

Magyarország és Románia határvonalának kijelölése és története, különös tekintettel a Csukás–Bucsecs szakaszra

The demarcation and history of the border between Hungary and Romania, with special regard to the Csukás–Bucsecs (Ciucaș–Bucegi) section

dr. KOVÁCS Lehel István

Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Marosvásárhely,
Koronka 1C., klehel@ms.sapientia.ro

Abstract

The Székelyföldi Határtúra Mozgalom (Seklerland Border Tour Movement) was founded in 2003 with the aim of locating, documenting, and mapping the boundary markers along the eastern border of the former Kingdom of Hungary in the Carpathians. The project serves not only geographical and cartographic purposes, but also provides insight into the history, ethnography, dialects, and—most importantly—the Hungarian place names of the border settlements. One of our key goals is to preserve these Hungarian toponyms. However, the search for boundary markers presents several cartographic challenges. Historical maps used different reference systems, making it essential to convert coordinates into modern systems and to georeference the old maps. A particularly detailed border map was created in 1900 using the Marosvásárhely System. This study focuses on its transformation into the modern WGS84 coordinate system.

Keywords: Marosvásárhely System, WGS84, border marks, borderline, GPS, GNSS

Kivonat

2003-ban jött létre a Székelyföldi Határtúra Mozgalom, és céljául tűzte ki, hogy felkutatja a volt Magyar Királyság keleti határának határjeleit a Kárpátokban, ezekről leírást és új térképeket készít. A kutatás nemcsak földrajzi és térképészeti célokat szolgál, hisz megismerkedhetünk ezalatt a határmenti települések történelmével, néprajzával, nyelvjárásával és legfőképp a magyar helynévhasználattal. Célunk a magyar helynevek megmentése is. Mindazonáltal a határjelek keresése számos térképészeti problémát vet fel, a régi térképek más rendszereket használtak, nélkülözhetetlenné vált a koordináták átszámolása mai rendszerekbe, a régi térképek georeferálása. 1900-ban egy nagyon részletes határvonal térképet készítettek a Marosvásárhelyi Rendszerben, jelen tanulmány ennek az átalakítását mutatja be a mai WGS84-es dátumra.

Kulcsszavak: Marosvásárhelyi Rendszer, WGS84, határjelek, határvonal, GPS, GNSS

1. TÉRKÉPVETÜLETEK

1.1. A Marosvásárhelyi Rendszer

Az Osztrák–Magyar Monarchia intézményei jelentős térképészeti szaktudással rendelkeztek. A Monarchia néhány évtizedes fennállásának idejéből több térképi ábrázolás is származik, amely kiterjed az akkori Magyarország teljes területére. Ezek közül a legjelentősebb a Harmadik Katonai Felmérés (1869–1887), amely elsősorban terepviszonyokat, adminisztratív tartalmat tükröz, illetve a helyneveket is tartalmazza, kiadott változatában 1:75000 léptékben. [1]

Ezek a térképek poliéder vetületben készültek, amelynek a hátrányai az első világháború alatt élesen megmutatkoztak: a szelvények nem voltak egy síkba kiteríthetők, a tűzéség számára pedig a földrajzi koordináták nem voltak elég pontosak. [2]

Az 1856-ban megkezdett kataszteri felmérésnél 1864-ig vetület nélküli rendszert alkalmaztak. Ekkor tértek át a felsőrendű háromszögelésben már 1860 óta használt *sztereografikus* (sík) szögtartó vetületi rend-

szerre, amelyben a Föld tényleges alakját, a *geoidot* (2. ábra) jól közelítő forgási ellipszoid ábrázolása a matematikailag könnyebben kezelhető gömb közbeiktatása révén, ún. kettős vetítéssel történt. [3] Ez volt a világ legrégebbi kettős konformális vetülete. [4]

A sztereografikus vetület előnye a poliéder vetülettel szemben, hogy a csatlakozó térképszelvények egy síkba kiteríthetők, és valamennyi szelvényre kiterjedő, egységes kilométer-hálózat fektethető fel az ország teljes területére. Ez a derékszögű kilométer-hálózat párhuzamos a sztereografikus síkkoordináta-rendszer tengelyeivel. A terepen a pontok koordinátáit ebben a rendszerben adták meg.

A sztereografikus koordináta-rendszer hátránya viszont, hogy minél inkább távolodunk a vetületi kezdőponttól, annál inkább torzulnak a hosszak és a területek. Ennek csökkentése érdekében már a vetület kataszteri célra való alkalmazásakor, a XIX. század második felében, az akkori ország területére három vetületi rendszert vezettek be, különböző kezdőpontokkal:

- a Magyar Királyság területére a Budai Rendszert, a gellérthegyi felsőrendű háromszögelési kezdőponttal;
- Erdély területére a Marosvásárhelyi Rendszert, Kesztej-hegy felsőrendű háromszögelési kezdőponttal (Marosvásárhelytől nyugatra 13 km-re);
- Horvátország és Szlavónia területére az Ivanicsi Rendszert, az ottani kolostor tornyával, mint kezdőponttal (már a II. katonai felmérésnél, a Cassini-féle vetület egyik kezdőpontja is ez volt). [2]

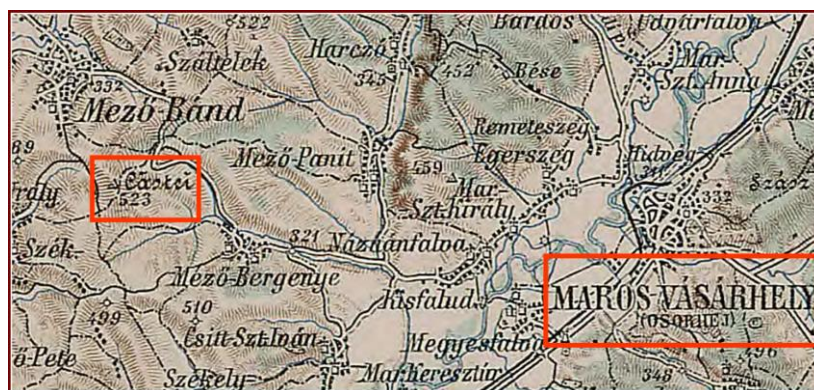
Az Erdély területére vonatkozó Marosvásárhelyi Rendszer vetítési középpontjának a koordinátái: $X = 600\,000$, $Y = 600\,000$ (Marosvásárhelyi Rendszer), azaz $\Phi = 46^{\circ}33'10.44''$; $\Lambda = 24^{\circ}23'16.42''$ (WGS84), vagyis $46,55290^{\circ}$ É; $24,38789^{\circ}$ K. Ezt az alappontot a Katonai Földrajzi Intézet állította fel és határozta meg 1891-ben a Marosvásárhelytől 13 km-re nyugatra fekvő, Mezőbánd és Mezőbergenye határában levő Kesztej-hegy (dealul Câstei vagy dealul Comorii) vízválasztó gerincén levő legmagasabb pontján, 523 méter tengerszint feletti magasságban. (1. ábra)

A ma használatos STEREO 70-es rendszerben, kilométerekben megadva ez a pont az $X = 453,190$; $Y = 561,656$. Az X -et Easting, az Y -t Northing koordinátának nevezzük.

A későbbi pontos mérések ezt a csillagászati szélességet $46^{\circ}33'9.12''$ -re korrigálták. [5] Habár a gyakorlatban használták is ezt a pontosabb szélességet, az elméleti számításokat továbbra is az eredeti, pontatlanabb adattal végezték.

Bár a számítást a Gauss-gömbön végezték, Fasching a Bessel-ellipszoidon is megadta az ellipszoid koordinátákat: $\Phi = 46^{\circ}33'6.4273''$ és $\Lambda = 42^{\circ}3'20.9550''$ Ferro meridiántól, vagyis $\Lambda = 24^{\circ}23'34.935''$ Greenwich-től. [6]

Megjegyzendő, hogy a gömbi koordinátákat (polárkoordináta-rendszer) a φ és λ görög kisbetűkkel (φ a földrajzi szélesség, a λ a földrajzi hosszúság) szokás jelölni, az ellipszoidi koordinátákat pedig a Φ és Λ görög nagybetűkkel (Φ a földrajzi szélesség, a Λ a földrajzi hosszúság) jelöljük a magyar szakirodalomban, míg az angolszász jelölésrendszerben pont fordítva van. [7]



1. ábra. A Kesztej-hegy és Marosvásárhely [8]

1.2. A WGS84 dátum

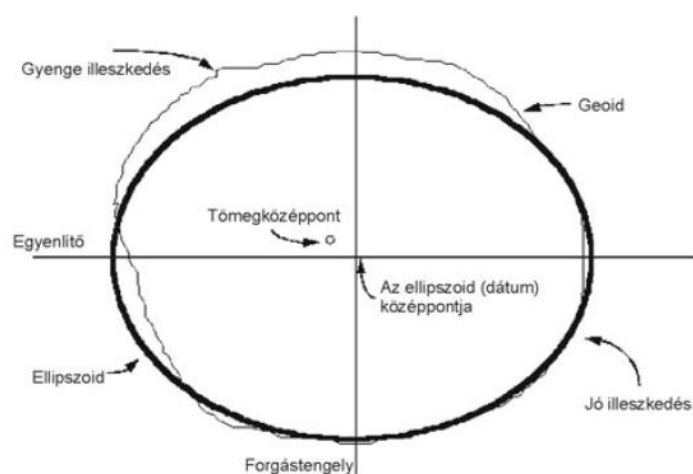
A tényleges szélességi és hosszúsági koordináta értékek megadása a vonatkozó forgásiellipszoid-modell (az. ún. geodéziai dátum) megadásával vagy az adatoknak egy ismert dátumhoz való hozzárendelésével lehetséges. (2. ábra)

Egy ilyen vonatkoztatási rendszer például a WGS84, a Földet globálisan közelítő ellipszoid-modell.

A WGS84 (World Geodetic System 1984) középpontja a Föld tömegközéppontjában van, vagyis geocentrikus elhelyezésű alapfelület. A WGS84 vonatkoztatási rendszert az USA védelmi minisztériumának (Department of Defense, DoD) katonai térképészeti szolgálata (Defense Mapping Agency, DMA; melynek neve 1996-tól National Imagery and Mapping Agency, NIMA; 2004-től pedig National Geospatial-Intelligence Agency, NSA) határozta meg és tette közzé, elsősorban globális méretű katonai navigációs és térképészeti feladatok megoldása céljából.

A WGS84 modellben a Föld sugara az Egyenlítőnél 6 378 137 m, a pólusoknál pedig 6 356 752 m a lapultsága pedig 1/298,257 223 563. Amennyiben a geodéziai dátum definiálva van, a földrajzi koordináták ezen alapfelületen értelmezettek.

A WGS84 a GPS (Global Positioning System) mérések koordináta rendszerének is szokás hívni. Egy más megfogalmazás szerint nem más, mint a GPS-műholdak által sugárzott fedélzeti pályaadatok vonatkoztatási rendszere.



2. ábra. Az ellipszoid jól illeszkedik a geoid felmért darabjához, középpontja viszont nem esik egybe a Föld tömegközéppontjával [7]

A GPS egy olyan, az Amerikai Egyesült Államok (USA) védelmi minisztériuma által kidolgozott műholdas helyzetmeghatározó rendszer, melynek segítségével lehetőség van arra, hogy a Föld 98 %-án meghatározható legyen a vevőberendezés pozíciója.

Az USA-n kívül más államok is elkezdtek helymeghatározó műholdakat működtetni, új rendszerek alakultak ki, mint például a GLONASS (Oroszország), BeiDou (Kína) és Galileo (Európai Unió), ezért már ezekre a rendszerekre nem az eredeti amerikai GPS elnevezést használjuk, hanem a GNSS-t (Global Navigation Satellite System).

Románia 1996 körül tért át a WGS84 dátumra, de még széles körben használatos az 1972-ben bevezetett STEREO 70-es vetítés is. [8]

A túra GPS vagy GNSS készülékek legelterjedtebb koordinátaformátuma a WGS84-es, így ma az adatokat ilyen alakban kapjuk meg.

Ha a régi térképek alapján akarunk keresgélni vagy számításokat végezni, akkor koordinátaátszámolókat, transzformációkat kell végrehajtanunk az egyes vetületi rendszerek között. [7]

Jelen esetben a Marosvásárhelyi Rendszer és a WGS84 között kell átszámításokat végeznünk.

2. MAGYARORSZÁG ÉS ROMÁNIA HATÁRVONALÁNAK KIJELÖLÉSE

2.1. Mit jelentett Magyarország határa a történelem során?

A határ történetének áttekintése során a legfontosabb elv, hogy a határ fogalma sem Európában, sem Magyarországon nem ugyanazt jelenti ma, mint a honfoglalás idején vagy a 14–17. században.

A 10–13. században *gyepűrendszer*ről beszélhetünk. A gyeptér kifejezés alatt olyan lakatlan, lakhatatlan, nehezen járható területsávot értünk, amely a szomszédos népeket, országokat egymástól elválasztotta. Ebben az időben a támadó hadseregek mindig oszlopban közelítették meg az ellenséges országot. A térképek, leírások hiánya miatt a hadvezetők a menet során a már ismert, kitaposott utakra, helyi vezetőkre tá-

maszkodtak, ezért a védekező országnak az utak őrzésére, védelmére kiemelt figyelmet, erőt, eszközt kellett fordítania. A járhatatlan területeket viszont nem kellett külön őrizni, így ezek passzív védelmi szerepet töltek be. Ebben az időszakban a gyepűrendszer, a határ, nem vonal, hanem zóna jellegű volt. A gyepű sávjának csökkenését indította el a feudális viszonyokon alapuló földadományozás (vármegyerendszer kialakítása Szent István korában). Mivel az uralkodónak adományozható birtokok az ország központi területén már nem álltak rendelkezésre, ezért a gyepűövezetben osztogatta tovább az arra méltóknak a földeket. A 11–16. században az államhatárok és a birtokhatárok között szoros összefüggés figyelhető meg, melyet a korszakból származó birtoklevelek is igazolnak. [9]

A címben említett Csukás–Bucsecs határszakasz Magyarország egyik legrégebben kijelölt határvidéke. Amikor II. Endre (II. András) 1211-ben a Barcaságra telepítette a Jeruzsálemben megalakult Német Lovagrendet (Teuton Lovagok), pontosan kijelölte a vidék határát: a halmágyi vár gyepűjétől a gálti vár gyepűjéig, onnan Miklósvár gyepűjéig, majd az Olton felfelé a prázsmári patak (Tatrag vize) beömléséig, aztán felfelé a patak eredetéig és a Tömös és Barca vize eredetéig, és vissza Halmágyig. Egy olyan határszakasról beszélünk tehát, amely már a 13. században pontosan ismert volt.

A 14–17. században beköszöntek a török idők, a határt a végvárak rendszere jellemezte, vagyis katonai határörvidékek voltak. Ebben a korszakban még az országhatárok képlékenyek voltak, de a községi, a saját és a földesúri birtokhatárok már vonal jellegűek lettek, és sokkal stabilabbak. Hozzájuk sokszor monda, hiedelmek kapcsolódnak. A határok kijelölése, fenntartása és a határkerülési rítusok egyféle szakralitást is magukba foglaltak.

A 16. századból származik Johannes Honterus első Barcaság és Erdély térképe is, így ezt a határszakaszt már 1532-ben térképre vetették. (3. ábra)



3. ábra. Johannes Honterus térképe

A török kiszorításának döntő állomása, a karlócai békeszerződés, alapvető változást hozott a magyar határ megjelölésének történetében. Ugyanis a déli határokat meghatározott vonalon kitűzték, és ezt térképeken is rögzítették. Az így kitűzött országhatár már egyértelműen vonal jellegűvé vált, azaz a korábbi határzóna vonallá zsugorodott. [9]

A békeszerződés szövege és a határok térképen, valamint terepen való ábrázolása jelzi, hogy a korábbi határjelöléstől eltérően újszerű ábrázolással van dolgunk.

A 18–19. században elkezdődtek az osztrák, majd az osztrák–magyar katonai felmérések.

Az elkészült három katonai felmérés térképein jól megfigyelhető, hogy például a Vojka-havas az első felméréskor (1763–1787) még jól bent volt Erdély területén, míg a második (1806–1869) és harmadik (1869–1887) felmérés esetén már határhavas lett. Az Anton von Wenzely 1789-ben készült katonai térképén két határvonal is szerepel régi és új határ megnevezéssel. Ezek a változások arról tanúskodnak, hogy még a 18. században is, a birtokviszonyok és az erőviszonyok alapján, az országhatár a Keleti-Kárpátokban valamelyes dinamikus jelleggel bírt.

A technika fejlődésével egyre pontosabb térképek születtek, amelyeken a határ ábrázolásával már a mai formában találkozhatunk (szaggatott vonal közé beszúrt pont). A határokat a terepen is pontosabban jelölték, a határköveket megszámozták.

A 14. század óta fennálló két román fejedelemség 1859-ben egyesült, majd 1862-ben felvette a Románia nevet.

2.2. A tudományos alapokra helyezett határ

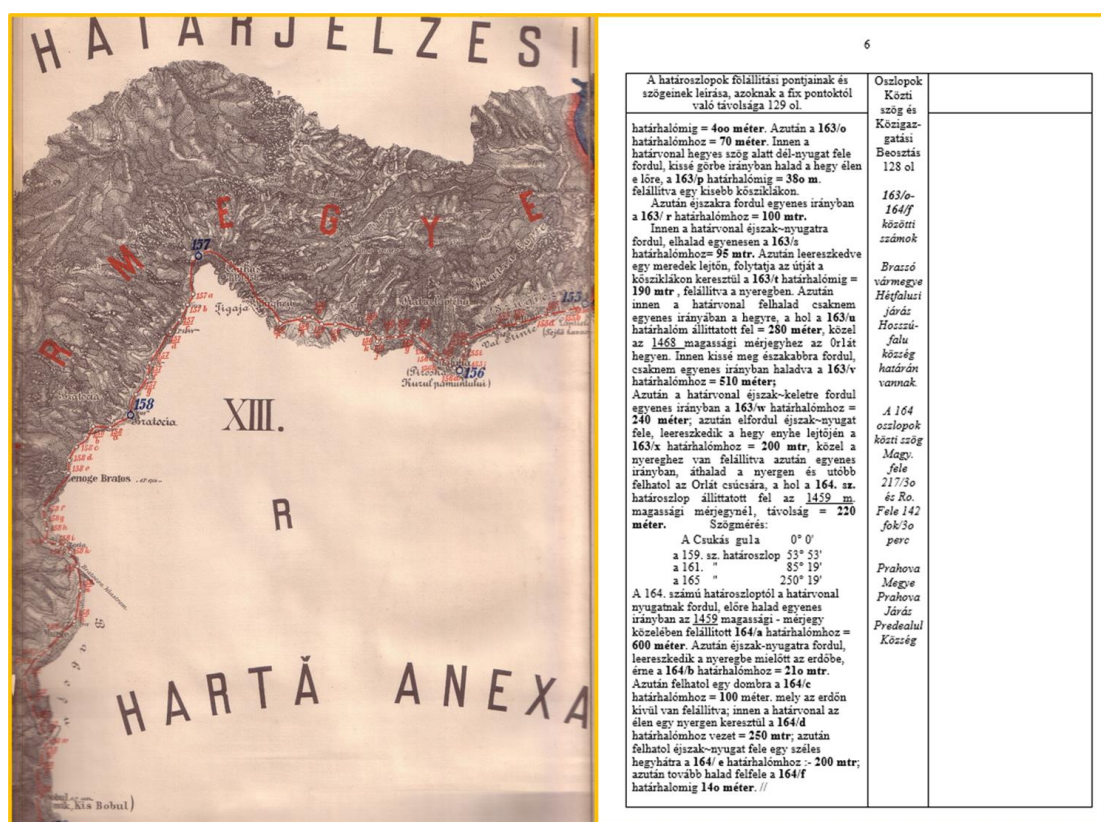
A határvillongások megakadályozása érdekében 1882-ben ültek le tárgyalóasztal mellé a két állam (Magyarország és Románia) kijelölt képviselői. Az 1883–1884-es határbejárás eredményeként az 1886. november 2-án Bécsben összehívott nemzetközi vegyes bizottság 1887. április 15-ig a határvonalat közös beleegyezéssel megállapította, szabatosan leírta és térképen rögzítette.

Ez lett a világ legelső tudományos szempontokra támaszkodó, matematikai pontossággal felmért és leírt, kijelzett határvonal. [9]

Magyarországnak a határvonal megállapításánál hármas fő célja volt: 1. állíttassanak vissza az 1792-es szisztovói béke után létrejött határegyezmény szerinti határok; 2. a lehető legkevesebb magyar birtok kerüljön román területre; 3. lehetőleg természetes határok legyenek.

A megszületett megállapodást az 1888. évi XIV. törvénycikk „az Osztrák–Magyar Monarchiának Romániával, a Monarchia két állama és Románia közt fennforgott határvillongások kiegyenlítése végett, a határvonal újabb megállapítása és azzal kapcsolatos kérdések szabályozása tárgyában kötött, s Bukarestben 1887. évi december 7-én/november 25-én aláírt nemzetközi egyezmény becikkelyezéséről” címmel rögzítette.

A törvény mellett egy nagyon pontos leírás és térkép is készült. (4. ábra)



4. ábra. Az 1888-as térkép és leírás

A határvonal kijelölését és leírását magyar-román vegyes bizottságok végezték.

Például a Csukás-hegységen dolgozó bizottság munkájáról így számol be az *Ellenzék* 1888. július

6-i, 9. évfolyam, 154. száma: „A magyar–román határrendezési bizottságnak Brassó megyei szakasza a múlt hó 29-én Bodzavámban átvette a munkálatokat a háromszéki szakasztól. Június 30-án megalakul a bizottság a szabályszerű formák között, s f. hó 1-jén ment a Tejkő-havasra, oly úton minőt csomaggal megterhelve talán még nem tett ember. Délig a bizottság erélyesen munkálkodott. Roll Gyula alispán elnök hazament Brassóba, átadva az elnökséget Tompa Sándor főjegyzőnek, ki addig marad künn, míg a munka teljesen folyamatba megy. 2-án délben hatalmas eső szakadt, akadályozva a bizottságot s a velük levő 32 nap-számot munkájukban. A magyar s román bizottsági tagok között a legszebb egyetértés és barátság áll fenn; a térképező tisztek mindkét ország részéről nagyon barátságosak, a román polgári tagok pedig szintén előzenyek, úgy hogy e szakasznak valóságos élvezet a munkája, eltekintve a természeti nehézségektől.”

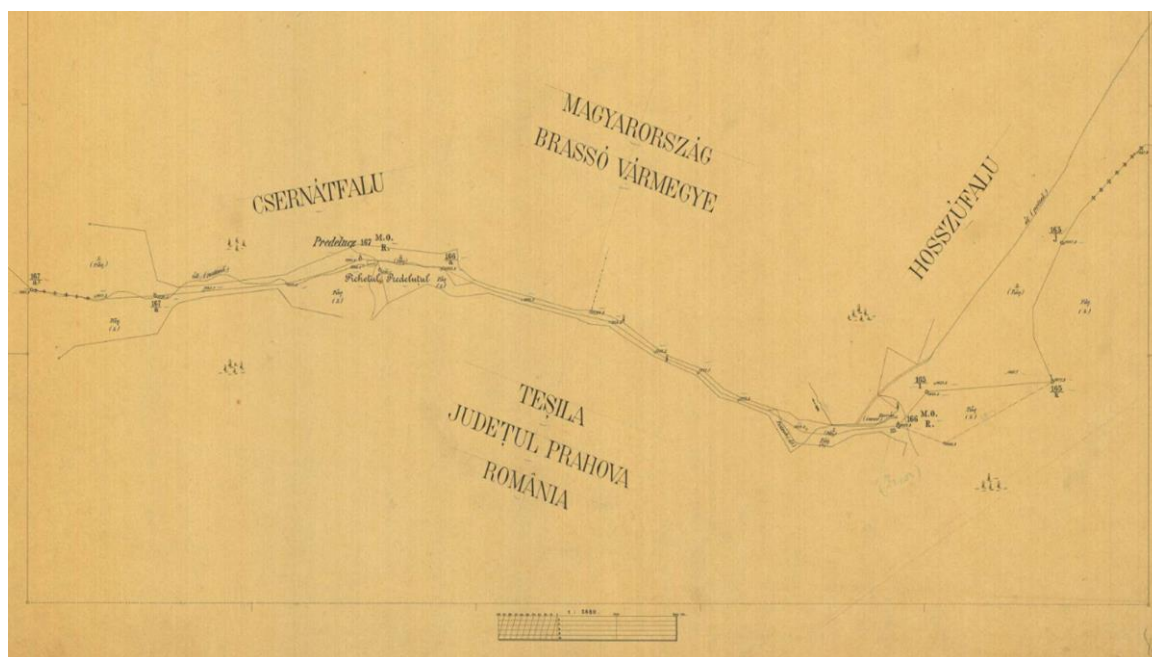
Az 1888-as magyar–román és az ezt követő 1897-es magyar–bukovinai határszerződések döntő hatást gyakoroltak a határőrizetre, a határjelek büntetőjogi védelmére, a határrend, határnyiladék fenntartására, továbbá 1891-ben új határőrizeti szerv, a Határszéli Csendőrség felállítását eredményezték.

1900-ban máris sor került a határvonal teljes revíziójára, új határtérképeket hitelesítettek és új határleírásokat szerkesztettek. (6. ábra) [10]

A határvizsgálat alatt 1622 határoszlopot és határdombot építettek, 257 darabot teljesen újonnan. Elkészült az új határleírás-tervezet és az átsatolt területek bemérése és leírása.

A dualista Magyarországon először alakult ki terepen geodéziailag kitűzött, határjelekkel megjelölt, állandóan karbantartott határvonal, mert: a vitás kérdések megoldására „*oly végleges határrendezés szükséges, mely méltányos és igazságos határ-megállapításával kielégíti az ellentétes érdekeket, másrészt szabatos, pontos és lehetőleg természetes vonalakhoz kötött határleírással elejét veszi jövőre a különben minduntalan felmerülő kételyeknek és ezekből eredhető újabb súrlódásoknak.*” [Képviselőházi irományok. 1887, III. köt. melléklet a 113. számú irományhoz.]

Törzskönyvezték az összes vízművet, és pontos tervek készítették a határőrizeti ösvények kiépítéséről. Hajdu János erdész bejárta és leírta erdészeti szempontból a teljes határvonalat. Tanulmányát *A magyar-román országos határvonal erdészeti jelentősége* címmel közölte az Erdészeti Lapokban (Országos Erdészeti Egyesület, Budapest, 1899. február.)



5. ábra. Az 1900-as új, rendkívül pontos térkép egy szelvénye (209.) [10]

2.3. Határjelek

Az 1888-as és az 1900-as határbejárások folyamán Magyarország és Románia határvonalát állandó jelekkel jelölték meg.

A határmegjelölési munkálatok magasabb műszaki színvonalat képviseltek, mint az eddigi határrendezések demarkációi. A szerződésnek Friedrich Ratzel *Politikai földrajz* című munkájában kiemelt jelentőséget tulajdonít, megfogalmazása szerint ezek „*a tudományosan megállapított határvonal kifejeződése.*”

A közös határvonalat 6 szakaszra osztották, melyek mindegyikén egyszerre kezdték el a kitűzési munkálatokat.

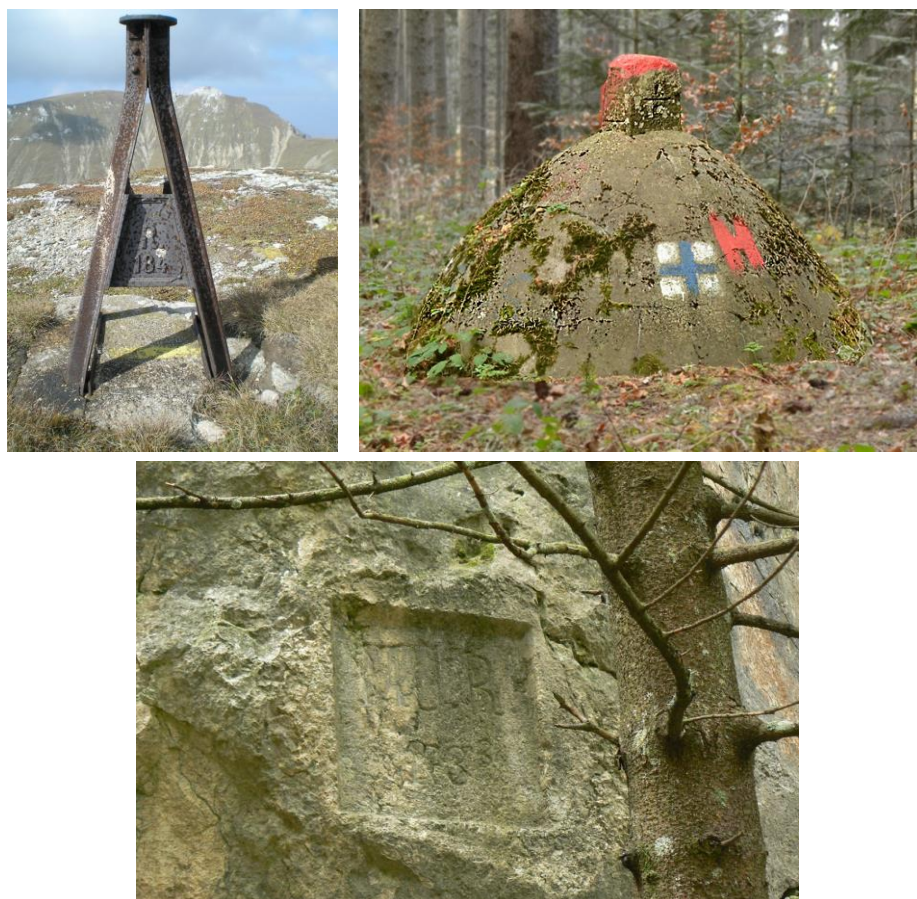
„*A két kormány által elfogadott terv szerint a határoszlopok szögvasból, a határhalmok pedig természetköfalazatból fognak állni. A határoszlopok vasszerkezeteinek alsó része 60 cm széles, 60 cm hosszú és 50 cm mély, s természetköből csemmenthabarcsba rakott alapfalazati tömbbe fog falaztatni: felső 80 cm magas gúla alakú része pedig a föld színe fölött állva, az alappal szilárdan összekötetik, s mintegy közepén két táblával lesz ellátva, amelyek egyikén M. O. betűk és a határoszlop száma, másikon pedig R betű és ugyanazon szám fog alkalmaztatni. A határoszlopoknak vasból előállított »gulyája« ott, ahol az alaptömbbel érintkezik, minden oldalon 38 cm széles. A határhalmok 2 méter átmérőjű, kör alakú alapfelülettel bíró tojásdad alakú félgömbből állanak, mely test 30 centiméter mélységre a földbe ásatik, többi része pedig a föld színe fölé emelkedik 70 cm magasságban, az egész test természetköből falazva és csemmenthabarcsba rakva állítatik elő, külső felülete sima csemmentréteggel lesz borítva. A határhalom száma egy faragott kőbe fog bevésetni, mely faragott kő 25 cm széles, 25 cm hosszú és 50 cm magassági méretekkkel előállítva, magasságának felére a határhalom falazatába befalazandó, kiálló részén lesz a halom száma.*” – áll a törvényben.

A jelek betűkkel és számokkal történő megjelölése a magyar-román-bukovinai hármashatárponttól kezdődött (Triplex Confinium) a Petrile Roşie-hegységben. A kezdő határ (latinul: capitalis; vagy principális határ) a Podul de Piatra és Piatra Roşie nevű sziklák között fekvő Podul de Piatra-nyeregben volt. A Triplex Confinium egy háromoldalú köloborral (köpiramis) mint 1-es számú határpont jelöltetett meg. Az 1. számú határjel 3 oldalán a három állam betűjele volt elhelyezve.

A számok a két szomszédos ország nevének kezdőbetűi (M.O.; R.) alatt helyezkedtek el. A határoszlopok folyó számozását a köztük elhelyezett határdombok jelölése nem szakította meg, az egyes oszlopokat követő határhalmok az oszlop számát viselik és törtvonal alatt az ábécé kisbetűivel vannak jelölve (pl.: 61/a; 61/b). A határoszlopokat egymástól nagyon változó távolságra helyezték el, így a terepviszonyok eltérő számú határdomb vagy határhalom közbeiktatását kívánták meg. Több esetben előfordult, hogy a nagy számú határdomb kimerítette az ábécé nyújtotta lehetőségeket (pl.: a 343 sz. és 344. sz. határoszlop között, ahol 42 db határdombot helyeztek el). Ilyen esetben a jelölést újrakezdték „a”-tól a betűk alsó indexálásával (pl.: 343/a₁; 343/b₁). Az alsó indexbe írt számokat fontos megkülönböztetni a felső indexben megjelenő kiegészítésektől, mivel utóbbiak az adott határjel későbbi határjárások alakalmával történő építését jelenti. Ezek a határdombok és különleges jelölések az előttük álló határjel számát viselik a felső indexbe írt számok növekedése mellett (pl.: 308/b; 308/b¹, 308/b²). Különleges jelzések alatt főleg a sziklába vésett jeleket kell érteni, amelyek általában az előttük álló határoszlop számát viselik (pl.: 173¹, 173²).

Tehát háromféle határjelt különböztetünk meg:

- Oszlop
- Halom
- Véset (6. ábra)



6. ábra. Határoszlop, határhalom, határvéset

A térképen rögzített határvonal pontos megjelölése mellett a földmérők a könnyű felismerhetőségre, a határvonal húzódásának azonosíthatóságára törekedtek. Emiatt olyan határpontokat választottak ki a határjelek helyéül, melyek önmagukban is jellegzetes, feltűnő tulajdonságokkal rendelkeztek. Ilyenek az adott terepszakasznak legmagasabb vagy legalacsonyabb pontjai, természetes sziklaképződmények vagy csúcsok, esetleg magányos élő fák. Az elhelyezés másik fontos szempontja a stabil talapzat volt, ezért lehetőség szerint minden határjelet közetlapra telepítettek.

A geodéták érdekes megoldást választottak például a Törösvári-szorosban álló 194/c határhalm esetében, amelyet az ott álló kőkereszt köré emeltek, s így a domb közepéből kiemelkedve jelölte a határ töréspontját.

A sziklába vésett jelek elkészítésére csak az 1894-es, 1897-es, és 1899-es határvizsgálatok alkalmával került sor. Az eredeti, 1889-es határleírás gyakran ír olyan terepről, melyen az áthatolhatatlan sziklarengeteg miatt nem tudtak határdombokat emelni. Az itt hiányzó jelöléseket később egyoldalú (M.O. vagy R. jelzésű) és kétoldalú (M.O.R. jelzésű) vésett jelek elhelyezésével pótolták. A határszakaszon összesen 18 db sziklába vésett jelt készítettek. [11], [12]

1890. október 22-én, Nagyszebenben írták alá azt a megállapodást, amely rögzítette a „*határőrizet céljaira szolgáló közös utak*”-at (a járőrök kölcsönösen használhatták egymás útjait).

3. MAI BEJÁRÁS, HATÁRJELEK KERESÉSE

3.1. Átalakítás Marosvásárhelyi Rendszerből WGS84-be

A Székelyföldi Határtúra Mozgalom, majd az ebből alakult Kárpát Gyepű Egyesület tagjai 2003 óta járják a volt Magyar Királyság keleti határait a Kárpátokban.

Az egyesület célja a volt Magyar Királyság keleti határának az 1883–84-es határbejárás eredményeként 1887-ben megszületett nemzetközi egyezmény alapján megállapított volt határvonal megismerése, és a megmaradt határjelek alapján való beazonosítása.

Kutatásaink kiindulópontja az 1900-ban kiadott nagyon pontos határtérkép volt. [10]

Ez a térkép a Marosvásárhelyi Rendszerben készült, így a legfontosabb lépés a Marosvásárhelyi Rendszer koordinátáinak átalakítása volt WGS84-be, majd az egész térképet georeferálni kellett, hogy bármilyen határjel vagy más tértárgy koordinátáit le lehessen azonnal olvasni.

A nagy részletességű térkép helyzeti információit akkor tudjuk komoly hatásfokkal felhasználni, ha nagy pontossággal georeferáljuk, ez által az adatokat integrálhatjuk mai modern adatbázisokba, így a terület történeti topográfiáját elemezhetjük, összehasonlítva a mai helyzettel. [14]

Mai modern adatbázisként, természetjáróként, elsősorban a Garmin BaseCamp szoftvert használjuk.

A *georeferencia* annak a módszertana, hogy a térinformatikai rendszerben rögzített objektum minden pontjának megadjuk a koordinátáit és azt, hogy ezek milyen koordináta-rendszerben értendők. Ezen túlmenően leírja e koordináták más rendszerekbe történő átszámításának módját is. (7. ábra) [13]



7. ábra. Georeferálás: Goetz és Probst 1804-es Magyarország-térképe a Google Earth felületén [7]

A georeferálás az illesztőpontok (GCP, ground control point), valamint a vetület megadásával történik. Illesztőpontokként a szelvények sarkainak a négy koordinátáját választottuk (8. ábra). Ezután elkezdődött az a többlépéses folyamat, amely során a földrajzi koordinátából vetületi koordináta, azután térképi koordináta, majd képi koordináta lesz. A folyamat minden egyes lépése hibákra ad lehetőséget.

A koordinátatranszformációkra a hétparaméteres Helmert-transzformációt (Burša–Wolf-transzformációt) alkalmazzuk, amely három eltolást (dx , dy , dz), három forgatást (rx , ry , rz) és egy léptékváltozást (s) foglal magába.

A három Molodensky (Mologyenszkij)-féle eltolási paraméter Erdélyben $dx + 642$ méter, $dy - 142$ méter és $dz + 530$ méter. [16]

Erre több értéket is szoktak használni, az említettek környékéről, mi azt tapasztaltuk, hogy ezek adják a legpontosabb eredményt.

Az X , Y és Z Descartes-féle koordináta-rendszert ECEF (Earth-Centered Earth-Fixed) koordináta-rendszernek nevezzük. Ez egy geocentrikus térbeli koordináta-rendszer, amely a Föld forgásával együtt forgó, de a Föld felületéhez képest rögzített. A Z -tengely a Föld északi sarkára mutat, az X -tengely pedig a Greenwichi zéró mértékkel. A Y -tengely az X -tengelyre merőlegesen, a Föld egyenlítő síkjában helyezkedik el.

A Marosvásárhelyi Rendszer azimutja (az a szög, amelyet egy valamely égi vagy földi objektumon áthaladó magassági kör képez a meridiánnal) a háromszögelésnél csak ideiglenes volt. Ezért a koordináta-rendszer tengelyei nincsenek pontosan az igazi északhoz igazítva. Ezért egy egyszerű Molodensky-transzformáció pontossága nem elegendő, figyelembe kell venni ennek a forgatásnak a hatását is. [6]

A szakirodalom egyetért abban, hogy a meghatározó azimutot a Nagysármás melletti Tígla Moruțului domb ($46,74620^\circ$ É; $24,20270^\circ$ K) irányába mérték (Harmadik Katonai Felmérés), így a Marosvásárhelyi Rendszer $\alpha = 22.357''$ szöggel van elforgatva a WGS84-hez képest, vagyis a forgatási paramétereket az $rx = -\alpha \cos \Phi \cos \Lambda$, $ry = -\alpha \cos \Phi \sin \Lambda$, $rz = -\alpha \sin \Phi$ képletekkel lehet meghatározni.

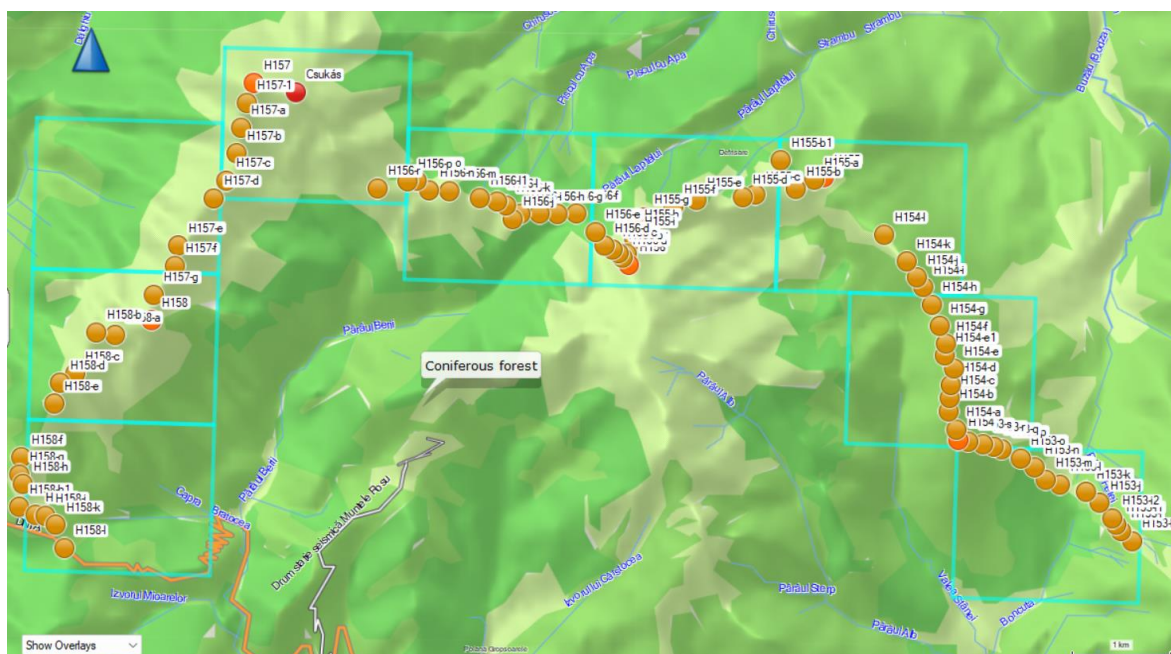
A forgatásokat kis szögek esetén lineáris közelítéssel szokás megadni (másodrendű tagokat elhagyjuk), azonban figyelni kell a radián vagy a szögmásodperc használatára a szoftverbeli $\sin$, $\cos$ esetében.

A hetedik paraméter (s) a skálázási hibákat küszöbölné ki, azonban ez nem igazán határozható meg az adatainkból (az origótól távol eső pontok koordinátáira lenne szükségünk), szerencsére ennek nagyon kis befolyása van a pontok vízszintes helyzetére, így nyugodtan nullára állíthatjuk, különben is olyan 10^{-6} körüli érték szokott lenni.

A három koordinátatranszformációt és a hét paramétert összevonva, a Helmert-féle átalakítás így néz ki mátrixos formában:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} dx \\ dy \\ dz \end{bmatrix} + (1 + s) \cdot \begin{bmatrix} 1 & -rz & ry \\ rz & 1 & -rx \\ -ry & rx & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

A koordináták pontos átszámítására használhatjuk a dr. Timár Gábor által fejlesztett Viteaz V2.0 Excel táblázatot. [15]



8. ábra. Térképszelvények koordinátáinak átalakítása (186–194. szelvények [10])

A kék négyzetek a Csukás eredeti [10]-es térképszelvényei

A tengerszint feletti magasságok helyzete sem egyszerű. Eddig csak a hosszúsági és szélességi koordinátákról beszéltünk, de egy térkép vagy leírás szempontjából nagyon lényeges egy földrajzi pont magassága is. A tengerszint feletti magasság vagy abszolút magasság a földrajzi pontok magasságának méréséhez meg-

határozott mérték. Alapja általában egy egyezményben rögzített tenger középvízszintje. Az Osztrák–Magyar Monarchiában Az első országos szintezést a bécsi Katonai Földrajzi Intézet végezte 1873–1913 között. Alapszintfelületnek az Adriai-tenger közép szintjét választották, amelyet a trieszti Molo Sartorio mércéjén 1875-ben határoztak meg. A szintezés összekapcsolása az Adriai-tenger szintjével Vásárhelyi Pál nevéhez fűződik. Magyarország mai területén Nadapon, Erdélyben pedig a Vöröstoronyi-szorosban állították fel a szintezési ősjelt.

Mivel az Adria középvízszint ismételt mérése 9 cm-rel eltért az 1875. évi méréstől, ezért az Adria közép tengerszint helyett bevezették a nadapi alapszintet. Ez azt jelenti, hogy a magasság nem a tengerhez képest, hanem egy képzeletbeli felülethez képest értendő, amely 173,8385 méterrel van a nadapi jel alatt.

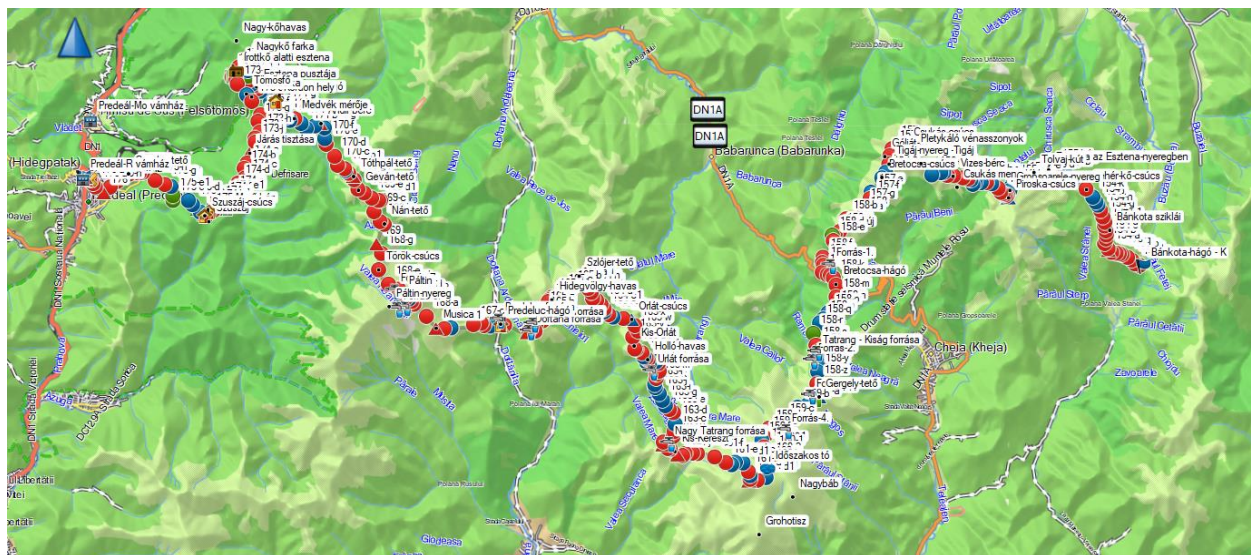
1953-tól a Varsói Szerződés államait kötelezték, hogy egységesen a Balti alapszinttől számítsák a magasságokat, ne az adriai alapszinttől. Ez az ún. balti (kronstadti) alapszint 67,47 cm-rel feljebb volt, mint a nadapi alapszint.

1994-ben egységes magassági rendszert hoztak létre Európában, amelyre áttértek az újonnan csatlakozott közép- és kelet-európai országok is. Az UELN-95 rendszer alapja az amszterdami vízmagasságmérő nullpontja. Az amszterdami közép tengerszint mintegy 14 cm-rel van mélyebben a balti közép tengerszint magasságánál, így Amszterdam környékén ezzel ki lehetett küszöbölni az addigi negatív magasságokat.

Tehát az 1953 előtt kiadott térképek esetében a magasságokat is át kell számolni a mai rendszerre. Egy pont esetében a balti magasság kiszámítása tehát úgy történik, hogy az adriai magasság értékéből kivonunk 67,5 cm-t, majd, ha át akarunk térni az amszterdamira, akkor ehhez még hozzá kell adni 14 cm-t.

3.2. Határjelek keresése, mai térkép

Mivel az 1970-es években egy román katonai alakulat végig járta a határvonalat azzal a céllal, hogy minden fellelhető határjelt felrobbantson, megsemmisítsen, mozgalmunk tevékenysége, hogy évente bejárunk egy határszakaszt, felkutatva a jeleket, bemérjük a pontos koordinátákat és felleltárazzuk a határjelek állapotát, amelyet meg is jelenítünk egy új térképen (piros színnel jelöljük a teljesen megsemmisített határjeleket, kék színnel a felrobbantott, de darabkaiban még fellelhető jeleket, valamint zöld színnel a teljesen épen maradt jeleket).



9. ábra. Garmin BaseCamp térkép

A Csukás–Bucsecs szakasz bejárása négy ízben történt 2009 és 2024 között. 2009-ben és 2010-ben az eredeti 1888-as térkép és leírás szerint keresgéltünk, 2023-ban és 2024-ben viszont az 1900-as térkép szerint, miután sikerült átszámítani a koordinátákat, és georeferáltuk a térképet.

Míg a határvonal követési pontossága 2009-ben és 2010-ben 90% körül mozgott, addig 2024-ben 100%-os volt (minden jelt megtaláltunk vagy a helyét sikeresen beazonosítottuk).

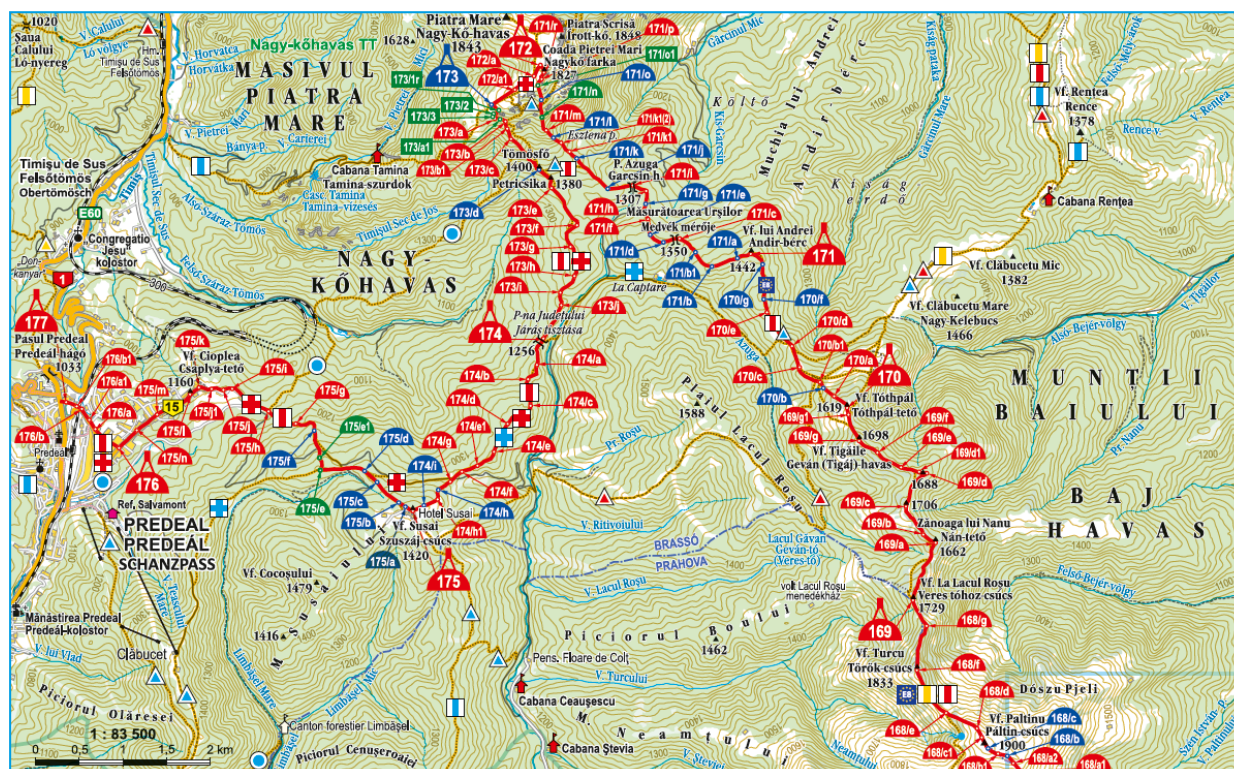
Az említett szakasz hossza 70,9 km, a szintkülönbség +4412, –4451 m. A szakasz legalacsonyabb pontja 1029 m tengerszint feletti magasságon volt, a legmagasabb pedig a Csukás csúcs 1953 m-en.

A Csukás–Bucsecs szakaszon 24 darab oszlop volt felállítva (154-től 177-ig számozva), a 2024-es bejárás során 5-öt találtunk meg romos állapotban, 19-et pedig teljesen megsemmisítettek. Érdekes, hogy két oszlopot 2010–2024 között semmisítettek meg, hisz ezeket 2010-ben még megtaláltuk.

Ami a határhalmokat illeti, ezekből 265 darabot készítettek el, ebből 6 ép, 80 romos, 179 megsemmisített, és 2 határhalmot valamilyen okból kifolyólag lecsúszott a gerincről egy új helyre (158/d, 158/t). A sziklákban 6 darab véset készült el, ezek mind jó állapotban vannak ma is. A szakaszon 6 őrhely (fabódé), vámhelyek épült fel.

A 2024-es bejárás keresési pontossága kb. 4 m volt a koordináta átszámítások után, és 100%-ban sikerült beazonosítani minden határjel helyét. 2010-ben ezt csak olyan 85%-ban tudtuk teljesíteni.

A 2024-es bejárás után két térképet készítettünk el, az egyik a nyers anyagok elsődleges feldolgozása Garmin BaseCamp 4.7.5 szoftverben (pontos WGS84-es koordinátákkal, 9. ábra), a másik pedig a már nyomtatásban is megjelent DIMAP térkép (10. ábra). [9]



10. ábra. A nyomtatott DIMAP térkép egy szelvénye [9]
Piros, kék és zöld határoszlopok, határhalmok és vésetek

4. KÖVETKEZTETÉSEK

Következtetésképpen elmondhatjuk, hogy kísérletünk sikeres volt, sőt a kb. 4 m-es pontosság a határjelek helyszíni GPS-készülékes keresésében nagy segítség volt. Megjegyzendő, hogy Garmin GPSmap 62s túraGPS-készülékünk az adott terepen átlagosan 7 műholdat látott, és pontossága 4–6 m volt.

Az 1900-as térkép nagy pontossággal ábrázolja a határvonalat, a mérések precízek voltak. A határjelek időtállóak, ha nem robbantották volna fel nagyrészüket az 1970-es években, 125 év távlatában is állták a helyüket. A véseteken, az épen maradt határhalmokon nem mutatkozik meg a 125 évnyi idő viszontagsága.

A turisztikai leírás, az új térképek elkészítése mellett hatalmas tapasztalatok gyűjthettünk a koordináta-átszámítások terén, megismerhettük a régi Marosvásárhelyi Rendszert, a transzformációs képleteket, elmélyülhettünk a térképészetben, térinformatikában, geodéziában.

A Marosvásárhelyi Rendszer és a WGS84 mellett megismerhettük, áttekinthettük mind Magyarországot, mind pedig Románia régi és új térképészeti rendszereit, a vetületeket, a koordinátákat, jelesül:

Magyarország esetében:

- Cassini–Soldner (1800-as évek eleje), hengervetület, lokális
- Gusterberg középpontú Gauss–Krüger (kb. 1870–1920), Bessel 1841 ellipszoid, ehhez tartozik a Marosvásárhelyi Rendszer is
- Magyar Gauss–Krüger rendszer (kb. 1920–1975), Bessel 1841 ellipszoid
- EOVS – Egységes Országos Vetület (1975–napjainkig), Kraszovszkij 1940 ellipszoid, módosított sztereografikus vetület

- WGS84 (globális, 1990-es évektől – térinformatika, GPS), WGS84 ellipszoid, földgömbi vetület (geoidhoz közeli)
- ETRS89/GRS80 (2007–napjaink, hivatalos geodéziai háttérrendszer), a WGS84-gyel megegyező GRS80 ellipszoid, UTM és ETRS89 LCC vetület

Románia esetében:

- Cassini–Soldner (1800-as évek eleje)
- Bessel–Gauss–Krüger (1850–1930 körül)
- Stereo 1930/Hayford ellipszoid (1933–1951), Oblique Stereographic 1930 Románia egész területére alkalmazva, Hayford 1909 (International 1924) ellipszoid, Dealul Piscului (Bukarest közelében) középponttal
- Stereo 1970/Kraszovszkij ellipszoid (1970–napjainkban is használatos), 1970-ben a szocialista éra során vezették be, a szovjet rendszerek alapján, Oblique Stereographic vetület, Kraszovszkij 1940 ellipszoid
- WGS84 (1990-es évektől, GPS, GIS célokra)
- ETRS89/GRS80 (2000-es évektől, modern geodézia, EU-s szabvány)

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Jelen tanulmány megírásához, a határvonal bejárásához és a térképek elkészítéséhez nyújtott segítségükért köszönetet mondok post mortem Molnár Sándornak, aki a Székelyföldi Határtúra Mozgalmat alapította, a sok túratársnak és a Hazajáró csapatának, akikkel az évek során a hegyeket jártuk, felmértük, Dömötör Zsolt és Kovács Zsolt (DIMAP) térképészeknek, hogy elkészülhettek ezek az értékes térképek!

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Magyar-Sáska Zsolt – Dombay István: *Az Osztrák–Magyar Monarchia vektorizált vármegyetérképeinek turisztikai hasznosítási lehetőségei*, In: TVT, Turisztikai és Vidékfejlesztési Tanulmányok, III. évfolyam, II. szám, 2018. június.
- [2] Jankó Annamária: Magyarország katonai felmérései <https://www.arcanum.com/hu/online-kiadvanyok/Janko-janko-annamaria-magyarország-katonai-felmeresei-1/>
- [3] Klinghammer István – Györffy János–Karsai Ferenc: *A kataszteri térképezés*, In: Dr. Karátson Dávid (főszerk.): Magyarország földje, KERTEK 2000 Könyvkiadó, Budapest, 1997.
- [4] Hazay István: *A magyar geodéziai vetületek*, In: Az MTA Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának Közleményei 1/1–2, 1967, pp. 87–99.
- [5] Fasching Antal: *A magyar országos háromszögelések és részletes felmérések új vetületi rendszerei*, Magyar Királyi Pénzügyminisztérium, Budapest, 1909.
- [6] Krisztián Kerkovits – Mátyás Gede: *Parametrization of the Hungarian Stereographic Map Sheets*, In: Advances in Cartography and GIScience of the International Cartographic Association, 4, 13, 2023.
- [7] Dr. Timár Gábor – Dr. Molnár Gábor: *Térképi vetületek és alapfelületek*, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, 2013.
- [8] Bartos-Elekes Zsombor: *Románia térképészeti örökségének digitális feldolgozása*, Lázár Kollokvium, ELTE – Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék, Budapest, 2016.
- [9] Dr. Kovács Lehel István, Molnár Sándor: *A Kárpátkanyar hegyei; Bánkó-hágó – Predeál*, Kárpát Gyepű Egyesület, Csíkszereda, 2025. DIMAP Bt. térképpel.
- [10] Magyarország és Románia határa: <https://maps.hungaricana.hu/hu/MOLTerkeptar/12984/>, Átnézeti vázlat a Magyarország és Románia közötti határvonal térképeiről, vegyesbizottságilag háromszögösen felmértetett 1894, 1897, 1898 és 1899. években hitelesített a Vegyes Határvizsgáló Bizottság által 1900–1901 évben.
- [11] Suba János: *Magyarország államhatárainak változásai 1867–1947*, Tipico Design, Budapest, 2003.
- [12] Sallai János: *Magyarország történelmi határai a térképeken*, Püski Kiadó, Budapest, 1995.
- [13] Dr. Timár Gábor: *Georeferencia; Térképi vetületek és geodéziai dátumok szabatos használata a térinformatikában*; ELTE Geofizikai és Űrtudományi Tanszék, Budapest, 2008. <https://sas2.elte.hu/tg/georeferencia.htm>
- [14] Bartos-Elekes Zsombor: *Kolozsvár történeti kataszteri térképének georeferálása, webes közzététele*, Domus szülőföldi ösztöndíj, Budapest, 2015.
- [15] Timár Gábor: *The official Viteaz page, Transformation between the Transylvanian grid coordinates*, https://sas2.elte.hu/tg/viteaz_en.htm
- [16] Timár Gábor – Molnár Gábor – Imecs Zoltán – Păunescu Cornel: *Datum and projection parameters for the Transylvanian sheets of the 2nd and 3rd Military Surveys*, Geographia Technica 2(1): 83–88., 2007.