

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT
EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR
FÖLDRAJZ- ÉS FÖLDTUDOMÁNYI INTÉZET
GEOFIZIKAI ÉS ŰRTUDOMÁNYI TANSZÉK

A DUNA FŐ SODORVONALÁNAK VÁLTOZÁSA A MOHÁCSI-SÍK KÖRZETÉBEN A XVII. SZÁZADTÓL NAPJAINKIG

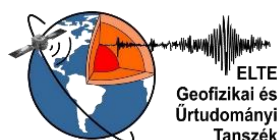
SZERZŐ:

HERCZEG BÁLINT

TÉMAVEZETŐ:

DR. SZÉKELY BALÁZS

egyetemi docens



Budapest

2025

Tartalomjegyzék	2
1. Bevezetés	3
2. Helyszín bemutatása	4
3. Felhasznált adatok	7
3.1 LIDAR alapú domborzatmodell	7
3.2 Műholdképek	8
3.3 Történelmi térképek	8
3.3.1 A három Habsburg katonai felmérés	9
3.3.2 Az EKF és MKF közötti időszak	10
3.3.3 Marsigli térkép és Müller térkép	10
3.3.4 Mape of Hungari	12
3.3.5 Tabula Hungariae	12
3.3.6 Történelmi térképek adatai	13
4. Módszerek	14
4.1 Georeferálás	14
4.2 Hidrológiai rekonstrukció a történelmi térképek alapján	15
4.3 Szinuoztás számítás	16
4.4 Alkalmazott szoftverek	17
5. Eredmények	17
5.1 Helyszíni megfigyelések	17
5.2 Duna fő és mellékágának felcserélődése a térségben	18
5.3 Szigetfejlődés	19
5.4 Holtágak keletkezési sorrendje	20
5.5 Szinuoztás időbeli fejlődése	21
5.6 Szinuoztás a Mohácsi-sík holtágainál	22
5.7 A Duna 500 év alatti változása a történelmi térképeken	22
6. Diskusszió	23
6.1 Szinuoztás időbeli fejlődése és annak valószínűsíthető magyarázata	23
6.2 Kanyargósság megjelenítése a történelmi térképeken	25
6.3 Átmeneti változások a XVIII. század elején	25
6.4 Vetületi ábrázolás megjelenése utáni térképek összehasonlítása	26
6.5 Térképi hibák vagy valós változások	27
6.6 Ellentmondás a rekonstrukciónál	28
6.7 Csata potenciális helyszínei	29
6.8 Az időjárás hatásai	31
7. Összegzés	32
8. Köszönetnyilvánítás	33
9. Források	34

1. Bevezetés

Közeledik az 1526 augusztusában lezajlott Mohácsi csata ötszáz éves évfordulója, és ennek alkalmával sok kutatás vonatkozik az ütközet helyszínére és következményeire. Sok vita folyik arról, hogy a csata és a fázisai konkrétan hol zajlottak, milyen módon mentek végbe, milyen hibák történtek a hadvezetés részéről.

Az ütközettel kapcsolatban nemcsak hadtörténeti, hanem környezettörténeti kutatások is folynak melyek a terület geomorfológiáját vizsgálják. Emellett hidrológiai szempontból is vizsgálják a területet, mert a csatában a vízrajz is fontos szerepet játszott, ezért például a térség mederváltozásai is szükségesek ahhoz, hogy rekonstruálható legyen a csata helyszíne, eseményei.

A történelmi térképeken a Tabula Hungariae-től (LAZARUS 1528) kezdve (ld. pl. SZÉKELY 2009) nyomon követhető a Duna mederváltozása szinte az egész Magyar Királyságban, ami az elmúlt majdnem ötszáz év alatt érdemi változásokon ment keresztül. Dolgozatomban ezt vizsgálom a Mohácsi-sík tágabb környezetére vonatkoztatva.

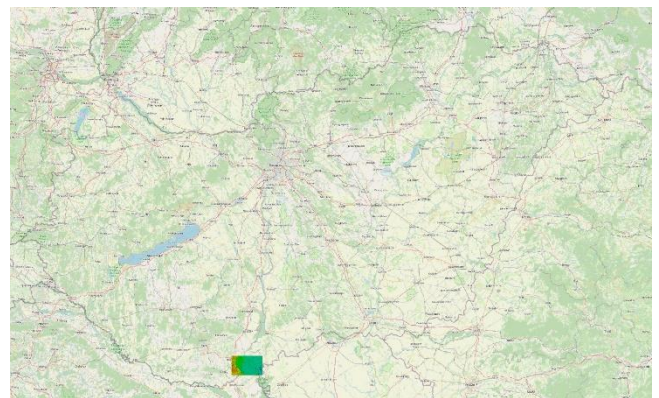
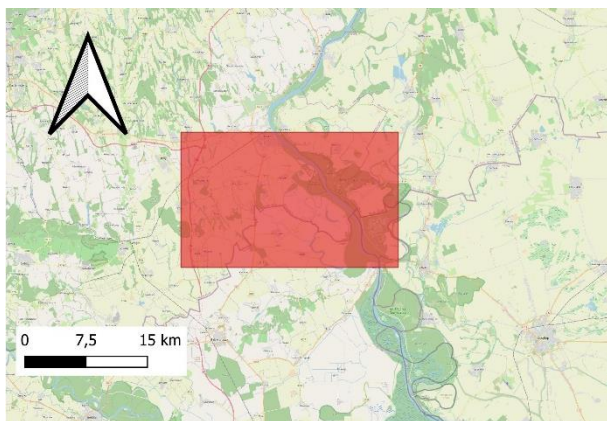
A geomorfológiai kutatások azt bizonyítják (VICZIÁN 2022) csata helyszínéül szolgáló területen a Dunának különböző teraszszintjei vannak, ezek közül feltételezhetően a magasabban fekvő nem volt kitéve áradásnak, nem volt vízjárta terület, viszont széles, lapályos terület, ezért szolgálhatott az ütközet helyszínéül.

Ennek következtében érdemes kutatni, hogyan alakultak a teraszok, a folyóágak mikor voltak aktívak és mikor fűződhettek le. Az teljesen bizonyos, hogy az egykori vízrajz érdemben eltért a maitól. Az én kutatásom is ennek a feltárását célozza meg különféle módszerekkel.

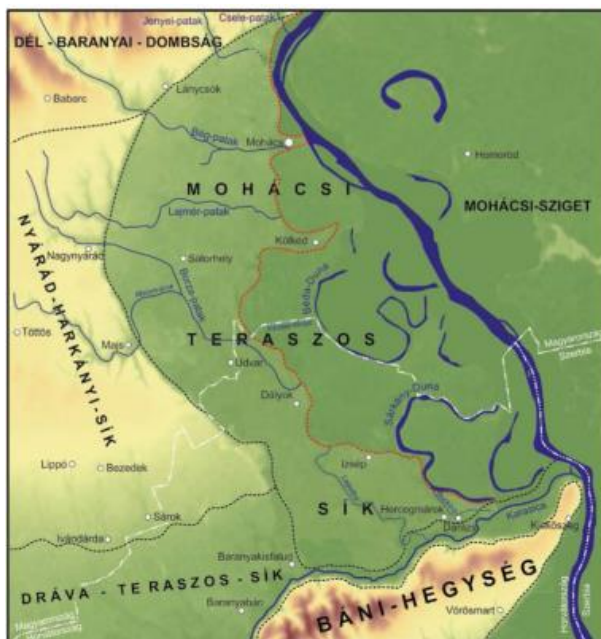
2. Helyszín bemutatása

A csata helyszínének (1. és 2. ábra) kutatásának egyik alapja az ütközetben résztvevő Brodarics elbeszélése (VARGA 2022), az ő tájleírása és emlékei a csata mozzanatairól, ami képet ad az akkori állapotokról.

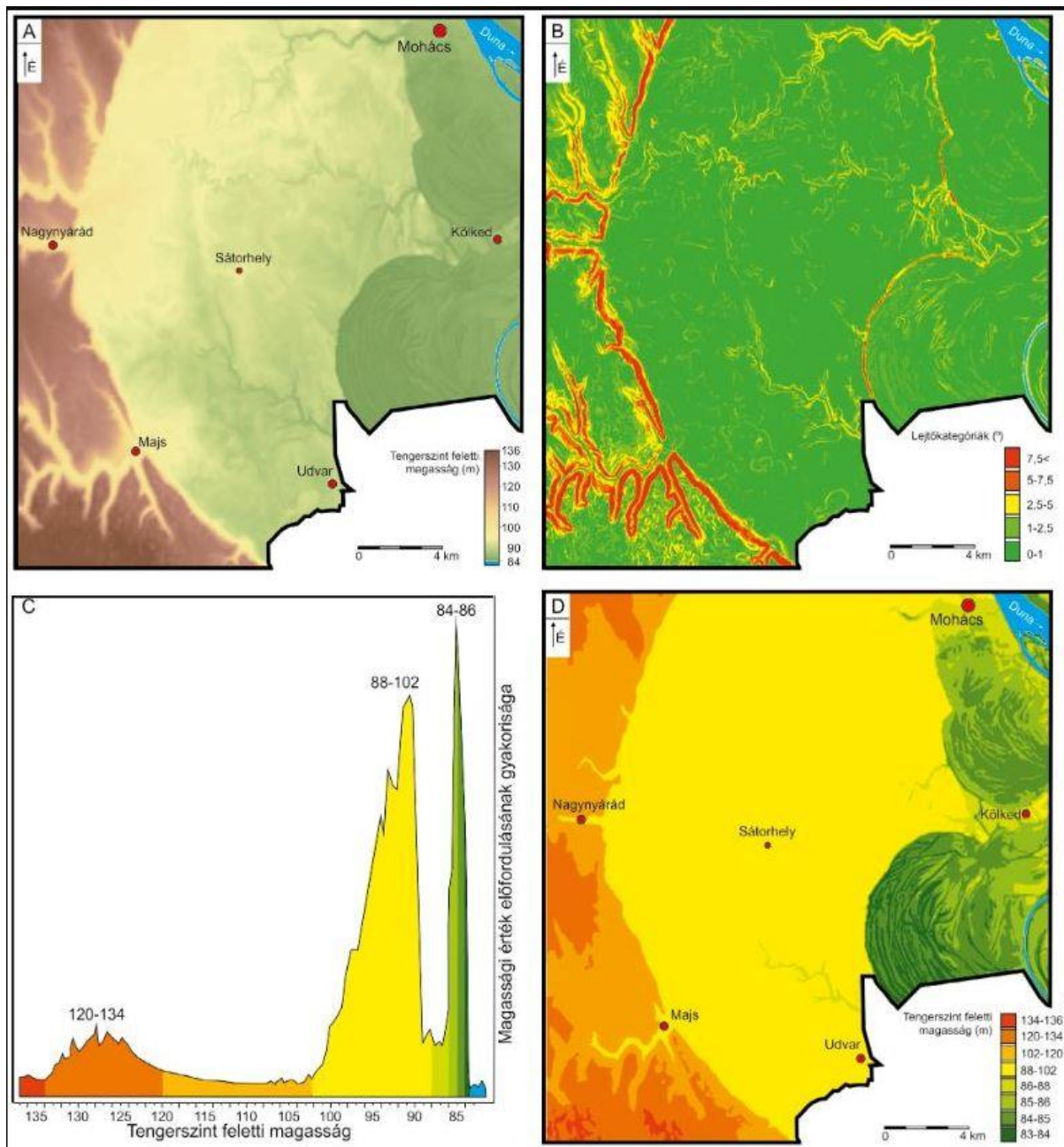
Ahogy azt később a diszkusszióban írom, a térségben jelentős mocsarak alakultak az esőzések következtében és a Duna is megáradt.



1. ábra A vizsgált terület 26,5 km x 16,5 km nagyságú. A Duna nyugati ágának Mohács és Batina (Horvátország) közötti szakasza van rajta



2. ábra Helyszín mai állapotának bemutatása (VICZIÁN et al. 2023). Mohácsi teraszos sík és környezetének domborzatmodellje a kistájak és a mai vízrajzfeltüntetésével. Jelmagyarázat: fekete szaggatott vonal: kistájhatár; piros szaggatott vonal: teraszperem; fehér szaggatott vonal: államhatár



3. ábra. Mohácsi teraszos sík környezetében lévő geomorfológiai szintek jellemző tengerszint feletti magasságai a Mohács és Udvar közötti részen. Jelmagyarázat: A - digitális domborzatmodell; B - lejtőkategória térkép; C - a felszín tengerszint feletti magasságának eloszlását bemutató hisztogram; D - a terület hármass tagoltsága a felszín tengerszint feletti magassága alapján (SZÁVOSZT-VASS 2024)

A 3. ábrán (D panel) kiválóan megfigyelhetjük a terület hármosztatúságát, illetve azt, hogy a különböző teraszszintek között 2-20 m szintkülönbség a jellemző. Az egykori csatahelyszínek sajátosságait felfedezhetjük a domborzatban, rálátási lehetőség, ugyanakkor védekező, illetve rohamozásra alkalmas sík területek kínálóznak.

Magyar oldalról csata helyszínválasztása és az időzítés viszont nem volt megfelelő, a döntés okozta sokak halálát is, mert amikor a magyar csapatokat visszavonulásra kényszerítették, az egyébként természetes módon a csapatokat keleti szárny felől védő mocsár a vesztlüket jelentette, amikor kelet felé szorulva erre próbáltak menekülni (VARGA 2022). A Duna másik harcászati jelentősége pedig az volt, hogy a török hajók blokádot állítottak a folyón, ezzel megelőzve, hogy a magyarok erősítéshez juthassanak (VARGA 2022). Ezért fontos az egykori hidrológiai viszonyok lehetőség szerinti rekonstrukciója.

Hogy mennyire igaz, hogy a korabeli vízrajz érdemben eltért a maitól, elsőként érdemes a jelenlegi digitális domborzatmodellt, a terület úrfelvételét és térképét megvizsgálni (4. ábra).



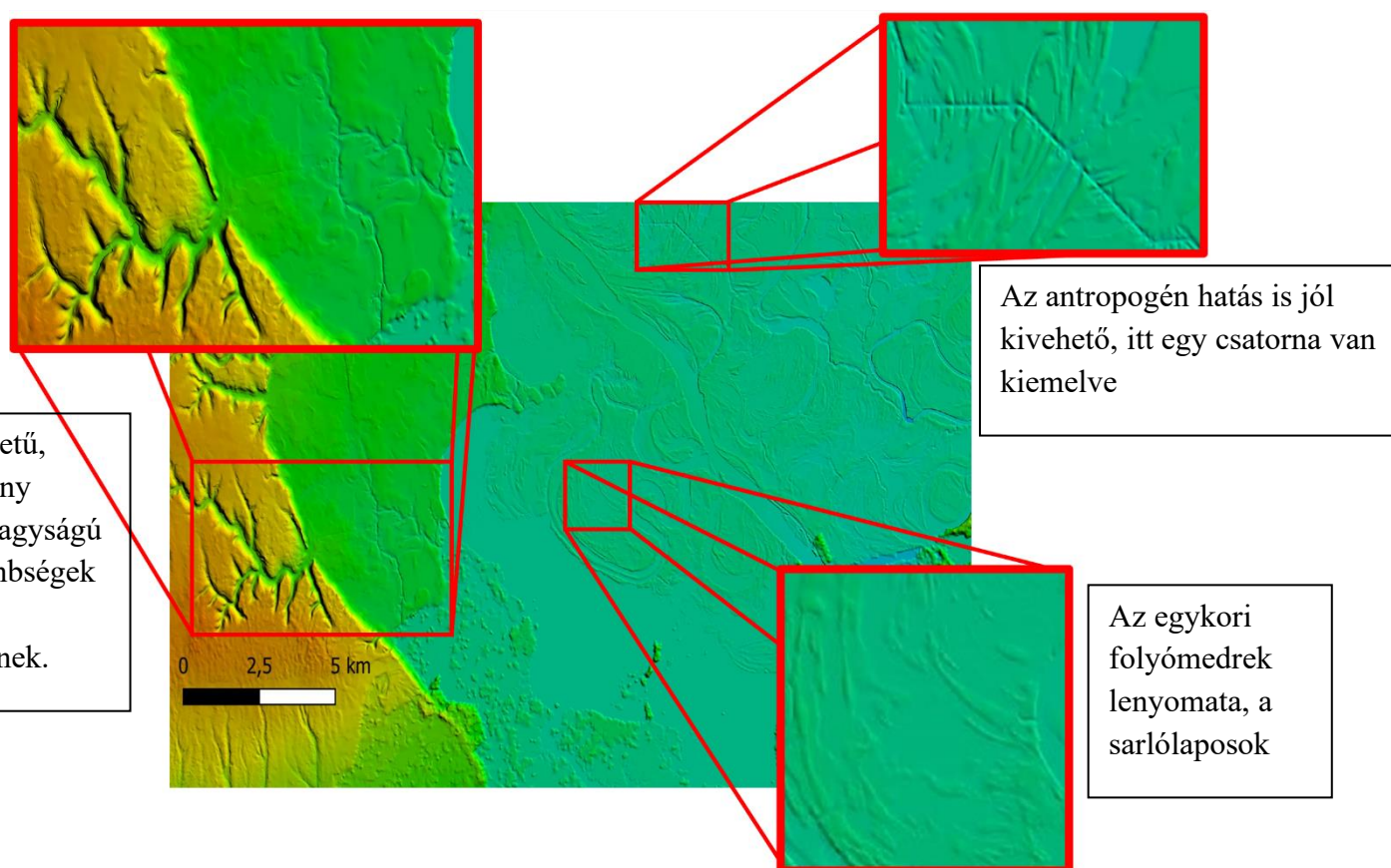
4. ábra. Bal panel: vizsgált területet meghatározó LIDAR domborzatmodell, amelyet a pécsi Janus Pannonius Múzeum bocsátott a rendelkezésemre, rajta néhány, a kutatás szempontjából fontos település kiemelve. Középső panel: műholdképen ugyanaz a terület (Google Earth 2024). A műholdképen és az OpenStreetMap-en (jobb panel) is megfigyelhető több holtág, feltöltődött, olykor egymást átmetsző egykori meder, ezeket a későbbiekben mutatom be részletesen. Jelenlegi Duna medre a szabályozási munkák eredményeként szinte egyenes a történelmi állapotokhoz képest.

3. Felhasznált adatok

Munkám során számos adatrendszerrel dolgoztam: digitális terepmodellel, űrfelvételekkel, történelmi térképekkel. Ebben a szakaszban ezeket az adatokat mutatom be, a terjedelmi korlátok miatt csak vázlatosan.

3.1 LIDAR-alapú domborzatmodell

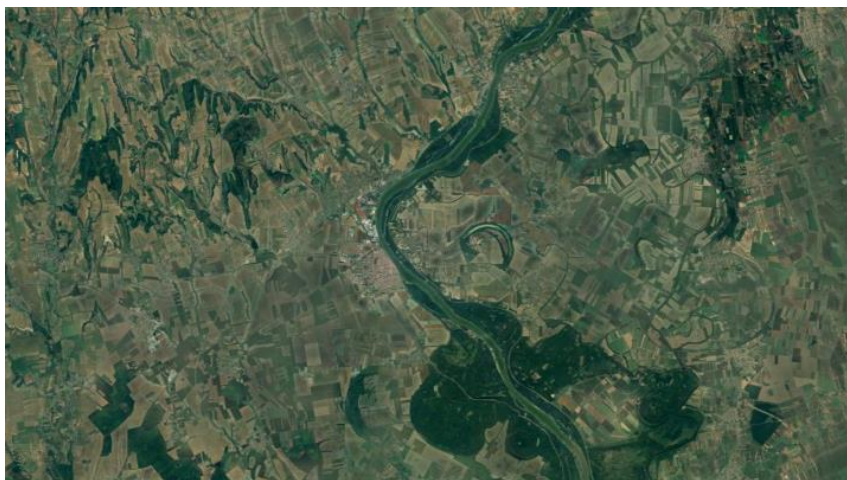
Jelenleg a domborzat és a környezet pillanatszerű adatfelvételezésére a legalkalmasabb eszköz a távérzékelés. A domborzat modellezésére az utóbbi évtizedekben a lézerszkennelésen (LIDAR) alapuló digitális domborzatmodellek váltak be. A jelen projektben a Janus Pannonius Múzeumtól kapott 1 méteres felbontású LIDAR-alapú domborzatmodellt használtam. Az adatrendszerre a rendkívüli pontosság jellemző, a jelen helyzetet mutatja be, antropogén hatásokkal együtt: a csata óta eltelt fél évezred emberi tevékenység lenyomata is megfigyelhető (5. ábra).



5. ábra. A LIDAR domborzatmodell. Rendkívül pontos, a szintkülönbségek és ebből következően a mikrodomborzat is jól megfigyelhető. Hátránya, hogy nem mentes az antropogén hatástól és mederváltozások néhány helyen valószínűleg elfedték a korábbiakat.

3.2 Műholdképek

A műholdképek lehetőséget biztosítanak a hidrológiai elemek megfigyelésére, megfelelő körülmények között az egykori folyómedrek lenyomatai is látszódnak (6. ábra). Hátránya és előnye is, hogy a növényzetet is mutatja, ez hátrány mert szezonális, de takarásban maradhatnak fontos részletek, és előnyi mert megfigyelhető az emberi tevékenység, illetve annak hiányából is lehet következtetéseket levonni az adott területről.



6. ábra A vizsgált terület műholdas képe (Google Earth 2024). Jól látható a Duna jelenlegi medre, amely Mohácsnál majdnem derékszögben elfordul, továbbá számos egykori mederszakasz, ma jórészt morotvatavak formájában. Az egykori kanyargósság ma már nem annyira nyilvánvaló, ez részben a folyószabályozások miatt alakult ki, másrészt a folyó paraméterei mint a sebesség, vagy a hordalékhozam, jelentősen változott az évszázadok alatt

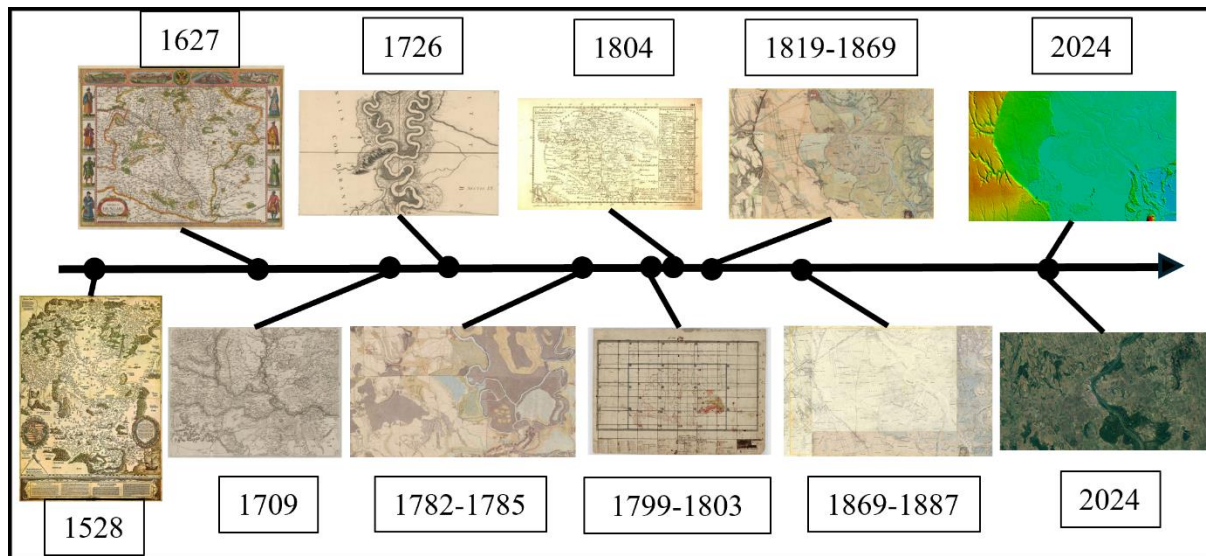
3.3 Történelmi térképek

A régi idők térképei és térképművei lehetőséget adnak arra, hogy betekintést nyerjünk elmúlt korszakokba. Az egykori térképszerkesztők óriási erőfeszítéseket tettek a valóság térképszerű rögzítésére, és a jó hír az, hogy – noha változó technológiával – lényegében a Mohácsi csata óta eltelt időre szinte folyamatosan van valamilyen térképmű.

Célom volt folyamatában elemezni a változásokat ezért – a szokványostól eltérően – időben visszafelé haladva számos archív és történelmi térképet és térképművet használtam fel. Azért haladtam időben visszafelé, hogy a csata időpontjához közeledve lépésenként tudjam megfigyelni a változásokat. Továbbá így a pontos térbeliség irányából közelítettem a nagyobb bizonytalanság felé.

A vetületi ábrázolás előtti térképek jellemző ábrázolástechnikája az, hogy az objektumokat a leginkább felismerhető perspektívájukban ábrázolják. Ezáltal olyan műveket hoztak létre, amelyek jellegében ábrázolták a korabeli tájat.

A térképezés fejlődése szorosan kapcsolódik a katonai igényekhez és azok megváltozásához, számos térkép a kifejezetten az adott ország hadseregének készült, gyakran tisztek végezték a felméréseket is, például az általam vizsgáltak közül többet is (7. ábra).



6. ábra Az általam felhasznált térképek és adatok idővonala. Kronológiai sorrendben: Lazarus(1528): *Tabula Hungariae*, Speed (1626): *Mape of Hungari*, Müller(1709): *Augustissimo Romanor. Imperatori Iosepho I. Hungaria Regi Invictissimo Mappam Hanc Regni Hungariae*, Marsigli (1726): *A Duna Bécs és Giorgio közti szakaszának térképe*. [B IX b 112] EKF, Lipszky János(1804): *Mappa Hungariae*, Korabinszky János(1804): *Atlas Regni Hungariae Portatilis*, MKF, HKF, GoogleEarth(2024) és a LIDAR domborzatmodell.

3.3.1 A három Habsburg katonai felmérés

A dolgozatban a katonai felméréseket (az Osztrák-Magyar Birodalom katonai felméréseit) a szakirodalomban is gyakran használt formában EKF-nek (Első Katonai Felmérés), MKF-nek (Második Katonai Felmérés), illetve HKF-nek (Harmadik Katonai Felmérés) fogom rövidíteni.

A Habsburg Birodalom számos feltérképezést finanszírozott, ennek következményeképpen Magyarország területe a XIX. században már a korhoz képest rendkívül precízen fel lett mérve. Többek között ezért is foglalkoztam az első három katonai felméréssel (8. ábra).

A XX. századból azért nem használtam térképet, mert már a HKF is szinte tökéletesen illeszkedett a mai domborzathoz, és vélhetően a XIX. század végi folyószabályozás befejezése miatt a területen nem ment végbe érdemi változás.

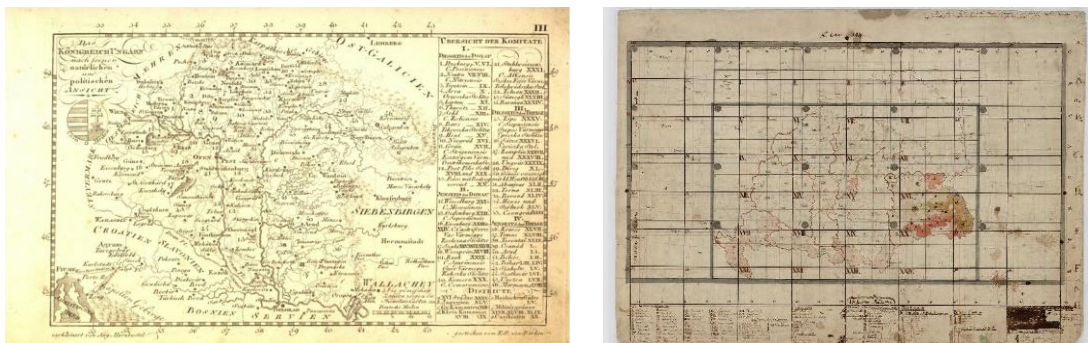


7. ábra A három katonai felmérés. Sorrendben az első, második és harmadik. Több mint egy évszázadot öleltek fel a felmérések és az ebben az időszakban változó katonai igényeket elégítették ki. Továbbá azért is készültek mert ebben a korszakban gyorsan fejlődött a technológia, ezért lehetőség és szükség is volt a pontosabb térképekre, nőtt az emberi beavatkozás mértéke és üteme is. A második és a harmadik pontossága figyelemreméltó, az elsőnél már van bizonytalanság. Nagyon könnyen összevethetőek, georeferáltságuk teljes vagy szinte teljes (TIMÁR et al. 2006).

Az EKF volt az első, általam vizsgált, már vetülettel rendelkező térkép és térképezi hibái még 100 méteres nagyságrendűek, ez a másodikkal összevetve egyértelműen látszik, de a folyókanyarulatok és a végbement változások jól megfigyelhetők.

3.3.2 Az EKF és MKF közötti időszak

Az MKF és EKF közötti időszakban több felmérés is történt, ezek közül két, egymáshoz nagyon közeli időpontban készültet választottam elemzésre: Korabinszky- és a Lipszky-térképet (9. ábra).



8. ábra. Bal oldalon Korabinszky János 1804-es térképe, jobb oldalon Lipszky János 1803-ban kiadott műve látható.

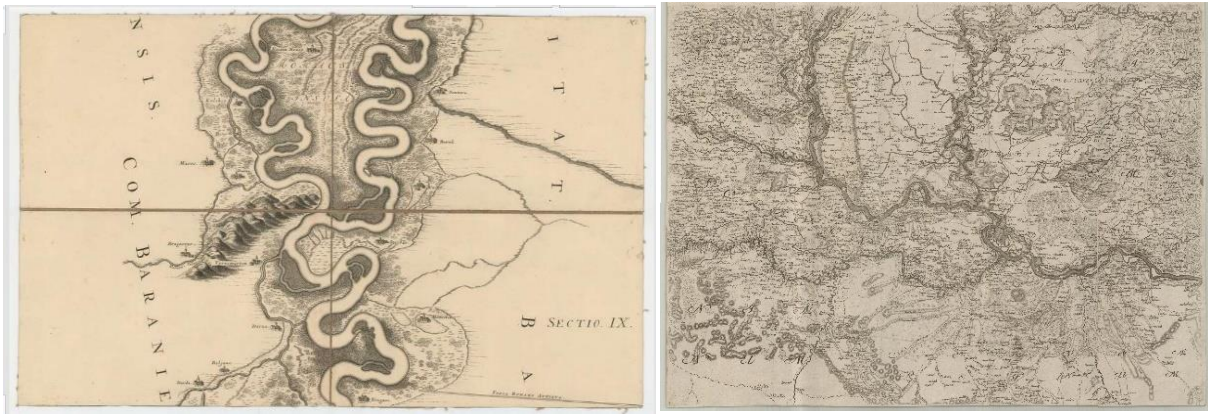
3.3.3 A Marsigli-térkép és a Müller-térkép

Ezt a két térképművet azért vettem együtt, mert mindkettő a XVIII. század elején készült és mindössze évtizednyi a kiadásuk közti időkülönbség, viszont a céljuk más. A Marsigli-térkép egy folyótérkép, kifejezetten a Duna részletes ábrázolása volt a célja a kartográfusnak. Ez

abban nyilvánul meg, hogy a Müller-térképen a folyó jóval kisebb részletességgel van felmérve, viszont számos részletet tartalmaz a kor vízrajzáról (10. és 11. ábra).



9. ábra. A Müller-térkép gumilepedős módszerrel készült georeferált verziója. Ahogy ezt később említtem, ez módszer sok torzítást okoz a képen, viszont adott pontokra illetve térképi elemekre nézve pontos térképet ad.



10. ábra. A Habsburg katonai felmérések előttről két aránylag jól használható térképpel dolgoztam, a Johann Christoph Müller (jobb) és Luigi Ferdinando Marsigli (bal) által készítettekkel. Mindkét kartográfus a Habsburg Birodalom megbízásából végzett felméréseket, az impérium déli határvidékéről, illetve a Duna vonala mentén. A tizenhetedik század végén, tizennyolcadik század elején, miután a török hódoltság alól felszabadult a Magyar Királyság területe, szükségessé vált, elsősorban katonai célokra, az addigi gyakran inkább leíró térképek helyett letisztult térképezés.

3.3.4 Mape of Hungari



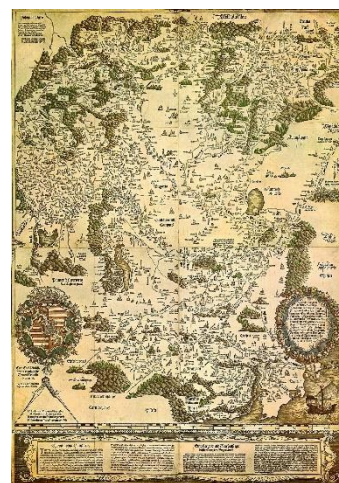
11. ábra Mape of Hungari, az objektumok felismerhetőségére törekvő ábrázolásmód. A Tabula Hungariae-hez hasonló, a Dunakanyar ezen sem jelenik meg.

Ezekből korábbi, az angol John Speed féle *The Mape of Hungari*, amely 1626-ban jelent meg (12. ábra). Térkép volta mellett az is a célja, hogy kulturális betekintést nyújtson a kor Magyarországról, szélein különböző társadalmi osztályok jellemző ruházata, a lap tetején az építészet jelenik meg.

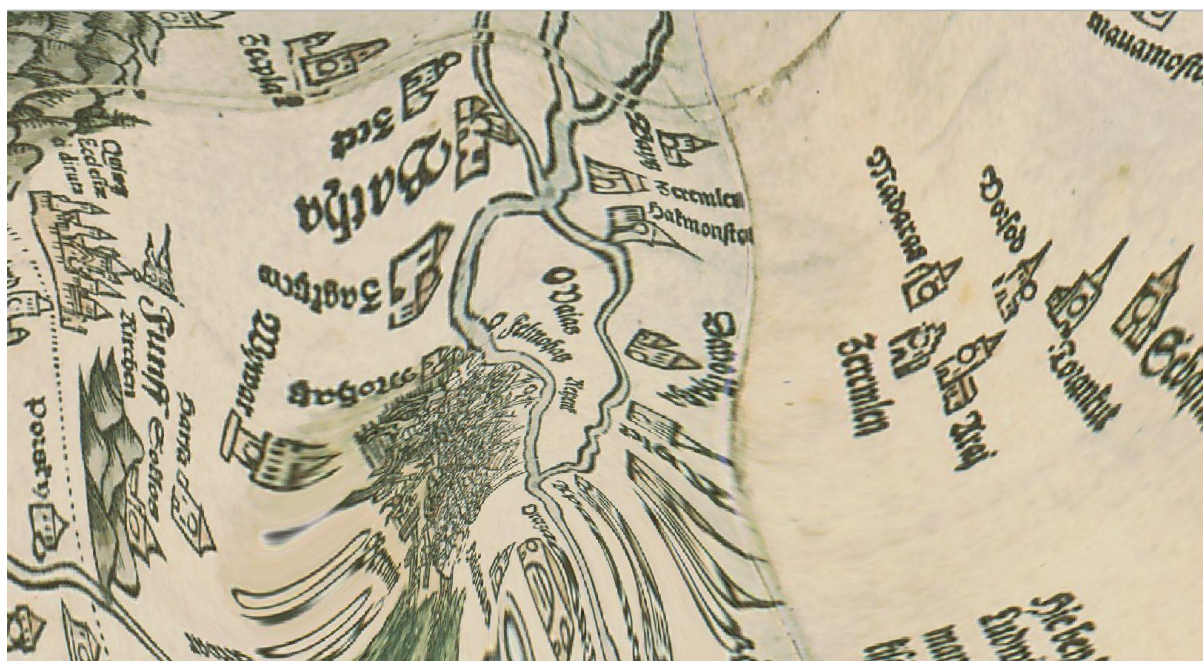
„Speed atlaszának térképei azonban nem eredeti munkák. John Speed maga vallja be a *Theatre bevezetőjében*, hogy „talán kifogásolható, miként én mások búzájába akasztottamsarlómat és más emberek alapzatára építettem házamat”, így a Magyarország-térképhez is Gerard Mercator Hungaria-térképét használta fel, annak hátoldalán lévő szöveg forrása pedig Peter Heylyn oxfordi hittudós történész 1621-ben megjelent *Microcosmos or a Little Description of the Great World* című munkája, amiből teljes egészében átvette a magyarokra nem mindenben hízogó leírást: „Az emberek többnyire erősek, bátrak és bosszúvágyók, idegenekkel szemben kíméletlenek, tömören rossz modorúak és tanulatlanok. Nem járatosak sem a bölcsészetekben, sem pedig a kézműves mesterségekben. [...] Legnagyobb büszkeségük, hogy hadakozó nemzet, és a legaljasabb rágalom részükre a gyávaság jelzője.” (GRÓF, 2018)

3.3.6 Tabula Hungariae

A Tabula Hungariae (13. ábra), közismert nevén Lázár deák térképe, az első Magyarországot részletesen bemutató térkép és kiváló forrás vízrajzi kutatásokhoz, ugyanis nehezen georeferálható (14. ábra), de a vízrajzi elemeket jól bemutatja. A nevezetes ütközet után két évvel, 1528-ban jelent meg, tehát kronológiailag ez áll a legközelebb a csatához



12. ábra. Jobbra: a teljes Tabula Hungariae, balra: rajz állít emléket a Mohácsi csatának, a megjelölt helyszínen kiindulási alapot ad az ezirányú kutatásoknak.



13. ábra. A Mohácsi-sziget és környező területek a warpolásos (gumilepedős) georeferált Tabula Hungariae térképen (ld. SZÉKELY et al. 2009) Ahogyan azt a Módszereknél írom, ennek a módszernek a jellemzője, hogy adott területre történő illesztés helyenként (ahol a valóságos geometriától eltér) erős torzítással jár.

3.3.7 Történelmi térképek adatai

Térkép	Készítés ideje	Georeferáltság	Méretarány
Tabula Hungariae	1528	„gumilepedős” (SZÉKELY et al. 2009)	
John Speed: Mape of Hungari	1626	nincs	~1:2000000
Müller-térkép	1699-1709	részleges, saját	~1:360000
Marsigli-térkép	1726	részleges, saját	~1:100000
Lipszky-térkép	1799-1803	részleges, saját	1:230 000
Korabinszky-térkép	1804	részleges, saját	
EKF	1763-1787	teljes	1:28800
MKF	1809-1869	teljes (TIMÁR et al. 2006)	1:28800
HKF	1869-1887	teljes	1:25000

A 15. táblázatban foglaltam össze az általam vizsgált archív térképek néhány adatát. A készítés ideje oszlopban, ahol csak egy dátum szerepel, az a kiadás éve, de feltételezhető hogy több éven keresztül készült a szükséges felmérés és a térkép szerkesztése.

14. táblázat. Az általam vizsgált archív térképek adatai. A „gumilepedős” georeferálás a későbbiekben leírt warpolás technikáját jelenti.

4. Módszerek

Ahhoz, hogy a változásokat megfigyelhessem, szükséges volt a Duna fő vonalának megállapítása, ennek érdekében georeferált térképekre, illetve az ún. vetület nélküli térképek esetén georeferálásra volt szükség.

A Duna a vizsgált szakaszon két ágon folyik a Mohácsi-sziget körül. A keleti ág a Holt Duna, szakaszonként más névvel, ma Bajánál válik ki a főágból és csekély a vízhozama a főághoz képest. De a korábban bemutatott történelmi térképeken az látszik, hogy délebbre, Nagybaracska és Bátmonostor között vált ketté a folyó, továbbá az is kiderül-ahogy azt majd a későbbiekben leírom-, hogy régen jelentős vízhozammal rendelkezett. Mérete a nyugati ágéval vetekedett, sőt átmeneti időszakokban valószínűleg felül is múlta.

Georeferálás után kijelöltem térinformatikai programban a Duna két ágát a vizsgált területen, hogy többet egy ábrára vetítve meg tudjam vizsgálni fokozatosan az eltéréseket. (Ezért is az időben visszafelé történő elemzés). Az eltérések okai lehetnek térképezési vagy georeferálási hibák vagy valós változások. Amennyiben valószínűsíthetően az utóbbiról van szó, ezen változásokból tudtam következtetni az eredményekben és a diszkusszióban leírtakra. Például arra, hogy a Duna bizonyos időszakokban a maitól eltérő állapotot mutathatott, amikor az ezen a szakaszon már jellemző meanderezés mellett szigetépítő folyamatok is végbementek a térségben.

4.1 Georeferálás

Próbamódszer: az ismert koordinátájú pontokat tartalmazó térképhez átméretezéssel és forgatással igyekeztem a lehető legjobban pozícionálni a kérdéses térképet, amíg legalább néhány fontosabb pont egymás fölé nem kerül. Az ezzel a módszerrel készült georeferált térkép első, durva közelítésként használható, de a folyó jellegének megfigyelésére alkalmas.

Referenciapontok keresése: a referálandó térképeket olyan objektumokat kell keresni, amelyek valószínűleg már a térkép készítése idején léteztek és állandó helyzetűnek tekinthetők. Ez azért ütközött nehézségekbe, mert a térképeken megjelenő települések ma már más néven szerepelnek, vagy egyáltalán nem léteznek. Ez feltételezhetően annak a következménye, hogy évszázadon át szinte folyamatosan háborús zóna volt, az oszmán előretörések során számos települést megsemmisítettek, vagy a lakosok elmenekültek, később a település – esetleg kissé más helyen – újra benépesedhetett. A másik ok feltételezésem szerint maga a Duna, amely a

szabályozás előtti áradások alkalmával hatalmas ártereket hozott létre, új mellékágak alakulhattak ki, a már meglévők pedig medret válthattak.

Referenciapontoknak a Müller- és Marsigli-térképek esetében a településközpontokat jelölő pontokat tudtam felhasználni. Több esetben ezek megállapítása bizonytalan vagy becslésen alapult, ugyanis a területen 1750-es évek előttről nem maradtak fenn állandónak tekinthető objektumok.

Így a referenciapontoknak a települések központját választottam, illetve néhány településnél találtam jellegzetességet egy közeli folyó medrében, ezeket megfeleltettem a mai térképen és így becsültem meg a koordinátát.

Warpolás módszere (másnéven gumilepedős (rubber sheeting) módszer): egyes pontok koordinátáit rögzítjük és a térkép többi részét szabadon hagyjuk torzulni. Az adatoknál bemutatott ábrát (10. ábra) témavezetőm, dr. Székely Balázs készítette.

4.2 Hidrológiai rekonstrukció a történelmi térképek alapján

Georeferálás után a Duna főszorvonalát QGIS programban bejelöltem. A kapott vonalakat közös térképre helyezve megfigyeltem, hogy milyen változások mentek végbe, illetve, hogy ezeken térképeken hogyan jelennek meg a korábbi középvonalak a később készült térképen. A medrek az egyes időhorizontokban akár száraz mederként, akár mellék- vagy holtágként jelenhetnek meg.

Duna középvonalát mindegyik georeferált térképen kijelöltem a láthatóság és az összehasonlíthatóság érdekében.

A kapott középvonalakat átvittem későbbi térképekre, illetve a Janus Pannonius Múzeumtól kapott 1 méteres felbontású LIDAR árnyékolt domborzatmodelljére.

Azt, hogy a megjelenő eltérések mit jelenthetnek, az alapján döntöttem el, hogy a következő térképen hogyan figyelhető meg. A régebbi térképeken, mivel nagyobb a pontatlanság, arra támaszkodtam, hogy a folyó geometriája miben más a két térképen. Fő pontok a nagyobb kanyarulatok és elágazások milyen módon helyezkednek el egymáshoz és a városokhoz képest.

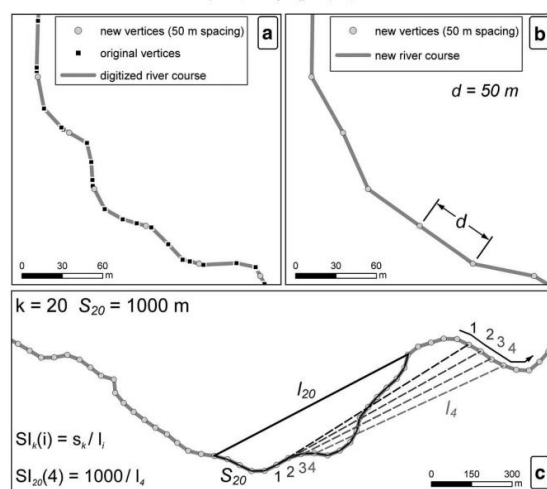
4.3 Szinuozitás számítása

Meanderezés

A vízfolyások alakja, medre háromdimenziós görbe, de gyakran csak a térképi vetületét szoktuk vizsgálni. Két alaptípusa van: bevágódó (bedrock channel) és alluviális. Utóbbi tovább osztható számos alcsoportra, a legfontosabbak az elágazó (szigetépítő) és a meanderező. A Duna mindegyikre ad példát: bevágódó például a Visegrádi-szorosban, szigetépítő számos helyen, pl. a Szigetközben és a Visegrádi-szorosból kilépve, meanderező pl. Mosoni-Duna, illetve (eredeti, szabad állapotában) Pakstól délre egy hosszabb szakaszon. Szabad meanderezés olyan önszabályzó folyódinamikai rendszer, amely akkor stabil, ha a vízhozam, hordalékhozam (valamint hordalék-összetétel) és völgylejtés bizonyos határértékek között van. A feltételek teljesülése esetén a víz áramlása aszimmetrikus lesz, elkezd az egyik partot rombolni, amivel elkezd kanyar kialakítani. Az eredeti medertől távolodik a kanyar, mert mindig a külső partot mossa alá a víz, a belső parton pedig lerakja a hordalékot, mert ott kisebb az áramlási sebesség. Addig megy ez a folyamat, egyre nagyobb szögű kanyarulatot létrehozva, amíg el nem metszi saját magát. (STØLUM 1997).

A jelenség kvantifikálására a kanyargósság (szinuozitás) mérőszámát vezették be. A szinuozitás egy arányszám, amely a folyó adott szakaszon vett kanyargósságát mutatja meg és úgy kapható meg, ha két pont közti medermenti távolságot elosztjuk a két pont légvonalbeli távolságával (16. ábra). Tehát minél közelebb van a kapott érték az egyhez, annál egyenesebben halad a folyó a vizsgált szakaszon. Ebből következik, hogy a meanderező folyószakaszokon a magas szinuozitás a jellemző.

Fontos tulajdonsága, hogy ha egy folyó (alluviálisan) meanderező szakaszára nézzük, a folyófejlődés hatásának ellenáll, vagyis nem változik meg jelentősen (ezt a jelenséget hívják önszabályzó kritikus állapotnak; STØLUM 1997). Éppen ez a tulajdonság viszont módszertani korlátot is jelent, mert szinte csak lokálisan



16. ábra Szinuozitás levezetésének sematikus ábrája. A szinuozitás számértéke mindig a kérdéses folyószakasz közepére vonatkozik, és vizsgált szakaszt végigvisszük az elemzendő folyón vagy folyóágon. (ZÁMOLYI et al. 2009)

tud jelentős változást produkálni. (PETROVSZKY & TIMÁR 2010, PETROVSZKY et al. 2012).

Magyarországon, különösen az ELTE Geofizikai és Űrtudományi Tanszéken nagy hagyománya van a szinuoózis vizsgálatának részben tektonikai, illetve környezettörténeti, részben pedig módszertani-technikai vonatkozásban.

4.4 Alkalmazott szoftverek

Az adatintegráció megvalósítására a Quantum GIS® (QGIS) térinformatikai szoftvert használtam, ebben egyszerűen tudtam a raszteres adatokat kezelni, georeferálni, a folyó vonalát kijelölni és a képeket szerkeszteni. Továbbá a programban elérhető fedvényként az OpenStreetMap, amelyet szintén fel tudtam használni a Duna mai sodorvonalának megállapítására, a történelmi térképeket (pl. a települések pozícióit) összevetni a mai állapottal. A szinuoízást külön szoftverrel számítottam.

5. Eredmények

5.1 Helyszíni megfigyelések

A Nyárad-Harkányi-sík (amely terület nyugatról határolja a Mohácsi-teraszt; 17. ábra) keleti részén ma is látható egy kiszáradt folyómeder, amelyet valószínűleg a Duna mart ki egykor.



15. ábra A terepi megfigyelések helyszínei 2024 őszén. A terepi megfigyelés alkalmával Nagynyáradon a Mohácsi-síkot figyeltük meg. Utána Majson találtunk egy helyet, ahol lehetőségünk nyílt a talajt megvizsgálni.

Ezt a terepi megfigyelés alkalmával láttuk, amikor is szabad szemmel is jól láthattunk (18. ábra) egy medret, ami a kis lejtésű Mohácsi-terasz nyugati határán futhatott, és jelenleg egy mesterséges csatorna viszi el az esővizet a feltehetően mesterségesen kialakított, igen egyenes vonalú Majsi-vízfolyásba.



16. ábra Bal oldalon a Mohácsi teraszos sík nyugati határa látható Majs határában, vélhetően a Duna egykor itt is folyt. Jobb oldalon Nagynyárád keleti hátáráról délkeleti irányba tekintve a látkép (saját fotók).

5.2 Duna fő- és mellékágának felcserélődése a térségben

A XVIII. század elején készült két térkép különlegessége, hogy az figyelhető meg rajtuk, hogy a Mohácsi-szigetnél a keleti a fő ág, nem pedig a nyugati (19. ábra). Mindkettőn szélesebb a keleti ág, továbbá a nyugati ágban megjelennek szigetek Mohács magasságában. A Müller-féle térképen még csak két sziget figyelhető meg (20. ábra), a rá két évtizeden belül érkező Marsigli-térképen már több és nagyobb is látható (21. ábra).

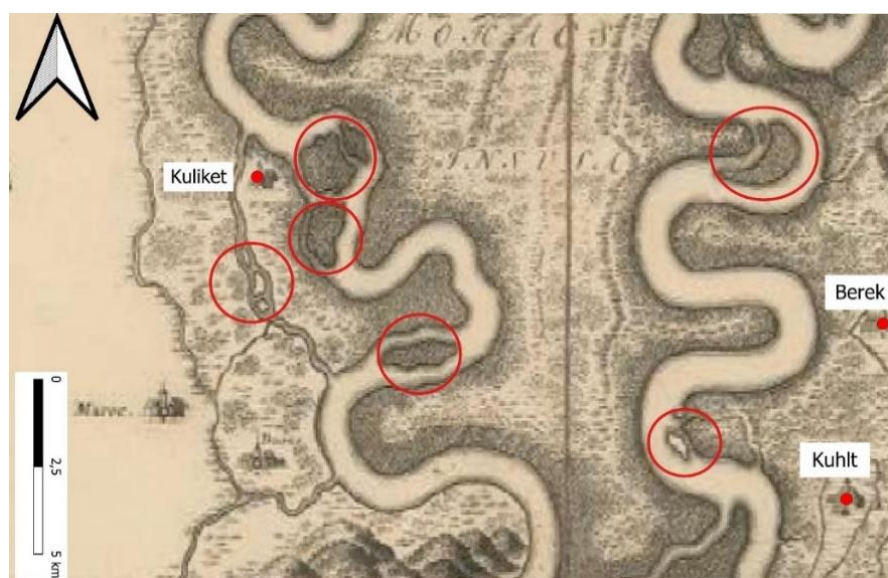


17. ábra. A bal oldalon a Müller-térkép látható, a jobb oldalon a Marsigli-térkép látható. Fehér, illetve narancs színnel vannak kiemelve a középvezetők. Ezen a két képen jól látható, hogy a keleti ág ebben az időszakban szélesebb volt, a kevesebb sziget pedig arra utal, hogy a sebességük is nagyobb volt a nyugati ágénál.

5.3 Szigetfejlődés



18. ábra A Müller-térképen megjelenik a szigetépülés, egy nagyobb sziget Mohács magasságában, egy kisebb pedig Kölked magasságában. Az ábrán az is megfigyelhető, hogy számos kisebb ág és ártér övezte a folyót



19. ábra A Marsigli-térképen jól láthatóan folytatódott szigetfejlődés, a nyugati ágon olyan nagy mértékben, hogy majdnem elzárja (az egyébként is a mainál vélhetően keskenyebb) medret, ezzel több kisebb ágra bontva a folyót. A térképen szereplő Kuliket a mai Kölked valószínűleg, Berek az Bacski Breg, Kuhlt pedig Kolut, ez utóbbi kettő ma Szerbiához tartozik.



A szigetépítő jelleg végét valószínűleg a kiváltó körülmények megváltozása okozta, vagyis azzal, hogy a Duna főága újra a nyugati lett, megnőtt a vízhozam és képes volt tovább szállítani a hordalékot, és idővel a vízáramlás elerodálta a szigeteket (22. ábra).

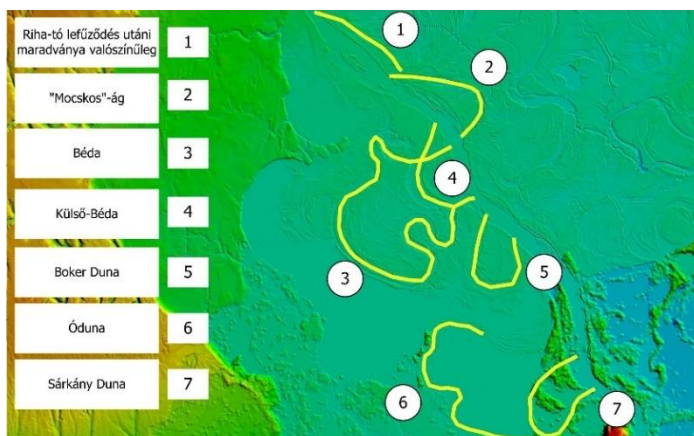
20. ábra A szigetépítő jelleg utolsó emléke a nyugati ágon: egy a folyóhoz képest nem elhanyagolható méretű sziget Mohácstól kicsit északra a Duna nyugati ágán.

5.4 Holtágak keletkezési sorrendje

A Duna a történelem során a vizsgált területen általában meanderező jellegű volt, ennek a folyamatnak egyik következménye a holtágak kialakulása. A mikor a folyókanyarulat úgy fejlődik, hogy teljes hurkot alkot, az ág külső része kiszakadt a folyó fő vízáramából, ezért csökken a vízhozama, leválik, morotva keletkezik. A morotva aztán gyakran részben vagy egészben feliszapolódik, eutrofizálódik, betemetődik. Műholdképen vagy helyszíni megfigyelés alkalmával néha abból lehet sejteni, hogy hol lehettek egykori medrek, hogy a növényzet bujább felette a környezetéhez képest (ún. cropmark), mert az alján az egykori folyómeder durvább törmelékes üledéke több vizet képes megtartani.

	Müller	Marsigli	EKF	Korabinszky	Lipszky	MKF	HKF
Riha-tó lefűződés utáni maradványa valószínűleg		X	X	X	X		
„Mocskos”-ág						X	X
Béda	X	X	X	X	X		
Külső-Béda						X	X
Boker Duna				X	X		
Óduna	X	X					
Sárkány Duna			X	X	X		

21. ábra. Összefoglaló táblázat arról, hogy melyik mai holtág melyik térképen látható az aktív meder részeként. A Riha-tó lefűződés utáni maradványa és a „Mocskos”-ág némely térképen összeér, ezért bizonytalan.



22. ábra Az egykori meder lenyomatai, ezek az ágak a történelmi térképek alapján egykor a Duna aktív medrének részei voltak.

A Bédai-holtág (23. és 24. ábra) az EKF-en, és a MKF előtti két térképen valószínűsíthetően az aktív meder része, a Marsigli-térképen megfigyelhető egy nyugati kanyar (21. ábra), ez lehetséges, hogy a holtág kialakulásának korai fázisa.

A Boker-Duna a Korabinszky- és a Lipszky-térképeken feltételezhető az aktív meder részének, mert ezeken figyelhetőek meg hasonló alakú kanyarok a valóshoz közeli helyen.

A Külső-Béda és a Mocskos-sziget körüli ág a MKF és a HKF térképeken figyelhetőek meg, mint a folyó aktív része.

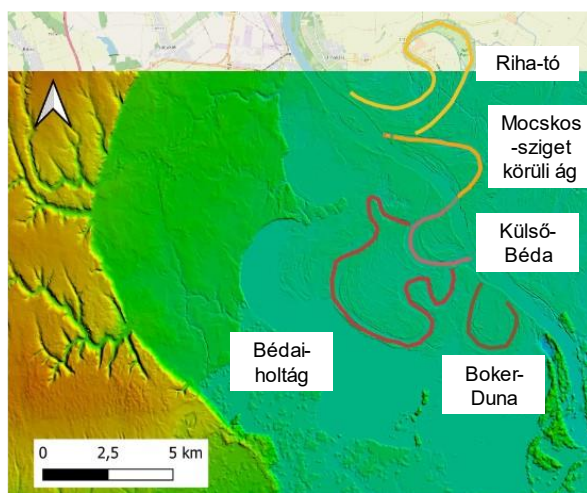
5.5 Szinuozitás időbeli fejlődése

		2024	HKF	MKF	Korabinszky	Lipszky	EKF	Marsigli	Müller	Müller (warplás)
Nyugati ág	Medermenti távolság (km)	22,5	26,6	25,4	39,2	39,7	32,6	33,6	26,7	28,3
	Szinuozitás	1,06	1,31	1,215	2,01	1,95	1,58	1,8	1,2	1,356
Keleti ág	Medermenti távolság (km)	36,1	38,4	38,8	30,8	46,5	33,2	31	19,9	22,8
	Szinuozitás	2,3	2,42	2,44	2,29	2,84	2,06	2,28	1,174	1,36

23. ábra A szinuozitás értékek összefoglalása. Sárga színnel az van jelölve, hogy melyik ág volt a fő. A legmagasabb értéket a nyugati ágon a Korabinszky-térkép produkálta, míg a keleti ágon a Lipszky-térkép.

A szinuozitás változása az évszázadok alatt is kimutatható (25. ábra), továbbá ezzel kapcsolatban a folyódinamika alakulása is. A legalacsonyabb szinuozitás értéket, nem meglepő módon a mai folyómeder adta ki, 1,06-os arányszám jól jelzi, hogy a folyószabályozások sikeresen a természetes lejtés irányába tudták terelni a folyót.

5.6 Szinuozitás a Mohácsi-sík holtágainál



24. ábra A megvizsgált holtágak. A meanderező folyójelleg „melléktermékei”, némelyik víz utánpótlás híján szinte már teljesen kiszáradt, csak a domborzati térképen látszik a valós kiterjedése.

Noha a holtágak hossza sokkal kisebb, mint a vizsgált Duna szakasz, szinuozítások ennek ellenére ki lehet számítani (27. táblázat)

A Boker Duna (26. ábra) a domborzatmodellen jól kivehető a medre, a valóság azonban az, hogy már nagyon kevés víz van benne.

A Bédai-holtágnak még van vízellátása a Külső-Bédából, amelyhez csatlakozik.

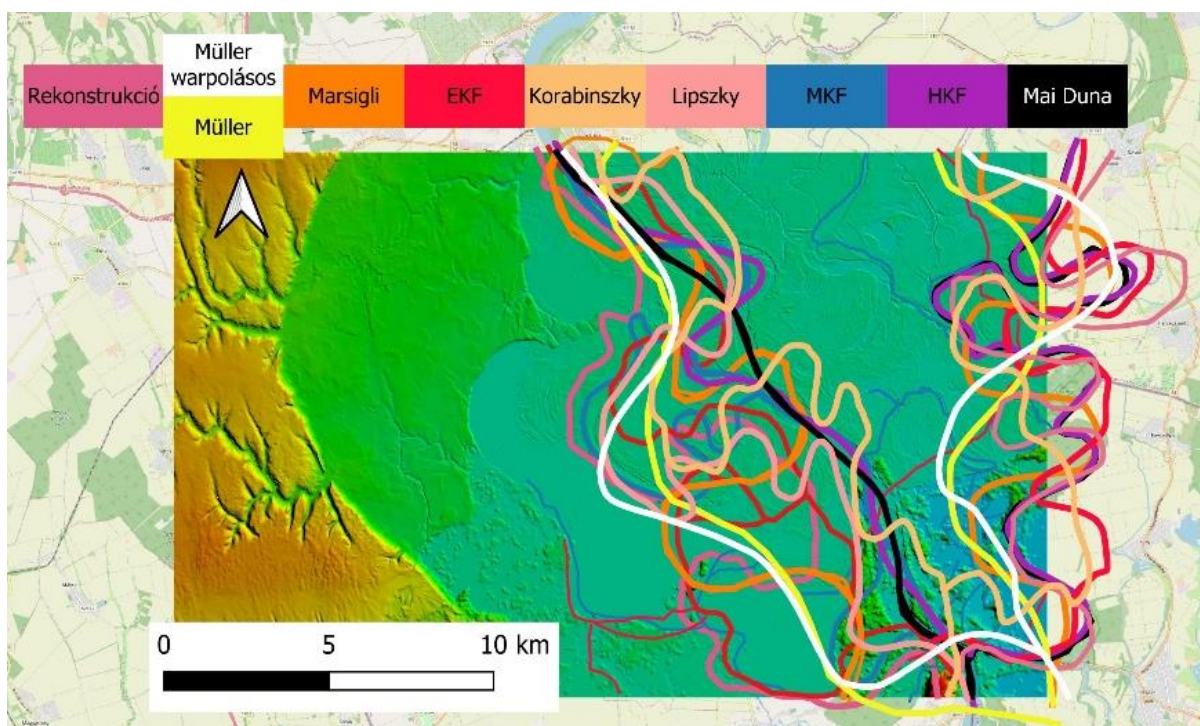
Azért Mocskos-ágként hivatkozok, mert saját nevét nem találtam, csak a sziget nevét, amelyet megkerül, Mocskos-szigetként.

	Bédai-holtág	Mocskos-sziget körüli ág	Boker Duna	Külső Bédá	Riha-tó medre	mai Riha-tó	„Mocskos-ág” és Külső Bédá együtt
Szinuozitás	7,1	1,52	4,3	2,28	4,42	2,24	2,02

25. táblázat A 26. ábrán szereplő holtágak szinuozitását bemutató táblázat. Nem meglepő módon a Bédai-holtág produkálta a legmagasabb értéket, ez a leghosszabb de a végpontjai aránylag közel helyezkednek el.

5.7 A Duna 500 év alatti változása a történelmi térképeken

A 28. ábrán összefoglaltam az általam – tudottan változó pontossággal sikerült – georeferált Duna-ág fázisokat. Az ábra kiértékelése önmagában nem könnyű, és időt igényel, ezzel az ábrával elsősorban az volt a célom, hogy részletes összehasonlításokat megelőzően bemutassam, hogy az elmúlt 500 évben a Duna medre igen dinamikusán változott. Az látható, mennyire nem esnek egybe az egykori sodorvonalak, különösen a nyugati ágon, amely az elmúlt évszázadok alatt szinte végig a főág volt, és nagyobb lehetett a vízhozama.



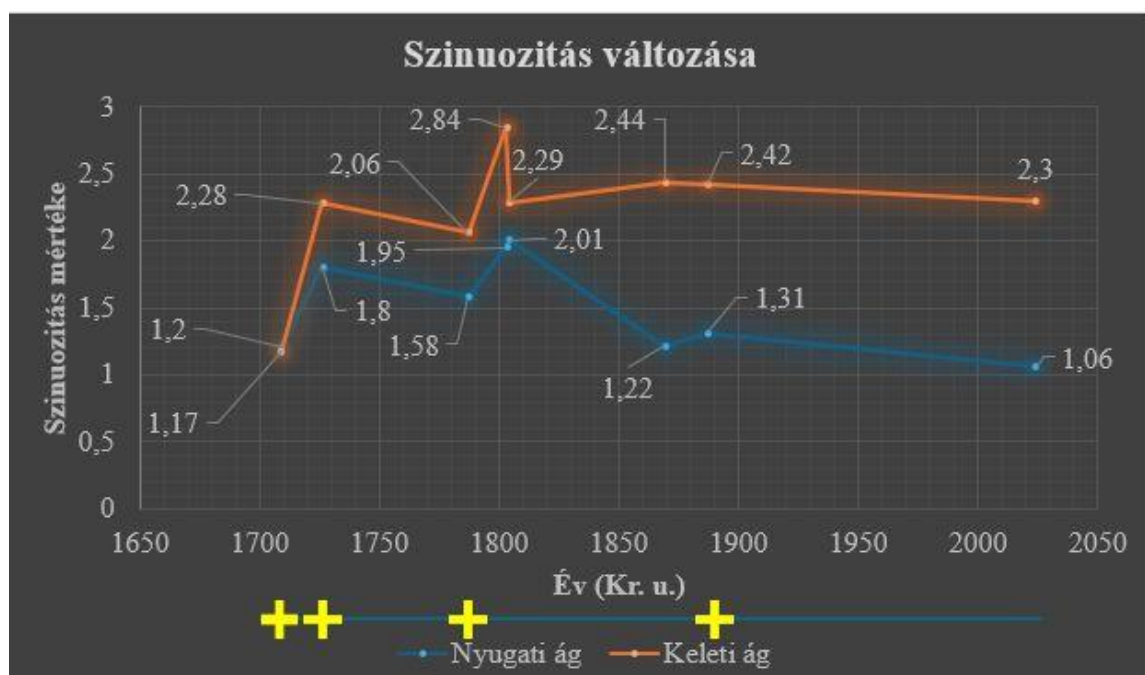
26. ábra Az összes, általam vizsgált mű vonala a domborzatmodellre vetítve. Az elmúlt 500 év során jelentős változások mentek végbe mind a folyó alakjában és jellegében, mind a felmérési és térképkészítési technológiákban.

6. Diskusszió

Ebben a fejezetben az Eredmények fejezetben bemutatott adatokat és medervonalakat elemzem, ezekből próbálok rész- és általánosabb következtetéseket levonni. Ezek egy része magukra az adatokra, az eredmények pontosságára, megbízhatóságára vonatkoznak, amivel az ezt követő általános következtetésem robusztusságát igyekszem növelni. Ugyanakkor az az elv vezérel, hogy igyekszem megérteni a térképkészítő szándékát, hogy az adott rajzolat, jelekkel milyen természeti formákat, mederalakokat akart megjeleníteni. Követve Székely et al. (2009) koncepcióját, alapvetően az akkori térképkészítési technika korlátainak, és nem hibáknak azonosítom, ha a mai tapasztalat alapján hibásnak, eltérőnek lehetne az egyes rajzi elemeket gondolni.

6.1 Szinuozitás időbeli fejlődése és annak valószínűsíthető magyarázata

Elsőként a medervonalak kanyargósságának, szinuozitásának időbeli változásait mutatom be. Korábban már szó volt róla, hogy a meanderezés a vízfolyások dinamikájának egy sajátos, önszerveződő alakja, az alluviális (saját üledékén folyó) vízfolyás energetikailag okokból állandóan újraszervezi a medret.



27. ábra. A szinuozitás értékének évszázadok alatt végbemenő változását prezentáló diagram. Első két kereszt: szigetépítő jelleg és fő és mellékág cseréje, az ezekhez az értékekhez tartozó Müller-, illetve Marsigli-térképeken egyértelműen megállapíthatóak ezek a folyamatok. Harmadik kereszt: vetületi ábrázolás megjelenése. Negyedik kereszt: folyószabályozás végrehajtása, ezen a szakaszon az 1890-es években történt a nagyszabású szabályozás

A tisztán meanderező állapotban a vízfolyás nem épít szigeteket és általában nem bomlik ágakra (vagy a már korábban ágakra bomlott folyó egyik ága meanderezik, pl. Mosoni-Duna).

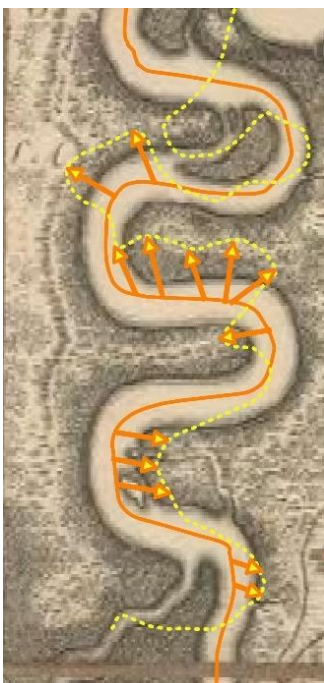
A 29. ábrán látható kiugróan alacsony szinuoitás az első értékeknél (1700-as évek) azzal indokolható, hogy a Müller-térképen a folyónak inkább csak a jellege van ábrázolva, térképszerkesztő a kanyargást igyekezett hangsúlyozni, de nem feltétlenül a valós kanyarokat. Ezt azért állítom, mert a meder sem a többi térképpel, sem a domborzattal nem korrelál.

A nyugati ágon megfigyelhető kiugró értékekért az a felelős, hogy a mai Bédai-holtág és a Boker-Duna is az aktív meder része volt, így két nagy kanyar is jelen volt a szakaszon, amelyek később viszont már nem.

Szinuoításban egy általánosan csökkenő tendencia jelenik meg úgy, hogy ezen a szakaszon csak az 1890-es években kezdődött meg a folyószabályozás, tehát a felmérések elkészülte után.

Azt feltételezem, hogy ez az átmeneti időszak, amelyben megcserélődött a két ág vízhozama, áradások következménye, esetlegesen emberi beavatkozás történt, bár erre nincs bizonyítékom.

6.2 Kanyargósság megjelenítése a történelmi térképeken



A Marsigli-térképnél felmerülhet a kérdés, hogy nincs-e erősen eltúlozva a folyó szinuszosága (30. ábra)?

Én enyhe túlzásokat feltételezek, ugyanis ezen a szakaszon ma is megfigyelhető a Holt-Duna erősen szinuszos, illetve meanderező jellege és egyes kanyarulatok megfeleltethetőek a mai íveknek. Továbbá a vizsgált szakaszon csak az 1700-as évek elején készült térképeken van főágként jelölve a Keleti-ág, a korábbi és a későbbi térképeken jelentősebb kisebbnek van ábrázolva. Mindebből arra következtetek, hogy nem történt jelentős változás a vízhozamát tekintve. A műholdképeken jól látható ma is a kanyargós meder.

28. ábra. A Marsigli-térkép feltételezhető rekonstrukciója, illetve fejlődése látható. Sárga szaggatott vonal a mai keleti ágot jelöli, a nyilakkal egy lehetséges hozzárendelést ábrázoltam

6.3 Átmeneti változások a XVIII. század elején

A szigetépítés

A szigetépítés egy olyan alluviális folyódinamikai módozat, amely azt jelzi, hogy sok a hordalék és potenciálisan durvább szemű. Vagyis nem felel meg a meanderezés paramétereinek. Van átmeneti állapot is a két módozat között, de ezek inkább időleges, bizonyos szakaszokon, bizonyos ideig fennálló jellegek.



29. ábra A Csele-patak ábrázolása a Müller-térképen. Az figyelhető meg, hogy folyóként van ábrázolva, saját ártérrel.

Tehát a meanderező jelleg mellett a szigetépítés is megjelenik ebben az időszakban a Duna ezen szakaszán is, nem csak feljebb. Müller-térképen (31. ábra) megfigyelhető a jelentős méretűnek ábrázolt és vélhetően nagyobb vízhozamú Csele-patak lehet felelős a szigetfejlődés megindulásáért. Nagyobb méreténél fogva a hordalékhozam is valószínűsíthetően több volt, ráadásul ebben az időszakban a nyugati ág volt a mellékág, így kisebb volt a vízhozama.

A fő- és mellékág felcserélődése

A Marsigli- és Müller-féle térképeken megfigyelhető, hogy a vizsgált szakaszon a Duna keleti ága van jelölve főágnak. Erre abból következtettek, hogy mindkét térképen szélesebbnek van jelölve, illetve a nyugati ágban megjelennek a szigetek, ezzel azt jelezve, hogy a folyó lerakja hordalékát. (17. és 18. ábra) Ez csak ezen a két térképen figyelhető meg, ebből arra következtettek, hogy valamikor a XVII. század első felében áradás történt, amelynek hatására Bátmonostor körzetében végbemehetett egy mederváltás. Ezt az támasztja alá, hogy a John Speed-féle 1626-os (100 évvel a csata után készült) térképen még a nyugati ág a domináns, akárcsak úgy, ahogy a későbbi Habsburg katonai térképeken is. Amiből még az is következik, hogy valamikor a tizennyolcadik században is végbemehetett egy áradás. Ez magyarázatot ad arra, hogy a fentebb említett szigetek mára ezen a szakaszon nem láthatóak a nyugati ágon. A keleti ág ma pedig már részben holt Duna, mert rendkívül lecsökkent a vízhozama a nyugatihoz képest.

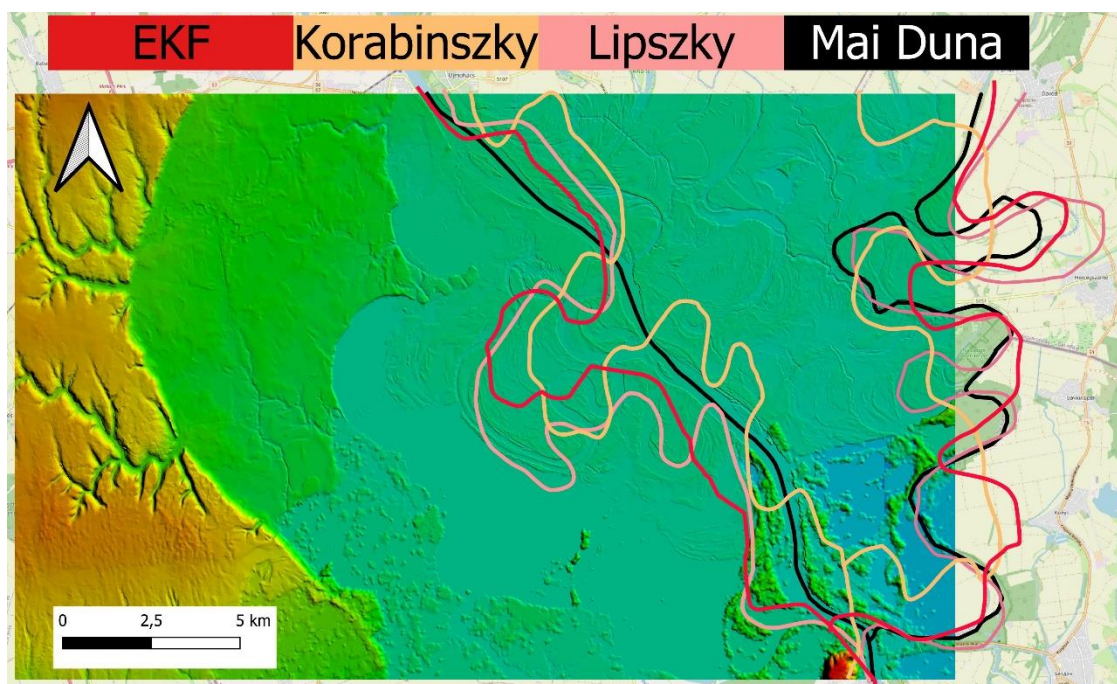
Azt feltételezem, hogy ez az átmeneti időszak, amelyben megcserélődött a két ág vízhozama, áradások következménye, esetlegesen emberi beavatkozás történt, bár erre nincs bizonyítékom

6.4 Vetületi ábrázolás megjelenése utáni térképek összehasonlítása

Az 1791-es Korabinszky-térképen az figyelhető meg, hogy a két folyóág a későbbiekhez képest északabbra folyik össze, ez valószínűleg georeferálási hiba, de lehetséges a térképezési hiba, mert a georeferálás során a legtöbb település, amelyet referenciapontként használtam, 100 méteres nagyságrendű hibát mutatott.

A 32. ábrán megfigyelhető az, hogy a vizsgált terület északi részén keletre kanyarodott a folyó és a mai mederrel majdnem párhuzamosan haladt, a Bédai-holtág kezdetéig. Ez feltételezésem szerint a Riha-tavat elmetező ág lehetett. A MKF-en már nem figyelhető meg, akkor már azon a szakaszon a mai mederben folyt a Duna.

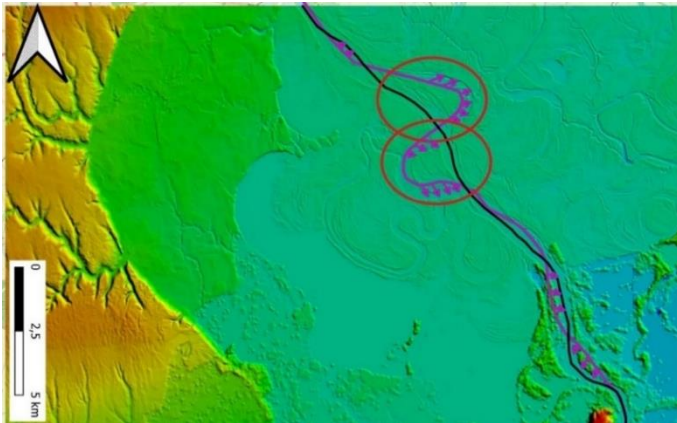
A keleti ágon a háróm közül az 1803-as közelíti legjobban a mai medret, a korábbiak inkább csak jellegükben.



30. ábra A XVIII. század végén megjelenik a vetületi ábrázolás, az ábrán látható három térképmű ebből az időszakból származik, ami megfigyelhető, hogy már közelítik a mai állapotot, de a valószínűsíthető hiba 100 méteres nagyságrendűnek becsülhető.

6.5 Térképi hibák vagy valós változások

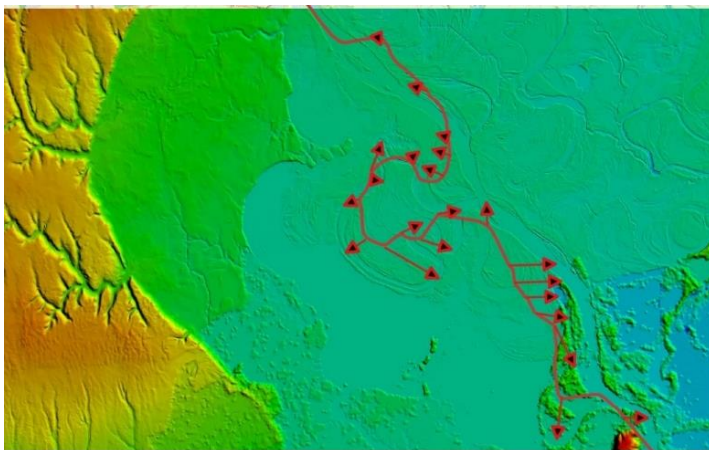
Ahogy azt SZÉKELY et al (2009) a Tabula Hungariae kapcsán a Dunakanyar tekintetében is felvetette, kérdéses, hogy a jelen helyzet és a történelmi térképeken tapasztalható eltérések térképezési (térképrajzoló) hibáknak vagy valós mederváltozásoknak tulajdoníthatóak-e.



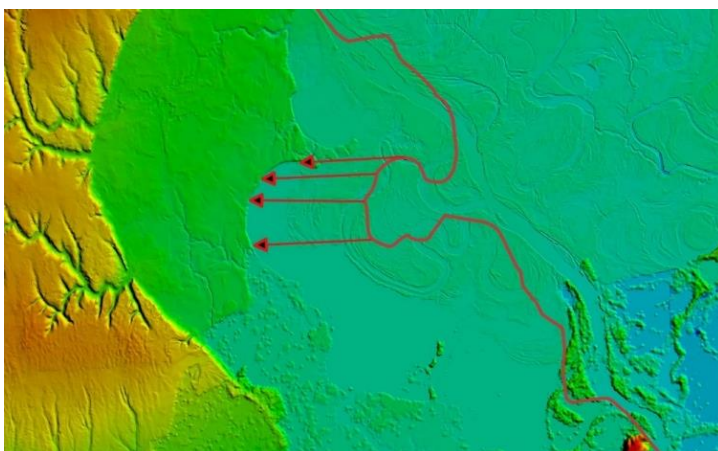
31. ábra. lilával jelölt HKF összevetése a fekete színnel jelölt mai sodorvonallal a domborzati modellen. A piros körökben láthatóak a kanyarulatok, amelyek nem illeszkednek teljesen a domborzathoz. A nyilak a feltételezhető térképi hiba domborzathoz igazítását jelölik.

SZÉKELY et al, (2009) és SZÉKELY (2009) arra jut, hogy a legtöbb ilyen változás valós vízhalózat-fejlődés eredménye. Jelen tanulmányban én is ezt tételezem fel.

Több térkép esetén valószínűsíthető a térképezési hiba (34. és 35. ábra), ezért igyekeztem több esetben egy feltételezhető korrekciót adni hibák távolságbeli nagyságrendjét megtartva. A katonai felméréseknél cikkek alapján történt (TIMÁR et al. 2006). Az EKF esetén 100 méteres nagyságrendű, a későbbiekben ~pár 10 méteres.



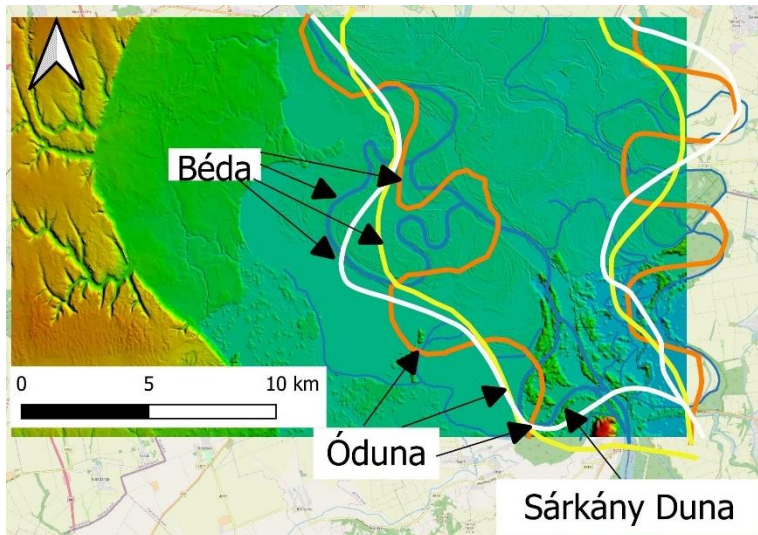
32. ábra Az első katonai felmérésből kivett nyomvonal valószínűsítése a domborzat-modellen. A domborzat-modell és műholdkép (6. ábra) alapján feltételezem ezt a modellt, mert ez alapján az folyókanyarok többsége megmaradt és a nyilakkal jelölt eltérések 100 méteres nagyságrendben maradtak.



33. ábra Egy másik lehetséges megoldás az első katonai felmérésen látható nagy kanyarra vonatkozólag: geometriailag jól illeszkedne, de valószínűtlenül nagy az eltolódás. A másik megoldás 100 méteres nagyságrendű eltérései helyett itt kilométeres nagyságúak a hibák

6.6 Ellentmondás a rekonstrukciónál

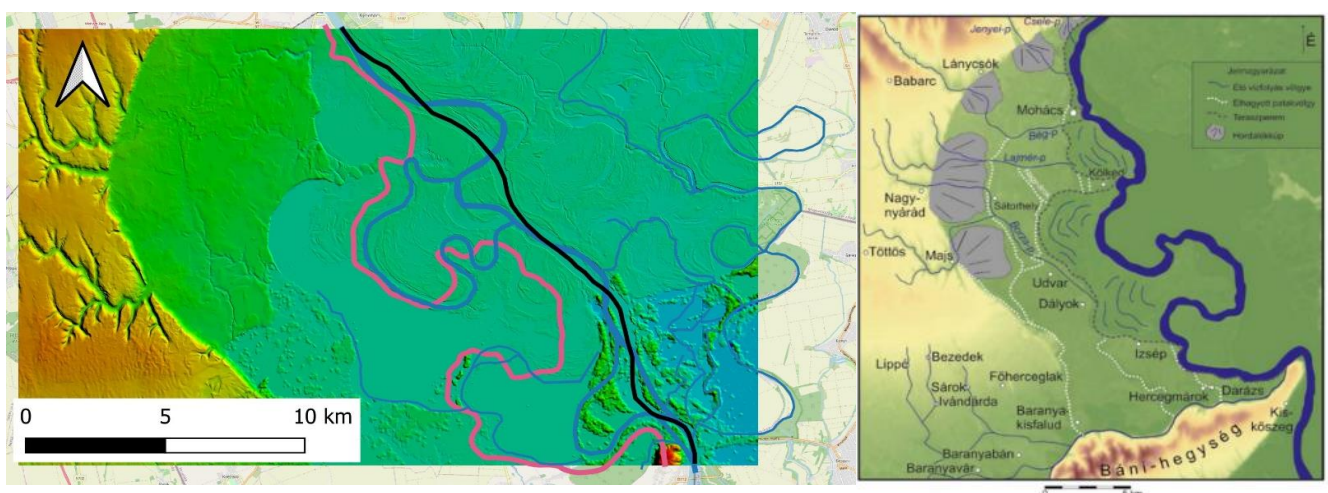
A 2023-as rekonstrukció georeferálása során kapott nyugati ág nem illeszkedik az általam vizsgált többi térképhez. A történelmi térképek alapján a Béda-ág feltételezésem szerint még nem ért el az ábrán látható fejlettségi szintet.



34. ábra Fehér: warpolt Müller-térképről, sárga: lineáris georef. Müller-térképről, narancs: Marsigli-térképről, kék: MKF, piros: EKF. Az EKF-en már a Sárkány Duna a főág. Ellentmondás: a Müller-térképen a Béda ág jóval nyugatabbra tér ki, mint a Marsigli és a későbbi térképek esetén, emiatt azt feltételezem, hogy ez térképezési hiba. A Sárkány Duna az az ág amely lemetszi az Ódunát.

6.7 A csata potenciális helyszínei

Kutatásom során abból az irányból közelítettem az ütközet helyszínének kérdését, hogy melyek azok a területek, ahol az áradások miatt nem valószínű, hogy harci cselekmény ment végbe



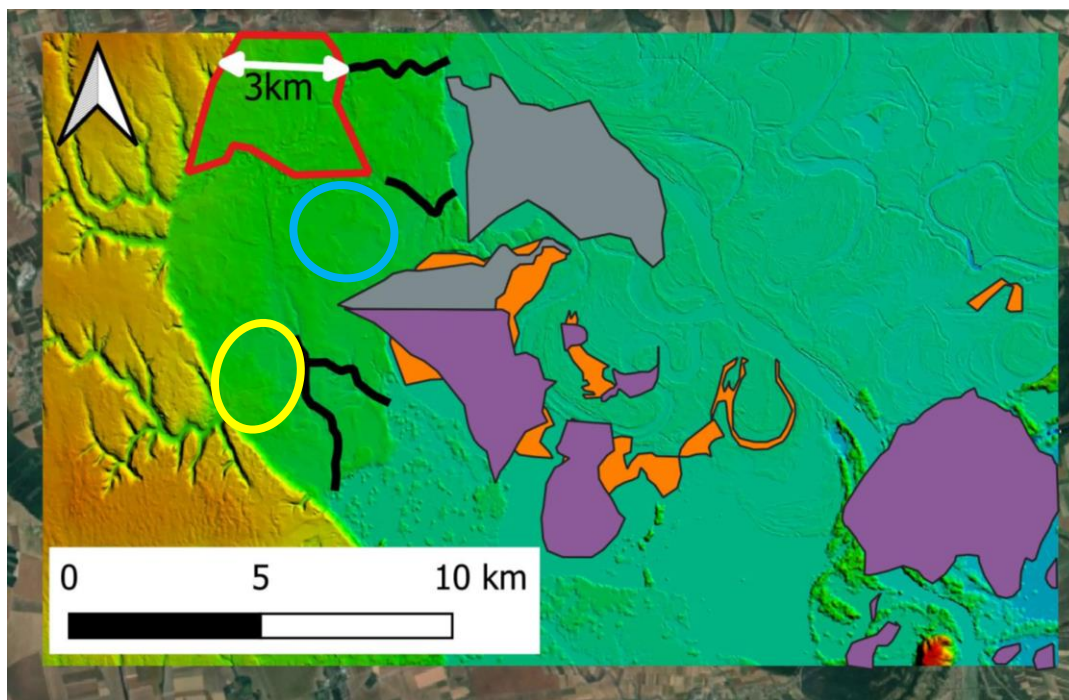
35. ábra Balra: fekete színnel a mai Duna, kék színnel a MKF, sötét rózsaszínnel a rekonstruált meder, a domborzati modellre vetítve. Jobbra: Mohácsi teraszos sík és környezetének domborzata és az 1526. évre rekonstruált vízrajza. (VICZIÁN et al. 2023)

1526-ban. Ennek becslését a történelmi térképeken bejelölt árterek, a Duna nyugati ágának megfigyelésével és a domborzati modell összevetésével végeztem (37. ábra)

Az EKF és MKF ártereit is vizsgáltam (38. ábra), ezek közül az EKF hozzávetőlegesen, az MKF jól illeszkedik a mai domborzathoz, ebből arra következtetek, hogy az alsó és a felső terasz határa a mai helyzetétől nem tért el számottevően. A korábbi térképeken sem figyelhető meg, hogy a Duna aktív medre elérte vagy meghaladta volna a legalsó szintet a Mohácsi-síkon.

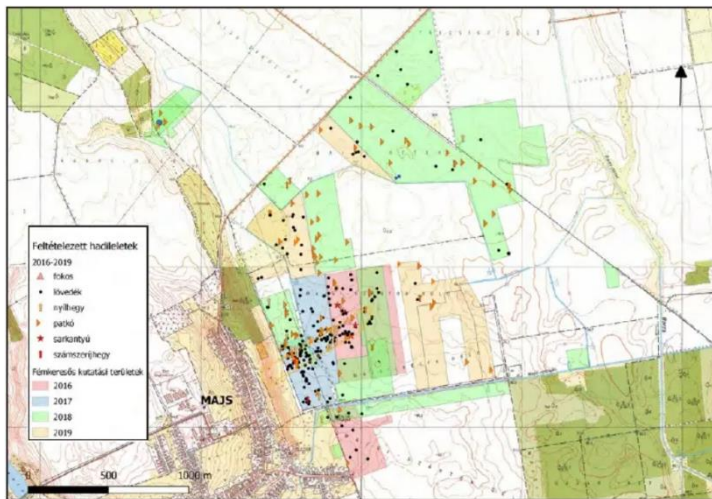
Az viszont valóban feltételezhető, hogy áradások alkalmával víz alá került és az ár elvonulása után vizenyőssé vált a terület, amely rendkívül kedvezőtlen hadseregek számára, különösen a Mohácsi-csata korabeli magyar nehézlovasság számára, amely a fő erőssége volt a létszámhátrányban lévő seregeknek.

Török oldalról sem lett volna előnyös, hiszen a mocsáron való átkelés megfosztotta volna őket a létszámfölény, a könnyűlovasság és a tüzérség előnyeitől.



36. ábra. Az árterek és a Mohácsi-terasz bevágódott patakmedrei fekete színnel jelölve, valamint a piros keretű terület, ahol nagyobb eséllyel lehetett a csata helyszíne. Az árterekként kijelölt területekről nem tartom valószínűnek, hogy az ütközet helyszínénél szolgálhattak volna, mert (KISS 2022) leírtak alapján az 1526-os év csapadékosabb volt az azt megelőző évekhez képest. Citromsárgával ellipszis a hadileletek hozzávetőleges helyét mutatja (39. ábra). Kék kör: Sátorhely, magyar tábor és lehetséges csatatér Brodarics leírása alapján (PAP 2023)

Az árterek és a domborzatmodellen megfigyelhető, viszonylag bevágódott medrek melyek a Mohácsi-teraszt szabdalják fel, együtt kialakítanak egy képet, hogy a területen melyik rész lehetett alkalmas egy ütközetre szerintem. A csatatér potenciális helyét ábrázoló kép (38. ábra), azt mutatja be, hogy melyik az a terület, ahol a legszűkebb az átjárás a nyugaton lévő magaslatok és a Duna árterei és azokba folyó patakok között. A képen (38. ábra) fehér nyilak jelzik ezt a szűkületet, amely szerintem legjobb pozíció lehetett egy délről érkező, nagyobb



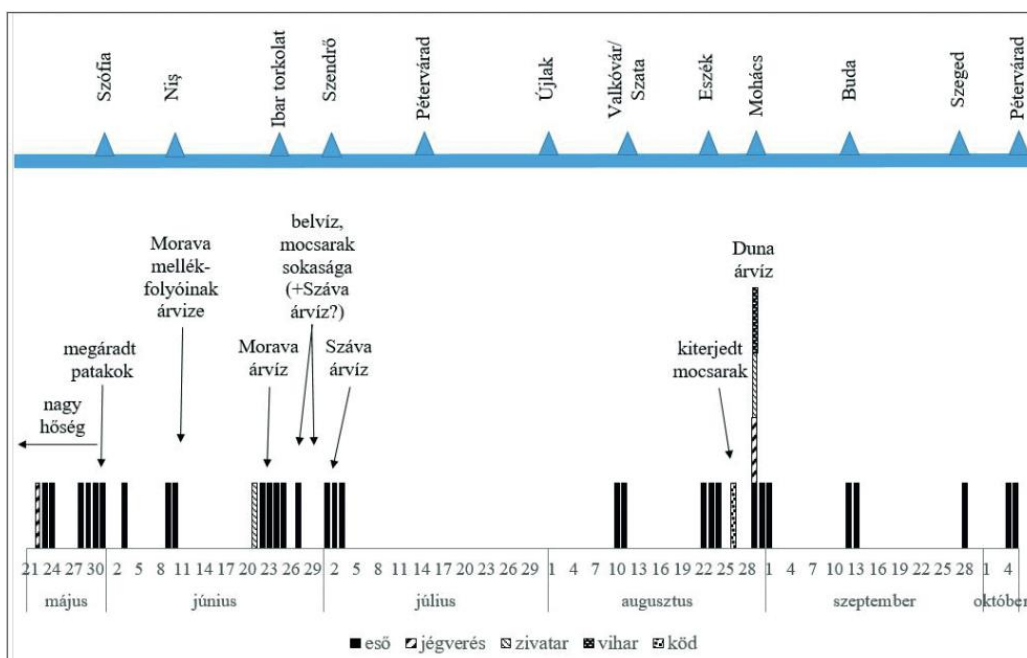
létszámú sereggel szemben, mert balról a patak és az ártér nehezíti az átkelést, jobbszárnyon pedig a dombok lassítanák a bekerítést.

37. ábra BERTÓK et al. 2020, talált hadileletek elhelyezkedése. Majs keleti határában sűrűsödnek. A fentebbi ábrán sárgával van jelölve ez a terület, és az látható, hogy ezen a területen sincsenek domborzati akadályok és valószínűleg árvíz idején sem vált mocsárrá.

6.7 Az időjárás hatásai

Az időjárás a hadviselésben mindig is megkerülhetetlen tényező volt, a történelem során számos hadjárat, sőt egész háborúk kimenetelét döntötte el. A téli hideg, a forróság, az olvadások és a Mohácsi-csata esetében az eső mind jelentős hatással voltak a tájra és a katonákra egyaránt.

A Mohácsi-csata rekonstrukcióját célzó kutatások egyik fontos szegmense az időjárási körülmények megállapítása az összecsapást megelőző időszakban.



38. ábra. Időjárási és főbb hidroklimatikus események a török hadsereg 1526. évi magyarországi hadjárata idején: a szófiai úttól és az indulástól Magyarország elhagyásáig (Julianus naptár szerint: május 22. – október 5.). A kiválasztott helyszínek kronológiai sorrendje a szultán itineráriumát követi KISS Andrea (2022)

A 40. ábrán az figyelhető meg, hogy az ütközet előtt néhány nappal nagy mennyiségű csapadék hullott a régióban és mocsarassá vált a Duna ártere, a csata napján pedig megáradt a folyó, ezáltal valószínűleg elárasztva az alacsonyabb fekvő teraszt a Mohácsi-síkon.

Összegzés

A probléma, amely megoldásához a kutatásommal szeretnék hozzájárulni az, hogy a magyar történelemben döntő fontosságú Mohácsi-csata helyszíne mind a mai napig vet fel kérdéseket. Ezen ütközet egyik fontos tényezője a Duna volt, de a folyó pontos elhelyezkedése szintén egy olyan kérdés, amire biztos válasz nincs. A folyó és az azzal összefüggésben lévő összecsapás elhelyezkedése azért egy releváns kérdés, mert jövőre, 2026-ban esedékes az ötszázadik évforduló.

Az általam vizsgált terület a Duna fő ága mentén helyezkedik el, északról Mohács, délről Batina között. Nyugaton a Nyárad-Harkány-sík, keleten a Mohácsi-sziget határolja. Közepén a Mohácsi teraszos sík áll.

Adatként LIDAR domborzatmodellt használtam elsősorban, emellett műholdképeket és több történelmi térképet és térképművet használtam fel. Az első három katonai felmérést, az első és

második felmérés közti időszakból Korabinszky János és Lipszky János által készített térképeket dolgoztam fel. A XVIII. század elejéről a Müller- és Marsigli-térképeket vizsgáltam, ezek már viszonylag pontos képet adtak a folyóról. A két legkorábbi térkép az angol Mape of Hungari és az 1528-ban kiadott Tabula Hungariae, ismertebb nevén Lázár deák térképe.

A változások megfigyeléséhez szükséges volt a Duna fő vonalának megállapítása, ennek érdekében georeferált térképekre, illetve az ún. vetület nélküli térképek esetén georeferálásra volt szükség. Georeferálás után a Duna fő sodorvonalát és mellékágát QGIS programban integráltam, így megfigyeltem, hogy milyen változások mentek végbe, illetve, hogy ezeken térképeken hogyan jelennek meg a korábbi középvonalak a később készült térképen.

A Duna folyódinamikájának elemzése céljából a kijelölt sodorvonalakon a meanderezés mértékét jellemző szinuoizitást, azaz kanyargósságot tudtam kalkulálni. Megfigyeltem továbbá, hogy a Duna egy időszakban ezen a területen időszakos szigetépítő jelleget is mutatott, amely XVIII. század elejét leszámítva nem jelenik meg, a meanderezés a jellemző. Továbbá ugyanebben az időszakban az figyelhető meg, hogy a Mohácsi-sziget keleti határát kijelölő ág volt a főág, nem pedig a nyugati. A georeferált térképeken (ismereteim szerint elsőként) térinformatikai program segítségével ki tudtam számítani a folyóágak, valamint a területen lévő holtág szinuoizitását, ezekből az adatokból egy adatbázist hoztam létre. Végül egy közös ábrát generáltam, amelyen az összes egykori ág összehasonlítható.

A szinuoizitás adatokból egy idődiagramot készítettem, amelyről az állapítható meg, hogy a kanyargósság az elmúlt 500 év során egy általánosan csökkenő tendenciát mutat, ennek okai a legnagyobb kitérésű kanyarok lefűződése, a folyószabályozás, a folyó önszabályozása és potenciálisan tektonikai változás. A szigetépítő jelleg valószínűleg annak a következménye, hogy a korszakban a keleti ág volt a főág, emiatt a nyugati ág vízhozama alacsonyabb, és a térképek alapján az feltételezhető, hogy a beömlő patakok nagyobbak voltak, és az feltételezhető, hogy ezzel növelték hordalékhozamot, amit alacsonyabb sebesség mellett a folyó nem tudott elszállítani. A főág megcserélődése valószínűleg áradások következménye, amelyek hatására a Duna főmedret váltott.

A történelmi térképek vizsgálatánál felmerülhet a kérdés egyes részletek kapcsán, hogy valóságot ábrázolják-e, térképezési vagy georeferálási hiba történhetett-e. A vetületi ábrázolás fordulatot hozott a térképezésben, a torzítás lecsökkent, és már nemcsak a kanyarok jellege mutatkozik meg, hanem az egykori nyomvonal jó közelítéssel rekonstruálható. A korábbi térképeken pedig ezt a hasonló időszakban készült térképekkel, illetve a domborzatmodellel

való összevetéssel vizsgáltam. Az 1526-os rekonstrukció esetén a Béda-ág mutat eltérést azzal, amire a térképek engednek következtetni. A meteorológiai kutatások és a történelmi árterek összegzése alapján egy lehetséges képet kaptam arról, az elöntés vagy mocsaras jelleg miatt mely területeken nem valószínű, hogy a csata bármely fázisa lefolyhatott.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném kifejezni hálámat mindazoknak, akik segítettek a dolgozat létrehozásában. Köszönöm barátaimnak, Dávid Zsófiának és Nagy Bencének a segítségükért, dr. Timár Gábornak amiért rendelkezésemre bocsátotta a Müller-térkép megfelelő szekcióját és ellátott tanácsokkal, a Janus Pannonius Múzeum kutatóinak, akiktől a domborzatmodellt kaptam. Köszönettel tartozom dr. Molnár Gábornak, aki egyrészt segített lebonyolítani a terepi megfigyelést és gépjárművet biztosított, másrészt pedig kérdéseivel és tanácsaival orientálta a gondolkodásomat.

Végül és legfőképpen szeretném megköszönni témavezetőmnek, dr. Székely Baláznak a türelmét, jótanácsait, saját idejét és energiáját nem kímélve segített, biztatását és azt, hogy tartotta bennem a hitet még akkor is, amikor meginogtam.

Források

- ANONYMUS, A Harmadik Katonai Felmérés, 1869-1887. Arcanum, Budapest
- ANONYMUS, A Második Katonai Felmérés, 1806-1869. Arcanum, Budapest
- ANONYMUS, Az Első Katonai Felmérés, 1782-1785. Arcanum, Budapest
- BERTÓK, Gábor , SZABÓ, Máté , HARAMZA, Márk, SZAJCSÁN, Éva , SIMON, Béla (2020): Mohács 500 csatatérkutatási program. in: HARAMZA, Márk, KOVALICZKY Gergely, BERTÓK Gábor, SIMON Béla, GALAMBOS István, TÜRK Attila (szerk.) Eke mentén, csata nyomában : A mohácsi csata kutatásának legújabb eredményei. Martin Opitz Kiadó, Pázmány Péter Katolikus Egyetem BTK, Régészettudományi Intézet, Janus Pannonius Múzeum, Duna-Dráva Nemzeti Park Igazgatóság, Történelmi Ismeretterjesztő Társulat Egyesület, Budapest, pp. 107-117.
- GOOGLEEARTH 2024.10.11. 46,009145° N, 18,673394° E, szemmagasság 30 km
- GRÓF László (2018) John Speed Magyarország-térképei (1627–1676) *Térképtörténeti Közlemények I.* pp. 9–26.
- KISS Andrea (2022): A kis jégkorszak, a Spörer minimum és Mohács. in: VARGA Szabolcs, TÜRK Attila (szerk.): Mohács szimfónia. Tanulmányok a mohácsi csatával kapcsolatos kutatások eredményeiből. PPKE BTK Régészettudományi Intézet – Martin Opitz Kiadó – Duna-Dráva Nemzeti Park Igazgatóság – Mohács 500 Egyesület, pp. 17–45.
- KORABINSKÝ, Ján Matej, (1804): Atlas Regni Hungariae Portatilis: Neue und vollständige Darstellung des Königreichs Ungarn auf 60 Tafeln im Taschenformat. Ein geographisches Noth- und Hülfsbüchlein, 34. lap

- LAZARUS (Secretarius) (1528): Tabula Hungariae ad quatuor latera. Eine kurze und warhafftige beschreibung des Ungerlands. Georg Tannstetter, Ingolstadt, 1–4 térképlap.
- LIPSZKY János (1803): Mappa Generalis Regni Hungariae. Pest.
- MARSIGLI, Luigi Ferdinando (1726): A Duna Bécs és Giorgio közti szakaszának térképe. [B IX b 112]
- MÜLLER, Johann Cristoph (1709): Augustissimo Romanor. Imperatori Iosepho I. Hungaria Regi Invictissimo Mappam Hanc Regni Hungariae.
- PAP, Norbert (2023): A mohácsi csata kései áldozatai. Jegyzetek a Mohács szimfóniához. *Modern Geográfia*, **18**(2): 35-45.
- PETROVSZKI, Judit, TIMÁR, Gábor (2010): Channel sinuosity of the Körös River system, Hungary/Romania, as possible indicator of the neotectonic activity. *Geomorphology*, **122**(3-4):223-230. DOI:10.1016/j.geomorph.2009.11.009
- PETROVSZKI, Judit, SZÉKELY, Balázs TIMÁR, Gábor, (2012): A systematic overview of the coincidences of river sinuosity changes and tectonically active structures in the Pannonian Basin. *Global and Planetary Change*, **98–99**:109–121. DOI:10.1016/j.gloplacha.2012.08.005
- SPEED John (1627): Mape of Hungari in A Prospect Of The Most Famous Parts Of The World, London pp 27.
- STØLUM, Hans-Henrik (1997), Fluctuations at the self-organized critical state. *Phys. Rev. E* 56:6710. DOI:10.1103/PhysRevE.56.6710
- SZÁVOSZT-VASS DÁNIEL (2024): Posztglaciális felszín- és vízhálózatfejlődés a mohácsi csatatéren. Dunai szigetek blog. <https://dunaiszigetek.blogspot.com/2024/03/posztglacialis-felszin-es.html> (Hozzáférés: 2024. október 12.)
- SZÉKELY, B. (2009): Rediscovering the old treasures of cartography - What an almost 500-year-old map can tell to a geoscientist. *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica*, **44**(1): 3-16.
- SZÉKELY Balázs, MOLNÁR Gábor, TIMÁR Gábor (2009): Lázár deák és a folyódinamika — térképezési hibák vagy valós mederváltozás? In: Kázmér, Miklós (szerk.) :Környezettörténet: Az utóbbi 500 év környezeti eseményei történeti és természettudományi források tükrében. Hantken Kiadó, Budapest, pp. 75–98.
- TIMÁR, G., MOLNÁR, G., SZÉKELY, B., BISZAK, S., VARGA, J., JANKÓ, A. (2006): Digitized maps of the Habsburg Empire – The map sheets of the second military survey and their georeferenced version, Arcanum, Budapest, 59 pp.
- VARGA Szabolcs (2022): Brodarics István és Istvánffy Miklós mohácsi csatáról szóló leírásának összehasonlítása. in: VARGA Szabolcs, TÜRK Attila (szerk.): Mohács szimfónia. Tanulmányok a mohácsi csatával kapcsolatos kutatások eredményeiből. PPKE BTK Régészettudományi Intézet – Martin Opitz Kiadó – Duna–Dráva Nemzeti Park Igazgatóság – Mohács 500 Egyesület, pp. 61–70.
- VICZIÁN István (2022): A Duna domborzatformáló hatása Mohács környékén és az 1526. évi mohácsi csata. in: VARGA Szabolcs, TÜRK Attila (szerk.): Mohács szimfónia. Tanulmányok a mohácsi csatával kapcsolatos kutatások eredményeiből. PPKE BTK Régészettudományi Intézet – Martin Opitz Kiadó – Duna–Dráva Nemzeti Park Igazgatóság – Mohács 500 Egyesület, pp. 93–45.
- VICZIÁN István, SEBERÉNYI József, SZÁVOSZT-VASS Dániel, DRUSZA Tamás (2023): A mohácsi teraszos sík holocén felszínfejlődése és az 1526. évi mohácsi csata környezetének vízrajzi és geomorfológiai rekonstrukciója. In: VARGA Szabolcs (szerk.) Elsüllyedt Mohács: újabb tanulmányok a mohácsi csatával kapcsolatos kutatások eredményeiről. Martin Opitz Kiadó, Budapest, pp. 209–251.
- ZÁMOLYI, A., SZÉKELY, B., DRAGANITS, E., TIMÁR, G. (2009): Neotectonic control on river sinuosity at the western margin of the Little Hungarian Plain. *Geomorphology*, **122**:231–243. DOI: 10.1016/j.geomorph.2009.06.028
- Janus Pannonius Múzeum munkatársai: 1 méteres felbontású Lidar domborzatmodell