

PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM
Természettudományi Kar
Földtudományok Doktori Iskola

**A talajnedvesség numerikus modellezhetősége és térbeli
kiterjeszhetősége ártéri képződmények esetén**

PhD értekezés tézisei

NAGY GÁBOR

Témavezetők:

Dr. Czigány Szabolcs

habil. egyetemi docens

Dr. Dezső József

egyetemi adjunktus



PÉCS, 2020

A doktori iskola neve: PTE Földtudományok Doktori Iskola
Vezetője: Dr. Geresdi István DSc.
egyetemi tanár
PTE TTK Földrajzi és
Földtudományi
Intézet
Földtani és Meteorológiai Tanszék

A doktori témacsoport neve: Természetföldrajz és tájértékelés
Vezetője: Dr. Lóczy Dénes DSc.
egyetemi tanár,
PTE TTK Földrajzi és
Földtudományi Intézet
Természet- és Környezetföldrajzi
Tanszék

Az értekezés tudományága: Talajtan, hidrológia

Témavezetők: Dr. habil. Czigány Szabolcs
egyetemi docens
PTE TTK Földrajzi és
Földtudományi Intézet
Természet- és Környezetföldrajzi
Tanszék
Dr. Dezső József
egyetemi adjunktus
PTE TTK Földrajzi és
Földtudományi Intézet
Természet- és Környezetföldrajzi
Tanszék

1. Szakirodalmi áttekintés

A talajok ellátó funkciói közül a tápanyag megtartási és vízháztartási-vízszolgáltatási funkciók válhatnak a következő évszázad kulcskérdésévé ahhoz, hogy felkészülhessünk a közeljövő éghajlati kihívásaira.

Az ártéri talajok, valamint az öntéstalajok (WRB: *Fluvisols*) vízgazdálkodási tulajdonságai igazodnak az ártereken található morfológiai formákhoz (LÓCZY et al. 2014). Területi vízháztartási modellalkotás esetén a talajvíz-tükör mélysége és a gyökérszóna (ezzel együtt a fedettség) az, ami tovább módosítja a kapilláris vízemelés által szolgáltatott vízmennyiséget. Fizikai tulajdonságaikat tekintve az ártéri talajok vertikálisan és horizontálisan is nagyon heterogének. A heterogén többszörösen rétegzett fizikai féleségű talajok periodikusan ismétlődő üledékképződés révén jöttek létre, emiatt a rétegek között nincs, vagy csak gyengén fejlett genetikai kapcsolat létezik (STEFANOVITS 1952, KERCHEVA et al. 2017). Kialakulásuk a folyómeder fejlődésével, áthelyeződésével, illetve az ártér időszakos elöntésével és a hordalékok lerakásával, és felhalmozódásával magyarázható (MAKKAVEEV 1955; KONDRATIEV et al. 1959; ILINKIN et al. 2018). Amennyiben a szedimentáció a kanyarulat belső ívén történik, a hordalék lerakása következtében, sarlólaposok (övezatok) alakulnak ki (BURIÁN et al. 2019).

A Dráva-síkra jellemzően kimondható, hogy az időszakos vízborítású vagy az időszakosan túlnedvesedett területeken belvíz fordul elő, ahol a csapadékvíz nem tud közvetlenül a befogadó vízfolyásokba jutni, amelyek a paleomeanderek és a sarlólapos területek legmélyebb pontjain találhatóak. A kutatási terület morfológiailag legmélyebb pontjai belvízképződésre hajlamos területek

A talaj nedvességtartalmának és nedvességszolgáltató képességének tér- és időbeli változékonysága számos környezeti paramétertől függ, ezek közé tartozik a mikrodomborzat, a folyóvízi üledékek rétegződése (SLOWIK et al. 2018), a talaj textúrája, a földhasználat, a talajvíztükör mélysége, a porozitás és a gyökérsűrűség. A változatos folyóvízi formakincs térbeli eloszlásának ismerete feltétlenül szükséges a talajnedvesség-dinamika megismeréséhez és az ilyen területek gazdasági hasznosíthatóságához (BARTA et al. 2018, VAN LEEUWEN et al. 2019). Habár a Dráva ártér látszólag sík, a talaj fizikai tulajdonságait a mikrotopográfia

szabályozza, mikrogerincek és a közöttük elhelyezkedő mélyedések változatos mintázatával (GIBLIG és RUST 2009). A numerikus modellezés első lépéseként e mintázatot generalizálni szükséges, ami a modell térbe való beépítést jelenti.

A munkám eredménye hasznosulhat a terület vízgazdálkodási tulajdonságainak jobb megértésében, a vízkormányzási feladatok támogatásában, és a így a gazdasági károk mérséklésében. segíthetnek abban is, hogy a haszonnövények vízstressz általi termés kiesését csökkentjük, vagy a hosszú ideig tartó elöntés során fellépő gazdasági károkat mérsékeljük (LIZASO és RITCHIE 1997, VOGT és SOMMA 2013, FAO 2012). A modelleredmények térbeli kiterjesztése rendszerint egy hipotézisen alapul, célja a megtapasztalt (még mért) hidrogeográfiai folyamatok modell térbe való átültetése. Mindezek sikerességét a validáció során ellenőrizhetjük. Munkám során a legnagyobb szakmai kihívást az új megközelítésű modell tér elkészítése és kiterjesztése jelentette.

2. Célkitűzések

A disszertáció célja a hazai Dráva-síkon található rétegzett talajok nedvességdinamikájának feltárása és az eredmények térbeli kiterjesztése a természetvédelem, fenntarthatóság, revitalizáció, erdő- és mezőgazdaság szükségleteinek és céljainak figyelembevételével.

Talajtani szempontból a vizsgálatok célja elsősorban az volt, hogy megállapítsam a talaj vízvisszatartó és vízszolgáltató képességének térbeli eloszlását. Kiemelt célom a növények számára ideális nedvességállapot térbeli eloszlásának meghatározása, illetve az aszályveszélyeztetett területek lehatárolása. A célkitűzéseim az alábbiak voltak:

- Topographic Wetness Index (TWI) alapján a sarlólapos területek lehatárolása, a lehatárolt területek összevetése az ortofotón lehatárolt mintaterületekkel.
- A kiválasztott mintaterületekről származó talajoszlopok kapilláris vízemelési tulajdonságainak meghatározása laboratóriumi körülmények között;
- A laboratórium talajoszlopok nedvességdinamikájának modellezése HYDRUS-1D talajnedvesség-dinamikai modell segítségével eltérő scenáriókra a kezdeti talajvízszint tükör mélységek alapján.

- A pontszerű talajmintákon elvégzett laboratóriumi és modellkísérletek eredményeinek kiterjesztése a mintaterületekre GPR felvételek alapján;
- Az eltérő vízellátottsági területek lehatárolása, a vízellátottsági kategóriák meghatározása a mintaterületeken és ezen térbeli egységek területi kiterjesztése (*upscaling*);

3. Eszközök és módszerek

3.1.1 A vizsgálati terület bemutatása

A vizsgálati terület az Ős-Dráva program (HYDROTERV 2015) működési területe, amely 553,5 km²-en terül el a Dráva menti síkságon, Somogy és Baranya megye területén, s lényegében a Dráva hazai árterének középső és keleti részét fedi le (1. ábra). Részletes hidrometeorológiai, talajtani és nedvességdinamikai vizsgálatokat három mintaterületen végeztem a tágabb vizsgálati területen belül. Az Okor, Korcsina és Cún mintaterületek azért választottam ki részletesebb vizsgálatok céljából, mert az Ős-Dráva program keretében a Dél-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság az AQUAPROFIT céggel együttműködve ezeknek a területeknek a bevonásával tervezi megvalósítani a Dráva mentén található néhány holtág (pl. Kisinci-tó, Cún-Szaporcai-holtág) víz visszapótlását.



1. ábra Az Okor, Korcsina és Cún mintaterületek elhelyezkedése a Dráva-síkon

3.1.2. Terepi monitoring

A cúni mintaterületen a Cún-Szaporcai-holtág két oldalán 2013. júliusában és augusztusában kerültek talajnedvesség-szenzorok (Decagon 5TM), tenziométerek (MPS-2) és infiltrométerek (Decagon Drain Gauge G2 Passive Capillary Lysimeter, Decagon Devices IncTDR (Time Domain Reflectometer) kihelyezésre a vadózus zóna vízdinamikájának monitorozására. A talajnedvesség szenzorokat és tenziométereket 25 és 70 cm-es mélységekben helyeztük el. A mérőállomások még ECRN-100 típusú billenőedényes csapadékmérővel és a talajvíztükör mélységének változását követő Dataqua LB 601 nyomásszenzorokkal voltak kiegészítve. Kutatásom egymásra épülő sokrétű mérések és modellfuttatások sorozatából állt, amelynek hierarchiáját és vázlatos szerkezetét az 2. *ábra* mutatja be.

3.2. A Topographic Wetness Index meghatározása

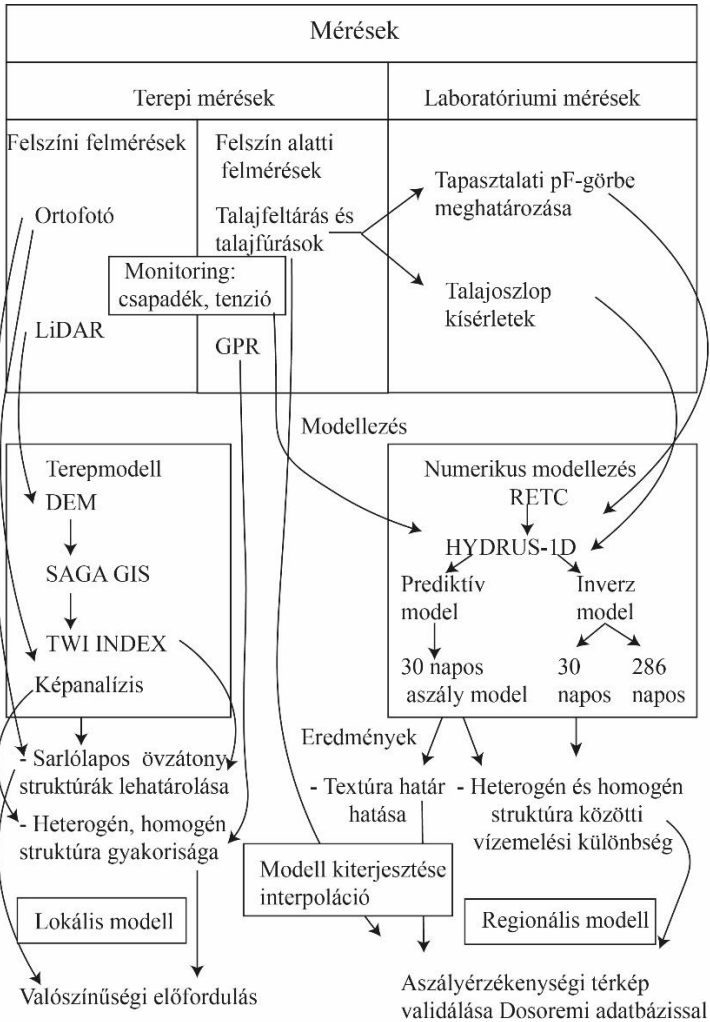
A tervezett modellezéshez elengedhetetlen volt a Dráva-síkon található hidromorfológiai-hidrológiai egységek lehatárolása (DEZSŐ et al. 2018, 3.*ábra*). A sarlólapos területek térbeli lehatárolását a terület ortofotója alapján végeztem el.

A területek TWI értékeinek kiszámítására a System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA GIS) programot használtam (CONRAD et al. 2015), amely domborzati és morfológiai alapon meghatározta a nedvesebb, illetve szárazabb térfelszínnek elhelyezkedését és a területek pixelenkénti TWI értékét.

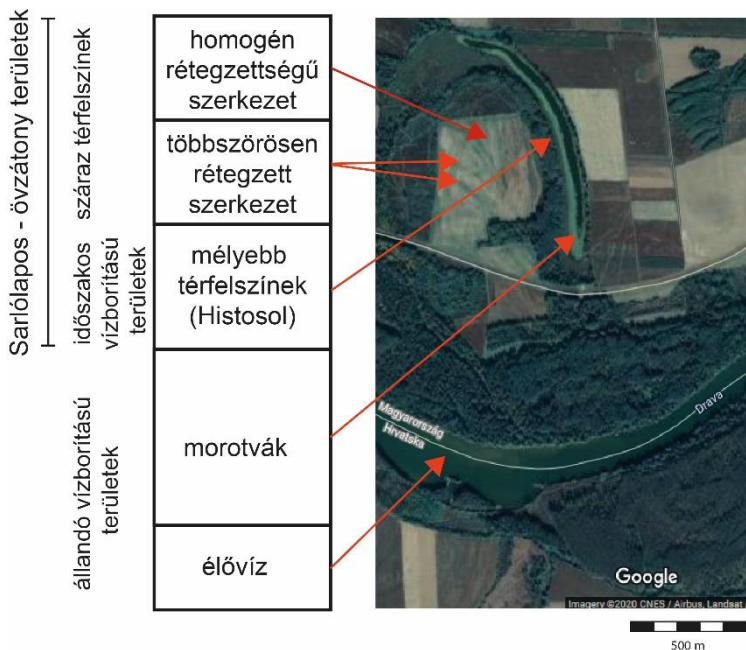
A TWI csak a vízgyűjtő területet és a lejtőszöget figyelembe, mint bemenő térbeli paramétert:

$$TWI = \ln (a / \tan \beta),$$

ahol a a megfigyelési pont feletti vízgyűjtő területe és β lejtőszög fokban kifejezve; T a talaj átteresztőképessége (telített talaj esetén), mértékegysége [m^2/h] (BEWEN és KIRKBY 1979)



2. ábra Kutatásom vázlatos struktúrája



3. ábra Példa a Dráva-sík hidromorfológiai felépítésére a folyótól az ártér magasabb részei felé haladva

3.4. A talajnedvesség numerikus modellezése

Inverz HYDRUS-1D modellfuttatások

A hidrodinamikai, illetve a van Genuchten paraméterek pontosításához inverz modellfuttatásokat végeztem az (a) laboratóriumi talajoszlop és (b) a terepi (Cún-1 és Cún-2) monitoringból származó idősorokra. Az inverz modellfuttatásokat a mért adatokkal validáltam. A modellfuttatásokat 4 különböző beállítással végeztem el a 30 napos futtatási időre:

1. Inverz, nem súlyozott modellezés;
2. Inverz súlyozott modellezés;
3. Inverz súlyozott, a hiszterézist nedvesedő ágon modellezve;
4. Inverz súlyozott, a hiszterézist kiszáradó ágon modellezve.

A 286 napos (hosszútávú) inverz modellfuttatást, melynek során 7 különböző párolgási scenáriót használtam, a Cún mintaterületen mért térfogati talajnedvesség idősorral validáltam. Az inverz modellfuttatások eredményeinek kiértékeléséhez (mért és modellezett értékek eltérése) a Pearson-korrelációt és a közepes négyzetes eltérést (RMSE) alkalmaztam.

Prediktív modellezés

A három részletesen vizsgált mintaterületből 1-1 talajszelvényt választottam ki prediktív modellezési célokra, név szerint a Cún-1, Okor-4 és Korcsina-2 erdészeti fúrások rétegsorait. Mindhárom szelvény jellegzetes a saját mintaterületére, illetve mélységük elérte a 350 cm-t, a talajvíztükör pedig nagy mélységben helyezkedett el, emiatt választottam ki ezeket a szelvényeket. A prediktív modellezés során, a kapilláris vízemelésre hatást gyakorló környezeti paraméterek közül hármát vizsgáltam: (a) a talajvíztükör változásának, (b) a párolgás mértékének és (c) a kezdeti tenzió értékének hatását. A futtatási időtartam 30 nap volt mindegyik prediktív futtatás esetében, mivel a szakirodalom szerint hazánkban ezt az időtartamot jelenleg nem haladja meg az aszályos időszak (PUSKÁS et al. 2012).

3.5. A modellezett talajnedvesség értékek térbeli kiterjesztése lokális és regionális léptékben

3.5.1. A modellezett talajnedvesség szelvények lokális léptékű kiterjesztése

A GPR szelvények elemzése során két kategóriát határoztam meg, amelyet a homogén és a többszörösen rétegzett típusú szerkezetként azonosítottam. A szelvényeket 2 méter mélységig értékeltem ki. A szelvényekből hisztogramot készítettem, amely megmutatta az adott terület többszörösen rétegzett és a homogén szerkezetű területek gyakoriságát, illetve egymáshoz viszonyított arányát. GPR szelvényeket összehasonlítottam a TWI indexek lefutásával, így a sarlólapos területeket és övzátányokat határoltam le. A GPR felvételeket összehasonlítottam az úrfelvételek Image-J programmal processzált 8 bites képével. A TWI index térbeli eloszlását a *Cross section* függvény használatával, a GPR felvételezés mentén kiértékeltem.

3.5.2. Regionális léptékű kiterjesztés

Az erdészeti fűrészminták és kűtfűrészek rétegsorai alapján a textúrák térbeli kiterjesztését elvégeztem a Dráva-sík teljes területére. A fűrészek rétegsorait 5 textúracsoportba vontam össze 0-20, 20-60 60-120 mélységekre vonatkoztatva. A pontfűrészek térbeli kiterjesztését Thiessen poligonokkal, Ordinary Kriging, illetve a Bayesian elmélet szerinti Kriging interpolációs eljárásokkal végeztem. Az így kapott textúra térkép 10 pontját validáltam a DOSOREMI adatbázis adataival.

A 169 mintavételi helyre modellezett HYDRUS-1D futtatások alapján létrehoztam az aszályérzékeny területek (ÁÉT) térképét a Dráva-sík hazai részére. A terepi mintavétellel kapott adatok alapján három textúra térképet készítettem a 0-20, 20-60 és 60-120 cm mélységre. Ezt a három térképet a homok textúrájú rétegek elhelyezkedése és a texturális határok megléte alapján hoztam létre. Azok a poligonok, amelyet aszályérzékenynek tekintettem, legalább egy homok textúrájú réteget és legalább egy homok – más textúrájú réteghatárt (*capillary barrier*) tartalmaznak.

4. Eredmények

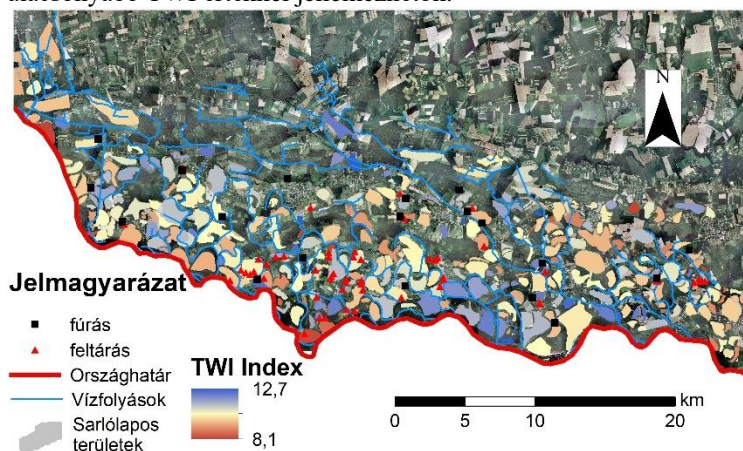
A Dráva-sík szélsőséges felszín alatti heterogenitását kutatási eredményeim is feltárták, illetve megerősítették. A terület nagyléptékű morfológiáját tekintve (látszólag) egységes mind domborzati, mind topográfiai értelemben. Ennek ellenére a talajok fizikai típusát (textúráját) és a felszín mikromorfológiáját rendkívüli térbeli heterogenitás jellemzi. Ennek egyenes következménye a rizoszférában tárolt talajnedvességtartalom (diszponibilis víz) jelentős térbeli változatossága, mozaikossága.

A vízdinamikából és a kapilláris vízemelésből származó nedvességutánpótlás a gyökérszónában kisebb mértékű az összetett rétegzettségű talajokban, amelynek oka éles texturális határok váltakozása.

Kutatási és vizsgálati eredményeim alapján a következő konkrét tézisszerű következtetéseket vontam le (dőlt betűvel a tézisekhez tartozó célkitűzések szerepelnek):

➤ *Topographic Wetness Index (TWI) alapján a sarlólapos területek lehatárolása, a lehatárolt területek összevetése ortofotón lehatárolt mintaterületekkel. Drávai mintaterület összehasonlítása*

A TWI index, kombinálva terepi GPR felvételezéssel, megfelelő eljárás az árterek lokális nedves és száraz területeinek kijelölésére. A TWI alapú térképek (4. ábra), megegyezően a terepi megfigyelésekkel, azt mutatják, hogy a sarlólapos területek nedvesebbek (magasabb TWI), míg az övzátonyok szárazabbak, azaz alacsonyabb TWI értékkel jellemezhetők.



4. ábra A TWI index-szel azonosított sarlólapos területek elhelyezkedése (piros szín: szárazabb, kék: nedvesebb területek (sarlólaposok))

A sarlólapos területek térbeli heterogén eloszlása és a sarlólaposok átlagos TWI értéke összefüggésben lehet az övzátony morfológiai és talajtani fejlettségével. Minél több rétegből épül fel mind horizontálisan, mind vertikálisan az övzátony-sarlólapos struktúra annál kisebb a TWI index területre kapott átlagos értéke. Valószínűsíthetően ezek a területek, összetett szerkezetük miatt, érzékenyebbek az időszakos csapadékhiányra.

➤ *A kiválasztott mintaterületekről származó pontszerű fűrasmintán alapuló talajoszlop kapilláris vízemelési tulajdonságainak laboratóriumi meghatározása;*

Az oszlopkísérletek alapján a heterogén talajszelvények kisebb magasságba képesek felemelni a vizet, mint a homogén textúrájuk. Ez is azt valószínűsítheti, hogy a többszörösen rétegzett talajok esetén

limitált a kapilláris vízemelőképeség (4. ábra), így egyben a kapilláris vízemeléssel nyújtható vízutánpótlás is. Ennek következménye az, hogy a kapilláris vízemelés mértéke az egykori övzátony területeken kisebb, mint a sarlólapos területeken. Ezek a területeken a növényzet túlélésében a gyökérzet fejlettsége és a gyökérzet lehatolási mélysége játszik döntő szerepet. A textúra váltakozás és a réteghatárok autópálya dugókként szemléltethetőek: többszörösen rétegzett szerkezet és a különböző szemcseátmérok miatt hol lecsökken, hol pedig megnő az elméleti kapilláris vízemelő képeség, illetve ugrásszerűen változik a szívóerő mértéke is a szelvényben. A kapilláris vízemelés sebességét, a legkevésbé vízvezető réteg áteresztő képessége határozza meg. Ennek az a következménye, hogy bár kialakulhat jelentős tenziókülönbség a talaj-víztükör és a felszín között, az lényegében 30 nap alatt nem képes nedvességet biztosítani a gyökérszónának a vizsgált területen. Valószínűsíthető továbbá az is, hogy a vízemelés időtartamára a talaj agyagtartalma is jelentős hatást gyakorol.

➤ *A laboratórium talajoszlopok nedvességinamikájának modellezése numerikus talajnedvesség modell segítségével eltérő scenáriókra a kezdeti talajvízszint tükör mélységek alapján; Alapfelvetésem szerint a homogén struktúrák alkotják a sarlólapos-övzátony struktúrák külső, a vízfolyásoktól távoli részét, míg heterogén, rétegzett talajsorozatok a belső részét. A méréseim a vízemelő képeség meghatározását szolgálták aszályos periódusokat modellezve, amikor a vízutánpótlás csak a talajvíztükör felől lehetséges.*

A talaj fizikai tulajdonságai a vizsgált ártéri területeken rendkívül heterogének a múlt véletlenszerű üledéklerakódási dinamikájának köszönhetően. Ezért a vízszolgáltató, vízmegtartó képességet, valamint a kapilláris vízemelés nagyságát a vadózus zónában jelentős mértékben szabályozza a felszín alatti texturális heterogenitás, melynek modellezésére és reprodukálására eredményeim alapján a HYDRUS-1D modell jól használható.

A modellfuttatások rámutattak arra is, hogy minél összetettebb a talajszelvény a talajtextúra szempontjából, annál kisebb a függőleges víz/nedvességáram. A többretegű talajok jelentősen befolyásolták az aszály veszélyének gyökérszónában történő megjelenését. A terepi monitoring adatsorok szintén alátámasztják

azt, hogy a többrétegű talajok szelvényében a vertikális vízmozgás korlátozott, különösen a közepes homok tartalmú réteg szab határt leghatékonyabban a kapilláris vízemelésnek (pl. az Okor mintaterület esetében). A durvább frakciójú rétegek finomabb textúra felletti elhelyezkedése (*capillary barrier*) szintén képtelen akkor tenziót, szívóerőt kifejteni, hogy a talajnedvességet felfelé, a gyökérszóna irányába mozgassa. Ez az eset figyelhető meg az Okor rétegsorában 320 cm-es mélységben. Ez a megfigyelés megerősíti, hogy a többrétegű szelvények nagy textúra-különbségei gátolják a felfelé mutató nedvesség fluxust. A laboratóriumi oszlopkísérletek is ezt a megfigyelést erősítették meg. Az oszlopkísérletek és az arra épülő HYDRUS-1D modellezés alapján 30 napos futtatási periódusra és 150 cm heterogén talajoszlopra számítva ez a fluxus 0,69 mm/óra és 0,89 mm/óra között változott. Összehasonlításképpen a homogén homok és vályoggal feltöltött oszlopknál ez az érték 0,92 mm/óra és 1,25 mm/óra. A modellfuttatások szerint az evaporáció csak a felső 20 cm-en képes szignifikáns hatás kifejteni a talajnedvesség változására, de csak nedves (-330 H₂O-cm) kiindulási tenzió esetén. Ellenben a száraz (-4000 H₂O-cm) kiindulási körülmények már csak kisebb tenzió változást figyelhetünk meg a modellezési periódus során. Ezt a képet tovább árnyalja a növények evapotranspirációja, amely a modellfuttatások szerint jelentős szárazodást idéz elő a talaj felső rétegében. Ennek a jelenségnek a jelentősége a felszínhasználat és termelési mód változtatásakor lehet, ugyanis ott, ahol fiatal sekély gyökerű ültetvények kerülnek telepítésre, jelentős vízpótlásra lehet szükség.

➤ *A pontszerű talajmintákon elvégzett laboratóriumi és modellkísérletek eredményeinek kiterjesztése a mintaterületekre GPR felvételek alapján;*

A talajoszlop mérések és a HYDRUS modellfuttatások azt mutatták, hogy a futtatás eredményeit meghatározta (kapilláris vízemelésméret nagyságát) a talajszelvény rétegzettség. A GPR felvételek elemzése során két kategóriát különítettem el: a homogén és a többszörös rétegzettségű morfológiai szerkezeteket. A többszörösen rétegzett – homogén területek aránya 1:3-hoz volt a Cún és az Okor mintaterületek erdős részénél, míg az Okor – Fekete-víz összefolyásánál az arány csak 1:2 volt (*1. táblázat*). A hisztogramok log normális eloszlást mutattak.

1. táblázat A talajtani-morfológiai egységek megoszlása a mintaterületeken, a GPR szelvények adatai alapján

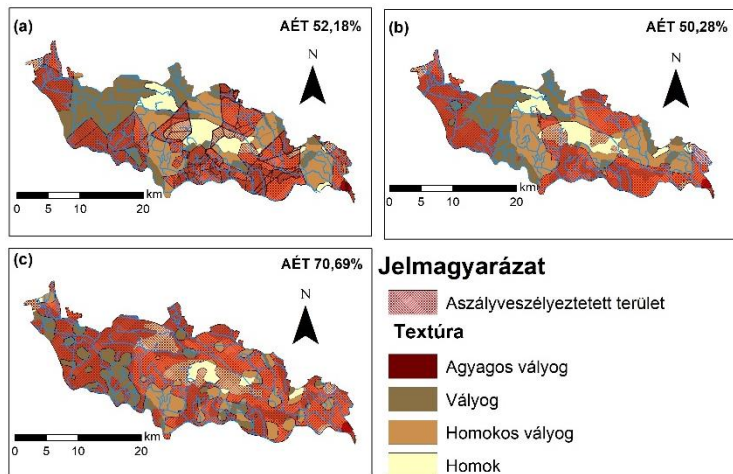
| <i>Mintaterület neve</i> | <i>Többszörösen rétegzett szerkezet (%)</i> | <i>Homogén szerkezet (%)</i> |
|--------------------------|---|------------------------------|
| <i>Cún</i> | 69,20 | 30,80 |
| <i>Okor felső (erdő)</i> | 66,55 | 33,45 |
| <i>Okor - Fekete-víz</i> | 55,21 | 44,79 |

A mintaterületeken végzett GPR felvételezés és a TWI index összehasonlítása azt mutatta, hogy a többszörösen rétegzett talajok és a homogén szerkezetű területek jól elkülönülnek egymástól. Ahol a TWI indexnek lokális maximum van és értéke nagyobb mint 6, ott sarlólapos terület található, amely a GPR adatok alapján homogén szerkezetet mutat. Ahol a TWI index lokális minimumértéke 6-nál kisebb, azok a területek a GPR adatok alapján heterogén szerkezetűek. A térbeli kiterjesztés során az egyszerűbb geometriai formák kialakítását céloztam meg, azaz nem a sarlólaposok és egykori övzatonnyok valóságghű geometriai leképezését tekintetem fő feladatnak. Ez alapján az alábbi tulajdonságokkal jellemezhető lokális modellt hoztam létre:

- a modelltér mozaikszerű, ismétlődő egységek alkotta textúra, így horizontálisan kiterjeszhető;
- bármikor megszakítható más domborzati, hidrogeográfiai elemmel (pl.: vízfolyás, holtág, stb);
- a hidrológiai modellképzést tekintve mérettartó, mert a téglalapokká, négyzetekké egyszerűsített formák fő paraméterei a GPR felvételekből származtak;
- területi arányokat tekintve szintén mérettartó, mert az eltérő hidrológiai tulajdonságokkal (kapilláris vízemelő-képességgel) rendelkező cellák gyakorisága megfelelt az ortofotók által szolgáltatott eloszlásnak

➤ *Az eltérő vízellátottsági területek lehatárolása, a vízellátottsági kategóriák meghatározása a mintaterületeken és térbeli kiterjesztése (upscaling)*

A HYDRUS-1D modellfuttatásaink alapján aszályveszély térképet készítettünk az AÉT-k földrajzi helyzetének azonosításához (5.ábra). A terület vízdinamikájának meghatározása a vizsgált árterületre jellemző két talajszelvény nedvességtartalmának, feszültségének és fluxusváltozásának megfigyelésével. A modell futtatása során törekedtünk arra, hogy további adatokat nyújtsunk a területre vonatkozó talajtani ismereteinkhez (AGROTOPO, VÁRALLYAY et al. 1979, 1980), hogy az érintettek számára alkalmazható téradatokot nyújtsak a hatékony talaj- és vízgazdálkodáshoz. Ez utóbbi cél elérése érdekében lehatároltam az aszályérzékeny területeket (AÉT) és meghatároztam a vizsgált területen belüli százalékos arányukat fordított modellezéssel és a modellforgatókönyvek eredményeinek kiemelésével.



1. ábra A talaj texturális rétegzettségének térbeli vizualizációja a Dráva-síkra három eltérő interpolációval. A háttér-térkép az Dosoremi fizikai fedvénye. (a) Thiessen poligon, (b) Kriging - Bayes (c) Kriging sarlólaposokkal és magassággal módosítva

A jelen kutatás során elkészített kifinomult texturális és hidrodinamikai részletek AÉT-térképet mind a felszíni, mind a felszín alatti talajsíntek és rétegek textúráján alapszik. A térkép megmutatja a többretegű talajok térbeli helyzetét. Az eredményeim

felhasználhatók lehetnek nemcsak a vízgazdálkodásban érdekelt döntéshozó szervek, hanem a korszerű, környezetkímélő, precíziós mezőgazdasági művelési módok tervezésében is. Az AÉT-k pontosabb elhelyezkedésének ismerete értékes információval szolgálhat az érdekelt felek és a helyi gazdák számára a precíziós mezőgazdasági művelés, valamint vízgazdálkodási és természetvédelmi kezelési tervek kivitelezéséhez és végrehajtásához. Helyi szinten a helyszíni felmérésekből származó, az interpolációval kibővített és a meglévő talajbázisokba beépített talajfizikai adatok javíthatják a nemzeti szintű talajtérképek felbontását és pontosságát (LABORCZI et al. 2016, 2018). Noha a meglévő nagyszabású szintetizált atlaszok hatékonyan támogatják a nemzeti szintű döntéshozatalt, ezek csak feltételesen alkalmazhatók regionális szintű irányítási problémákra.

Globális tekintetben eredményeink valószínűleg adaptálhatók a nedves kontinentális és óceáni éghajlatú ártéri területekre, illetve segítségükkel javaslatokat tehetünk a legjobb gazdálkodási gyakorlatok alkalmazására. Ennek ellenére a nagyítás pontosságának növelése érdekében további elemzésekre és további adatkészletekre (például K_s , θ_s és θ_r) van szükség.

A sarlólapos-övezet szerkezeti egységek vizsgálata és leírása többféle módszerrel megközelíthető. A modellezhetőségükhöz elengedhetetlen egy olyan kombinált mérési protokoll, amely ötvözi a felszín alatti és a felszíni vízkészlet eloszlást felmérő módszereket, szedimentológiai vizsgálatokat és a legkorszerűbb térinformatikai alkalmazásokat.

5. Irodalomjegyzék

5.1. Az értekezés témájához kapcsolódó publikációk

- Nagy, G., Lóczy, D., Czigány, Sz., Pirkhoffer, E., Fábíán, Sz. Á., Ciglič, R., & Ferk, M. (2020). Soil moisture retention on slopes under different agricultural land uses in hilly regions of Southern Transdanubia. *Hungarian Geographical Bulletin*, 69 (3), 263-280., <https://doi.org/10.15201/hungeobull.69.3.3>
- Lóczy, D., Tóth, G., Hermann, T., Rezssek, M., Nagy, G., Dezső, J., Salem, A., Gyenizse, P., Gobin, A., & Vacca, A. (2020). Perspectives of land evaluation of floodplains under conditions of aridification based on the assessment of ecosystem services. *Hungarian Geographical Bulletin*, 69(3), 227-243, <https://doi.org/10.15201/hungeobull.69.3.1>
- Dezső, J., Czigány, Sz., Nagy, G., Pirkhoffer, E., Slowik, M., & Lóczy, D., (2019). Monitoring soil moisture dynamics in multilayered Fluvisols. *Bulletin of Geography-Physical Geography Series* 16(1) , 131-146. <https://doi.org/10.2478/bgeo-2019-0009>
- Dezső, J., Lóczy, D., Salem, A.M., & Nagy, G., (2018). Floodplain connectivity *Springer Geography* Part 215-230, DOI: 10.1007/978-3-319-92816-6_14
- Hervai, A., Czigány, Sz., Nagy, G., Halmai, Á., & Pirkhoffer, E. (2018). Talajnedvesség monitoring adatok 3 dimenziós numerikus modellezése ArcGIS környezetben In: Cserny, T. és Alpek, B.L. (Ed.) *"Földtudományok és környezet – harmóniában"*: tanulmánykötet, Pécs, Magyarország: Magyarhoni Földtani Társulat, 53-56.
- Nagy, G., Dezső, J., Czigány, Sz., Pirkhoffer, E., & Lóczy, D. (2018). Az evapotranspiráció hatása a HYRDUS-1D modellfuttatás eredményeire összetett textúrájú talajok esetében In: Füleky, Gy. (Ed.) XIV. *Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia* Gödöllő, Magyarország: MAG Mezőgazdaságért Alapítvány, 214-218,
- Nagy, G., Czigány, Sz., & Ronczyk, L. (2017). 1901-2016 közötti extrém csapadékok trendelemzése a Dél-dunántúli régióban In: Szigyártó, I.L. és Szikszai, A. (Ed.) XIII. *Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia* Kolozsvár, Románia: Ábel Kiadó, 96-101,

Hervai, A., Pirkhoffer, E., Fábíán, Sz. Á., Halmai, Á., Nagy, G., Lóczy, D., & Czigány, Sz. (2017). Interpolation and 3D visualization of soil moisture. *Acta Geographica Debrecina Landscape and Environment* 11(1). 23-34.

5.1.2 Az értekezés témájához kapcsolódó absztraktok

Nagy, G., Ciglič, R., Czigány, Sz., Hrvatin, M., Fábíán, Sz. Á., Ferk, M., Pirkhoffer, E., Zorn, M., & Lóczy, D. (2019) Topographic wetness index usability for the identification of soil moisture contents in SW Hungary In: Ribeiro, Daniela, Gabrovec, Matej, Gasperic, Primoz, Gersic, Matjaz, Koderman, Miha (Ed.) IGU Thematic Conference "Transformation of Traditional Cultural Landscapes": Abstract and Guide Book Ljubljana, Szlovénia : Zalozba ZRC, 85,

HERVAI, A., CZIGÁNY, SZ., NAGY, G., HALMAI, Á., & PIRKHOFFER, E. (2017). 3D Soil moisture interpolation with ArcGIS software In: BORIVÓJ, SARAPATKA, MAREK, BEDNÁR (Ed.) Degradation and revitalization of soil and landscape: proceedings Olomouc, Csehország: Palacký University, 103,

HERVAI, A., CZIGÁNY, SZ., NAGY, G., HALMAI, Á., & PIRKHOFFER, E. (2017). Talajnedvesség monitoring adatok 3 dimenziós numerikus modellezése ARCGIS környezetben In: CSERNY, T. és ALPEK, B.L. (Ed.) *HUNGEO 2017: "Bányászat és környezet - harmóniában": Magyar földtudományi szakemberek XIII. világtalálkozója: program és előadás kivonatok* Budapest, Magyarország: Magyarhoni Földtani Társulat, 75-76,

NAGY, G., DEZSŐ, J., CZIGÁNY, SZ., PIRKHOFFER, E., & LÓCZY, D. (2017). Modeling of soil moisture dynamics in the multilayered Entisols under drought case study at Drava valley In: BORIVÓJ, S. és MAREK, B. (Ed.) *Degradation and revitalization of soil and landscape: proceedings Olomouc*, Csehország : Palacký University, 46,

NAGY, G., DEZSŐ, J., CZIGÁNY, SZ., PIRKHOFFER, E., & LÓCZY, D. (2017). Heterogén többszörösen ismétlődő textúrájú talajok vízháztartásának 1D numerikus modellezhetősége In: CSERNY, T és ALPEK, B.L. (Ed.) *HUNGEO 2017: "Bányászat és környezet - harmóniában": Magyar földtudományi szakemberek XIII. világtalálkozója: program és előadás kivonatok* Budapest, Magyarország : Magyarhoni Földtani Társulat, p. 77 , 1 p.

5.2.1. Egyéb publikációk

- Czigány, Sz., Novák, T. J., Pirkhoffer, E., Nagy, G., Lóczy, D., Dezső, J., Fábíán, Sz. Á., Šwitoniak, M., & Charzyński, P. (2020). Application of a topographic pedosequence in the Villány Hills for terroir characterization. *Hungarian Geographical Bulletin*, 69(3), 245-261., <https://doi.org/10.15201/hungeobull.69.3.2>
- Lóczy, D., Nagy, G., & Czigány, Sz. (2020). A tájszerkezet és a talajnedvesség megőrzése dombsági területeken. In: Farsang, Andrea, Ladányi, Zsuzsanna, Mucsi, László (szerk.) Klímaváltozás okozta kihívások : Globálistól lokálisig Szeged, Magyarország: SZTE TTIK Földrajzi és Földtudományi Intézet, 147-158.
- Ciglič, R. & Nagy, G. (2019). Naturalness level of land use in a hilly region in north-eastern Slovenia. *Geografski Vestnik*, 91(1), 9-24., <https://doi.org/10.3986/GV91101>
- NAGY, G., RONCZYK, L. & CZIGÁNY, Sz. (2016). Precipitation trends in Pécs (SW Hungary) over the past 115 years In: Petra, Gostincar, Mitja, Prelovsek, Matija, Zorn (Ed.) Carpatho-Balkan-Dinaric Conference on Geomorphology Postojna, Szlovénia : Zalozba ZRC, Institut za raziskovanje kraska ZRC SAZU, 67.,
- NAGY, G., RONCZYK, L. & CZIGÁNY, L. (2016). Modeling of rainfall-runoff processes in rugged urban environments In: Petra, Gostincar, Mitja, Prelovsek, Matija, Zorn (Ed.) Carpatho-Balkan-Dinaric Conference on Geomorphology Postojna, Szlovénia: Zalozba ZRC, Institut za raziskovanje kraska ZRC SAZU, 66-67., 2 p.
- NAGY, G., RONCZYK, L., & CZIGÁNY, Sz. (2016). Numerikus modellezés lehetőségei az Orfői-tórendszer példáján *Földrajzi Közlemények* 140(3) 189-203., https://www.foldrajzitasasag.hu/downloads/foldrajzi_kozlemenye_k_2016_140_evf_3_pp_189.pdf
- NAGY, G., CZIGÁNY, Sz., RONCZYK, L., MAGYAR, E., HALMAI, Á. & PIRKHOFFER, E. (2016). Földi csapadékatatok új megközelítésű interpretációja távérzékelési módszerek felhasználásával In: BALÁZS, B. (Ed.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VII. = Theory meets practice in GIS Debrecen, Magyarország: Debreceni Egyetemi Kiadó, 333-338. ,