

**Debreceni Egyetem**  
**Természettudományi és Technológiai Kar**  
**Földtudományi Intézet**



**A Bodrogszegi ártéri felszínfejlődésének és  
formakincsének vizsgálata**

Diplomamunka

Témavezető:  
Dr. Tóth Csaba Albert  
egyetemi docens

Készítette:  
Mihó Veronika Sarolta  
Geográfus MSc  
Geoinformatika szakirány

**Debrecen, 2020**

## Tartalomjegyzék

<b>1. Bevezetés</b> .....	2
<b>2. Szakirodalmi áttekintés</b> .....	4
<b>2.1. A Bodrogköz, mint földrajzi kistáj</b> .....	4
2.1.1. <i>A Bodrogköz fejlődéstörténete</i> .....	4
2.1.2. <i>A Bodrogköz felszíne, a geomorfológiai adottságok jellemzése</i> .....	7
2.1.3. <i>A Bodrogköz növény- és állatvilága, természetvédelme</i> .....	9
2.1.4. <i>Éghajlat</i> .....	13
2.1.5. <i>Talajtani adottságok</i> .....	13
2.1.6. <i>Víztestek jellemzése</i> .....	15
2.1.7. <i>Antropogén hatások</i> .....	16
2.1.8. <i>A Bodrogköz ármentesítése</i> .....	18
<b>2.2. Az árterek felszínfejlődésének vizsgálati módszerei</b> .....	19
2.2.1. <i>Geomorfológiai és szedimentológiai módszerek</i> .....	19
2.2.2. <i>Radiometrikus izotópgeokémiai módszerek</i> .....	20
2.2.3. <i>Térinformatikai módszerek</i> .....	23
<b>3. Mintaterület bemutatása</b> .....	25
<b>3.1. Bodrogzug, a szelvényásások helye</b> .....	25
<b>3.2 Felső legelő</b> .....	25
<b>4. Anyag és módszer</b> .....	27
<b>4.1. Laboratóriumi munka</b> .....	27
4.1.1. <i>Szemcseméret meghatározása pipettás módszerrel</i> .....	27
4.1.2. <i>Szénsavas mésztartalom meghatározása</i> .....	28
4.1.3. <i>Káliumbikromátos humuszmeghatározás</i> .....	30
4.1.4. <i>Kémhatás meghatározása</i> .....	31
4.1.5. <i>Izotópgeokémiai vizsgálat</i> .....	32
<b>4.2. Drónos lerepülés és utómunka</b> .....	32
<b>4.3. Domborzatmodell előállítás szintvonalas állományból</b> .....	35
<b>5. Eredmények</b> .....	37
<b>5.1. Szedimentológiai vizsgálatok eredményei</b> .....	37
<b>5.2. Geoinformatikai vizsgálatok eredményei</b> .....	41
<b>6. Összegzés</b> .....	48
<b>7. Felhasznált irodalom</b> .....	51
<b>8. Köszönetnyilvánítás</b> .....	54

## 1. Bevezetés

A 19. század közepén elkezdődött nagyszabású folyószabályozási és ármentesítő munkálatoknak köszönhetően hazánkban nagyon kevés olyan ártéri terület maradt meg, ahol a természetes ártérfejlődési folyamatok figyelhetők meg. Az árvízvédelmi töltések közé szorított folyók elvesztették a kapcsolatukat az egykor igen széles ártéri területeikkel, jelenleg a folyók csupán a szűk, gátak közötti hullámtéren vezetik le árvizeiket. Az Alföld Tisza-menti ártéri területein a Bodrogtörzs legdélebbi része, a Bodrog és a Tisza szorításában lévő Bodrogtörzs az egyetlen olyan terület, ahol – leszámítva az 1970-es években épített nyári gátat, melyet az utóbbi években visszabontottak – lényegében véve folyószabályozási munkálat nem történt, így ez a terület kvázi természetesen fejlődő, nyílt, aktív ártéri területnek tekinthető napjainkban is. A Bodrogtörzs területén tehát tökéletesen megfigyelhetőek a csaknem évente rendszeresen bekövetkező elöntések, a folyóvízi és ártéri akkumuláció hatásai, amelyet napjainkban már nagyon kevés helyen lehet megfigyelni és tanulmányozni.

A korábban elkészült szakdolgozatomban a Bodrog folyó hidrológiai vizsgálatát végeztem el (Mihó Veronika Sarolta: A Bodrog folyó vízjárásának hatása a Tiszára, 2018). Mivel a hidrológiai folyamatok, a folyók természetének megértése és a fluviális geomorfológiai vizsgálatok nagyon érdekelnek, a diplomamunkám mintaterületének a Bodrogtörzset választottam, ahol a korábbi munkámra alapozva, a recens ártéri felszínfejlődés és az ártéri formakincs vizsgálatát tűztem ki célul. A diplomamunka elkészítéséhez szakirodalmi adatgyűjtést, terepi geomorfológiai és laboratóriumi vizsgálatokat, valamint geoinformatikai elemzéseket végeztem el.

Dolgozatom első felében a fontos témakörök szakirodalmi háttérét tekintem át, melyek nagyban hozzájárultak a felszínfejlődés és formakincs értelmezéséhez. Elsősorban nagy hangsúlyt fektettem a terület felszínfejlődésére, mert ez mindennek az alapja, ami a vizsgálatom kérdésköréhez tartozik, majd külön alfejezetekben bemutattam a fontosabb tájalkotó tényezőket is. Másodsorban külön hangsúlyt kapott a radiometrikus izotópgeokémia módszerének bemutatása. Ez egy kiemelten fontos vizsgálati módszer a dolgozatomban, mert ennek segítségével vált kimutathatóvá a recens üledékakkumuláció mértéke.

Dolgozatom eredményeket bemutató második felében a laboratóriumi vizsgálatok eredményeit ismertetem, majd a térinformatikai módszerekkel elvégzett kutatási eredményeket közlöm. A különböző talajtani alapvizsgálatokkal a kiválasztott mintaterületek talajszelvényeit tudtuk pontosabban jellemezni. Ezek mellett az MTA ATOMKI Hertelendi Ede Környezetanalitikai Laboratórium munkatársainak közreműködésével elkészült egy

cézium-137 izotóp koncentráció mérés is az egyik szelvény esetében, az akkumulációs ráta meghatározásához.

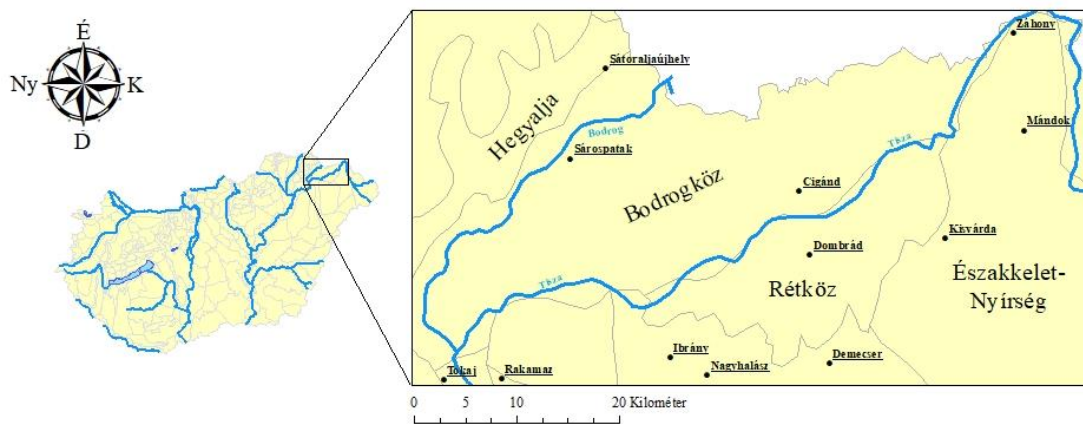
Különböző térinformatikai megoldások és módszerek segítségével domborzat- és felszínmodelleket készítettem két időpontból (1980 és 2018), és a két időpont között bekövetkezett felszíni változásokat vizsgáltam. Ezekkel a kutatásokkal is a feltöltődés mértékét akartam alátámasztani szemléletesebb módszerek bevonásával.

## 2. Szakirodalmi áttekintés

### 2.1. A Bodrogköz, mint földrajzi kistáj

Magyarország és Szlovákia területén helyezkedik el maga a Bodrogköz. A magyarországi területet Alsó-Bodrogköznek hívja a szakirodalom, míg a szlovák területre eső részt Felső- Bodrogköznek.

A magyarországi kistáj területe 800 km<sup>2</sup>, nagyrészt Borsod-Abaúj-Zemplén megye, kis részben pedig Szabolcs-Szatmár-Bereg megye területén helyezkedik el. A terület egy alluviális síkság, melyet a Bodrog és a Tisza határol (1. ábra) (Tuba-Szirmai, 2008).



1. ábra A kistáj elhelyezkedése (saját szerkesztés)

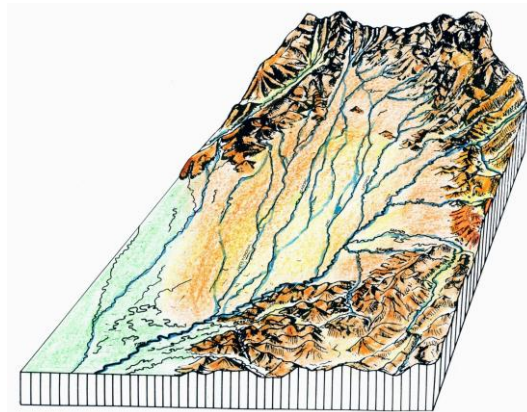
A Bodrogközt egy ökológiai vízminőséget is magában foglaló kategorizálás szerint 3 részre lehet osztani: Tisza-Bodrogköz terület, Bodrogközi-Tisza hullámtér és Bodrog-hullámtér. A kategorizálás végett a Tisza bal oldali hullámtere is teljes egészében a Bodrogköz részévé vált. (Tuba-Szirmai,2008)

#### 2.1.1. A Bodrogköz fejlődéstörténete

A miocén korig kell visszatekinteni ahhoz, hogy a Bodrogköz felszínfejlődését megfelelően lehessen bemutatni. A Bodrogközt is érintette a Szarmata emeletben (13-11,5 millió évvel ezelőtt) a Zempléni-hegység területén folyó aktív vulkanizmus. Ezen vulkanikus rétegek felhalmozódása miatt a bádeni emeletben már szárazulattá vált, de ez nem tartott sokáig, ugyanis a pannoni emeletben a terület süllyedésnek indult és fokozatosan előntötte a

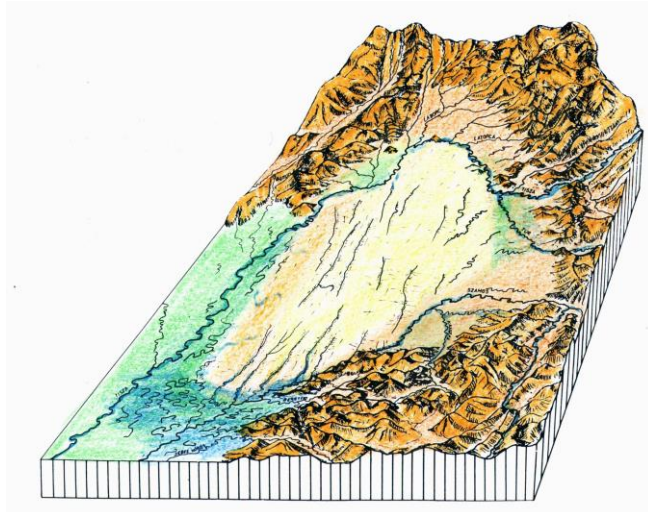
Pannon-tenger. Ez a süllyedés lényegesen kisebb volt, mint az Alföld bizonyos részein, így nem tudott vastag pannon rétegsor kialakulni (maximum 500 méter, főleg agyag- és mészmárga illetve homokkő) (Lóki-Félegyházi, 2008).

A geológiai harmadidőszak végén tenger borította a Kárpát-medencét. A Pannon-tenger a harmadidőszak végére teljesen feltöltődött, mely az utolsó tengere volt a medencének. Változó mértékű szerkezeti mozgások eredményeképpen a felső pliocénre létrejött a mai vízrendszer őse a folyók akkumuláló tevékenysége révén. A harmadidőszak és a negyedkor határán (a würm elején) ismét megélnékültek a földszerkezeti mozgások, de a süllyedés már más területeken is megindult. Ennek hatására a tiszai süllyedék felé tartottak Kárpát-medence keleti vízfolyásai. A Bodrogot összetevő folyók ősei a főként homokból álló hordalékukat nagy vastagságban a Tokaji-hegytől délre, a Nyírségben és a mai Szatmári-síkon rakták le. A mai Ér-Berettyó vonalában folyt ekkoriban a Tisza, a Szamos és a Kraszna. (2. ábra) (Ihrig; 1973). Jelentős szerepe volt a bodrogi felszínformálásban a Laborc, az Ondava, a Tapoly és Ung folyóknak (Lóki-Félegyházi, 2008).



2. ábra Az Alföld ÉK-i részének folyóhálózata az interpleniglaciálisban, Forrás: Lóki-Félegyházi, 2008

Később a hegységperemi területek süllyedése oly mértéket öltött, hogy a felső-pleniglaciális időszakban (28000-13300 BP év) a Tisza a Huszti-kapun át áradások alkalmával kilépett az Alföldre, ezáltal elhagyta az Ér-völgyet és északnyugati irányba, Záhony felé fordult, megkerülve a Beregszászi hegyeket. Körülbelül 20000 éve utat vágott magának a Tokaji-kapu felé a folyó, keresztül folyva a Bodrogi-közön, és az Alföld belseje felé alakította ki folyásirányát. A Bodrogi-közben való megjelenés megváltoztatta a korábbi vízrajzot teljes mértékben, mert ezáltal a Nyírség élővíz nélkül maradt, mivel a Laborc, az Ondava és a Tapoly a Tiszába torkollott (3. ábra).



3. ábra Az Alföld ÉK-i részének folyóhálózata a felső-pleniglaciális időszak második felében,  
Forrás: Lóki-Félegyházi, 2008

A felső-pleniglaciális időszakban a Nyírségben és a Bodrogtörzs területén más jelentős változások is történtek, beköszöntött egy hidegebb, szárazabb korszak (28000-13300 BP év). A felszínre lerakott folyóvízi üledéken gyér, sztyeppékre jellemző növényzet kezdett el fejlődni. Ez a gyér növényzet nem nyújtott kellő védelmet a talajnak, nem volt képes megkötni az erős északias szelekkel szemben, ezáltal megindult a futóhomokképződés a területen és megjelentek a futóhomokformák. Ezek a nagyobb homokmozgások szinte teljes mértékben átalakították a Bodrogtörzs akkori felszínét. A változatos buckákkal tarkított felszín mellett megjelentek a deflációs laposok is. A felszín átalakulásának legfeltűnőbb eredménye pedig a folyómedrek felszabdálása, illetve eltűnése volt.

A felső-pleniglaciális időszak hideg maximuma után nedvesebb, enyhébb lett az éghajlat. A növényzet a kisebb reliefenergiájú homokbucka felszíneket jobban tudta védeni, ezáltal lelassult a homokmozgás. Később, (a felső-pleniglaciális időszak második szakaszában) újra megjelent a hideg, száraz éghajlat, de ekkor már a mozgásban lévő homokfelszíneket vissza szorította a Bodrogtörzs területén meanderező Tisza.

Sok elhagyott medret, illetve mederszakaszt lehet találni a Bodrogtörzsben, melyeknek nagyobb hányadát a Tisza, kisebb részét pedig a Bodrog alakította ki. A területen végzett kutatások alapján elmondható, hogy a Tisza legrégebbi bodrogtörzsi medrének már csak a maradványai találhatók meg, mert későbbi kanyarulatfejlődése során vagy feltöltötte, vagy elpusztította ezeket. A Záhonytól Ny-ÉNy-nak tartó Tisza a felső-pleniglaciális időszak közepén a Királyhalmecsi-hegyet megkerülve, Pácintól keletre érte el a Bodrogtörzs magyarországi területét, innen Tiszacsermely felé meanderezett, majd DNy-i irányt vett fel. A

későglaciális elején a Tisza nyugatabbra húzódott a Bodrogtörvényben és már a buckás felszínnek között tört utat magának Csengőkút irányába. Rengeteg morotva és elhagyatott mederrészlet található ezen a területen, melyek behálózzák a Bodrogtörvény közép-ső részét. Ez a magas szám azt mutatja, hogy a Tisza hosszú ideig tartózkodott ezen a területen. A mederben a Szlovák Akadémia pozsonyi Földrajzi Intézete végzett kutató fúrásokat és ez bebizonyította, hogy a Tisza a szubboréálisban (5000-2500 éve) elhagyta korábbi helyét és már a Bodrogtörvény D-i részén folyt (Lóki-Félegyházi, 2008).

Ahol hosszabb ideig folyt a Tisza, ott a meder mellett folyóhátakat épített. Már a felső-pleniglaciálisban megindult az üledékképződés a legidősebb folyóhátak mögött, és ahogy a folyó egyre nyugatabbra tartott, úgy az újabb és újabb folyóhátak árnyékában egyre több terület vált lefolyástalanná. Ezeken a helyeken sok finomszemű üledék rakódott le az áradások során. A Bodrogtörvény további fejlődéstörténetében meghatározó a két folyó mentén épülő folyóhát. A Bodrog mentén a folyóhát lassabban épül a finomabb frakciójú üledék miatt. Ez a finom szemű hordalék nem a meder mellett épített, inkább az ártéren szétterülő víz által távolabb rakódott le és a rossz lefolyású területek üledéksorának vastagságát növelte. A Tisza mentén gyorsabban épült a folyóhát és ezzel keretet adott a Bodrogtörvénynek dél felől, de ezáltal akadályoztatva lett a lefolyás és kialakult egy terjedelmesebb mocsárvilág a területen. A Bodrogtörvény elmocsarasodását főleg a holocén kori lassú süllyedés okozta (Lóki-Félegyházi, 2008).

A folyóvizek tevékenysége nem csak a folyóhát építésre és az üledékfelhalmozásra terjedt ki, hanem jelentős felszínalakító munkát is végeztek. A Tisza gyakori folyásirány változásai miatt sok futóhomokterület esett áldozatául. Ez azt is eredményezte, hogy a sík, alluviális felszín napjainkig is növekszenek, a legfőbb felszínformák a morotvák és az elhagyott medrek lettek. Ezeket a formákat áradások idején a lerakódott finomfrakciójú üledék még tovább töltötte. Így vált a Bodrogtörvény egyre tagolatlanabb ártéri síkká (Lóki-Félegyházi, 2008).

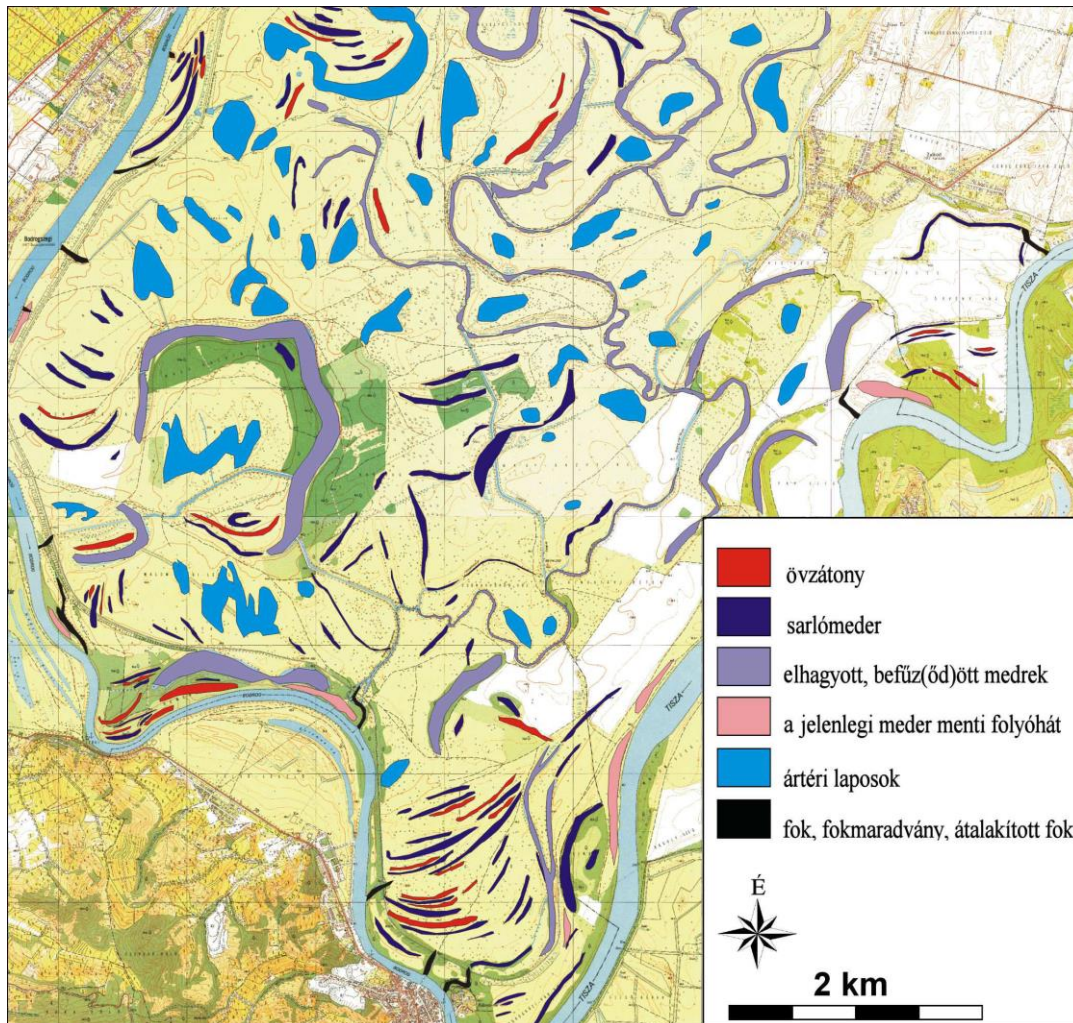
### *2.1.2. A Bodrogtörvény felszíne, a geomorfológiai adottságok jellemzése*

Annak ellenére, hogy a területen a szintkülönbség összességében nem haladja meg a 6 métert, a felszíne nem mutat egyhangúságot (5. ábra). Természetes formáit a szél és a víz alkotta. A futóhomokos területek a Bodrogtörvény DNy-i és ÉK-i területein jellemzőek, ezek a legváltozatosabb felszínformákkal rendelkező bodrogtörvényi területek. Részben kötött

futóhomokformák (maradékgerincek, szélbarázdák, deflációs laposok, garmadák és akkumulációs eredetű homokmezők) alakultak ki a felső-pleniglaciális időszak hideg, száraz éghajlatán. Az ÉK-i részre jellemzők inkább a deflációs mezők, deflációs laposok, illetve innen délre kisebb méretű akkumulációs homokmezők is kialakultak. Az által, hogy a Tisza többször változtatta futásvonalát a Bodrogtóban, többfelé hagyott hátra lefűződő medreket, melyek morotvává alakultak. A Bodrogtó alluviális területein sok helyen megfigyelhetők az övzátányok és sarlólaposok formacsoportjai (4.ábra). Ezek a képződmények a folyók magas vízállása mellett képződnek, a folyókanyarulatok belső, épülő partjai mentén. A keresztirányú homokos, iszapos üledékekből felépülő, íves alakú övzátányok és a közöttük mélyülő anyaghiányos mélyedések (sarlólaposok, sarlómedrek) rendszere jól megfigyelhető az áradások után egy magasabb pontról szemlélve. A korábban létrejött övzátányokat és sarlólaposokat egy-egy árvízi esemény finomszemű hordalékkal fedi be, ezzel ezek az ártéri formák fokozatosan nivellálódnak. Jelenleg nagyjából 0,7-1 méteres szintkülönbség tapasztalható a sarlólaposok feneké és az övzátánytetők között a Bodrogtó területén, korábban ez az érték nagyobb lehetett. A folyók mindkét partján az árvizek során lerakódó természetes gátszerű magaslat, folyóhátak képződtek. A folyóhátak főleg enyhén humuszosodott öntésiszap, öntésagyag, esetleg öntéshomok üledékekből épülnek fel. A Bodrogtó környékén a Tisza hozta létre a magasabb folyóhátakat, amelyek több részre tagolódnak: az országhatártól Kenézlőig húzódik egy 1-3,7 m magas, átlagosan 3 km széles hát, majd Karcsa mellett található egy nagyjából 2 m magas, míg Pácinnél egy további, körülbelül 2 km széles folyóhát. A Bodrogtó vonalában alacsonyabb folyóhátak épültek, átlagosan 1-1,5 méternél nem magasabbak (Lóki-Félegyházi, 2008)



4. ábra Bodrogtó ártéri tájrészlet, előtérben sarlólapos, háttérben övzátány (saját fotó)



5. ábra Folyók mentén kialakult formák a Bodrogzugban (Topográfiai térkép alapján szerkesztette Szabó J. 2004) Forrás: Lóki-Félegyházi, 2008

### 2.1.3. A Bodrogköz növény- és állatvilága, természetvédelme

A Bodrogköz az Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság működési területéhez tartozik. Területén három védett terület található, a Tokaj-Bodrogzug Tájvédelmi Körzet, a Magócsi Kastélypark Természetvédelmi Terület és a Long Erdő Természetvédelmi Terület. 1986-ban 5318 hektárnyi területet nyilvánítottak védetté. A terület két nagy részre tagolható: a Tokaj-Hegyaljához tartozó Nagy-Kopasz területe, illetve a Bodrog-Tisza ártér. Az országban ma a Bodrog-Tiszai ártér az egyetlen olyan terület, melyet rendszeresen elönt az árvíz. Hábóritatlansága és fokozott jelentőségű vízimadár jelenlét miatt 1989-ben a Ramsari területek listájára vették fel (6. ábra, Internet-1). A Ramsari egyezmény a természetvédelmi államközi megállapodások között az egyik legrégebbi, hivatalos neve *egyezmény a nemzetközi*

*jelentőségű vizes élőhelyekről, különösen, mint vízimadarak élőhelyeiről* (Internet-2). Ezen felül a Bodrogtörzs több területe is Natura 2000 besorolású különleges természetmegőrzési terület (Internet-3). Nemzetközi jelentőséggel bírnak a területen élő állat- és növényvilágok (Internet-4).



6. ábra Fehér gólyák az ártéren, Fotó: Dr. Tóth Csaba Albert

A terület növényföldrajzilag az Alföld (Eupannonicum) flóraidékének Észak-alföldi (Samicum) flóraterületéhez tartozik. A hazai növények több, mint egyharmada lelhető fel a Bodrogtörzs területén, a magyarországi Bodrogtörzsben több, mint hétszáz növényfaj található. Az alföldi növényvilágok mellett több, nemzetközileg is védett faj található meg, illetve hegyvidéki lágyszárú fajok is előfordulnak. Ez alapján elmondható, hogy a Bodrogtörzs kiemelt és különleges jelentőségű terület (Szlovákiában és Magyarországon is) botanikai szempontból (Internet-5).

A vegetáció a Taktaközszel és a Szatmár-Bereg növényzetével mutat rokonságot, de mégis eltérő azoktól, önálló sajátosságokat mutat (Tuba-Szirmai, 2008).

A kistáj erdőterületekben gazdag, a mélyebben fekvő térszinteken égeres-körisesláp és mocsárerdők, fűz-nyár ligeterdők, tölgy-köris-szil ligeterdők fordulnak elő. A homokszigetekre, illetve a folyóhátakra jellemző a gyertyánostölgyes és a kocsányos tölgyes. További, egyben meghatározó jellegzetessége a vízhez kötődő élőhelyek gazdagsága. Manapság az egykori erdők helyén nagyrészt már szántók vagy fajszegény ültetvények találhatóak. A lápokot lecsapolták és felváltották a szántók, nagy kiterjedésű rétek, helyenként előfordulnak másodlagos mocsarak. Természetesnek mondható növényzetét igen gazdag hínár-és mocsári társulások alkotják a holtágakban, tavakban, csatornában és erekben a nyílt

ártéren és a mentett oldalon egyaránt. Ilyen növények például a békaliliom, fehér tündérrózsa (7. ábra), mételykóró és a rucaöröm.



7. ábra Fehér tündérrózsa, Fotó: Dr. Tóth Csaba Albert

A vízpartokat szegélyező mocsárra és láposodó foltokra jellemző például a nyári tóziké, nádi boglárka, és a mocsári aggófű. A láp-és mocsárrétek területén megjelenhet a szibériai nőszirm, a réti iszalag és a kornistárnics. Ligeterdők kísérik a folyókat, ahol főleg a fűz és nyárfajok dominánsak, és megjelennek mellette a bokorfüzesek is. Jelentős a hullámtérben az özönfajok elterjedése. Kőrös és szil alkotta ligeterdők találhatóak a magasabb térszíneken, illetve a Bodrogszék több pontján fellelhetők montán elemekkel (pl. bükk, gyertyán) vegyülő gyertyános-tölgyesek. Ilyen például a Mosonai-erdő és a Long-erdő, de utóbbi esetében bükkal is keveredik a vegetáció (Internet-6) (8. ábra).



8. ábra A folyóhíti keményfás ligeterdő maradványa, egy magányos kocsányos tölgy;

Fotó: Dr. Tóth Csaba Albert

A terület faunája változatos és gazdag. A legfrissebb kutatások alapján a Bodroγκöz 37 fokozottan védett, 177 védett és több ritka fajnak ad otthont és a hazai állatvilágra nézve 3 új faj is található a területen (Varga, 2008). Fajvilága rendkívül sokrétű, megtalálható a területen az európai, eurázsiai és eurosziberiai faunaelemek, de élőhelyeik csökkenése miatt visszaszorulóban vannak. Megjelentek a területen pontomediterrán, ponto-káspi és mediterrán fajok, melyek nagyon értékes elemei a bodroγκözi faunának, mert a ponto-káspi és a pontomediterrán faunaelemek legnyugatabbra eső elterjedése Magyarország területére esik. Fontos megemlíteni még az atlantomediterrán és a mediterrán faunaelemeket, mert ezek egy része északkeleti elterjedési határát éri el Magyarországon (Tuba-Szirmai, 2008).

A Bodroγκzugban és közvetlen környékén fészkel a haris, ezen a területen található a legjelentősebb állománya. Emellett találkozhatunk a területen parlagi sassal is, mely szintén kiemelkedő érték. Mivel nemzetközi jelentőségű vizes élőhelynek lett nyilvánítva, ezért sok vízimadár fészkelő, táplálkozó és vonulóhelye (Internet-4).

A Long-erdő Természetvédelmi Terület a növények mellett több ritka állatfajnak is élőhelyet biztosít. A keményfaligetek területén díszes tarkalepkék, a puhafaligetek környezetében pedig a kis színjátós lepkek a jellemzőek. Madárvilága is jellegzetes a területnek, különlegesnek bizonyul a fekete gólya, a kiskócsag és a vörösgém. A legtöbb emlősállatnak akadályt jelent a gyakori vízborítás. Az itt élő emlősök között különlegesnek

számít a vidra, mely egész Európában veszélyeztetett fajként van számon tartva, de előfordulnak vadmacskák és hermelinek is. Kiemelkedőek még a denevérek az emlősök között, mert több olyan faj is él a területen, amely Európában csökkenést mutat (Bihari, 2008).

#### *2.1.4. Éghajlat*

A mérsékelt hűvös-mérsékelt száraz éghajlati típusba sorolható a Bodrogek, de megfigyelhető a klímában egy átmenet, ugyanis az északi rész klímája hasonlóságot mutat az Északkeleti-Kárpátok felé, a középső déli része pedig az Észak-Alfölddel mutat rokonságot (Vitányi-Németh, 2008).

A hőmérsékleti viszonyok meghatározásában sok tényező szerepet játszik, ilyen például a tengerszint feletti magasság, a földrajzi szélesség és az óceántól való távolság. Az évi középhőmérséklet 9,5 °C körül alakul, a középhőmérséklet júliusban elérheti a 20°C-ot is, míg januárban lecsökkenhet -3°C-ig is. Ez alapján elmondható, hogy a terület közepes hőingása akár 23°C is lehet (Borsy et al., 1988, Vitányi-Németh, 2008).

Az évi napfénytartam 1880 és 1920 óra között alakul, a felszínre jutó energia mennyisége 4300-4400 MJ/m<sup>2</sup>. A mérsékelt hűvös-mérsékelt száraz éghajlattípus egyik jellemzője, hogy a legnagyobb besugárzás nyáron (júniusban) van, a legkevesebb pedig télen (decemberben) jellemző. A felhőzettség elérheti az 55%-os évi szintet is (Borsy et al., 1988).

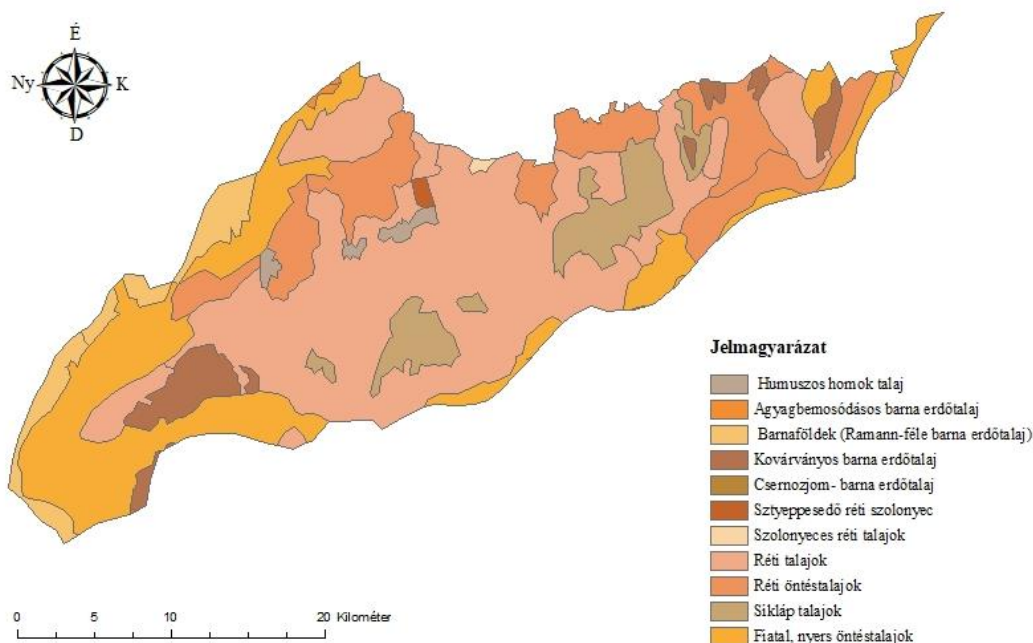
A csapadék éves szélső értékei 320-960 mm közé esnek, de átlagosan 580 mm körüli. A terület északkeleti és nyugati részén meghaladja a 600 mm-t is. A hóval borított napok száma többnyire 35-38 nap és 16-17 centiméter az átlagos hóvastagság (VKKI, 2010).

A térség szélviszonyait a felszínborítottság és a domborzat határozza meg. A Bodrogekben az uralkodó szélirány északkeleties, melyet főleg az Északi-középhegység és az Erdélyi-hegység befolyásol. Az átlagos szélesség télen 3 m/s, a nyári időszakban 2,5 m/s. A legszelesebb időszak március-áprilisra tehető, míg ősszel szélsédebb a kistáj (Borsy et al., 1988).

#### *2.1.5. Talajtani adottságok*

A Bodrogek nagyobb terjedelemben fiatal ártéri síkság. Újholocén öntésképződmények, lápos-kotus üledékek és réti agyagok borítják a terület 90%-át, ezen

kívül kisebb-nagyobb homokszigetek tarkítják, melyek pleisztocén képződmények (Borsy, 1969). A réti talajok előfordulása jellemző a legnagyobb területi kiterjedésben (45%). A másik jelentős kiterjedésű talajtípus a fiatal, nyers öntéstalaj (22%). Legnagyobb kiterjedésben a Bodrog mentén fordul elő, főleg agyagos vályog, helyenként vályog alkotja, kémhatása gyengén savanyú és gyenge termőképességű. Ezek a területek vízhatás alatt állnak, legelőként vagy szántóként tudják hasznosítani. A réti talajok mechanikai összetételét tekintve agyagból állnak, szervesanyag tartalmuk 4% körüli, kémhatása erősen savanyú. Az öntés réti talaj kisebb területi kiterjedéssel rendelkezik (15%), mint a réti talaj. Mechanikai összetételét agyagos vályog, vályog vagy agyag alkotja. A kistáj északi részén a mélyebb fekvésű területeken síkláp talajok (7%) alakultak ki. Jellemző erre a talajtípusra a tőzeges szervesanyag-felhalmozódás. Barnaföldek (5%) alakultak ki a terület nyugati határa mentén a harmadidőszaki nyirokszerű üledékeken. A barnaföldeket agyagos vályog alkotja és erősen savanyú kémhatásúak. A kovárványos barna erdőtalaj (5%) a magasabb térszínnek homokos üledékein figyelhető meg, ezen kívül még megtalálható foltokban a humuszos homoktalaj (1%), mely szőlőtermesztésre is alkalmas (Rajkai-Tóth, 2010) (9. ábra).



9. ábra A Bodrogköz talajtérképe, (saját szerkesztés)

### 2.1.6. Víztestek jellemzése

A terület meghatározó vízfolyása a Bodrog, melynek teljes vízgyűjtő területe 13 579 km<sup>2</sup>, ebből 972 km<sup>2</sup> tartozik Magyarországhoz. A folyó medrének átlagos esése 0,2 m/km, a víz sebessége 0,4 m/s. A középvízi meder szélessége 80-100 méter, a mederben a víz átlagosan 4-5 méter, de előfordulnak 7-8 méteres kimélyülések is. Hordalékszállítása csekély, a tiszalöki duzzasztás miatt a lebegtetett hordalék nagy része a folyó felső szakaszán le is rakódik a duzzasztási határnál. A folyó mederanyaga a magyarországi szakaszon jellemzően vulkanikus eredetű, kanyargásra, meanderezésre nem hajlamos. A terület további meghatározó jellemzője, hogy belvízvédelmi öblözetnek minősül a teljes területe. Közel 700 kilométeres csatornahálózatot létesítettek területén, hogy megfelelő legyen a belvíz elvezetése. Ezekkel a csatornákkal összegyűjtött vizeket összesen 9 szivattyútelep segítségével emelik át a Bodrogba, illetve a Tiszába. Főbb csatornái között említésre méltó a Bodrogzugi Tájvédelmi Körzet területén a Zsaróéri (10. ábra)- és Longi-csatorna, illetve ezeken kívül több csatorna is található a területen, például Törökéri-főcsatorna, Felsőberecki-főcsatorna, Vajdácskai-csatorna, Karos-szerdahelyi-csatorna, stb. (VKKI, 2010).



10. ábra Zsaró-ér, Fotó: Dr. Tóth Csaba Albert

Az állóvizek 3 csoportra bonthatók. A Bodrogköz területén található 41 holtág, 6 természetes tó és 4 tározó. A természetes állóvizek közül a legnagyobb a Karcsai-holtág, mely 24,5 ha (VKKI 2010).

Az átlagos talajvízszint a területen 2-4 méter között alakul, a csatornák környezetében viszont 2 m feletti. Ingadozó a vízszint a Bodrog és a Tisza alluviális síkján, általában 3-6 m közötti értéket mutat (Tuba-Szirmai, 2008). A Bodrogközben a talajvíz pangó jellege magas sókoncentrációt okoz (2000 mg/l). A kalcium-hidrogénkarbonátos jelleg mellett megtalálható a területen nátrium-hidrogénkarbonát (Cigánd és Ricse környékén), ezen felül kalciumklorid is előfordulhat a Sárospataktól É-ra található területeken. A szulfáttartalom alacsony, 60 mg/l alatti értéket mutat (Somogyi, 1969). Az árvízmentesítés és a lecsapolások következtében megszűnt az állandó víz borította vízi világ, de az áradások, melyek akár évente háromszor is előlthetik a területet, megemelik a talajvízszintet és belvizeket is okozhatnak (Borsy, 1969)(11. ábra). Talajvízszint emelkedés indult meg a Tiszalöki vízlépcső duzzasztó hatása miatt, mely láposodási folyamatot indított meg a területen.



11. ábra Bodrogzug áradás előtt (balra) és árvízi elöntéssel (jobbra) (saját fotók)

Általában jó vízáadó, és vízelvezető képességűek a negyedidőszaki képződmények, holocén és pleisztocén üledékek. Félig áteresztőek a felső miocén és pliocén rétegek, vízelvezető képességük közepes és gyenge, a benne található kavicsrétegek, agyag, homok és kőzetliszt, illetve agyag és agyagos-homokos rétegek sűrű váltakozása okán. Ezek alatt található a felső pannóniai képződmények sora, melyek félig áteresztőek, de horizontális vízelvezető képességük gyenge az agyag vagy agyag-homok frakciókból álló tavi üledékek miatt (VKKI 2010)

#### 2.1.7. Antropogén hatások

A 19. század közepén elkezdődött ármentesítési munkákkal a Bodrogköz felszínfejlődése gyökeres fordulatot vett. Az ármentesítés célja elsősorban az volt, hogy védekezzenek az áradások ellen, másrészt, hogy növelni tudják a termőterületeket.

Megjelentek a pozitív és negatív antropogén formák a területen. A pozitív formák között legmarkánsabbak az árvízvédelmi gátak, míg a negatív formákra legjobb példa a belvív- és öntözőcsatornák kimélyítése, melyek többsége az egykori elhagyott medrekben fut. A csatornázásnak köszönhetően a Bodrogtöbzből eltűntek a mocsaras, lápos területek, de a csapadékosabb időszakok hatására a mélyebben fekvő területek újra víz alá kerülhetnek. A vízrendezések és a folyószabályozások nélkülözhetetlenek voltak a társadalmi és mezőgazdasági fejlődés miatt, de hatására a komoly természeti értéket képviselő korábbi vízi világ megszűnt. Az agyagos talajok szinte művelhetetlenné váltak az aszályos időszakokban, de a csapadékos években is sok akadályba ütközött a szántóföldi növénytermesztés a területen. A nehéz körülmények miatt az 1980-as években komolyabb tájrendezésbe kezdtek, amely érintette a csatornahálózatot is.

A települések és az utak építéséhez köthető a másik jelentős antropogén beavatkozás. Az építkezések számának növekedésével nagyobb lett az anyagszükséglet, ezért homokbányákat nyitottak a Bodrogtözb területén, amelynek hatására sérült a felszín, helyenként több homokbuckát el is hordtak. Az antropogén beavatkozások a mai napig jelen vannak a területen, jelen esetben a „Vásárhelyi Terv Továbbfejlesztése” program céljából árapasztó tározókat létesítettek a Tisza mentén. Elsőként a Bodrogtözb területén fekvő Cigándi-tározót hozták létre 2008-ban (Lóki-Félegyházi, 2008) (12. ábra).



12. ábra Árvízi tározó Cigándon, Kép forrása: Internet-7

### 2.1.8. A Bodrogek ármentesítése

A töltések kiépítése előtt a Felső-Tisza-vidék árvizektől egyik legjobban sújtott területe volt, melyet a határfolyói szinte évente elöntöttek. A táj nagy részét mocsarak és lápok borították, melyeket az év nagy részében vagy állandóan víz borított. A beregi ármentesítés előtt a Tisza és a Borsa folyók vize is átömlött a Bodrogekbe. A területen a mederrendezési munkálatok a 19. század közepén kezdődtek. Az 1850-es és '60-as években összesen 27 darab átvágást létesítettek a Tiszán a zsurk-vencsellői szakaszon, majd az 1870-es években még további két átvágás történt. Ezáltal az eredetileg 153 kilométeres meder hossza 80 km-re rövidült. A töltésépítési munkákat a Felsőszabolcsi Ármentesítő Társulat 1846-ban kezdte meg. A Zsurk-Vencsellő vonalon 73,6 km hosszú árvízvédelmi létesítményt hoztak létre, melyből 2 km magaspart volt, 71,6 km pedig töltés. A felső-szabolcsi ármentesítési munkák befejeztével az 1860-70-es években a Bodrogon is elkezdődtek a szabályozási munkák (Dabolcsi, 1979). Ekkor a magyar szakaszon 10 átvágás készült el, ezáltal a folyó nyugodtabbá vált, vízjárása kiegyenlítettebb lett (Csoma et al., 1979).

A Bodrogekzi Ármentesítő Társulat már megalapulásának évében (1846-ban) elkezdte a szabályozási munkákat, de a lényeges munkát csak az 1850-es években végezték: a Tisza jobb partján Tokajig 86 kilométer, a Bodrog bal partján pedig Bodrogszerdahelytől úgyszintén Tokajig 78 km töltést építettek, bár a töltések mérete nem ismert. A töltés számos töltésszakadás és a koronákon átömlő árvíz után végül 1880-as évek végén és az 1890-es évek elején érte el végleges méreteit. A töltések megépülése óta jelentős változás nem volt magyar területen, leszámítva néhány apróbb változtatást (töltésáthelyezés, zsilipek kiiktatása, kopások, süllyedések javítása). Jelentősebb változások a határon túli szakaszon történtek, például tározókat építettek az Ondaván és a Laborcon, töltéseket emeltek a Bodrog, illetve a Laborc partjain (Dabolcsi, 1979).

## 2.2. Az árterek felszínfejlődésének vizsgálati módszerei

### 2.2.1. Geomorfológiai és szedimentológiai módszerek

Vass Róbert és kollégái három fluviális térszínen (mentett ártér, természetes (nyílt) ártér és hullámtér) végeztek ártérfejlődési és akkumulációs vizsgálatokat a Felső-Tisza mentén elhelyezkedő Beregi-síkon és a Bodrogzug területén (Vass, 2014; Szabó et al. 2012). A hosszú távú vizsgálatok során a Beregi-sík ártéri szigeteinek morfológiai osztályozását és szedimentológiai vizsgálatát végezték el, illetve megvizsgálták a negyedidőszak végi feltöltődési ütemét a területen található bizonyos ártéri lapályoknak és holt-medreknek. Ezen kívül még a Bodrogzug területén az eltérő morfológiájú felszínnek hosszú távú üledékképződését vizsgálták. A rövid távú vizsgálatok során nyílt ártéri (Bodrogzug) és hullámtéri (Beregi-sík) akkumulációt vizsgáltak és ennek területi rendjét határozták meg a medertől való távolság és morfológia tekintetében. A hosszú és rövid távú ártérfejlődést többféle módszerrel vizsgálták: terepi, szedimentológiai, palinológiai és térinformatikai módszerekkel határozták meg a változásokat. A Beregi-sík vizsgálatához először azonosítani kellett a formákat, melyekhez katonai felvételezéseket és 1:10000 méretarányú topográfiai térképeket és digitális domborzatmodellt használtak fel, illetve terepbejárással validálták ezek elhelyezkedését. Az üledékvizsgálathoz feltárásfalakat és fúrásszelvényeket létesítettek a kijelölt mintaterületeken, majd meghatározták a minták szemcseösszetételét és mésztartalmát. Ezen kívül fénymikroszkóp segítségével megvizsgálták a mintákban talált kvarcsemcsék felszínét, hogy ebből következtetni lehessen az ártéri szigetek vonulatainak genetikájára és az üledék szállítási közegére. A Bodrogzug egyes formacsoportjainak és a Beregi-sík holt-medreinek és ártéri lapályainak feltöltődését palinológiai módszerrel határozták meg, illetve megvizsgálták a szemcseösszetételt, a szénsavas-mésztartalmat és a szervesanyag tartalmat. A rövid távú akkumulációs folyamatok vizsgálatához vízállás és hordalékhozam adatsorokat értékelték ki. A kanyarulat átvágások időpontját jelző markerrétegek alapján vizsgálták a hullámtéri feltöltődést, illetve térinformatikai módszerekkel kimutatták a gátak és a mentett oldal közötti területek feliszapolódásának mértékét a területek magassági értékeinek összehasonlításával. Készítettek továbbá egy saját tervezésű üledékcsapdát (13. ábra), amellyel az árvizek által szállított lebegő üledékmintákat gyűjtötték be 2008-2013 között öt alkalommal (Vass, 2014; Szabó et al. 2012).



13. ábra Üledékcsapda a Bodrogzugban, Fotó: Dr. Tóth Csaba Albert

### 2.2.2 Radiometrikus izotópgeokémiai módszerek

Széles körben alkalmazott analitikai módszer a radiogén izotópgeokémia a geokémiai elemzések között. A radioaktív izotópokat elsősorban kőzetek és ásványok radiogenikus rangsorolására használják, de nyomjelzőként is felhasználhatók (Pintér, 2005).

A hullámtereken az üledékek kormeghatározására és azok datálására általában  $^{210}\text{Pb}$ -es,  $^{137}\text{Cs}$ -es radioaktív izotópokat, nehézfém szennyeződések, pollenanalízist, mágneses szuszceptibilitás vizsgálatokat és az üledék fizikai tulajdonságaiban bekövetkezett fontosabb változásokat, illetve ezeknek a vizsgálatoknak a variánsait szokták felhasználni (Oroszi, 2009).

Abban az esetben, ha a vizsgált időszak rövidebb időtartamot fog át, mint az adott elem felezési ideje, pontosabb eredmények állapíthatók meg (Wise, 1980). A korábban említett ólom és cézium izotópjainak felezési ideje 22 és 30 év, ezáltal a kutatható időszak nagyjából 100-150, illetve 50 évre tehető. Az ólom-210 izotóp természetes úton keletkezik, az  $^{238}\text{U}$  lebomlási sorának tagja. Ezzel szemben a cézium-137 izotóp egy mesterséges radionukleid, mely a nukleáris balesetek és légköri atomrobbantások útján került a légkörbe és a környezetbe (Wise 1980; Walling & He 1999). Ez a vizsgálati módszer népszerűvé vált az üledékek származásának meghatározásánál, illetve folyótorkolatok, tavak környezetében és hullámterek esetében az akkumuláció és a denudáció vizsgálatához is (Walling & He 1997; Walling et al, 1998).

A radioaktív szennyezés több forrásból is származhat. Lehet antropogén eredetű, kozmogén és természetes is. Származhat a szennyezés csapadékból, a talaj természetes sugárzásából, melyeket a benne található elemek okoznak, továbbá lehet kozmikus eredetű és származhat hulló porból is egyaránt. Az újramobilizálódás kockázata szinte folyamatosan érvényben van, mert az üledékekben jelenlévő veszélyes anyagok folyamatos kapcsolatban vannak a vízzel. A csernobili atomerőmű baleset által Magyarországon a Cs-137 izotóp felszíni eloszlása növekedést mutatott 1986-ban, de a szennyezéshez hozzá járultak a kísérleti atombomba robbantások is, melyek az 1950-es évektől indultak meg (Gémesi, 2008).

Köztudott, hogy a világ számos pontján zajlottak atombomba kísérletek az 1940-es évektől. Maga az atombomba ötlete először a Német Birodalom berkeiben szökkent szárba, majd több hátráltató tényező miatt nem valósult meg. Eközben több tudós felhívta Rooseveltnél a Német Birodalom ténykedéseire, illetve szorgalmazták egy hasonló program és fegyver előkészítését. Ennek hatására jött létre a Manhattan-terv 1942-ben. A Manhattan-terv hatására elkészült az első atommáglya, ahol először a maghasadást vizsgálták, majd később urándúsítással is foglalkoztak. Az első bomba hasadóanyaga a plutónium ( $^{239}\text{Pu}$ ) volt, melyet  $^{238}\text{U}$  izotópból állítottak elő neutronbefogadással. Az atomkorszak kezdete egybe esik a Trinity kísérleti robbantással. 1945. július 16.-án a Nap kétszer kelt fel, mert a robbanás hatására a nappali fénynél is erősebb villanás volt tapasztalható 1-2 másodpercig. A lökéshullám 160 kilométeres sugárban terjedt szét, a gombafelhő pedig elérte a 12 km-es magasságot is. A kísérlet után nemsokkal lakott területen is bevetésre került a pusztító fegyver (Hiroshima és Nagasaki) (Szabó, 2017).

A nyugati kísérletekre reflektálva Sztálin első ízben 1942-ben hozott döntést az új fegyver fejlesztéséről. Az első szovjet nukleáris fegyvert, ami plutónium alapú volt már 1949-ben kísérleti céllal fel is robbantották (RDSZ-1 és RDSZ-2) (Szabó, 2017).

A szovjet atombomba hírére az amerikaiak egy újabb erősebb és nagyobb fegyver gyártásába kezdtek, ezzel megindult a hidegháborús nukleáris verseny. Teller Ede terve alapján elkészült a hidrogénbomba. Ezt a bombát két alkalommal tesztelték, ereje 500-700-szor nagyobb volt, mint a Hiroshimánál bevetett bombáé (Szabó, 2017).

Az 1950-es évek folyamán a szovjetek is előálltak saját gyártású hidrogénbombájukkal. 1952-ben az RDSZ-6-os bombát robbantották fel, majd később számtalan kísérletet végeztek más-más hatóerejű bombákkal, mígnem sikerült a világ legnagyobb hatóerejű bombáját megalkotniuk: a Cár-bombát. Célja az erődemonstráció, mert

katonailag nem sok értelme volt, mivel a robbanás energiájának nagy része a világűr felé tört. A robbantásra 1961. október 30-án került sor Novaja Zemlja szigetén. Ereje akkora volt, hogy lökéshullámai háromszor kerültk meg a Földet, fényhatása pedig 1000 km távolságból is észlelhető volt. Gombafelhője 64 km magasra emelkedett és 30-40 km széles volt (Szabó, 2017).

Ezek után folyamatosan zajlottak a kísérleti robbantások és az újabb típusú bombák fejlesztései, de később rádöbbenek, hogy egy esetleges atomháború esetén életbe léphet a kölcsönösen biztosított megsemmisítés elve (MAD-doktrína), azaz nem lesz győztes, mert minden fél elpusztul (Szabó, 2017).

Későbbiekben megindultak a korlátozások, illetve a leszerelésről szóló egyezmények, de ezek ellenére nő az atomtöltetek előállítására képes országok száma (Szabó, 2017).

Ezek az atombomba kísérletek és programok nagy koncentrációjú radioaktív szennyezőanyagot juttattak a levegőbe, melyek tova szállítottak a világ minden pontjára.

Az első atomreaktorok üzembe helyezése óta foglalkoztatja a kutatókat, a tervezőket és a közvéleményt is a biztonság kérdése. Ez fokozódott, egyre jobban előtérbe került az utóbbi időszak nagy balesetei miatt (Kerényi, 2006). A Three Mile Islanden bekövetkezett reaktorbaleset előtt és utána is olyan kockázatelemzések láttak napvilágot, melyek szerint tíz vagy százezer évenként következhet be egy reaktorban olyan baleset, mely hatására a reaktortartály is megolvad és az úgynevezett szuper-FELBA – feltételezhetően a legnagyobb baleset – csak 100 millió évente következik be, melynek hatására nagy tömegű sugárzó izotóp szabadul ki. A prognózishoz képest elég hamar, 1986. április 26-án bekövetkezett a csernobili baleset, mely felért a szuper-FELBA feltételeivel (Internet-8).

Egy rosszul megtervezett és a biztonsági szabályok sorozatos és durva megszegésével végrehajtott kísérlet által következett be a baleset. Gyakorlatilag teljesen megsemmisült a robbanás által a reaktorépület, ezáltal a radioaktív anyagok egy része akadálytalanul szabadult ki a környezetbe. A grafit tüzének eloltása mintegy 8-10 napot vett igénybe, ami tovább fokozta a kibocsátást és a transzportot. Ez alapján elmondható, hogy a kibocsátás a robbanás után még jó 1 hétig még jelentős volt. A radioaktív anyagok összes aktivitása becslések szerint 1-2 EBq (exabequerel= $10^{18}$  Bq) lehetett (Internet-8).

A reaktorban jelenlévő nemesgázok (xenon, kripton) 100%-a, míg a cézium, tellúr és jód izotópok körülbelül 20-40%-a jutott a környezetbe. Ezek az izotópok az égő grafit által

felhevített levegőben terjedtek több kilométer magasságig, és a légköri viszonyok által nagy távolságra is eljutottak. Ezen kívül körülbelül 6 tonnányi fűtőelem is szétszóródott a reaktor körül, melyből a nagyobb darabok a közvetlen környezetben a talajra estek, de a kisebb, néhány mikrométeres darabkákat több száz kilométeres körzetben is ki tudták mutatni, például Magyarországon is. A fűtőelem-darabkákkal még kevésbé mozgékony izotópok (cérium, bárium, stroncium, stb.) is a környezetbe kerültek, bár kisebb mennyiségben (3,5%) (Internet-8).

A talaj felületi radioaktív szennyezettsége alapján kategorizálták az érintett zónákat. Létrehoztak egy ún. szennyezett, kontaminált területegységet, ahol a  $^{137}\text{Cs}$  izotóp általi szennyezettség átlépte a  $37 \text{ kBq/km}^2$ -t, illetve súlyosan szennyezett területnek nyilvánították azokat a helyeket, ahol  $555 \text{ kBq/km}^2$ -t meghaladta a szennyezettség. Mivel a reaktort nem lehetett teljesen izolálni a környezettől, ezért 1986 második felében egy védőépületet, úgynevezett szarkofágot építettek a reaktor fölé. Az évek során megrongálódott ez a védőburok, ezért 2012-ben megkezdték az új szarkofág építését, ami már nem betonból, hanem acélból készült. Az új épület 2017-re készült el és hermetikusan zárja a korábbi épületet (Internet-8).

### *2.2.3. Térinformatikai módszerek*

Szabó Zs. et al (2020) légi LiDAR felmérésből származó pontfelhőkből generált DTM-ek pontosságát vizsgálta egy rakamazi ártéri mintaterületen. Az adatgyűjtés LiDAR scannerrel történt. A LiDAR scannelés adatgyűjtés szempontjából a legkedvezőbb, mert jól tudja reprezentálni a topográfiai terepviszonyokat. A vizsgálatban kulcsfontosságú volt a LiDAR pontfelhő a DTM előállításához, mert ez a pontfelhő tartalmaz minden felszíni elemet, többek között a talajpontokat is. A tanulmányban többféle zajszűrést alkalmaztak, hogy megtalálják a leghatékonyabbat, illetve többféle osztályozás is készült, hogy megtaláljanak egy könnyen használható osztályozási technikát egy fluviális formákkal tarkított árterületen. A validáláshoz Stonex S9 RTK GPS-el referenciapontokat vettek fel keresztezve az ártéri formákat, illetve statisztikai analíziseket végeztek. Egy előzmény tanulmányban (Szabó Zs. et al, 2017) szintén a rakamazi mintaterületről készült LiDAR pontfelhő talaj-és alacsony vegetációs pontjait elemezte és vetette össze az ez alapján készült DTM-mel. Megállapították, hogy magasságkülönbség van a mintaterület és a DTM között. Végül készült

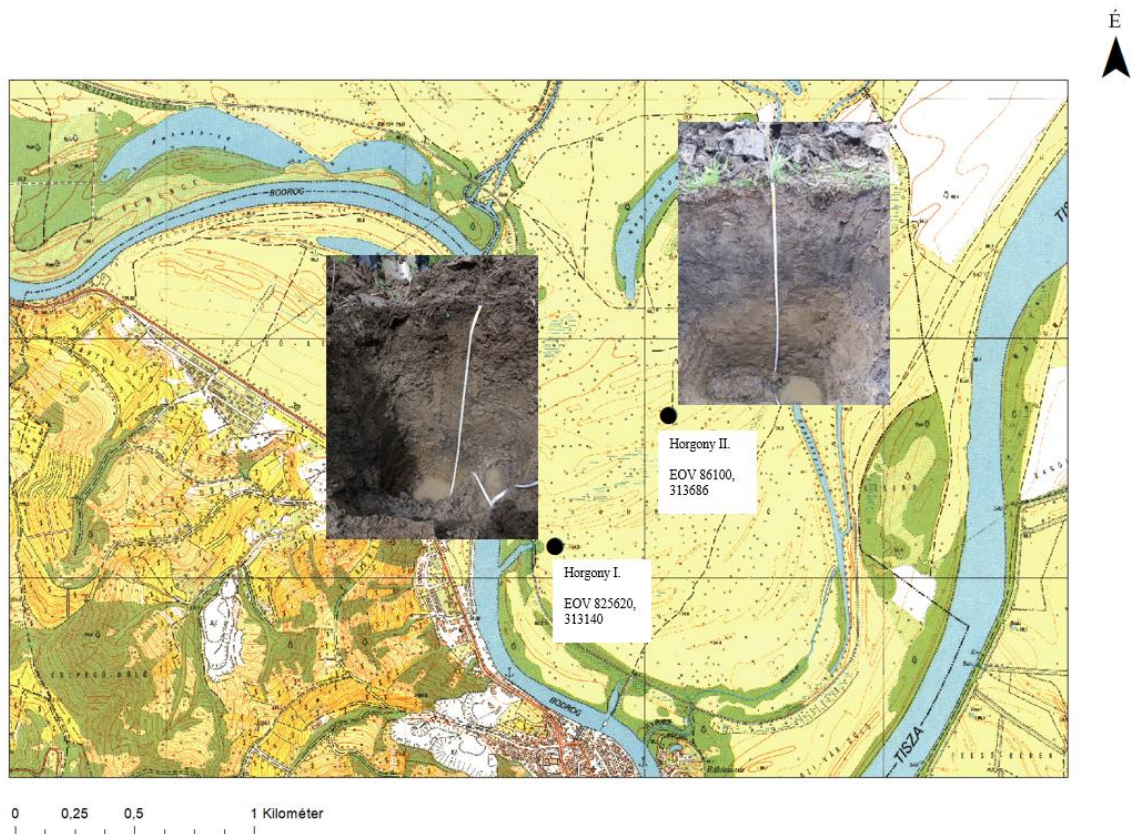
egy ellenőrzött osztályba sorolás topográfiai változókkal, illetve egy NDVI réteggel azonosították az ártéri formákat. Referencia adatokként kijelöltek keresztmetszeteket a területen, hogy megvizsgálják vegetáció által előidézett torzítást a DTM-en, továbbá statisztikai analízisek bevonásával is azonosították az eltéréseket.

Bertalan L. (2019) disszertációjában a horizontális mederdinamikában bekövetkezett változásokat vizsgálta a Sajó hazai szakaszán. Kutatása során kitért arra is, hogy geomorfológiai folyamatokat hogyan lehet pilóta nélküli légi járművel vizsgálni. Az utóbbi évek során a pilóta nélküli légi járművek (UAV, Unnamed Aerial Vehicle) és a pilóta nélküli légijármű rendszerek (UAS, Unnamed Aerial Systems) már megfizethető és könnyen elérhető eszközökké váltak, ezáltal nagy előrelépést biztosítottak a légitérképezés geomorfológiai célú alkalmazásában is (Szabó et al., 2018). Az eszközök fejlődése mellett fontos megemlíteni az SfM (Structure-from-Motion) algoritmusok megjelenését, melynek nagy előnye, hogy nem szükséges professzionális kamera, hanem akár egy mobiltelefon kamerája is alkalmas lehet a művelethez, a hagyományos sztereofotogrammetriai felszín rekonstrukcióval ellentétben (Westoby et al., 2012). Az SfM modellek ezáltal lehetőséget biztosítanak az UAV légifelvételekkel kiegészülve, hogy a korábban nehezen megközelíthető és gyorsan fejlődő környezetben is lehessen geomorfológiai vizsgálatokat is végezni (Balogh-Kiss, 2014). Bertalan L. kutatásában 2014-től végezte a parterziós vizsgálatokat az intenzívebben fejlődő mederszakaszokon. A vizsgálat öt éves időtartamában összesen 19 db terepi mérést valósított meg. Minden mintaterületen legalább 5 felmérést végzett, illetve a nagycsécsi mintaterületen 8 darab felmérés készült, így az lett a legrészletesebb. A felmérések összesen 3 UAV eszközzel történtek, melyből az egyik eszköz még nem tette lehetővé a repülési terv alapján történő felvételezést (Bertalan, 2019).

### 3. Mintaterület bemutatása

#### 3.1. Bodrozug, a szelvényásások helye

A terepi mintavételezésre 2019. április 29-én került sor. A terepi munka előtt meghatároztuk a szelvényásások helyét topográfiai térképek és űrfelvételek felhasználásával. A Horgony I. talajszelvényt a Bodrog bal partján, a folyótól kb. 300 méterre mélyítettük ki egy sarlómeder mélyedésében, amelyet 100 centiméteres mélységig mintáztunk meg 2 cm-enként. A másik, Horgony II. talajszelvényt a Bodrog és a Tisza folyóktól közel azonos távolságra, egy nyílt ártéri lapos területén ástuk ki, amelyből 90 centiméterig, szintén 2 cm-enként történt meg a minták begyűjtése (14. ábra).



14. ábra Szelvények elhelyezkedése és koordinátái (saját szerkesztés)

#### 3.2 Felső legelő

A Felső legelő Tokajtól északra található, a Bodrog Tokaj felett elhelyezkedő meanderének jobb partján terül el (15. ábra). Ezen a területen egy hat részből álló övzátanosorozat figyelhető meg, ahol az övzátányok átlagmagassága 94,5-95 mBf között, míg

a sarlólaposoké 94-94,5 mBf között alakul (Vass, 2014). A Felső legelő mintaterületet azért választottuk ki, mert technikai problémák miatt a Bodrogtőzben/Bodrogtőzban nem volt lehetőség drónos lerepülésre. A terület a közelsége miatt morfológiailag rokonságot mutat a Bodrogtőzszal.



15. ábra Felső-Legelő elhelyezkedése; Forrás: Google Earth

## 4. Anyag és módszer

### 4.1. Laboratóriumi munka

A Bodrogzugi mintaterületeken a mintavételezés 2 centiméterenként történt, így összesen 90 darab talajmintát szállítottunk be a Debreceni Egyetem Földtudományi Intézetének laboratóriumába. Az összegyűjtött minták először kiszáritásra kerültek 105 °C-on, majd be kellett törni azokat, hogy alkalmasak legyenek a további vizsgálatokra.

#### 4.1.1. Szemcseméret meghatározása pipettás módszerrel

A pipettás módszer azon az elven alapul, hogy az egységnyi térfogatú anyag eltávolítása során nyomon követhető a leülepedő anyag koncentrációja (Félegyházi, 2006). A mérést az ún. Köhn-féle pipettával végeztem el. A méréshez szükséges egy állványon álló 10 ml-es pipetta, illetve egy 1000 ml-es üveghenger. Előzetesen fontos a 10 gramm talajminta pontos bemérése. Ezután a bedörzsölés következik, melyre azért van szükség, hogy a rögökbe összeállt minta szétessen. A bedörzsölés során a minta az üveghengerbe kerül és a szuszpenziót fel kell önteni desztillált vízzel, hogy 1000 ml legyen összesen (16. ábra). A kész szuszpenziót körülbelül 1 percig kell folyamatosan rázni, hogy minden szemcse lebegő állapotba kerüljön.



16. ábra Bedörzsölés és a kész szuszpenziók (saját fotók)

A pipettával a további munka során adott mélységből (10 cm) egységnyi anyagot (10 ml) szívunk le. Köhn kiszámított bizonyos időszavokat, melyekre azért van szükség, hogy a különböző méretű szemcsék a folyadékban 10 centimétert tudjanak süllyedni. Az időszavokat az 1. táblázat mutatja be:

1. táblázat Mintavételezések időpontja (saját szerkesztés)

<b>Mintavételek száma</b>	<b>Mintavétel mélysége (cm)</b>	<b>Idő (+1 perc rázás)</b>
1. mintavétel	10	12,5 mp
2. mintavétel	10	44,2 mp
3. mintavétel	10	4 perc 27 mp
4. mintavétel	10	18 perc 10 mp
5. mintavétel	10	1 h 13 perc
6. és 7. mintavétel	1, 4	3 h 2 perc

A Köhn által kiszámított ülepedési idő eltelte után a pipettával vett mintákat kiszárítjuk és visszamérjük.

#### 4.1.2. Szénsavas mésztartalom meghatározása

A mérés elve azon alapul, hogy 10%-os sósavval elbontjuk a meszet a talajmintában és a szén-dioxid gáz térfogatából, amely a sósav és a mész reakciója útján keletkezett, kiszámítjuk a mésztartalmat. Sok esetben elég az egyszerűbb vizsgálat is, mely során a mintára pár csepp 10%-os sósavat csepegtetünk és a pezsgés erősségéből, illetve időtartamából egy hozzávetőleges értéket határozunk meg. A pontosabb meghatározás érdekében a vizsgálatok során Scheibler-féle kalciméterrel végeztem el a méréseket (17. ábra).



17. ábra Scheibler-féle kalciméter; Fotó: Sósne Mező Krisztina

A kalciméter egy U alakú csőből áll, melynek egyik száza milliliter beosztással van ellátva, ez a mérőcső. Ezt a mérőcsövet egy gumicső köti össze egy reakcióedénnyel, mely egy 200 ml űrtartalmú, gumidugóval lezárható üvegedény (Félegyházi, 2006).

Első lépésként feljegyeztem a laboratóriumban uralkodó aktuális hőmérsékletet és légnyomást. A vizsgálathoz 0,5-1 g mintát mérünk a reakcióedénybe és egy kémcsőbe kimérünk 20 ml 10%-os sósavat. A sósavas kémcső az edénybe kerül, úgy, hogy a sav ne érintkezzen a mintával, mert azonnal reakcióba lép ez esetben. Amint a kémcső is az üvegbe került, lezárjuk a gumidugóval. Az U alakú csövet fel kell tölteni színezett folyadékkal, úgy, hogy a 2 csőben a folyadék azonos szinten legyen (kiegyenlítem), majd leolvastam a folyadék szintjét. A leolvasás után a sósavat az üveg megdöntésével ráöntöttem a mintára és 1 percig ráztam, hogy a sav összekeveredjen a mintával. A sósavval való érintkezés hatására megindult a szén-dioxid képződés. A gázfejlődés során megemelkedett a folyadék nívója. A kiegyenlítés után újra leellenőriztem, hogy folyamatban van-e még a reakció, ha nem, leolvastam a kapott eredményt. A mérés végén ellenőriztem újra a hőmérsékletet és a légnyomást.

#### 4.1.3. Káliumbikromátos humuszmeghatározás

A humusztartalom meghatározása azon a módszeren alapszik, hogy kénsav jelenlétében a káliumbikromát ( $K_2Cr_2O_7$ ) erősen oxidál. A felszabadult oxigén (a káliumbikromátból) oxidálja a talajban található szenet. A káliumbikromát mennyisége nem változik a reakció során, így ezt Mohr-sóval  $[(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O]$ , egy redukálószerrel meg lehet határozni. Így kiszámolható, hogy mennyi oxidáló szer fogyott a szerves anyag roncsolásához, és ebből kiderül a szervesszén-tartalom százalékos értéke (C%) és a humusz százalékos értéke is (Hu %) (Félegyházi, 2006).

A meghatározás első lépéseként szín alapján megbecsültem a humusztartalmat (2. táblázat), hogy meg tudjam határozni a méréshez szükséges megfelelő mennyiséget.

2. táblázat Humusztartalom meghatározása; Forrás: Félegyházi (2006)

Üledék színe	Humusztartalom (%)	Bemérendő mennyiség (g)
világosbarna	1-3	0,5-0,3
sötétbarna, feketésbarna	3-5	0,3-0,1
barnás fekete, fekete	>5	<0,1

A talajminták színe nagyrészt sötétbarna, illetve barnás fekete, emiatt 0,1 gramm körüli mennyiséget mértem be a vizsgálathoz Erlenmeyer lombikba. A mintához 10 ml káliumbikromátot adtam, majd körkörös mozdulatokkal összeráztam, hogy megfelelően elvegyüljön. Miután elvegyült, lefedtem egy üvegtölcsérrel és gyöngyözéstől számítva 3 percig forraltam a fülkében. Az elegy narancssárga színe jelezte, hogy a káliumbikromát feleslegben van a roncsolás alatt. Amint lehűlt az oldat, desztillált vízzel a tölcserő a lombikba mostam és 100 ml-re hígítottam az oldatot, majd 3-5 csepp ferrion indikátor kerül bele. Következő lépésként a feleslegben maradt káliumbikromátot Mohr-só oldat segítségével titráltam. A titrálás folyamatában a kromát-ion fogyása okozza az oldat színváltozásait. Először zöldessé, majd kékeszölddé válik, majd legutolsóként éri el a barnás, rozsdabarna színt (18. ábra), mely a titrálás végét jelzi. Az érték kiszámításához úgynevezett vakpróbát is kellett végezni, ugyanezzel az eljárással, talajminta nélkül.



18. ábra Titrálás közbeni színváltozások; Fotó: Sósne Mező Krisztina

#### 4.1.4. Kémhatás meghatározása

A minták pH értékét digitális mérőeszközzel határoztam meg (19. ábra). A méréshez bemértem a mérőedényekbe 5-5 g talajmintát, majd az egyik edénybe desztillált víz került, a másikba pedig kálium-klorid. A vizes és a kálium kloridos pH között eltérés mutatkozik, amelynek az az oka, hogy a kálium klorid a szuszpenzióba a talajkolloidok felületéről  $H^+$  iont visz át, ami savanyúságot okoz (Internet-9). A szuszpenziókat 24 órán keresztül állni hagytam felkeverve. Az idő letelte után újra felkevertem a mintákat egy üvegbot segítségével és a digitális mérőeszközhöz kötött elektródát belemártottam a szuszpenzióba, majd leolvastam az eredményt.



19. ábra pH meghatározása digitális pH mérővel (saját fotó)

#### 4.1.5. Izotópgeokémiai vizsgálat

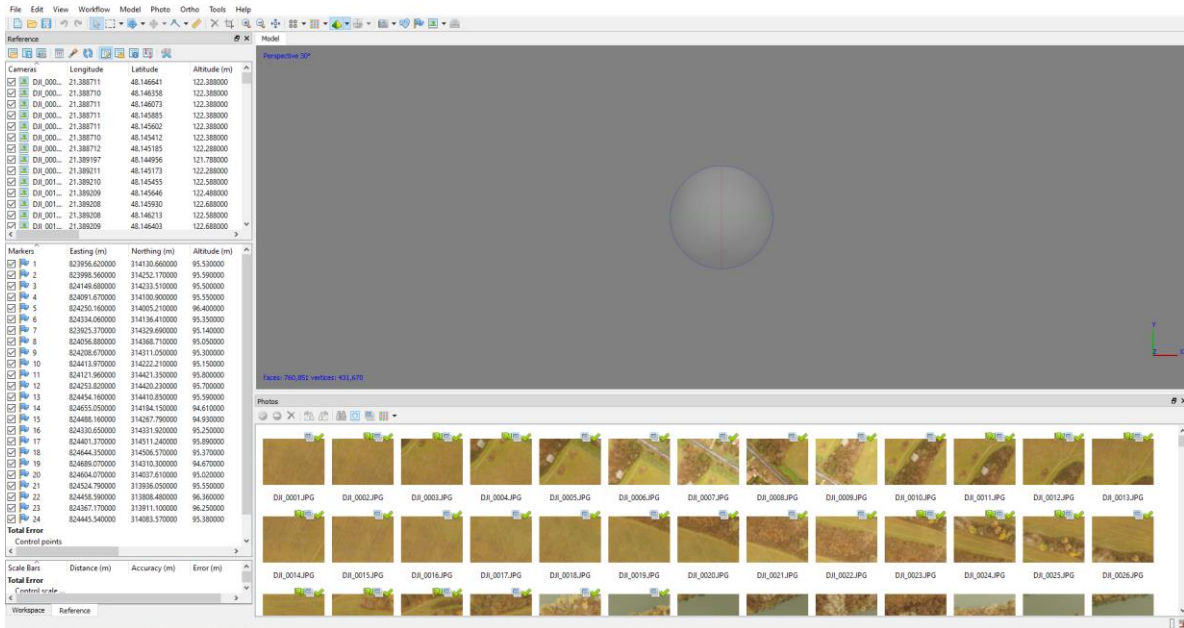
A Horgony I. talajszelvényből az MTA ATOMKI Hertelendi Ede Környezetanalitikai Laboratóriumában gamma-spektroszkópia módszerével történt  $^{137}\text{Cs}$  izotópkoncentráció meghatározása. Itt mondok köszönetet Zákány Lorándnak a mérések elvégzéséért és az adatok értelmezésében nyújtott segítségéért.

#### 4.2. Drónos lerepülés és utómunka

A drónos lerepülést a mintavételezéshez képest korábban, 2018. november 21-én végeztük el DJI Phantom 3 Advance drón segítségével, tervezett repülés módszerével. A tervezett repülés magassága 70 m, a menetirányú és oldalirányú képátfedés egyaránt 70% volt. Az 1521 x 987 méter nagyságú lerepült területen összesen 929 fotó készült. A projekt során három felszállásra volt szükség a terület nagysága miatt. A domborzatmodell EOVS vetületi georeferálásához 24 terepi referenciapontot (GCP) helyeztünk ki a területen, amelyek EOVS koordinátáit Stonex S9i RTK GNSS készülékkel határoztunk meg (21. ábra),

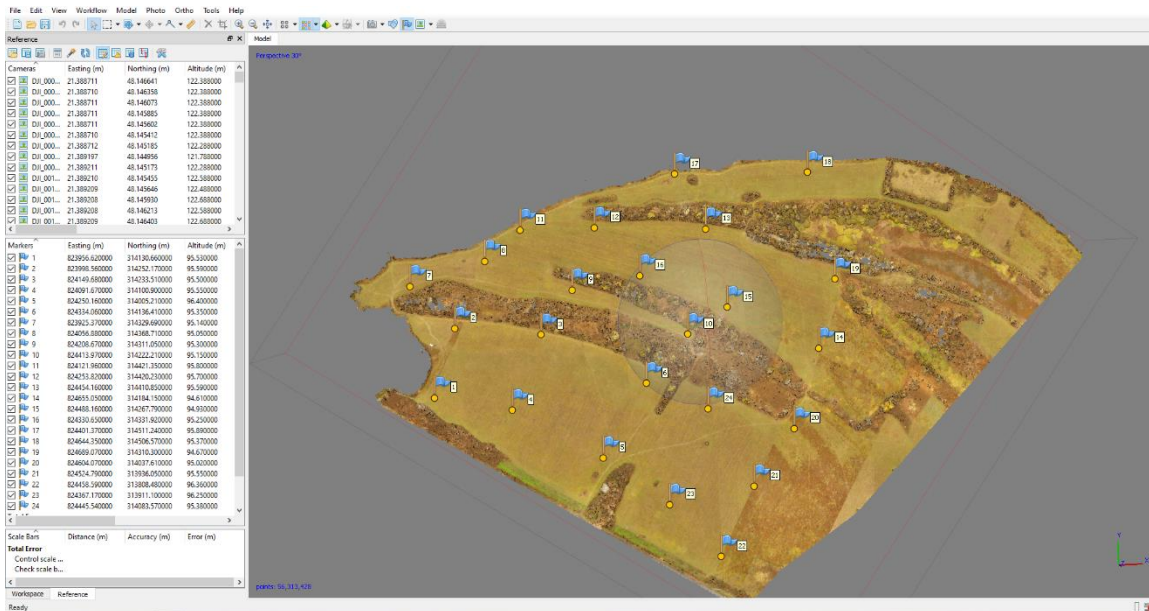
A lerepülés után az utómunka következett. Ebben a fázisban az Agisoft által készített Photoscan/Metashape szoftvert használtam. Az Agisoft Photoscan egy önálló termék, mely fotogrammetrikus feldolgozást végez digitális képekkel, illetve 3D-s térbeli adatok generálására képes. A generált adatokat több különböző területen fel lehet használni, például objektumok közvetett méréséhez, vizuális effektusok előállításához, kulturális örökség dokumentációjához és nem utolsósorban, a térinformatikában is sokrétű a felhasználásának köre (Internet-11).

Az utómunka első fázisa a képek ellenőrzése volt. Következő lépésben importáltam a képeket a szoftverbe. Az importálás során a program megvizsgálja a képeket és a drón által rögzített koordinátákat is megjeleníti. Később a koordináták alapján tudja térben elhelyezni a képeket az algoritmus. Ehhez a művelethez a *Workflow* → *Add photos* menüpontot kell használni (20. ábra).



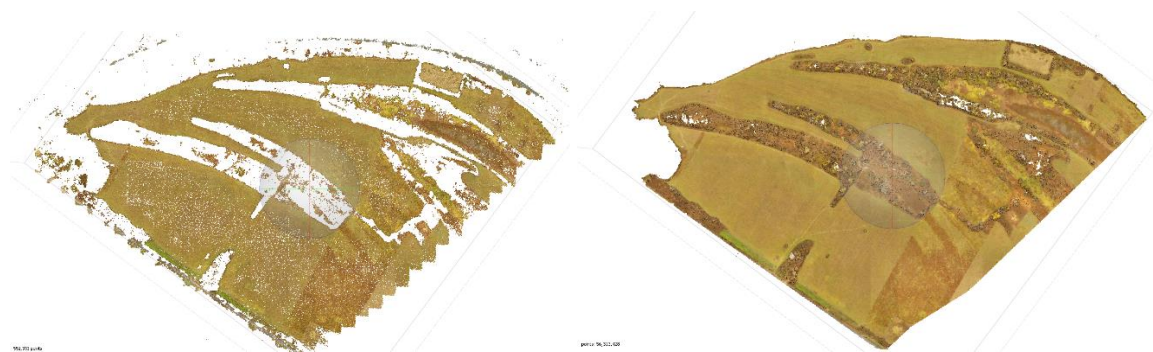
20. ábra Képek importálása és koordináták

A következő lépésben *Workflow* → *Align Photos* lehetőséggel a „helyére igazítom” a képeket. Ez a művelet egyben egy ritka pontfelhőt is generál (22. ábra balra). A képek importálása és igazítása után megkerestem az RTK GPS-el felvett pontokat a képeken és hozzáadtam a koordinátákat (x, y és z) (15. ábra).



21. ábra Felvett GCP-k helyzete a mintaterületen

Miután mindez elkészült, *Workflow* → *Build dense cloud* paranccsal elkészítettem a sűrített pontfelhőt is (22. ábra jobbra). A képen látható pontfelhő medium minőségben készült, összesen 56 313 428 pontból áll össze.



22. ábra Ritka és sűrített pontfelhő; saját szerkesztés

Folytatásként a *Workflow* → *build mesh* opcióval elkészítettem a mesht, azaz egy háromszög objektumokból összeálló réteget, a sűrített pontfelhő alapján. A beállításokban 2 lehetőségem volt: 2,5D-ben vagy 3D-ben képezze le az objektumokat. A 2,5D elve, hogy a mintaterületen található objektumokat úgy képzi le, hogy a szélek legmagasabb pontjait köti össze a talajjal, így létrehozva egy homogén objektumot, a 3D lényege pedig, hogy követi az objektum körvonalait.

Utolsó lépésként egy DEM-et (Digital Elevation Model/Digitális felszínmodell) készítettem *Workflow* → *build DEM* paranccsal. A DEM vagyis Digital Elevation Model/Digitális magassági modell a talajfelszín magassági viszonyainak ábrázolására szolgál referenciapontok figyelembevételével (Balasubramanian, 2017). A későbbiekben ez a DEM fogja a mérések alapját szolgáltatni.

Miután végeztem minden művelettel, a szoftverben generáltattam egy jelentés lapot, mely tartalmazott minden fontos információt a kész modellről és a folyamatokról. Ebben a jelentéslapban szerepeltek a hiba értékek is, melyeket a 3. táblázat és a 17. ábra szemléltet. Összességében ezekkel a műveletekkel egy 16,85 centiméteres pontosságú modellt sikerült előállítani, ahol az elhelyezkedési hiba 16,03 centiméter, a magassági értékek pedig 5,2 centimétert tévedhetnek (3. táblázat, 23. ábra). Az ábra bemutatja, hogy pontonként mennyi az eltérés. Az ellipszis színe a Z érték eltérését mutatja, a mérete pedig az X és Y hibákat.

3. táblázat A GCP-k hibaértékei (saját szerkesztés)

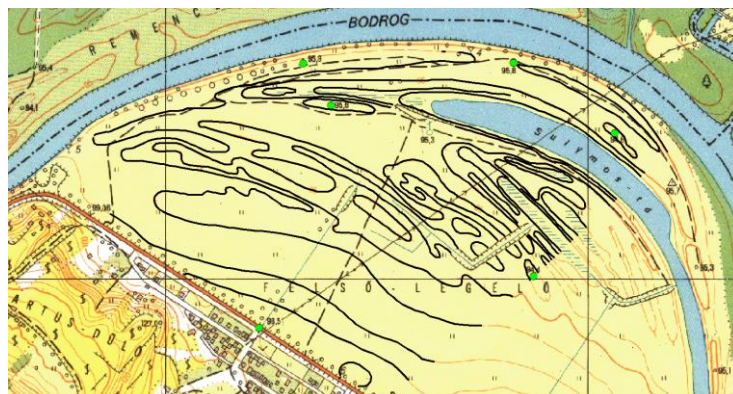
felvett pontok	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
24 db	9,63567	12,8066	5,20384	16,0267	16,8504



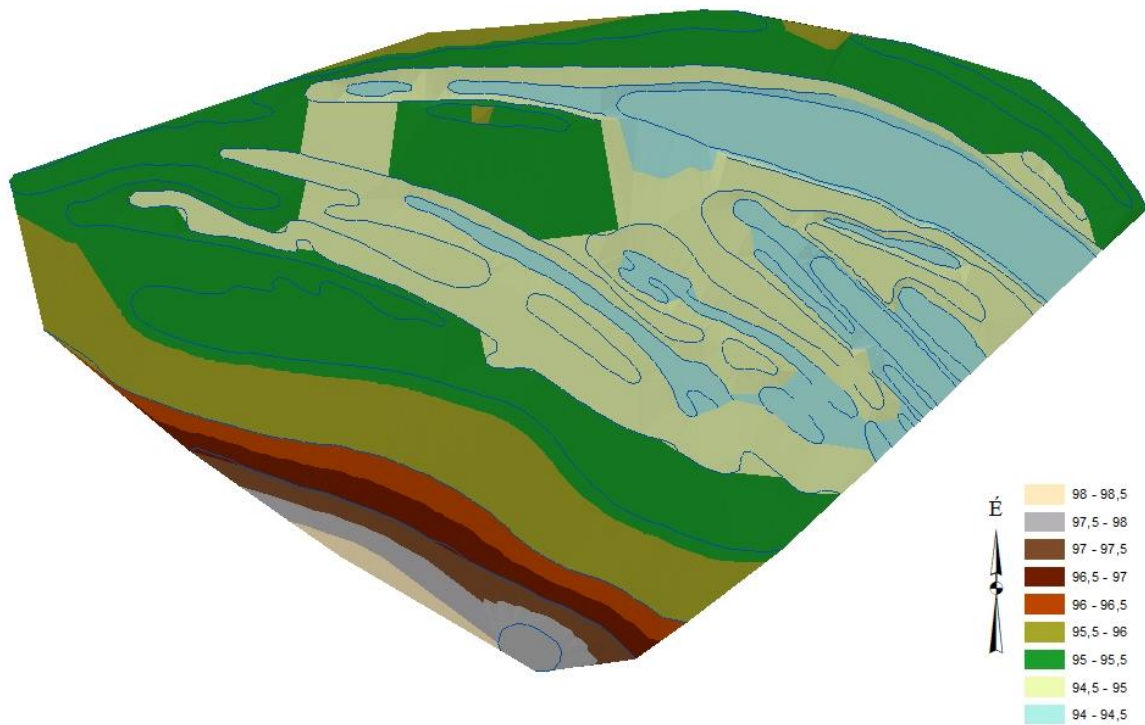
23. ábra GCP-k hibaértékei a mintaterületen szemléltetve

#### 4.3. Domborzatmodell előállítás szintvonalas állományból

A Felső-legelő mintaterületről az összehasonlítás végett készítettem egy domborzatmodellt 1:10 000 méretarányú EOTR szelvény alapján, melyet a tanszék bocsátott a rendelkezésemre. Első lépésként bedigitalizáltam a terület szintvonalait és magassági pontjait (24. ábra), majd ezek alapján készült el a TIN modell (25. ábra). A TIN (Triangulated Irregular Network) modell lényege, hogy a felületet nem átfedő háromszögekkel képezi le (Internet-10).



24. ábra Vektorizált szintvonalak és magassági pontok (saját szerkesztés)



25. ábra TIN modell a Felső legelő területéről (saját szerkesztés)

A domborzat részletes vizsgálatához és az UAV modell validálása végett három darab transzektet mértünk fel a mintaterületen Ruide RTK GNSS eszköz segítségével. A transzektet 5 méterenként rögzített pontok sorozatából állítottuk elő.

## 5. Eredmények

Az eredmények ismertetését először a laboratóriumi vizsgálatokkal kezdem, majd a geoinformatikai módszerek kerülnek ismertetésre.

### 5.1. Szedimentológiai vizsgálatok eredményei

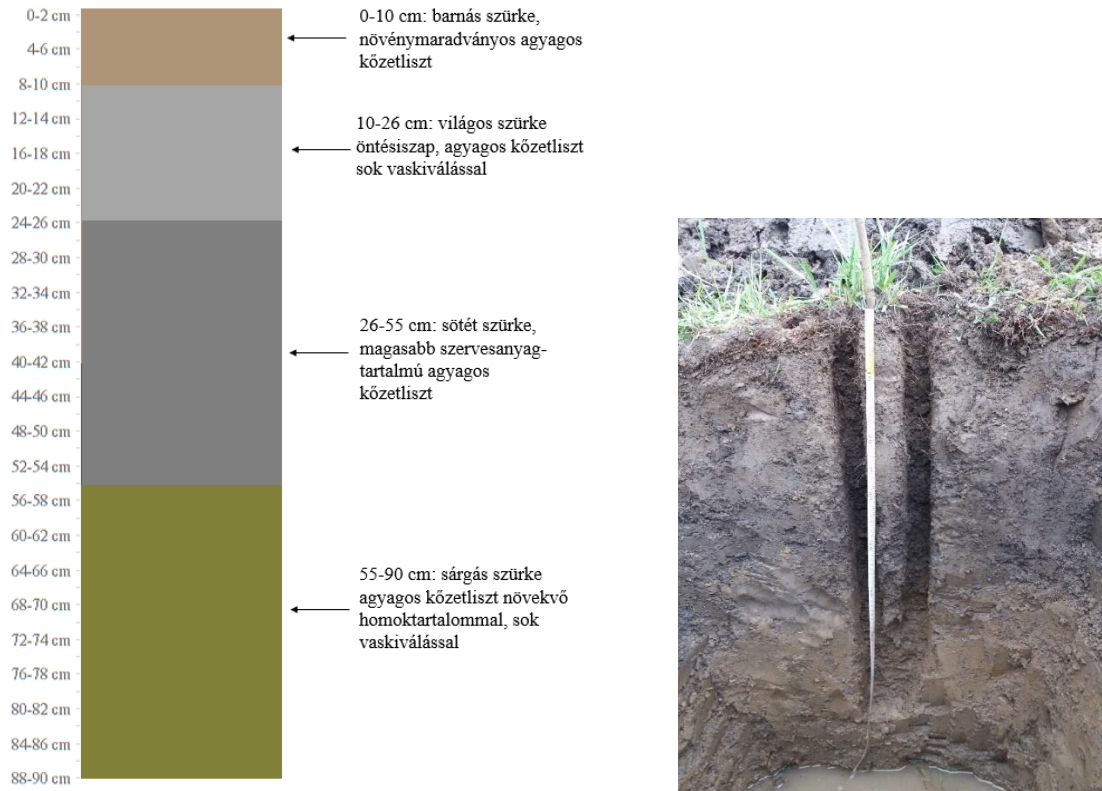
A laborvizsgálatok elsősorban a szemcseösszetételre voltak kieleződve, melyet a korábban ismertetett iszapolásos technikával állapítottam meg. Az iszapolás célja az volt, hogy kimutathassam az egyes szemcsefrakciók százalékos arányát a talajszelvények megfelelő rétegeiben. A vizsgálat során 90 darab minta került feldolgozásra a két talajszelvényből.

Az első talajszelvény (Horgony I.) lehatárolható rétegeit a 26. ábra mutatja. A talajszelvényt egy lágyszárú és fásszárú növényzettel sűrűn benőtt, övzátony-sarlólapos formákkal jellemzett területen mélyítettük, ahol gyakoribb az elöntés a Bodrog közelsége miatt. A talajszelvénytől nyugatra húzódó nyári gát zsilipjét elbontották az utóbbi években, így ez a terület rendszeresen kap élővízi elöntést, vele együtt vélhetően jelentősebb mennyiségű agyagos-iszapos fluviális üledéket is.



26. ábra Horgony I. szelvény rétegtani vázlata (saját szerkesztés, saját fotó)

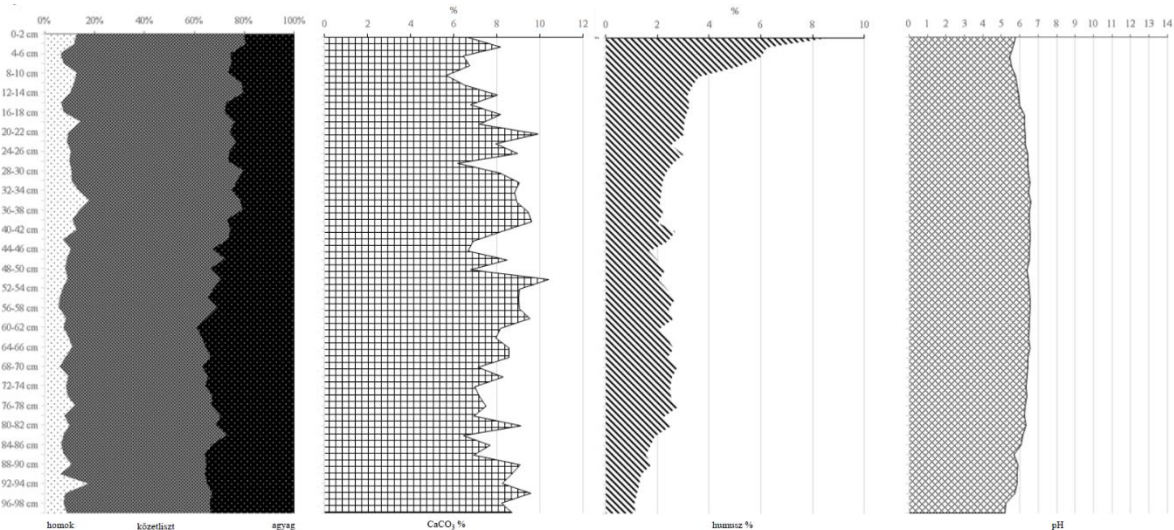
A második talajszelvény (Horgony II.) az előző szelvénytől északra, egy nyílt ártéri területen lett kijelölve, a folyóktól közel azonos távolságra. A folyóktól való nagyobb távolsága miatt ez a szelvény rétegtani szempontból különbözik az előzőtől (27. ábra).



27. ábra Horgony II. szelvény áttekintő rajza (saját szerkesztés, saját fotó)

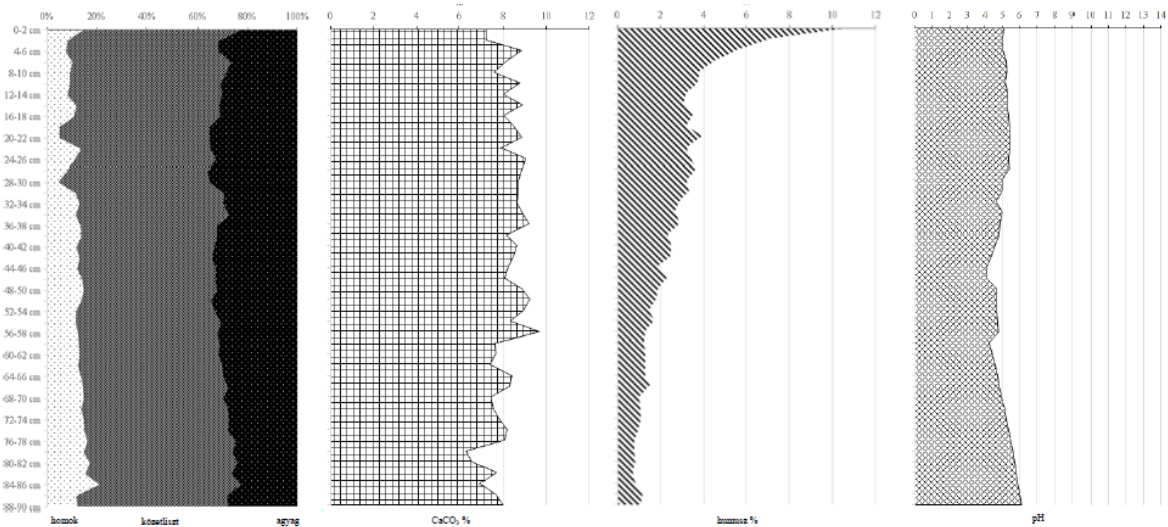
A megfelelő elemzés érdekében a laborvizsgálatok eredményeit diagramokon jelenítettem meg (28-29. ábra). A könnyebb szemléltetés miatt összevonásra került a homok összes frakciója, leszámítva a por frakciót, a por és az iszap frakcióból egy kőzetliszt csoport készült, illetve összevontam még az agyag frakcióit is. A 28. ábrán a Horgony I. szelvény eredményei azt mutatják, hogy alapvetően kőzetliszt található a szelvényben, illetve az agyag mennyisége sem elhanyagolható. Az élő folyótól közel 300 méteres távolságban a homok kisebb mértékben, többnyire a finomabb szemcséjű iszap/kőzetliszt és agyag akkumulálódik az árvizek során. A szemcsegörbén a nagyobb árvízi elöntések nyomait véltük felfedezni a homokfrakció csúcserű kiugrásainál. A szelvény üledékének mésztartalma átlagosan 8%, azaz közepesen meszes, kisebb ingadozásokat mutat. Határozott mészfelhalmozódás vagy kilúgzás nem figyelhető meg a szelvényen. A minták pH értéke átlagosan 6.2, gyengén savanyú kémhatású. Humusztartalma átlagosan 2,7%, azaz közepes humusztartalmú üledék, de minél mélyebbről származik a minta, annál inkább csökken a humusztartalma. A Horgony

I. szelvény alsó harmadában, 74-86 cm között kissé megemelkedik a szervesanyag-tartalom, amit az üledék sötétebb színe is jelez. Ez feltehetően egy réti agyagszint lehet. Ezt követően ismét csökken a humusztartalom (26. és 28. ábra).



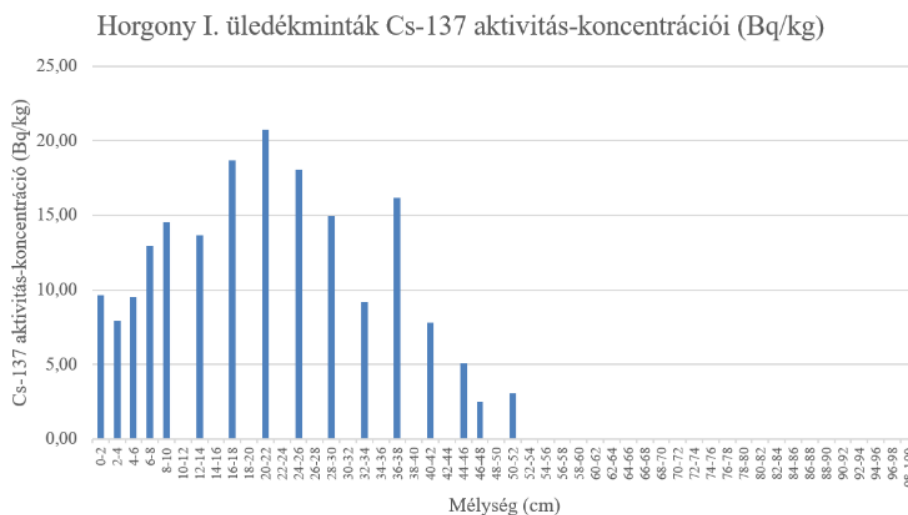
28. ábra Horgony I. minták laboreredményeinek összefoglaló diagramjai (saját szerkesztés)

A 29. ábrán mutatom be a Horgony II. mintaterület szedimentológiai és talajtani diagramját. Az ábráról leolvasható, hogy ebben a mintasorozatot is túlnyomórészt kőzetliszt uralja, de az agyagtartalma magasabb, mint a Horgony I. mintasorozatnak. A kevesebb homokfrakciócsúcs és a magasabb agyagtartalom azzal lehet összefüggésben, hogy a folyóktól való közel 1 km-es távolságban a durvább homokszemcsék már alig, többnyire inkább csak a legfinomabb szemcsefrakció (iszap, agyag) képes kiüledni. Humusztartalma 0-30 centiméterig magasabb értékeket mutat, mert a növénymaradványok mélyebbre nyúltak le (20. ábra), de így is átlagosan 2,5%, azaz közepes humusztartalommal rendelkeznek ezek a minták is. Az előző szelvényhez hasonlóan itt is megfigyelhető egy szervesanyagban gazdagabb szint, csak ez a felszínhez közelebb, 26-55 cm közötti mélységben jelentkezik. Feltehetően ez is egy réti agyagszintnek tekinthető. A felett lévő vékonyabb, világosabb árnyalatú, szürke öntésképződmény arra utal, hogy a folyóktól nagyobb távolságra lassabb és kisebb mértékű az üledék akkumulációja. A pH értéke átlagosan 5.0 tehát a Horgony I. mintasorozathoz képest savanyúbb kémhatásúak e szelvény mintái. Mész tartalma 8,2% átlagosan, azaz ez a mintasorozat is közepesen meszes (27. és 29. ábra).



29. ábra Horgony II. minták laboreredményeinek összefoglaló diagramjai (saját szerkesztés)

A Horgony I.-es üledékminták az MTA ATOMKI Hertelendi Ede Környezetanalitikai Labor közreműködésével átestek egy cézium 137-es izotóp ( $Cs^{137}$ ) koncentráció meghatározáson. A meghatározás eredményeit a 23. ábra ismerteti. Az ábráról három fontos információ, illetve esemény olvasható le. Elsőként megállapítható, hogy csak 52-50 centiméter környékén jelenik meg az izotóp a talajszelvényben, melyből arra lehet következtetni, hogy akkor vette kezdetét az atomkorszak. A második fontos esemény 38-36 centiméternél olvasható le. Reaktorbalesetek vagy nukleáris fegyverkísérletek során kerülhetnek a környezetbe a radioaktív hasadóanyagok (Internet-12). Arra a következtetésre jutottunk közösen az ATOMKI munkatársaival, hogy ez a kiugrás jelzi az orosz (illetve világszintű) atomkísérletek, tesztrobbantások csúcsait (1960-as évek). A harmadik megfigyelés pedig a csernobili atomkatasztrófához (1986) köthető  $^{137}Cs$  csúcs, amely a legmagasabb értéket mutatja a szelvényben 20-22 cm közötti mélységben.



30. ábra Horgony I. minták Cs-137 aktivitás koncentrációi (Bq/kg)

(Forrás: Zákány Loránd, ATOMKI)

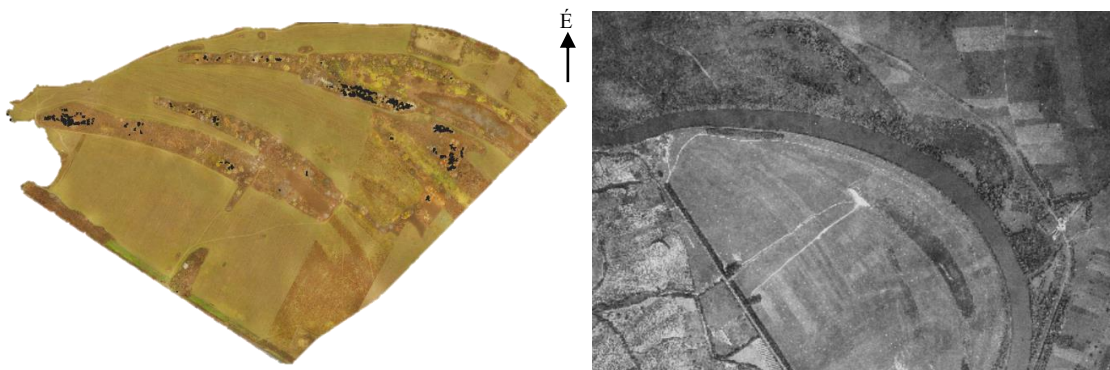
Ezzel a vizsgálattal az volt a cél, hogy kijelöljük azt a szintet a talajszelvényben, ami 1986-ban feltételezhetően a felszínen volt, hogy megállapíthatóvá váljon a recens üledékkumuláció mértéke. A 30. ábra alapján feltételezhető, hogy 1986 óta 20-22 centimétert töltődött a terület 33 év alatt (2019-ig), vélhetőleg 0,6 cm/év sebességgel történt az üledékkumuláció átlagosan. Más típusú megfigyelésekre alapozva Vass R. (2014) a vizsgált időszakban, 5,5 év alatt az övzatonyra kihelyezett üledékfogókban összegyűlt üledékmennyiség alapján 0,69 mm/év-ben határozta meg az átlagos feltöltődés mértékét. (Vass, 2014). Hasonló eredmény született az Alsó-Tiszán, ahol Nagy J. et al (2017) 0,8-1cm/év ütemű feltöltődéssel számoltak. Feltételezhető, hogy ez a módszer nagyságrendekkel nagyobb mértékű akkumulációt mutat, mint a hagyományos üledékcsapdás módszer, de más kormeghatározási módszerrel kiegészítve lehetne pontosabb képet kapni az üledék felhalmozódásának üteméről.

## 5.2. Geoinformatikai vizsgálatok eredményei

Különböző térinformatikai szoftverek segítségével a jelenkori és a 40 évvel ezelőtti felszínt vizsgáltam a Felső legelő mintaterületen. Azért esett erre a területre a választásom, mert a Bodrogzugban nem volt kivitelezhető a lerepülés, ugyanis ott a GCP pontok beméréséhez szükséges RTK GPS szolgáltatás nem működött. Ennek hiányában pedig sem a EOVS transzektet, sem pedig EOVS domborzatmodellt nem lehetett volna elkészíteni. A Felső legelőn kijelölt mintaterület határos a Bodroγκözszel, felszínalakotana rokonságot mutat a Bodroγκözszelgel. A holocén korszak során nagy mennyiségű elhagyott, illetve lefűzött

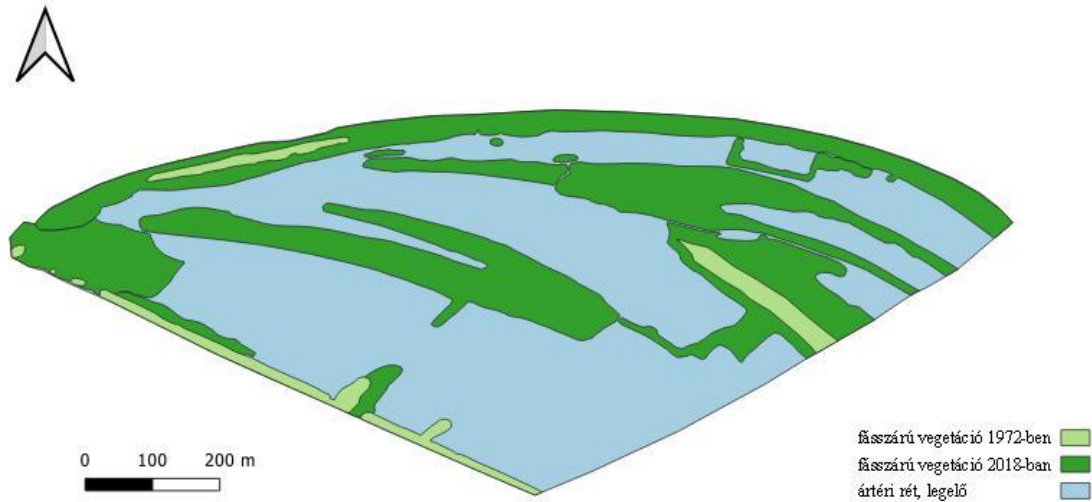
folyómeder és egyéb ártéri forma (övezvények, sarlólaposok, folyóhátak, ártéri laposok) képződött ezen a területen is (Lóki-Félegyházi, 2008). Az 1980-as évek eleje (EOV térképek) és napjaink között eltelt közel fél évszázad alatt végbement felszínborítás és ártéri formaváltozást szeretném bemutatni a továbbiakban.

Első lépésként egy orthomozaiót vizsgáltam meg, melyet a drónos lerepülés fotóiból készítettem el (31. ábra, balra). Első ránézésre látható, hogy a sarlólaposok, sarlómedrek mélyvonalában és peremén kialakult egy cserjés, bokros, főként fűzesek alkotta növénytársulás. Ez a növénytársulás az 1970-es években még nem, vagy csak nyomokban létezett (31. ábra, jobbra). Mindezek alapján elmondható, hogy a legelő felületi érdekessége megnőtt az elmúlt közel 40 év során.



31. ábra Mintaterület 2018-ban (balra) és 1970-ben (jobbra); Légifotó: fentrol.hu

Az előző észrevételből kiindulva egy egyszerű megoldással ki tudtam számolni, hogy a területnek mekkora részét borítja fásszárú növényzet. Magát az egész területet lefedtem egy shape file-al, illetve a fásszárú növényzet határvonalát vektorizáltam (32. ábra), majd a Quantum GIS szoftverben Field Calculator segítségével kiszámítottam a fás-bokros területek nagyságát négyzetméterben. A területi adatokat a könnyebb kezelhetőség érdekében átváltottam hektárba. Mindezek alapján kiderült, hogy az egész terület 77,24 ha, melyből 1972-ben 3,43 ha-t borított fásszárú növényzet, míg 2018-ban már ez 30,22 hektárra nőtt (4. táblázat). Ez alapján kijelenthető, hogy a két időpont között eltelt időszakban, az adatok alapján közel tízszeresére nőtt a fásszárú vegetáció kiterjedése.



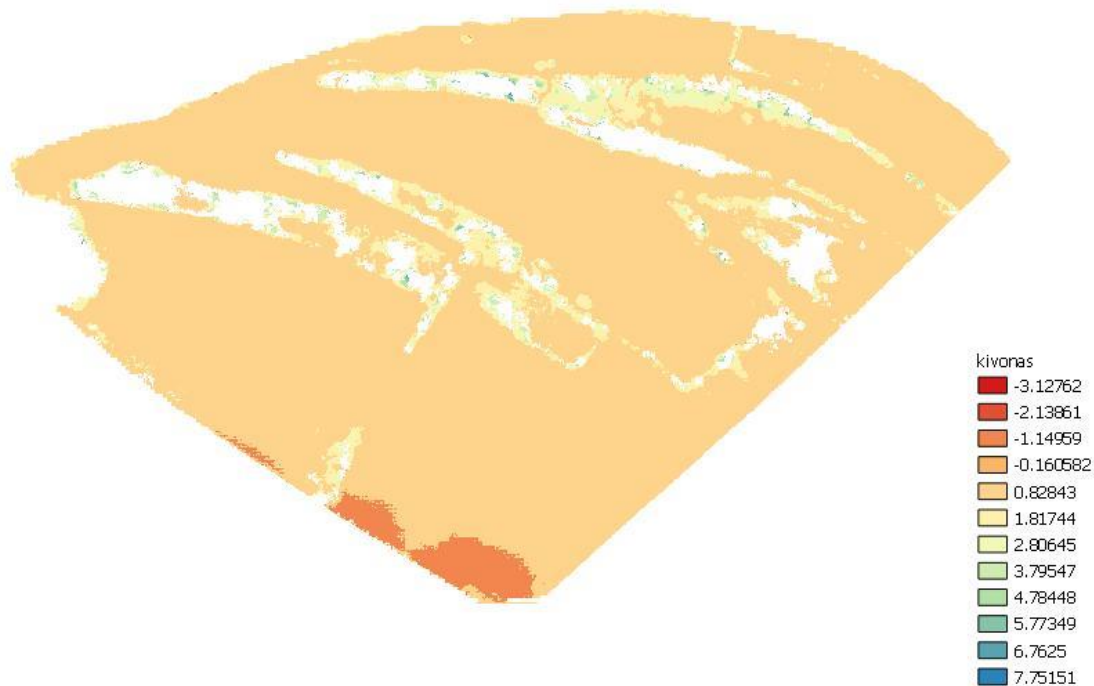
32. ábra A fásszárú vegetáció változása a Felső legelő területén (saját szerkesztés)

4. táblázat A fásszárú területek növekedése a Felső legelőn (saját szerkesztés)

	<b>Terület m<sup>2</sup>/ha</b>
Fásszárú növényzet 1972-ben	34365 m <sup>2</sup> /3,44 ha
Fásszárú növényzet 2018-ban	302198 m <sup>2</sup> /30,22 ha
Teljes terület	767724 m <sup>2</sup> /77,24 ha

A felszín vizsgálatához szükségem volt mindkét időpontból származó domborzatmodellre. Ehhez felhasználtam a Photoscan által generált DEM-et, illetve az EOTR szelvény szintvonalai alapján elkészült TIN modellt, melyet átalakítottam rasztermodellé ArcGIS-ben Topo to Raster funkcióval.

Első lépésként megvizsgáltam a két modell magasságkülönbségeit (33. ábra). Ehhez ki kellett vonnom egymásból a két modellt Quantum GIS-ben Raszter kalkulátorral.

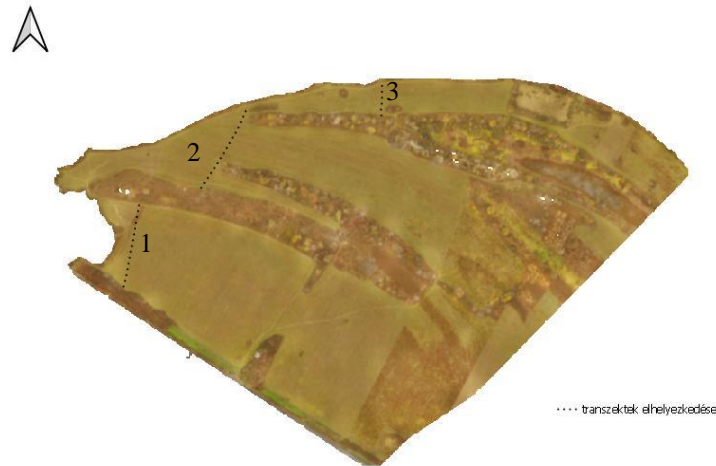


33. ábra Két modell közötti magasságkülönbségek centiméterben (saját szerkesztés)

Az ábra alapján megállapítható, hogy pozitív és negatív eltérések egyaránt vannak a két modell között. A nagyobb pozitív irányú eltérések a növényzettel borított területen jelennek meg, mert az EOTR szelvény alapján készült modell nem tartalmaz ilyen adatokat. Szinte a teljes mintaterületet egy 0,8 centiméteres pozitív eltérés jellemzi, mely alapján elmondható, hogy a két modell magassági adatai szinte azonos képet mutatnak. Negatív különbségek leginkább a terület szélén, a déli részen jelentek meg. Az eltérés abból adódhat, hogy az EOTR szelvény kisebb méretarányú, mint a fotogrammetriai modell, illetve méteres szintvonalközökkel készült, emiatt eltérőek a két modellen a magassági értékek. A magassági értékek különbsége abból is adódott, hogy az UAV repülésből származtatott modell felszínmodellnek tekinthető, azaz rajta a vegetáció magassága is megjelenik, azonban az EOV térkép szintvonalaiából domborzatmodellt generáltam, ami viszont csak a talajfelszín magassági viszonyait mutatja.

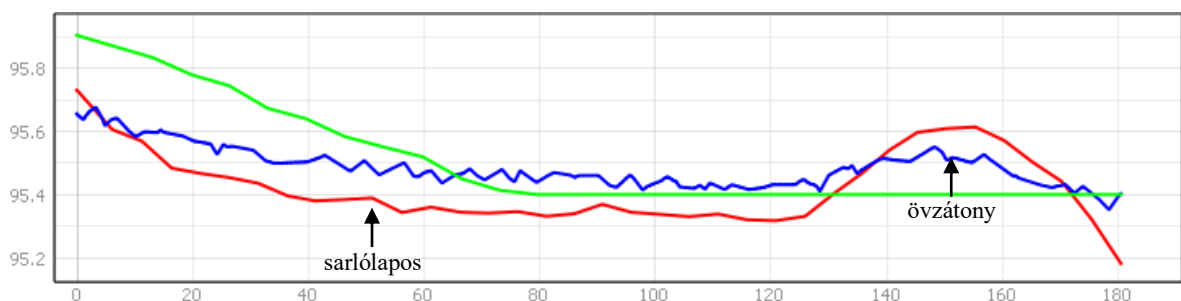
A domborzat részletes vizsgálatához három darab transzektet mértünk fel a mintaterületen Ruide RTK GNSS eszköz segítségével. A transzektet fásszárú növényzettől

mentes, sarlólapos-övező formákon jelöltük ki, amelyek elhelyezkedését a 34. ábra mutatja be.



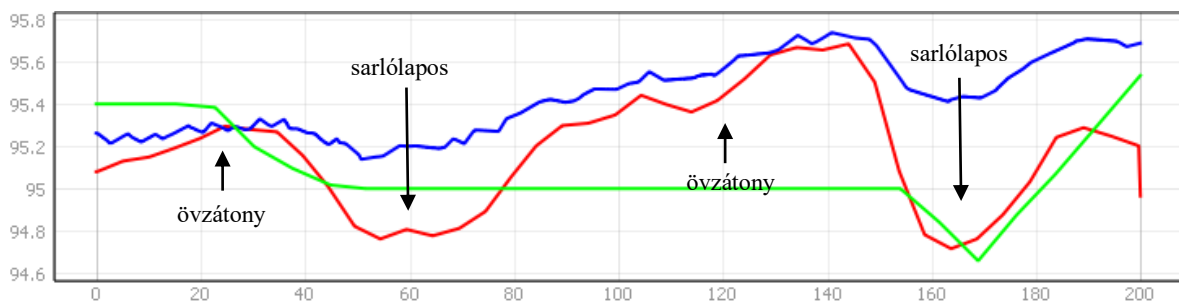
34. ábra Transzkek elhelyezkedése a Felső legelő mintaterületen (saját szerkesztés)

Az első transzekt (35. ábra) egy 180 méteres szakaszt ábrázol a mintaterületen. Az ábrán piros színnel az RTK-val felvett pontok metszete, zöld színnel az EOTR szelvény alapján készült modell, és kék színnel az UAV fotogrammetriai modell keresztmetszete látható. Ezen a keresztmetszeten kirajzolódik egy sarlólapos, amely egy övezőben folytatódik. A domborzatmodellben csak a magasságkülönbségek látszódnak, de maga az övező nem, mert a méteres szintkülönbségek alapján nem rajzolódik ki. A jelenlegi UAV felszínmodell, illetve a validálásra szánt RTK GPS transzekt között is megfigyelhető egy bizonyos szintű eltérés, mely a növényzet hatására alakult ki, illetve a felszint borító növényzet végett olyan szaggatott a felszínmodell jelképező görbe is.



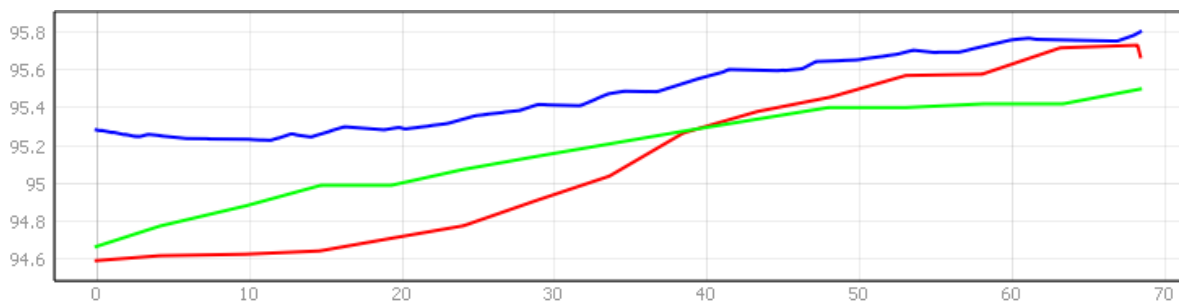
35. ábra Az 1. számú transzekt keresztmetszete, piros vonal: RTK GPS, zöld vonal: EOTR domborzatmodell, kék vonal: UAV felszínmodell (saját szerkesztés)

A második transzekt (36. ábra) mentén már élénkebb a domborzat rajzolata. A 200 méteres hosszúságban kijelölt vonal mentén folytonos váltakozásban vannak az övzátonyok és a sarlólaposok. A fotogrammetriai modell és a terepen felvett pontok között tapasztalható némi eltérés, mert az RTK műszer a tényleges talajfelszínt vette alapul, míg a fotogrammetriai modell, ami egy felszínmodell, számításba veszi a növényzet magasságát is. A vegetáció okozta magasságkülönbségek legjobban a második transzекten jelennek meg. Az övzátonyokon alacsonyabb növésű réti növényzet jellemző, míg a sarlólaposokban a bujább, ecsetpázsitos-sásas vegetáció magasabb méretű általában, ez okozhatta a magasságbeli eltéréseket is. Megfigyelhető a transzекten 40-160 méter között egy pozitív irányú feltöltődés, mely az 1980-as adatokban még nem mutatható ki, tehát ott a vizsgált időszakban történetelt akkumuláció.



36. ábra A 2. számú transzект keresztmetszete, piros vonal: RTK GPS, zöld vonal: EOTR domborzatmodell, kék vonal: UAV felszínmodell (saját szerkesztés)

A harmadik transzект (37. ábra) egy viszonylag sík, de enyhén emelkedő övezátony felszínét mutatja be. Ez egy körülbelül 70 méteres szelete a mintaterületnek. Ez a vonal van a folyóhoz legközelebb, emiatt alakulhatott ki itt kevesebb forma az elöntések miatt. Ezen a keresztmetszeten figyelhető meg legjobban a 2018-as és az 1980-as felszín egyezése.



37. ábra A 3. számú transzект keresztmetszete, piros vonal: RTK GPS, zöld vonal: EOTR domborzatmodell, kék vonal: UAV felszínmodell (saját szerkesztés)

A keresztmetszeteket összehasonlítva meglátszanak a hasonlóságok és a különbségek. Sokat befolyásolt a vizsgálatban az EOTR szelvény alapján készült modell, mert más méretarányú, mint a fotogrammetriai úton előállított modell, de így is jól meghatározhatóak voltak a terepviszonyok. A felszínfejlődést befolyásolhatták a nagyobb árvizek, de a Bodrogszeg ártéri akkumulációja árvízfüggő, a feltöltődés egy bizonyos ritmust követ. A felhalmozódás megállhat áradások nélkül, de árvizek idején is a lerakódott mennyiséget nagyban befolyásolja az árvíz időtartama. A legtöbb üledék a késő téli vagy kora tavaszi árvizekkel érkezik, mert ekkor a vegetáció gyér és kevesebb üledéket fog fel (Szabó et al, 2012).

## 6. Összegzés

Diplomamunkámban a Bodrozug ártéri felszínfejlődését és formakincsét vizsgáltam. Az egyetemen töltött hosszú évek során a kistájról szerzett tudásomat szerettem volna gyakorlati szinten is szemléltetni, ezért a dolgozat első felében egy részletes szakirodalmi kitekintést tettem. Bemutattam a Bodroköz felszínfejlődését, a főbb tájalkotó tényezőket és minden ehhez köthető fontos tudnivalót. A szakirodalmi áttekintésben továbbá szót ejtettem az izotópgeokémiai módszerekről, ami nagyon fontos tudományterület az üledékakkumuláció ütemének meghatározásában. Ezen kívül ismertettem pár mondatban az atomkísérletek főbb eseményeit, illetve a csernobili atomkatasztrófát, hogy a későbbi cézium-137 koncentrációnak a vizsgálata teljesen átlátható legyen.

A következő fejezetben bemutattam a mintaterületeket: a szelvényásások helyét, illetve a Felső legelő területét. A szelvényásások a Bodrozugban történtek, innen származik 90 darab talajminta két szelvényből, melyekből később több talajtani laboratóriumi vizsgálat készült, illetve az MTA ATOMKI Hertelendi Ede Környezetanalitikai Laborban <sup>137</sup>Cs izotóp vizsgálatok zajlottak a Horgony I.-es szelvény mintáin. A Felső legelő területén egy drónos lerepülést végeztünk, mely alapján felszínmodell készült.

A módszertan ismertetése volt a célom a következő fejezetben. Részletesen bemutattam először a laborvizsgálatokat. A Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék Fizikai Földrajzi Laboratóriumában készült szemcseösszetétel meghatározás, humusz- és mésztartalom vizsgálat, illetve kémhatás meghatározás is. A fejezet második felében pedig a domborzat- és felszínmodellek elkészítését ismertettem, melyek Agisoft Photoscan és Esri ArcGIS szoftverekben készültek el.

Ezt követően ismertettem az eredményeket, kezdve a laborvizsgálatokkal, majd a geomorfológiai megfigyelésekkel, melyeket geoinformatikai módszerekkel próbáltam alátámasztani. A laborvizsgálatok ismertetését szelvényrajzokkal egészítettem ki, hogy könnyebben vizualizálható legyen. A Horgony I.-es szelvény a Bodroghoz közelebb található egy övzátony-sarlólapos formákkal jellemzett területen. A laborvizsgálatok eredménye alapján megállapítható, hogy a szelvényt alapvetően kőzetliszt alkotja, de az agyag mennyisége sem elhanyagolható. A szemcsegörbén a nagyobb árvízi elöntések nyomait véltük felfedezni ott, ahol a homokfrakció csúcscsúszóan kiugrott. A folyóhoz közel többnyire a finomabb szemcséjű iszap, kőzetliszt és agyag akkumulálódik az árvizek során. A szelvény

alsó harmadában (74-86 cm) kissé megemelkedik a szervesanyag tartalom, melyet az üledék sötétebb színe is jelez, vélhetően a réti agyagszint lehet. A Horgony II mintaterület az előző szelvénytől északra található egy nyílt ártéri területen, a folyóktól közel azonos távolságra. Mintasorozatát túlnyomórészt kőzetliszt alkotja, de az agyagtartalma magasabb, mint a Horgony I. mintasorozatnak. A magasabb agyagtartalom és a kevesebb homokfrakciócsúcs azzal lehet összefüggésben, hogy a folyóktól való közel 1 km-es távolságban leginkább a legfinomabb szemcsefrakció képes kiüledni. A Horgony I-es szelvényben megfigyelt magasabb szervesanyag tartalmú réteg itt is megfigyelhető, de a felszínhez közelebb helyezkedik el (26-55 cm), feltehetően ez is egy réti agyagszint. A felette lévő öntésképződmény arra utal, hogy a folyóktól nagyobb távolságra lassabb és kisebb mértékű az üledék akkumulációja a területen.

A Környezetanalitikai Labor eredményei a várt eredményt hozták, szépen leolvasható róla, hogy mikor kezdődött az atomkorszak, illetve a főbb események is tökéletesen kirajzolódnak. Ilyen főbb esemény a Csernobilban történt reaktor robbanás, mely a legnagyobb cézium koncentrációt mutatta a szelvényben. Mivel ez egy fix dátum (1986, április 26.), így könnyen kiszámolhatóvá vált, hogy évente körülbelül mennyit töltődik a felszín a területen. Mivel a csernobili csúcs 20-22 centiméternél mutatkozik a szelvényben, így arra a következtetésre jutottunk, hogy 33 év alatt 0,6 cm/ év mennyiséggel gyarapszik a terület magassága, tehát a következtetések csaknem megegyeznek az Alsó-Tisza hullámterén mért akkumulációs rátával (Nagy J. et al 2017).

A felszínmodellekkel az volt a célom, hogy bemutassam a 40 év alatt bekövetkezett felszínváltozásokat. Elsőként a növényzetet vizsgáltam meg, mert szembetűnő volt a különbség a mai fásszárú vegetáció és az 1972-es légifotón látható növényzet között. A különbség kimutatása érdekében vektorizáltam a fásszárú növényzet határvonalát mindkét időpontban, illetve az egész területet lefedtem egy shape file-al és kiszámoltam, hogy mekkora területet foglal el. Kiderült, hogy 1972 óta közel megtízszereződött a fásszárú vegetáció területe a mintaterületen. A vizsgálat következő fázisa a modellek összehasonlítása volt. Első lépésként kivontam egymásból a két modellt, hogy megvizsgáljam azok magasságkülönbségét. Az eredményből megállapítható, hogy a területen pozitív és negatív eltérések egyaránt vannak a területen, de a nagyobb pozitív eltérések főleg a fásszárú vegetációval borított területen jelentkeznek. Maga az eltérés abból adódhat, hogy az EOTR szelvény kisebb méretarányú, mint a fotogrammetriai modell. Az EOTR szelvény alapján készült modell tekinthető domborzatmodellnek, mert a talajfelszín magassági viszonyait

mutatja, ezzel szemben az UAV repülésből származtatott modell egy felszínmodell, mert a vegetáció magassága is megjelenik rajta. A domborzat részletes vizsgálatához és a modellek validálásához három darab transzekt is fel lett mérve a mintaterületen RTK GNSS eszköz segítségével. A transzekttek 5 méterenként rögzített pontok sorozatából álltak.

A keresztmetszeteket összehasonlítva megmutatkoznak a hasonlóságok és különbségek a domborzatmodell és a felszínmodell között. Különbségeket főleg az okozta, hogy a felszínmodell számításba veszi a növényzetet is és jól kirajzolódik a keresztmetszeteken, hogy a sarlólaposokban egy bujább, magasabb vegetáció, míg az övzátonyokon egy alacsonyabb, gyepnövényzet található. A terület felszínfejlődését a nagyobb árvizek befolyásolhatták.

Összességében elmondható, hogy az UAV eszközzel történő modellezés alkalmas az ártéri mikroformák azonosítására. Előnyei között meg lehet említeni, hogy ezzel nagy mennyiségű adatot gyorsan, nagy területről lehet begyűjteni, hátrányai viszont, hogy drága eszközöket igénylő módszer, amely a zárt lombkoronán nem „lát át” és a növénytakaró tetejét veszi földfelszínnek.

## 7. Felhasznált irodalom

*A Víz Keretirányelv hazai megvalósítása VÍZGYŰJTŐ GAZDÁLKODÁSI TERV 2-4., Bodrogek, Vízügyi és Környezetvédelmi Központi Igazgatóság (VKKI), Észak-magyarországi Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság 2010. április*

*Balasubramanian, A (2017): Digital Elevation Model (DEM) in GIS, Centre for Advanced Studies of Earth Science, University of Mysore, Mysore*

*Balogh, A.-Kiss, K.(2014):Photogrammetric processing of aerial photographs acquired by UAVs, Hungarian Archeol 40. 1-8*

*Bertalan, L (2019): A horizontális mederdinamikában bekövetkezett változások geomorfológiai, hidrológiai és ökológiai összefüggései a Sajó hazai szakaszán, PhD értekezés, Debreceni Egyetem, Földtudományok Doktori Iskola, Debrecen*

*Bihari, Z. (2008): A Bodrogek emlősfaunája. In. Tuba, Z. (szerk): Bodrogek. Lorántffy Zsuzsanna Szellemében Alapítvány, Gödöllő, pp. 849-857.*

*Borsy Z. (1969): A domborzat kialakulása és mai képe. Bodrogek In: Pécsi, M. (szerk): A tiszai Alföld. Akadémiai Kiadó, Bp. 33–36.*

*Borsy, Z.- Fehér, A.- Félegyházi, E.- Kurucz, Gy.- Lóki, J. (1988): Bodrogek. Magyar Tudományos Akadémia Miskolci Akadémia Bizottsága, Miskolc*

*Csoma, J.- Kovács, D.- Szilágyi, J. (1979): A magyarországi folyók szabályozása. In: Kovács D. (szerk.): Árvízvédelem, folyó- és tószabályozás, víziutak Magyarországon. OVH, Budapest, 1979, pp. 339-465.)*

*Dabolczi, J. (1979): Magyarország árvízvédelmi rendszere. In: Kovács D. (szerk.): Árvízvédelem, folyó- és tószabályozás, víziutak Magyarországon. OVH, Budapest, 1979, pp. 60-185.)*

*Félegyházi, E.- Kiss, T.- Szabó, J. (2006): Természetföldrajzi gyakorlatok. Debreceni Egyetem, Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen*

*Gémesi, Z. (2008): Radiológiai mérési módszerek, modellek alkalmazása természetes ökoszisztémák és az épített környezet vizsgálatára, doktori értekezés, Szent István Egyetem, Környezettudományi Doktori Iskola, Gödöllő*

*Ihrig, D. (1973): A magyar vízszabályozás története; Országos Vízügyi Hivatal, Budapest*

*Kerényi, A. (2006): Általános környezetvédelem, Mozaik Kiadó, Szeged p-pp 125-128*

*Lóki, J. - Félegyházi, E. (2008): A Bodrogek kialakulása és mai felszíne. In. Tuba Z. (szerk.) Bodrogek, Lorántffy Zsuzsanna Szellemében Alapítvány, Gödöllő, pp. 99-123.*

*Nagy, J.- Fiala, K.-Blanka, V.-Sipos, Gy.-Kiss, T.(2017): Hullámtéri feltöltődés mértéke és árvizek közötti kapcsolat az Alsó-Tiszán, Földrajzi Közlemények, 2017.141.1. pp 44-59*

Oroszi, V. (2009): Hullámtér-fejlődés vizsgálata a Maros magyarországi szakaszán, PhD értekezés, SZTE-TTIK Földtudományok Doktori Iskola, Szeged

Pintér, F. (2005): Az izotópgeokémia alkalmazása az archeometriai kerámiavizsgálatokban, Archeometriai Műhely 2005/2 p-pp 52-56

Rajkai, K- Tóth, G. (2010): Talajok, In: Dövényi, Z. (szerk): Magyarország Kistájainak Katasztere. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest. p-pp 146-147

Szabó, J.- Vass, R.- Tóth, Cs. (2012): Examination of fluvial development on study areas of upper- Tisza region, Carpathian journal of Earth and environmental sciences 7, pp 241-253.

Szabó, G.- Bertalan, L.- Barkóczi, N.- Kovács, Z.- Burai, P.- Lénárt, C. (2018): Zooming on Aerial Survey, In: Cassagrande, G.-Sik, A.-Szabó, G. (Eds): Small Flying Drones: Applications for Geographic Observation, Springer International Publishing

Szabó R. (2017): Az atombomba története, Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Budapest

Szabó, Zs.- Tóth, Cs. A.- Tomor, T.- Szabó, Sz. (2017): Airborne LiDAR point cloud in mapping of fluvial forms: a case study of a Hungarian floodplain, GIScience & Remote Sensing

Szabó, Zs.- Tóth, Cs. A.-Holb, I.-Szabó, Sz. (2020): Aerial Laser Scanning Data as a Source of Terrain Modeling in a Fluvial Environment: Biasing Factors of Terrain Height Accuracy, Sensors 2020, 20, 2063

Tuba, Z.- Szirmai, O. (2008): A magyarországi Bodrogek (ÉK- Magyarország) kistáj természetrajza. *Folio Historico Naturalia Musei Matraensis*, 32, pp. 7-14.

Tuba, Z. - Szirmai, O. (2008): A magyarországi Bodrogek, mint földrajzi kistáj. In. Tuba Z. (szerk.): Bodrogek, Lorántffy Zsuzsanna Szellemében Alapítvány, Gödöllő, pp. 17-25.

Varga J. (2008): A Bodrogek faunájának természeti értéke és zoogeográfiája, In. Tuba Z.(szerk.): Bodrogek, Lorántffy Zsuzsanna Szellemében Alapítvány, Gödöllő

Vass, R. (2014): Ártérfejlődési vizsgálatok felső-tiszai mintaterületeken, PhD értekezés, Debreceni Egyetem, Földtudományok Doktori Iskola, Debrecen

Vitányi, B.- Németh, Á. (2008): A Bodrogek éghajlata. In. Tuba Z.(szerk.): Bodrogek. Lorántffy Zsuzsanna Szellemében Alapítvány, Gödöllő, pp. 125 – 131.

Walling D.E. - He Q. (1997): Use of fallout <sup>137</sup>Cs in investigation of overbank sediment deposition on river floodplains. *Catena* 29: 263-282.

Walling D.E. - He Q. (1999): Changing rates of overbank sedimentation on the floodplains of british rivers during the past 100 years. In Brown A.G. – Quine T.A. (eds.) *Fluvial processes and environmental change*. 207-222.

Walling D.E. - Owens P.N. – Leeks G.J.L. (1998): The role of channel and floodplain storage in the suspended sediment budget of the river Ouse, Yorkshire, UK. *Geomorphology* 22: 225-242.

*Westoby, M.J.-Brasington, J.-Flasser, N.F.-Hambrey, M.J.-Reynolds, J.M. (2012):*”Structure-from-Motion” photogrammetry: A low-cost effective tool for geoscience applications, *Geomorphology* 179, 300-314

*Wise, S.M (1980):* Caesium-137 and lead-210: a review of the techniques and some applications in geomorphology. In: Cullingford, R.A., Davidson, D.A., and Lewin, J. (eds) *Timescales in Geomorphology*. John Wiley, Chichester, UK, p-pp 109-127

### **Internetes hivatkozások:**

**Internet-1:**<http://anp.nemzetipark.gov.hu/tokaj-bodrogzug-tajvedelmi-korzet> (Letöltve: 2020.05.05)

**Internet-2:** [www.termeszetvedelem.hu/ramsari-egyezmey](http://www.termeszetvedelem.hu/ramsari-egyezmey) (Letöltve: 2020.05.05)

**Internet-3:** <http://natura.2000.hu/hu/node/253> (Letöltve: 2020.05.05)

**Internet-4:**[http://anp.nemzetipark.gov.hu/\\_user/browser/File/Bodrogkoz.pdf](http://anp.nemzetipark.gov.hu/_user/browser/File/Bodrogkoz.pdf) (Letöltve: 2020.05.05)

### **Internet-5:**

[https://matramuzeum.nhmus.hu/sites/default/files/nhmusfiles/kiadvanyok/fofia/vol30/071\\_073Matra.pdf](https://matramuzeum.nhmus.hu/sites/default/files/nhmusfiles/kiadvanyok/fofia/vol30/071_073Matra.pdf) (Letöltve: 2020.05.05)

**Internet-6:** [http://bodrogkoz.ns01.biz/wp-content/uploads/2013/07/bkoz\\_energia\\_es\\_tajgzadalkodas\\_2011.pdf](http://bodrogkoz.ns01.biz/wp-content/uploads/2013/07/bkoz_energia_es_tajgzadalkodas_2011.pdf) (Letöltve: 2020.05.05)

### **Internet-7:**

[www.geocaching.hu/images.geo?id=31422&group=2996&table=cache\\_images&wi=800&he=600](http://www.geocaching.hu/images.geo?id=31422&group=2996&table=cache_images&wi=800&he=600) (Letöltve: 2020. 05. 14.)

**Internet-8:**[http://aszodiattila.blog.hu/2016/04/26/csernobil\\_201](http://aszodiattila.blog.hu/2016/04/26/csernobil_201) (Letöltve: 2020.05.05)

**Internet-9:**[www.nak.hu/tajekoztatasi-szolgalatas/kornyezetgazdalkodas/100435-amiroi-a-talajvizsgalati-eredmenyek-beszelnék-ii](http://www.nak.hu/tajekoztatasi-szolgalatas/kornyezetgazdalkodas/100435-amiroi-a-talajvizsgalati-eredmenyek-beszelnék-ii) (Letöltve: 2020.05.05)

**Internet-10:** [www.agisoft.com](http://www.agisoft.com) (Letöltve: 2020.05.05)

**Internet-11:** [www.ian-ko.com/resources/triangulated\\_irregular\\_network.htm](http://www.ian-ko.com/resources/triangulated_irregular_network.htm) (Letöltve: 2020.05.05)

### **Internet-12:**

[http://m.blog.hu/as/aszodiattila/dokumentumok/csernobili\\_atomeromu\\_baleset\\_betiltott\\_tanulmany.pdf](http://m.blog.hu/as/aszodiattila/dokumentumok/csernobili_atomeromu_baleset_betiltott_tanulmany.pdf) (Letöltve: 2020.05.05)

[www.fentrol.hu](http://www.fentrol.hu)

## **8. Köszönetnyilvánítás**

Köszönetemet szeretném kifejezni Dr. Tóth Csaba Albertnek, hogy szakmai tudásával végig támogatott ezen a rögzös és új ismeretekkel teli úton. Köszönöm a rengeteg iránymutatást és támogatást!

Külön köszönettel tartozom Sósne Mező Krisztinának és Tóth Csillának, akik a Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék Fizikai Földrajzi Laboratóriumában beavattak a labormunkák rejtelseibe és sok hasznos tanáccsal támogatták a vizsgálatok előrehaladását.

Továbbá szeretném megköszönni az MTA ATOMKI Hertelendi Ede Környezetanalitikai Labor munkatársainak a talajminták elemzését.