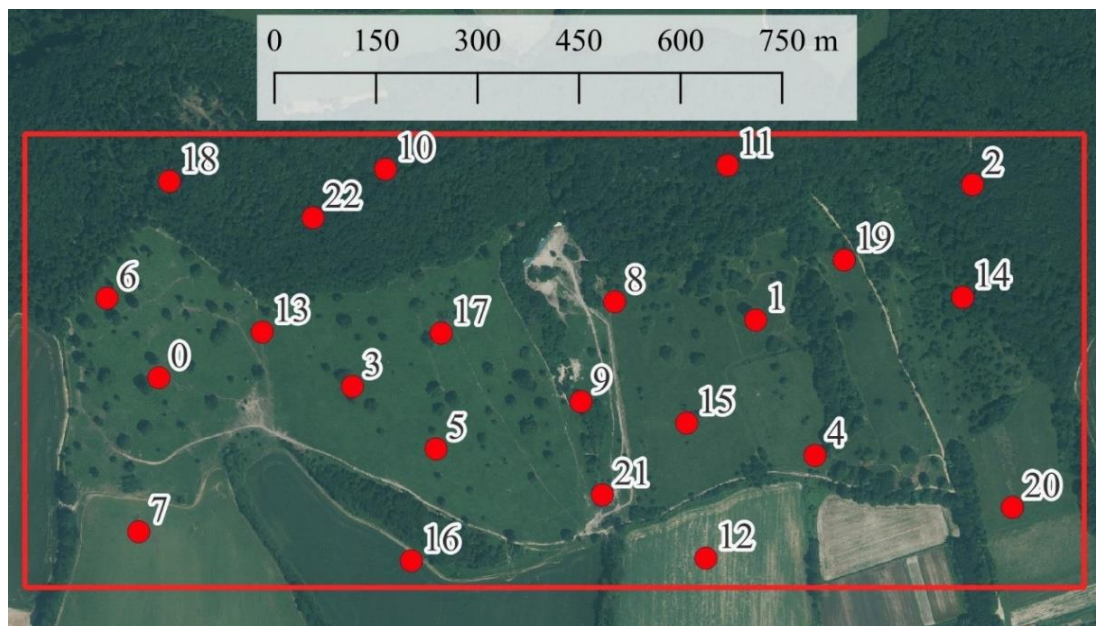
A 3.2.2. fejezetben ismertetett módszertan alapján a *Topographic Position Index* - *topográfiai pozíció index (TPI)* elnevezésű derivátumból nyert adatok segítségével meghatároztam a kijelölt mintavételi területen található domborzati formák területi kiterjedését, valamint ezek százalékos megoszlását. Ezt követően az egyes topográfiai formák területi arányát figyelembe véve történt meg a mintavételi pontok számának arányosítása és elhelyezkedésük korrekciója is. Az egyes topográfiai formák arányait, az ez alapján kijelölhető és végül kijelölt mintavételi pontok számát, valamint ezek azonosítóját (ID) az 1. táblázat szemlélteti.

1. táblázat TPI kategóriák megoszlása, és az ehhez igazított mintavételi pontok mennyisége, azonosítószámaik

Topográfiai forma	Területi kiterjedés	Kijelölhető pont (db)	Kijelölt pont (db)	Mintavételi pontok (ID)
<i>Streams</i>	0,2%	0	1	21
<i>Midslope Drainages</i>	9,0%	2	2	9; 1
<i>Upland Drainages</i>	0,2%	0	1	22
<i>Valleys</i>	9,4%	2	1	16
<i>Plains</i>	25,4%	5	6	0;4;12;14;15;20
<i>Open Slopes</i>	42,3%	8	8	1;2;3;5;6;8;11;19
<i>Upper Slopes</i>	3,3%	1	1	18
<i>Midslope Ridges</i>	4,7%	1	2	7; 17
<i>High Ridges</i>	5,2%	1	1	10

Az ismertetett módszertan alapján ahhoz, hogy egy topográfia forma legalább egy darab mintavételi pontot kapjon, kerekítve 5%-os területi kiterjedéssel kell, hogy rendelkezzen. Azonban ahogy korábban is említettem, két topográfiai forma, a *Streams* - *Patakok és vizes területek*, valamint az *Upland Drainages* - *Fennsíki vízgyűjtők* esetében a minimális területi kiterjedés (0,2%) nem tette lehetővé, hogy területükön mintavételi pont kerüljön kijelölésre, azonban a terep változatosságának teljes lefedése érdekében ezekre a formákra egy-egy plusz mintavételi pontot helyeztem el, így végül összesen 23 talajmintavételi pont került kijelölésre. Ezen felül 3 esetben a *Valleys* – *völgyek*, a *Plains* – *síkságok* és a *Midslope Ridges* – *középlejtős gerincek* területeire kijelölhető mintavételi pontok számától tértem el kis mértékben, főként a rendelkezésemre álló domborzatmodell és annak derivátumainak elemzése, kiértékelése alapján.

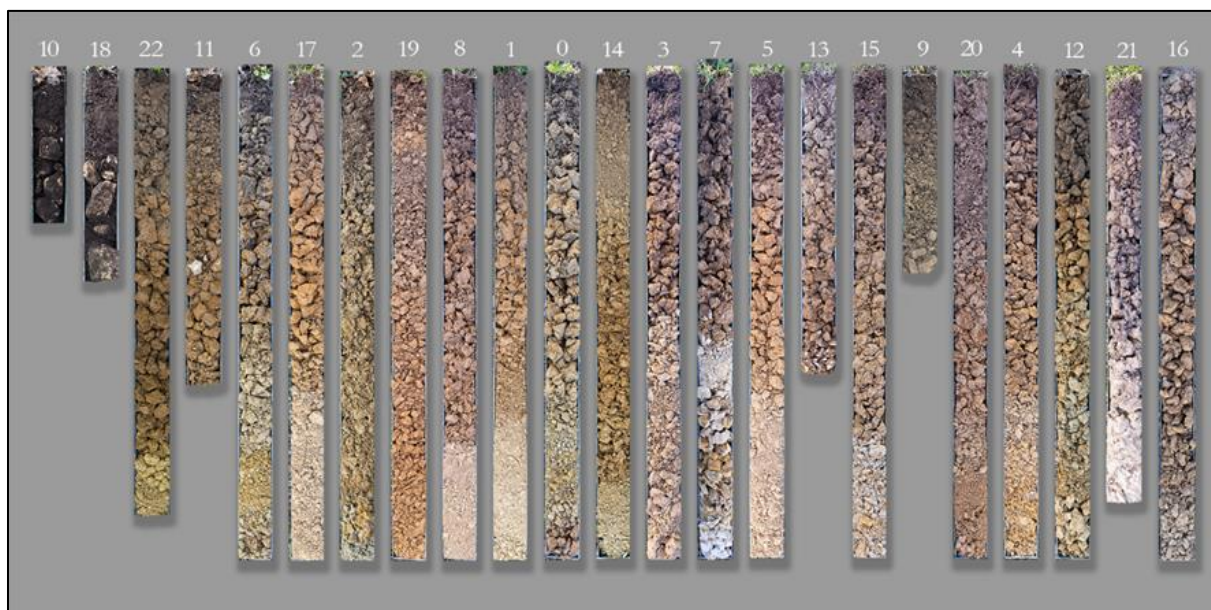
A fentiek alapján korrekcióval ellátott, és kibővített mintavételi pontok területi elhelyezkedését a 17. ábra szemlélteti.



17. ábra A korrigált, végleges 23 db mintavételi pont elhelyezkedése, azok azonosítószámaival

4.3. A feltárt talajszelvények bemutatása

A korábban ismertetett módszertan alapján kijelölt 23 talajmintavételi ponton hagyományos talajfúró segítségével feltárt, majd egységesen, 150 cm hosszúságú tálcába helyezett talajszelvényeket tengerszint feletti magasság szerinti csökkenő sorrendben a 18. ábra szemlélteti.



18. ábra A kijelölt mintavételi pontokon feltárt talajszelvények, tengerszint feletti magasság szerint csökkenő sorrendben

Ahogy az a fenti ábrán is kivehető, a területen fennálló heterogén talajtani viszonyok miatt (leginkább az ágyazati kemény közet megjelenése okán) az előre tervezett 200 cm-es mélységig nem minden esetben volt lehetőség a szelvények feltárására.

A legsekélyebb, 50-60 cm mélységű szelvények a 9-10, valamint a 18-as azonosítószámmal ellátott mintavételi pontokon kerültek feltárásra. Ezeket követték a 11, valamint a 13-as jelzésű pontokon feltárt 90-100, majd a 21-22 pontokon feltárt 130 cm-es mélységű szelvények.

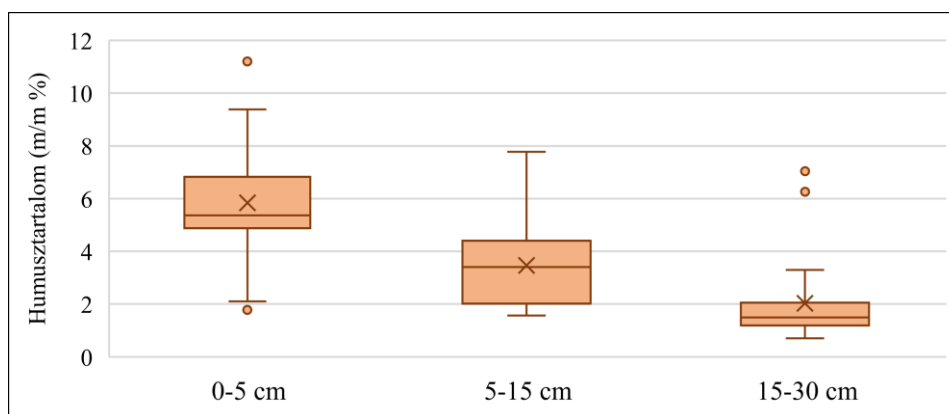
Bár a 12-es azonosítószámmal ellátott mintavételi ponton feltárt talajszelvény a 18. ábra teljességet mutat, azonban ezen a ponton csak 150 cm-es mélységig sikerült lefúrni, amely bár a talajszelvények ideiglenes tárolására szolgáló tálca egészét kitöltötte, az alatta lévő 150-200 cm-es szintből nem tette lehetővé a talajminta begyűjtését.

A fennmaradó, összesen 15db talajmintavételi ponton (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 14, 15, 16, 17, 19, 20) sikerült az előre tervezett teljes 200 cm-es mélységig lefúrni és talajmintát gyűjteni.

4.3.1. Vizsgált talajtani paraméterek

Humusztartalom

A kijelölt mintavételi pontokon feltárt talajszelvények első három mintavételi szintjéből vett talajminták humusztartalmának megoszlását a 19. ábra szemlélteti.



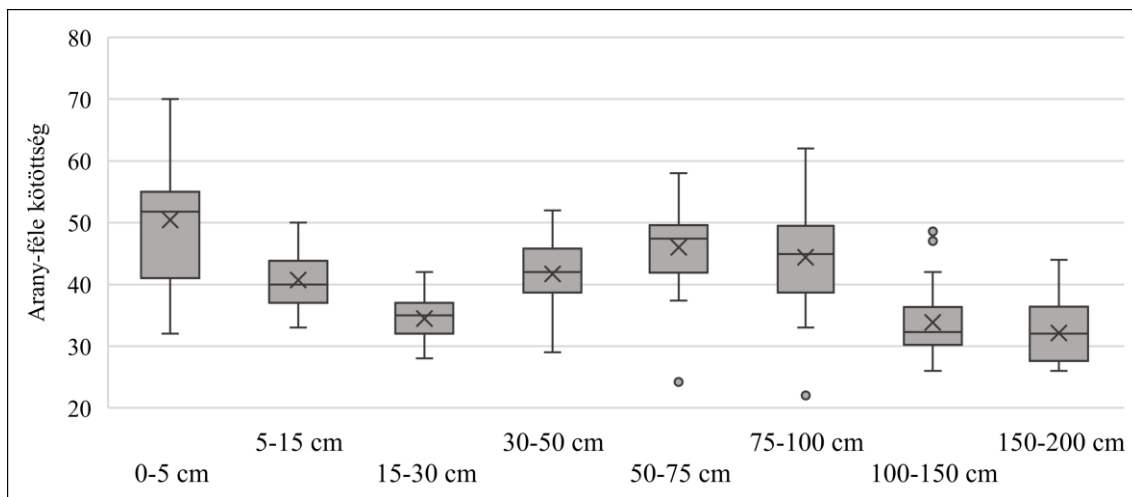
19. ábra A humusztartalom megoszlása szintenként

A humusztartalom mélységgel való exponenciális csökkenése a fenti diagramon jól látható. A szélső értékeket elsősorban az északi részen található sekély termőrétegű, de magas szervesanyag-tartalmú talajszelvények, illetve a déli, intenzív mezőgazdasági művelés alatt álló, humuszban szegény talajok adják. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a mintaterületen található fás legelő korábban nem esett intenzív mezőgazdasági művelés alá, így a talajt nem bolygatták, nem szántották fel. Ennek következtében a felső rétegekben megmaradt

a magasabb humusztartalom, mivel az nem keveredett az alsó, humuszban szegényebb rétegekkel.

Fizikai féleség

A 20. ábrán látható boxplot diagram szemlélteti a kijelölt mintavételi pontokon feltárt talajszelvények mintavételi szintjeiből származó talajminták Arany-féle kötöttségi értékeinek megoszlását.



20. ábra Az Arany-féle kötöttségi érték megoszlása szintenként

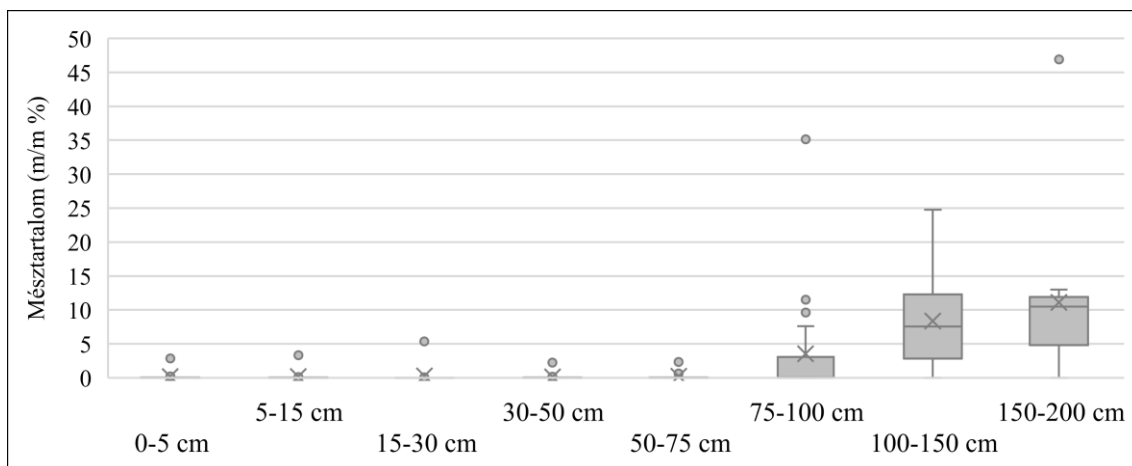
A diagram lefutása jól tükrözi a térségre jellemző egyik legmeghatározóbb talajképző folyamatot, az agyagvándorlást (lessivage).

Mivel az Arany-féle kötöttségi érték az egységes mennyiségű talajanyag vízfelvevő képességén alapul, különösen fontos hangsúlyozni, hogy az első szintben mért magas kötöttségi értékek nem a talajminták tényleges kötöttségére utalnak, hanem inkább az ebben a szintben jelen lévő magasabb humusztartalomra, ugyanis a humuszanyagok magas vízmegkötő képessége jelentősen befolyásolhatja a kapott eredményt.

A második és harmadik szintekben megfigyelhető csökkenés után egy markáns emelkedés tapasztalható, amely az agyagbemosódásos talajszint jelenlétére utal. A hetedik és nyolcadik szintnél megfigyelhető csökkenésből az agyagbemosódásos talajszint végére és a talajképző közet megjelenésére következtethetünk.

Méstartalom

A feltárt talajszelvények mintavételi szintjeiből vett talajminták tömegszázalékos méstartalmának megoszlását az 21. ábrán látható boxplot diagram mutatja be.



21. ábra A kalcium-karbonát tartalom megoszlása szintenként

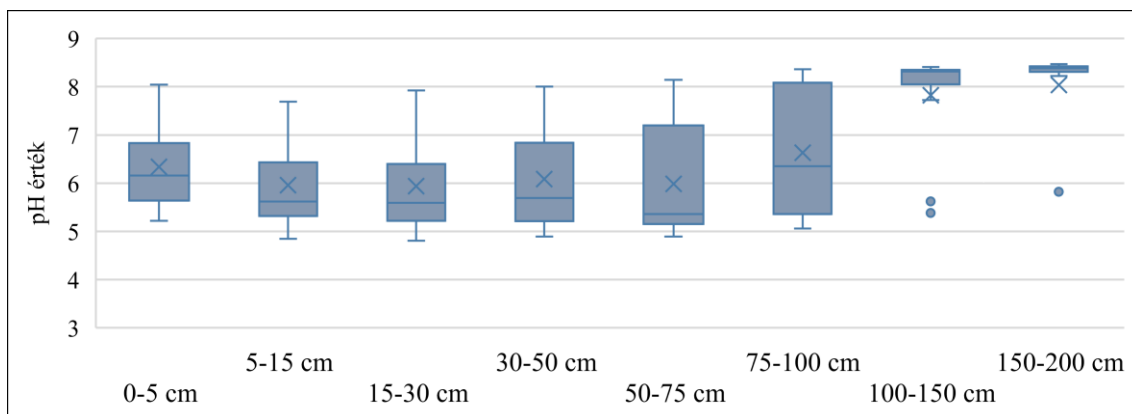
A fenti diagramon látható, hogy a talajszintekben lévő mésztartalom megoszlása szintén jól tükrözi a térség egy másik jellegzetes talajképző folyamatát, a kilúgzást, vagyis a vízben oldódó anyagok kimosódását a talajszelvényből. Ez a folyamat akkor következik be, ha a térségre jellemző klimatikus viszonyok miatt a csapadék mennyisége meghaladja a párolgás mértékét, és így lefelé irányuló vízháztartás alakul ki. Ennek hatására a talaj felső szintjeiből a kalcium-karbonát és az annál könnyebben oldódó sók a talajoldat által a mélyebb rétegekbe vándorolnak, ami idővel a felsőbb szintek mésztartalmának a teljes kimosódásához vezet.

Érdeemes megemlíteni, hogy volt olyan talajszelvény, amely ellentmondott a fent leírt, a térségre jellemző kilúgzási folyamatoknak, mivel már a legfelső mintavételi szinten is kimutatható volt kalcium-karbonát tartalma. Ez különösen a 9-es azonosítószámú mintavételi pont esetében fordult elő, amely a vizsgált területet átszelő patak közvetlen környezetében került kijelölésre. Feltételezhető, hogy ezen a területen a patak időszakos víztöbblete mészben gazdag üledéket rak le a magasabban fekvő területekről, valamint a patak közelsége miatt valószínűsíthető magasabb talajvízszint befolyásolhatja a kilúgzási folyamatok mértékét.

A hatodik, hetedik és nyolcadik mintavételi szinten megfigyelhető jelentős mésztartalom már egyértelműen a térségre jellemző, kalcium-karbonátban gazdag talajképző közet, a lösz jelenlétére utal.

Desztillált vizes szuszpenzióban mért kémhatás

A 22. ábrán látható boxplot diagram szemlélteti a kijelölt mintavételi pontok talajszelvényeiből vett talajminták desztillált vizes szuszpenzióban mért kémhatásának megoszlását a különböző mintavételi szinteken.



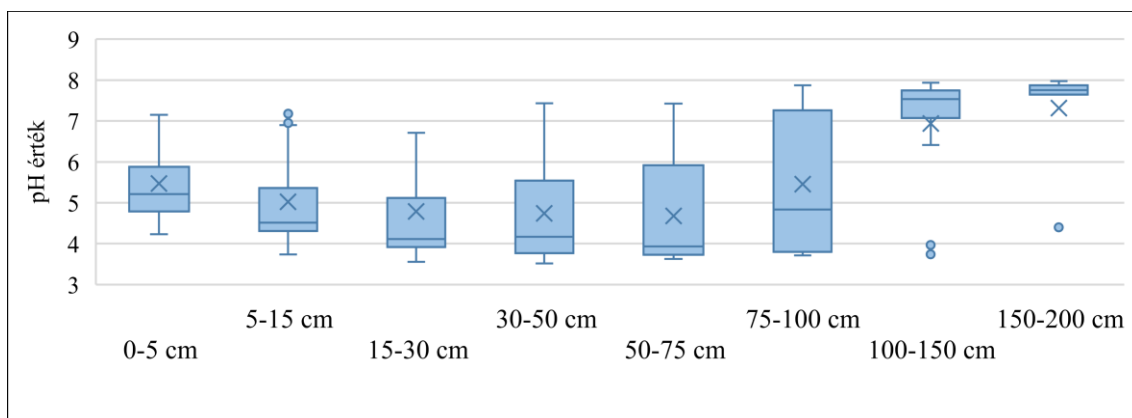
22. ábra A desztillált vizes szuszpenzióban mért kémhatás megoszlása szintenként

A fenti ábra alapján megállapítható, hogy a kijelölt területen az első öt mintavételi szint talajmintáinak desztillált vizes szuszpenzióban mért pH értékei túlnyomórészt az enyhén savanyú tartományban helyezkednek el, de a szélső értékek között gyengén lúgos és savanyú kémhatás is megjelenik. A legalacsonyabb pH értéket (4,81) a 11. mintavételi pont harmadik szintjéből, míg a legmagasabb értéket (8,47) az 5. pont nyolcadik szintjéből vett talajminta adta.

Az első szinten tapasztalható magasabb pH értékek a humuszanyagok sav-bázis pufferoló hatásának tulajdoníthatók. A hatodik szinten jelentkező nagyobb szórás a talajképző közet, elsősorban a lösz különböző mélységekben való megjelenésével magyarázható: ahol már ebben a rétegben előfordul, ott a pH lúgos irányba tolódik, míg ahol a lösz még nem jelenik meg, ott továbbra is az enyhén savanyú kémhatás dominál. A hetedik és nyolcadik szintek esetében a talajképző közet hatása egyértelműen érvényesül, homogén, lúgos kémhatást eredményezve, minimális szórással.

Kálium-kloridos szuszpenzióban mért kémhatás

A feltárt talajszelvények mintavételi szintjeiből vett talajminták kálium-kloridos szuszpenzióban mért kémhatásának megoszlását az 23. ábrán látható boxplot diagram mutatja be.



23. ábra A kálium-kloridos szuszpenzióban mért kémhatás megoszlása szintenként

A Kálium-kloridos szuszpenzióban mért kémhatás értékeinek szintenkénti megosztottsága, amely a potenciális, illetve rejtett savanyúságot jelzi, a desztillált vizes szuszpenzióban mért kémhatáshoz hasonló tendenciát mutat. Azonban a mérési eljárás sajátosságai miatt a mintavételi területen feltárt talajok esetében a KCl-oldatos pH-értékek általában körülbelül 1 egységgel alacsonyabbak. Ez a különbség a talajban jelen lévő kicserélhető savanyúság felszabadulására utal, amely a KCl hatására válik mérhetővé, pontosabb képet nyújtva a talaj tényleges savanyúsági állapotáról. Ebben a vizsgálatban a legalacsonyabb pH-érték (3,52) a 22. mintavételi pont negyedik mélységi szintjéből származik, míg a legmagasabb értéket (7,97) a 17. pont nyolcadik szintjéből vett talajmintán mértük.

Mind a desztillált vizes, mind a Kálium-kloridos szuszpenzióban mért kémhatás értékei, hasonlóan a mésztartalomhoz, egyértelműen alátámasztják a térségben zajló talajképző folyamatok, különösen a kilúgzás intenzív jelenlétét és meghatározó szerepét. A többlet nedvesség hatására a bázikus kationok a felsőbb szintekből kimosódnak, ami a talajok elsavanyodásához vezet.

4.3.2. A feltárt talajszelvények osztályozása

A szelvényfeltárások során végzett terepi vizsgálatok, valamint a laboratóriumban meghatározott fizikai és kémiai talajtulajdonságok alapján a hazai talajgenetikus szemléletű osztályozás szerint három főtypus négy talajtípusa került leírásra.

A kijelölt mintavételi pontokon leggyakrabban előforduló talajtípusok a térségre jellemző barna erdőtalajok főtypusából kerültek leírásra. Ezek közül tíz mintavételi ponton (4, 5, 7, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 22) az **agyagbemosódásos barna erdőtalaj** míg, hét mintavételi ponton (0, 1, 3, 6, 8, 14, 19) pedig a **pangóvízes (pszeudoglejes) barna erdőtalaj** volt a jellemző. A második legelterjedtebb talajtípus az öntés és lejtőhordalék talajok főtypusába tartozó **erdőtalaj eredetű lejtőhordalék talaj** volt, amelyet négy mintavételi ponton (2, 9, 20, 21) azonosítottunk. Harmadikként a közethatású talajok főtypusába tartozó **fekete rendzina** jelent meg, amit a 10-es és 18-as mintavételi pontokon volt leírható.

A diagnosztikus szemléletben megújított osztályozó kulcs alapján három talajtípus volt elkülöníthető. Két ponton (10, 18) a **közethatású talajok**, tizenkilenc ponton (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 22) az **agyagbemosódásos talajok**, és két esetben pedig a **hordalék talajok** különböző altípusai és változatai kerültek leírásra.

A World Reference Base for Soils Resources osztályozó kulcsa alapján négy referencia csoportba tartozó talajtípus került leírásra az alábbiak szerint: két pont esetében (10, 18)

Leptosol, szintén két pont esetében **Phaeozem** (9, 21), tíz pont esetében **Alisol** (0, 2, 5, 6, 8, 13, 14, 15, 16, 17), kilenc pont esetében pedig **Luvisol** (1, 3, 4, 7, 11, 12, 19, 20, 22) referencia csoport került meghatározásra.

A fentiekben ismertetett eredmények jól tükrözik a mintavételi terület változatos talajtani viszonyait.

4.4. A derivátumok és a talajtani paraméterek közti összefüggés vizsgálat eredményei, értékelése

Ebben a fejezetben a mintavételi pontokon feltárt talajszelvények szintenkénti fizikai és kémiai paraméterei, valamint a domborzatmodellből származtatott tengerszint feletti magasság és a domborzati derivátumokból származó környezeti változók közötti összefüggések vizsgálatának eredményei kerülnek bemutatásra. Az összefüggések elemzéséhez az 3.4.1. fejezetben bemutatott módszert alkalmazva az SPSS statisztikai program Pearson-féle lineáris korrelációs modulját használtam. Mivel a vizsgált környezeti változók hatása elsősorban a feltalajban érvényesül, a táblázatokban az első öt mintavételi szint (0-75 cm) adatai kerültek megjelenítésre, szignifikáns korrelációk ugyanis csak ezeken a szinteken voltak kimutathatóak.

A továbbiakban a bemutatott táblázatokban az átláthatóság érdekében a domborzatmodellből származtatott tengerszint feletti magasság, valamint a derivátumok esetében az alábbi rövidítéseket alkalmaztam: **TWI**: *Topographic Wetness Index*, **SL**: *Slope*, **RSP**: *Relative Slope Position*, **PC**: *Profile Curvature*, **CND**: *Channel Network Distance*, **TCA**: *Total Catchment Area*, **VD**: *Valley Depth*, **Tszfm**: *Domborzatmodellből származtatott tengerszint feletti magasság*.

Humusztartalom - környezeti változók összefüggésvizsgálat eredményei

Az első három mintavételi szintből származó humusztartalom és a mintavételi pontok környezeti változói közötti Pearson-féle lineáris korreláció eredményeit a 2. táblázat szemlélteti.

2. táblázat Humusztartalom-derivátumok közti korreláció

Szint	TWI	SL	RSP	PC	CND	TCA	VD	Tszfm
1	0,15	0,46*	0,34	0,04	0,47*	0,13	-0,34	0,64**
2	0,07	0,46*	0,44*	0,24	0,55**	0,07	-0,54**	0,65**
3	0,09	0,33	0,48*	0,37	0,66**	0,08	-0,46*	0,66**

*. A korreláció szignifikáns 0,05 szinten (kétoldali)

**.. A korreláció szignifikáns 0,01 szinten (kétoldali)

A vizsgálat eredményei alapján a *Slope* (SL), a *Relative Slope Position* (RSP), a *Channel Network Distance* (CND) és a *tengerszint feletti magasság* (Tszfm) értékei szignifikáns pozitív korrelációt mutatnak a humusztartalommal, míg a *Valley Depth* (VD) értéke negatív kapcsolatot jelez. A kapott korrelációs értékek alapján a mintaterület talajának humusztartalmát szorosan befolyásolják ezek a domborzati tényezők.

A *Slope* (SL), a *Relative Slope Position* (RSP) és a *tengerszint feletti magasság* (Tszfm) pozitív korrelációs értékei jól tükrözi a mintavételi terület struktúráját; az északi, legmagasabban fekvő és legmeredekebb lejtésű részekben magas humusztartalommal rendelkező rendzina talajok találhatók. A középső, mérsékeltebb lejtésű és alacsonyabb területek talajai szintén magas humusztartalommal bírnak, mivel ezeket nem érintette intenzív mezőgazdasági művelés. Ezzel szemben a terület déli, legalacsonyabb fekvésű, és sík részein intenzív mezőgazdasági művelés alatt álló szántóföldek találhatók, amelyek humusztartalma a folyamatos művelés következtében jelentősen csökkent.

Fizikai féleség - környezeti változók összefüggésvizsgálat eredményei

Az első öt mintavételi szintből származó Arany-féle kötöttségi értékek és a mintavételi pontok környezeti változói közötti Pearson-féle lineáris korreláció eredményeit a 3. táblázat szemlélteti.

3. táblázat Arany-féle kötöttségi értékek--derivátumok közti korreláció

Szint	TWI	SL	RSP	PC	CND	TCA	VD	Tszfm
1	-0,05	0,29	0,05	0,21	0,08	-0,01	-0,16	0,21
2	-0,03	0,20	0,25	0,54**	0,26	0,09	-0,44*	0,28
3	0,28	0,02	0,01	0,01	0,17	0,20	-0,15	0,18
4	-0,21	0,05	0,34	0,19	0,22	-0,05	-0,23	-0,02
5	0,06	0,10	0,03	-0,46*	0,18	-0,14	0,13	0,06

*. A korreláció szignifikáns 0,05 szinten (kétoldali)

**. A korreláció szignifikáns 0,01 szinten (kétoldali)

A fenti eredmények alapján látható, hogy az Arany-féle kötöttségi értékek és a derivátumok közötti vizsgálat nem mutatott ki egyértelmű, szignifikáns összefüggéseket.

Mésztartalom - környezeti változók összefüggésvizsgálat eredményei

Az első öt mintavételi szintből származó mésztartalom értékek és a mintavételi pontok környezeti változói közötti Pearson-féle lineáris korreláció eredményeit a 4. táblázat szemlélteti.

4. táblázat Mésztartalom-derivátumok közti korreláció

Szint	TWI	SL	RSP	PC	CND	TCA	VD	Tszfm
1	0,72**	-0,41	-0,161	-0,49*	-0,15	0,36	-0,04	-0,20
2	0,83**	-0,40	-0,241	-0,52*	-0,19	0,51*	0,02	-0,21
3	0,82**	-0,39	-0,234	-0,52*	-0,18	0,46*	0,01	-0,19
4	0,83**	-0,40	-0,234	-0,57**	-0,20	0,48*	-0,02	-0,19
5	0,67**	-0,10	-0,142	-0,19	-0,09	0,86**	0,05	-0,13

*. A korreláció szignifikáns 0,05 szinten (kétoldali)

**. A korreláció szignifikáns 0,01 szinten (kétoldali)

A fenti táblázatban szereplő eredményei alapján a *Topographic Wetness Index* (TWI) és a *Total Catchment Area* (TCA) értékei szignifikáns pozitív korrelációt mutatnak a mésztartalommal, míg a *Profile Curvature* (PC) értéke szignifikáns negatív kapcsolatot jelez. A TWI értékével való erős, valamint a TCA értékkel való közepes pozitív korreláció egyértelműen alátámasztja az 4.4.1. fejezetben leírtakat. Az eredmények szerint a kijelölt területen az időszakos és állandó vízfolyások, illetve vízgyűjtők mentén fordulhat elő kalcium-karbonát a feltalaj egyes mintavételi szintjeiben. Ennek egyik oka lehet a magasabb térszínekről érkező vízben oldott kalcium-karbonát, továbbá az, hogy a vizesebb területeken a kilúgzási folyamatok kevésbé érvényesülnek, így a mész kevésbé mosódik ki az alsóbb szintek irányába.

Desztillált vizes kémhatás - környezeti változók összefüggésvizsgálat eredményei

Az első öt mintavételi szintből származó desztillált vizes szuszpenzióban mért pH értékek és a mintavételi pontok környezeti változói közötti Pearson-féle lineáris korreláció eredményeit az 5. táblázat szemlélteti.

5. táblázat Desztillált vizes pH értékek--derivátumok közti korreláció

Szint	TWI	SL	RSP	PC	CND	TCA	VD	Tszfm
1	0,44*	-0,37	-0,25	-0,03	-0,29	0,44*	-0,04	-0,35
2	0,56**	-0,50*	-0,32	0,03	-0,32	0,53**	0,03	-0,44*
3	0,58**	-0,44*	-0,23	0,10	-0,18	0,56**	0,01	-0,33
4	0,46*	-0,38	-0,17	0,18	-0,26	0,52*	-0,15	-0,33
5	0,40	-0,23	-0,12	0,20	-0,10	0,43	0,01	-0,16

*. A korreláció szignifikáns 0,05 szinten (kétoldali)

**. A korreláció szignifikáns 0,01 szinten (kétoldali)

A vizsgálat eredményei alapján a *Topographic Wetness Index* (TWI) és a *Total Catchment Area* (TCA) értékei szignifikáns, közepes erősségű pozitív korrelációt mutatnak a különböző talajszinteken a desztillált vizes szuszpenzióban mért pH értékekkel. A kapott eredmények összhangban vannak a mésztartalomra vonatkozó megfigyelésekkel, és a magyarázat hasonló elvek mentén keresendő, tekintettel arra, hogy a kalcium-karbonát

jelenléte, vagy épp hiánya nagyban befolyásolja kémhatást.

A kapott eredmények alapján a potenciális vízgyűjtő területeken magasabb pH-értékek valószínűsíthetők, mivel a magasabb nedvességtartalom csökkenti a kimosódás mértékét, továbbá a magasabb térszínekről érkező bázikus kationok beoldódása is hozzájárulhat a pH érték növekedéséhez.

Kálium-kloridos kémhatás - környezeti változók összefüggésvizsgálat eredményei

Az első öt mintavételi szintből származó kálium-kloridos szuszpenzióban mért pH értékek és a mintavételi pontok környezeti változói közötti Pearson-féle lineáris korreláció eredményeit a 6. táblázat szemlélteti

6. táblázat Kálium-kloridos pH értékek- pH értékek--derivátumok közti korreláció

Szint	TWI	SL	RSP	PC	CND	TCA	VD	Tszfm
1	0,53**	-0,40	-0,24	-0,09	-0,27	0,54**	-0,08	-0,34
2	0,58**	-0,50*	-0,31	-0,01	-0,32	0,57**	-0,03	-0,42*
3	0,60**	-0,47*	-0,25	0,08	-0,22	0,59**	-0,01	-0,34
4	0,63**	-0,45*	-0,27	-0,01	-0,30	0,60**	-0,06	-0,34
5	0,44	-0,25	-0,12	0,19	-0,12	0,46*	-0,01	-0,18

*. A korreláció szignifikáns 0,05 szinten (kétoldali)

**. A korreláció szignifikáns 0,01 szinten (kétoldali)

A vizsgálat eredményei alapján a kálium-kloridos szuszpenzióban mért pH értékek hasonló, de valamivel szorosabb korrelációt mutattak a *Topographic Wetness Index* (TWI) és a *Total Catchment Area* (TCA) értékeivel, mint a desztillált vizes szuszpenzióban mért pH értékek. Mindkét esetben szignifikáns, pozitív összefüggés volt kimutatható, amely a korábbiakban levezetett talajképző folyamatokra vezethető vissza.

5. Összefoglalás

A dolgozatban bemutatott kutatás célja a Zirc-Aklipusza településrészhez tartozó, természet- és tájvédelmi, valamint kultúrtörténeti szempontból egyaránt jelentős fás legelőnek, valamint annak közvetlen környezetének talajfizikai- és kémiai paraméterekre egyaránt kiterjedő talajtani felmérése volt, a továbbiakban tervezett digitális talajtérképek elkészítésének megalapozásához.

Ehhez első lépésként az 1:10 000-es méretarányú topográfiai térképből származtatott digitális szintvonal adatok alapján interpolációs eljárással elkészítettem a 105 hektáros mintaterület digitális domborzatmodelljét. Az így előállított raszteres típusú domborzatmodellből a talajok képződését és fejlődését befolyásoló egyes környezeti tényezőket modellező derivátumokat hoztam létre, mint például: *Aspect – Lejtőirány*, *Channel Network Distance – Vízfolyás-hálózati távolság*, *Geomorphons – Geomorfológiai formák*, *Profile Curvature – Profilgörbület*, *Relative Slope Position – Relatív lejtőpozíció*, *Slope – Lejtőszög*, *Topographic Position Index – Topográfiai pozíció index*, *Topographic Wetness Index – Topográfiai nedvességindex*, *Total Catchment Area – Teljes vízgyűjtő terület*, *Valley Depth – Völgymélység* stb.

A mintaterület talajtani jellemzőinek vizsgálata során talajszelvény feltárást és talajmintavételezést végeztem. A mintavételi pontok kijelöléséhez a digitális domborzatmodellt és annak derivátumait felhasználva a conditioned Latin Hypercube Sampling döntéstámogató módszert alkalmaztam. Ez a módszer a terület domborzati és egyéb környezeti tényezőinek figyelembevételével segít meghatározni a mintavételi pontok elhelyezkedését, úgy, hogy azok a megadott terület talajtani heterogenitását teljes mértékben lefedjék, a mintavételi pontok számának minimalizálása mellett. Tekintettel arra, hogy a módszer alapján generált mintavételi pontok kezdetben nem biztosítottak megfelelő térbeli eloszlást, ezért azok elrendezését a *Topographic Position Index – Topográfiai pozíció index* elnevezésű derivátum alapján korrigáltam annak érdekében, hogy a különböző topográfiai egységek megfelelő mértékben reprezentálva legyenek. Az így megtervezett 23 db mintavételi pont már megfelelő területi elrendeződést biztosított a mintaterület talajtani variabilitásának vizsgálatához.

Ezekon a pontokon hagyományos edelman talajfúró segítségével végeztem el a talajszelvények feltárást, és így a talajminták begyűjtését. A mintavételezés során nem a talajszelvények genetikai szintjeiből, hanem egységesen, nyolc előre meghatározott mintavételi szintből vettem a talajmintákat a térségre leginkább jellemző *agyagbemosódásos barna erdőtalajok* szelvényfelépítésének figyelembevételével, 0-200 cm között. Tekintettel arra, hogy

nem minden kijelölt pont esetében volt lehetőség a tervezett, nyolc mintavételi mélységig lefújni, összesen 163 db talajminta került begyűjtésre további laboratóriumi vizsgálatokhoz.

Minden talajminta esetében meghatározásra került azok Arany-féle kötöttségi értéke, mésztartalma, kémhatása, desztillált-vizes, illetve kálium-kloridos szuszpenzióban egyaránt, valamint az első három mintavételi szintből vett talajminták humusztartalma. Így a begyűjtött mintákon összesen mintegy 721 laboratóriumi vizsgálat került elvégzésre.

A laboratóriumi vizsgálatok során feltárt fizikai és kémiai talajtani paraméterek megfelelően reprezentálták a térséget meghatározó talajképző tényezőket és folyamatokat, különös tekintettel az agyagvándorlás, és a kilúgzás tekintetében.

A terepi és a laboratóriumi vizsgálatok alapján, a mintaterületen a hazai genetikai talajosztályozási rendszer szerint a leggyakrabban előforduló talajtípusok a térségre jellemző barna erdőtalajok főtypusából kerültek leírásra. Ezek közül 10 mintavételi ponton az *agyagbemosódásos barna erdőtalaj*, 7 mintavételi ponton pedig a *pangóvizes (pszeudoglejes) barna erdőtalaj* volt a jellemző. A második legelterjedtebb talajtípus az öntés és lejtőhordalék talajok főtypusába tartozó *erdőtalaj eredetű lejtőhordalék talaj* volt, amely 4 mintavételi ponton került feltárássra. Harmadikként a közethatású talajok főtypusába tartozó *fekete rendzina* jelent meg, ami 2 mintavételi pont esetében fordult elő.

Ezt követően a rendelkezésemre álló adatok felhasználásával összefüggés vizsgálatokat végeztem a domborzatmodell, valamint az abból generált derivátumok, és talaj fizikai-kémiai paraméterei közt, annak érdekében, hogy megtudjam, melyek azok a rászteres típusú állományok, amelyek potenciálisan alkalmasak lehetnek az egyes talajtani paraméterek térbeli kiterjesztéséhez. Az összefüggés vizsgálatokhoz Pearson-féle lineáris korrelációs statisztikai eljárást alkalmaztam, amely lehetővé tette a talajtulajdonságok és a derivált domborzati tényezők közötti lehetséges kapcsolat(ok) erősségének és irányának meghatározását.

A kapott eredmények alapján a humusztartalom esetében a *Slope - Lejtőszög*, a *Relative Slope Position - Relatív lejtőpozíció*, a *Channel Network Distance - Vízfolyás-hálózat távolság* és a *tengerszint feletti magasság* értékei szignifikáns pozitív korrelációt ($R^2 = 0,46 - 0,66$) mutattak, míg a *Valley Depth - Völgymélység* értéke negatív ($R^2 = -0,45 - -0,54$), kapcsolatot jelzett. Az Arany-féle kötöttségi érték esetében nem volt kimutatható szignifikáns korreláció egyik derivátum értékeivel sem. A mésztartalom esetében a *Topographic Wetness Index - Topográfiai nedvességindeks* és a *Total Catchment Area - Teljes vízgyűjtő terület* értékei szignifikáns pozitív korrelációt ($R^2 = 0,46 - 0,86$), mutattak, míg a *Profile Curvature - Profilgörbület* értéke szignifikáns negatív ($R^2 = -0,49 - -0,57$) kapcsolatot jelzett. Végezetül

pedig a desztillált vizes és a kálium-kloridos kémhatás értékeinek esetében a *Topographic Wetness Index - Topográfiai nedvességindex* és a *Total Catchment Area - Teljes vízgyűjtő terület* értékei szignifikáns, közepes erősségű pozitív korrelációt ($R^2 = 0,44 - 0,63$) mutattak.

A bemutatott eredményeket figyelembe véve a későbbiekben olyan célspecifikus digitális talajtérképeket kívánok készíteni, amelyek alapot szolgáltathatnak kijelölt mintaterületre vonatkozó komplex élőhely felméréshez, illetve annak természetvédelmi célú fenntartási és kezelési tervének kidolgozásához.

6. Irodalomjegyzék

- Ádám L., Marosi S., és Szilárd J., (1988). *A Dunántúli-középhegység. B, Regionális tájföldrajz*. Magyarország tájföldrajza (6). Akadémiai Kiadó, Budapest 179-182.
- Andrásfalvy, B. (2007). *A magyar nép műveltsége*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Asztalos, R., & Szabó, M. (2014). A Bakony természeti földrajza. In: *Magyar Tájak*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Bódis, K. (2008). A digitális domborzatmodellek alkalmazása a felszínborítás és vízháztartás modellezésében. *Magyar Geofizikai Szolgálat*, 112.
- Bölöni, J., Molnár, Zs., Kun, A., & Molnár, Cs. (2011). Magyarország élőhelyei – Vegetációtípusok leírása és határozója. Általános Nemzeti Élőhely-osztályozási Rendszer. Budapest: MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet.
- Braun-Blanquet, J. (1951): *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. 2. Aufl. Springer-Verlag, Wien, 865.
- Dobos, E. (2001): A domborzat, mint talajképző tényező kvantitatív modellezése digitális domborzati modellek felhasználásával - Földrajzi Konferencia, Szeged. 16.
- Dobos, E., Micheli, E., Baumgardner, M.F., Biehl, L.L., & Helt, T. (2006). *Use of DEM and satellite data to delineate ecological regions in Hungary*. *Geoderma*, 132(1-2), 49-69.
- Dövényi, Z. (szerk.) (2010). *Magyarország kistájainak katasztere*. Budapest: MTA Földrajztudományi Kutatóintézet.
- Florinsky, I. V. (2012). *Digital Terrain Analysis in Soil Science and Geology*. Academic Press, London.
- Fülek Gy. (1999): Talajtan és agrokémia. In: Kollega T.I. (szerk.): *Magyarország a XX. században*, IV. kötet, Tudomány, 1. Műszaki és természettudományok. Babits Kiadó, Szekszárd 579-589.
- Gfellner, M. (2023). Szentkirályszabadja különleges természetmegőrzési terület talajtani vizsgálata. Keszthely: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Talajtani szakmérnök szak, szakdolgozat. 76.
- Haraszthy, L., Markus, F. & Bank, L. (1997): A fas legelők természetvédelme. – WWF füzetek 12., Budapest., 23 pp.
- Hengl, T. (2006). Finding the right pixel size. *Ecological Modelling*, 199(2), 153-169.
- Horváth, M., & Marosi, S. (1972). A Bakonyvidék földtani és geomorfológiai jellemzői. *Földrajzi Értesítő*, 21(1), 34-56.
- Jenny, H., 1941. *Factors of Soil Formation: A system of quantitative pedology*. McGraw-Hill, New York, NY, 281
- Marosi S., Somogyi S. (1990). Magyarország kistájainak katasztere 1-2. Magyar Tudományos Akadémia Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest. 1023p.
- McBratney, A. B., Minasny, B., & Rossel, R. A. V. (2003). Digital soil mapping with improved environmental correlation. *Geoderma*, 117(1-2), 3-52.
- Mélykúti, G. (2007). Digitális domborzatmodellek és felhasználásuk. *Földtudományi Közlemények*, 9, 77-86.
- MÉM (1989) (szerk. Jassó F., Horváth B., Izsó I., Király L., Parászka L. és Szabóné Kele G.). *Útmutató a nagyméretarányú országos talajtérképezés végrehajtásához. Melioráció-öntözés és talajvédelem*. Agroinform. Budapest. 150.
- Michéli E., Fuchs M., Szegi T., Csorba Á., Dobos E., Szabóné Kele G., (2018). A diagnosztikus szemléletben megújított hazai talajosztályozási rendszer: alapelvek, felépítés, osztályozási szabályok. *Vitaanyag* 2018.10.10. SZIE, Gödöllő. 49.
- Minasny, B., & McBratney, A. B. (2006). A conditioned Latin hypercube method for sampling in the presence of ancillary information. *Computers & Geosciences*, 32(9), 1378-1388.
- Németh, T. (2006). *Talajtani kutatási módszerek*. Mezőgazda Kiadó.
- Novák T. J. (2020): WRB – nemzetközi talajosztályozási rendszer talajok elnevezéséhez és talajtérképek jelmagyarázatának szerkesztéséhez. Magyar Talajtani Társaság. Budapest. 106.
- Pásztor, L., Szabó, J., & Takács, K. (2013). *Talajtérképezés digitális módszerei*. *Agrokémia és Talajtan*, 62(2), 297-313.
- Pásztor L., Dobos E., Michéli E., Várallyay Gy. (2018): Talajok. In: Kocsis K. (főszerk.): *Magyarország Nemzeti Atlasza – Természeti környezet*. Budapest, MTA CSFK Földrajztudományi Intézet. 182p. 82-93.
- Pécsi, M., & Somogyi, S. (1967). *Magyarország természetföldrajza*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Salas EAL, Subburayalu SK, Slater B, Dave R, Parekh P, Zhao K, Bhattacharya B. 2021. Assessing the effectiveness of ground truth data to capture landscape variability from an agricultural region using Gaussian simulation and geostatistical techniques, *Heliyon*, 7(7), e07439, ISSN 2405-8440. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07439>

- Saláta, D., Bölöni, J., & Bartha, D. (2007). Magyarország élőhelyei. Budapest: MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet.
- Schweitzer, F. (1993). A Bakony vízrajza és karsztjelenségei. *Földtani Közlöny*, 123(2), 67-80.
- Sinigla, M., Farkas, E., (2020): Idős fás legelők szerepe a zuzmóddiverzitás megőrzésében. In: *Folia Musei Historico-Naturalis Bakonyiensis* 37. Zirc 7-18.
- Stefanovits P., Filep Gy., Fülekgy Gy. (1999): Talajtan. – Mezőgazda kiadó, Budapest. 470.
- Varga, A., & Bölöni, J. (2009). Fás legelők Magyarországon. *Természetvédelmi Közlemények*, 15, 1-20.
- Várallyay Gy. (1989): A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani alapjai. *Agrokémia és talajtan*, 38 (1-2) 33-50.
- Wilson, J. P., & Gallant, J. C. (2000). *Terrain Analysis: Principles and Applications*. John Wiley & Sons, New York.

7. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném köszönetem kifejezni mindazoknak, akik munkám során segítségemre voltak.

Külön köszönettel tartozom Dr. Heilig Dávid barátomnak, aki tapasztalataival, tanácsaival, és kiváló ötleteivel folyamatosan segítette munkám egészen a kezdetektől.

Köszönöm konzulenseimnek, Verőné Dr. Wojtaszek Małgorzata docens asszonynak és Dr. Lehoczky Éva professzor asszonynak, hogy időt és energiát nem kímélve segítették munkámat, instrukciókkal, javaslatokkal, ötletekkel.

Szintén külön köszönettel tartozom Kovács Attilának a talajmintavételezés során nyújtott segítségéért, valamint Dr. Sinigla Mónikának a jelenlegi kutatáshoz kapcsolódóan elvégzett cönológiai felmérésben nyújtott segítségért.

Köszönettel tartozom Bellánné Takács Juditnak, a MATE KÖTI nyugalmazott laboránsának, aki a segítségemre volt a talajminták laboratóriumi vizsgálataiban.

Köszönettel tartozom Deák Tamásnak, a Miskolci Egyetem Természetföldrajz-Környezettan Intézeti Tanszékének munkatársának, aki innovációs ötletekkel, látott el egészen a kezdetektől.

Köszönettel tartozom továbbá Dr. Mészáros Jánosnak, a HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Talajtani Intézetének Talajterképezési és Környezetinformatikai Osztályának munkatársának, aki szintén innovációs ötletekkel, tanácsokkal látott el munkám során.

Végezetül pedig köszönettel tartozom a Családomnak, akik szintén segítettek munkámat, valamint lehetővé tették számomra, hogy tovább folytassam tanulmányaimat.

A kutatás a Kulturális és Innovációs Minisztérium 2024-2.1.1 kódszámú egyetemi Kutatói Ösztöndíj programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

I. Függelék - Saját eredmények

Tudományos (rész)kérdések, amelyeket saját magam oldottam meg:

- Egy olyan modern geoinformatikai módszertant dolgoztam ki, amely a digitális domborzatmodellek derivátumait felhasználva optimalizálja a talajmintavételi pontok kijelölését, ezzel biztosítva a vizsgált terület talajtani heterogenitásának megfelelő reprezentálását.

Azok a módszerek, amelyeket saját magam alkalmaztam vagy amelyekkel saját magam végeztem méréseket:

- A digitális domborzatmodell elkészítéséhez a rendelkezésemre álló szintvonal adatokat felhasználva az Inverse Distance Weighting interpolációs módszert használtam. Az így generált 5x5 m-es felbontású modell alapján különböző, környezeti változókat modellező derivátumokat állítottam elő.
- A térinformatikai állományok felhasználásával a talajmintavételi pontokat a conditioned Latin Hypercube Sampling módszerrel jelöltem ki, majd a Topographic Position Index elnevezésű derivátum alapján korrigáltam annak érdekében, hogy a kijelölt 105 hektáros kutatási terület topográfiai formái megfelelő mértékben reprezentálva legyenek.
- A fenti módszertan alapján kijelölt, 23 db talajmintavételi ponton talajfúróval történő szelvényfeltárást végeztem. A feltárt talajszelvényekből előre meghatározott mélységekből talajmintákat gyűjtöttem be a laboratóriumi vizsgálatok elvégzéséhez.
- A begyűjtött 163 talajminta esetében meghatároztam az Arany-féle kötöttségi értéket, a mésztartalmat, a kémhatást (kálium-kloridos és desztillált vizes szuszpenzióban), valamint külső laboratórium segítségével az első három szint humusztartalmát.
- A kapott 721 db laboratóriumi eredmény alapján Pearson-féle lineáris korrelációs statisztikai elemzéseket készítettem, hogy megállapítsam a talajtani paraméterek és a domborzati derivátumok közötti kapcsolatokat, ezzel előkészítve a kijelölt kutatási területet lefedő digitális talajtérképek elkészítését.

A saját magam által kapott eredmények:

- A kapott eredmények alapján a humusztartalom szignifikáns pozitív korrelációt mutatott a *Slope*, a *Relative Slope Position*, a *Channel Network Distance* és a tengerszint feletti magasság értékeivel, míg a *Valley Depth* negatív kapcsolatot jelzett. Az Arany-féle kötöttségi érték nem mutatott szignifikáns korrelációt egyik derivátummal sem. A mésztartalom esetében a *Topographic Wetness Index* és a *Total Catchment Area* szignifikáns pozitív, míg a *Profile Curvature* szignifikáns negatív kapcsolatot jelzett. A desztillált vizes és kálium-kloridos kémhatásértékeknél a *Topographic Wetness Index* és a *Total Catchment Area* közepesen erős, szignifikáns pozitív korrelációt mutattak.
- A bemutatott eredményeket figyelembe véve a későbbiekben olyan célspecifikus digitális talajtérképeket kívánok készíteni, amelyek alapot szolgáltathatnak kijelölt mintaterületre vonatkozó komplex élőhely felméréshez, illetve annak természetvédelmi célú fenntartási és kezelési tervének kidolgozásához.