

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR

Topográfiai térképművekből levezetett
digitális domborzatmodellek
összevetése a mai Magyarország
területén

SZAKDOLGOZAT
FÖLDTUDOMÁNYI ALAPSZAK
TÉRKÉPÉSZ ÉS GEOINFORMATIKA SPECIALIZÁCIÓ

Készítette:

Nyulas Levente Vince

Témavezető:

Dr. Kerkovits Krisztián András

adjunktus

ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék



Budapest, 2020.

Tartalomjegyzék

Bevezetés	3
1. Térképrendszerek és mintaterületek	4
1.1. III. Katonai felmérés	4
1.2. A két világháború közötti felmérés	5
1.3. Népgazdasági célú topográfiai felmérés.....	6
1.4. Az EOTR.....	7
1.5. Mintaterületek	9
1.5.1. A síksági terület.....	10
1.5.2. A dombsági terület.....	11
1.5.3. A hegységi terület.....	12
2. A domborzatmodellkészítés módszertana	13
2.1. Munka során felmerülő nehézségek	14
2.2. Interpolációs módszerek.....	16
2.2.1. TIN-interpoláció	16
2.2.2. IDW-interpoláció.....	17
3. A kapott magasságmodellek bemutatása	18
3.1. Az EOTR-ből levezetett domborzatmodellek és az összevetés módja.....	18
3.2. A III. Katonai felméréssel történő összevetés	20
3.3. A két világháború közötti felméréssel történő összevetés.....	23
3.4. A Népgazdasági célú felméréssel történő összevetés.....	26
Összegzés	30
Köszönetnyilvánítás	32
Hivatkozások.....	33
Nyilatkozat	34

Bevezetés

Személy szerint mindig is érdekelték a térképek, a térképszerű ábrázolások és a földgömbök, de különösen a nagyméretarányú topográfiai térképek. Azt gondolom, olvasói szemmel ezek nagyon érdekes térképek, ugyanis többnyire rendkívül részletesek, nem csak látványosak, de segítik a tájékozódásunkat, informatívak, többnyire színesek. Térképrendszert alkotva akár egy egész ország területét bemutatják nagy részletességgel. Leolvasható róluk a települések szerkezete, utcái, fontosabb épületei, a természeti borítottság, rengeteg földrajzi név; és számomra a legizgalmasabb az, hogy a szintvonalak által leolvasható a geomorfológia is: az, hogy hol találunk csúcsokat, töbröket, metsződéseket, horhosokat, letöréseket, hegyhátakat és medencéket, gödröket. Azt gondolom, hogy a szintvonalak helyes olvasása már-már művészet, és habár korántsem mutatnak olyan plasztikus, vizuális élményt, mint a korábban használt csíkozós domborzatábrázolás; a szintvonalak alapján számításokat végezhetünk, és ami a legjobb, akár domborzatmodelleket is készíthetünk belőlük. Azt hiszem, hogy a földtudományokon belül a domborzat- vagy magasságmodellek a legkifejezőbb és leglátványosabb vizuális szemléltető eszközök, nem csupán a szakmabelieknek, de a laikusoknak is egyaránt. A domborzatmodellek vizsgálata fontos az erdészetben, mezőgazdaságban, építészetben, a különböző természeti kincsek kitermelésében, de a katasztrófavédelemben, vagy akár a hadászatban is.

Dolgozatomban nagyméretarányú topográfiai térképművekből levezetett domborzatmodellekké fogok foglalkozni, melyek a magyar topográfiai térképkészítés múltjából származnak. Céлом az volt, hogy felmérjem, melyik korban, melyik térképrendszer készítésénél milyen pontossággal mérték a magassági adatokat, és azt milyen pontossággal ábrázolták térképen. Ezen levezetett domborzatmodellek összehasonlításával átfogó képet kaphatunk arról, hogy az idők során miként fejlődtek a különböző felmérési és ábrázolási módszerek, és ahol van, milyen mértékű a pontatlanság. Dolgozatomban bemutatom a négy felmérési korszakot, amelyeket munkám során használtam, a három mintaterületet, valamint a domborzatmodell készítés teljes folyamatát a szkenneléstől a kész modellig. A szemléletesség céljából használni fogok ábrákat és táblázatokat is (1. táblázat), melyek egyszerűen érthetővé és átláthatóvá teszik az egész munkafolyamat módszerét és a végkifejletet. Kezdetben bemutatnám a négy térképrendszert és a három mintaterületet.

1. Térképrendszerek és mintaterületek

Dolgozatom alapvető célja különböző korszakokban lezajlott topográfiai felmérésekből készült térképművek magassági adatainak összehasonlítása. Ezt a szintvonalak és az egyéb magassági adattal rendelkező pontok digitalizálásával, majd az ezekből készült domborzatmodellek egymással való összehasonlításával érem el. Fontos megjegyezni, hogy mivel ezek a felmérések különböző időkből származnak, így különböző felmérési és szerkesztési módszerekkel készültek, ezáltal teljesen más pontossággal és hibaküszöbvel rendelkeznek. Arra voltam kíváncsi, hogy milyen mértékű különbségek merülnek majd fel, esetleg megfigyelhető lesz-e valamilyen módszertanból származó ismétlődő hiba. Dolgozatomban négy felmérési korszak szelvényeit hasonlítom össze. Fontos megjegyezni, hogy csak időben, de térben nem változtattam a szelvényeken. Három, egyenként 12 km² nagyságú területet vizsgáltam, egy síksági egy hegységi és egy dombsági területet.

1.1. III. Katonai felmérés

Az első és egyben legrégebbi felmérés a III. Katonai felmérés, mely 1869-től 1887-ig zajlott és az egész Habsburg Birodalom területére kiterjedt. Ez volt az első olyan felmérés a Birodalomról, ahol elsőként használtak szintvonalakat a Lehman-féle csíkozás kiegészítésére. Az egész Birodalom területére 20 méteres szintvonalközöket használtak, de volt 10 méteres felező szintvonal is a lapos térszíneken. Ez esetben 1 : 25 000-es méretarányú szelvényeket digitalizáltam, amely azonban növelheti az eltérés mértékét a későbbiekben. A méretarányt azért fontos kiemelni, mert bár a két világháború közötti szelvényeknél is ebben a méretarányban kellett dolgoznom, azonban a Népgazdaságinál és az EOTR-nél már nagyobb méretarányú, 1 : 10 000-es szelvények voltak használatban, amelyeknek más a vízszintes pontossága. Erre a felmérésre azért volt szükség, mert a korábban elkészített II. Katonai felmérés részletessége nem volt megfelelő a kor katonai térképezésében. Fontos megjegyezni, hogy katonák által, katonai szempontok alapján készült a teljes térképezés, ellentétben a dolgozatomban használt későbbi térképrendszerekkel, melyek polgári célúak. A felmérés alapját részben geodéziai alapmérések, részben már rendelkezésre álló kataszteri felmérések, illetve kis részben a II. Katonai felmérés egyes szelvényei szolgáltatták. 1862 és 1898 között zajlott továbbá egy új háromszögelés is, ám ez kissé elhúzódott, ezért sokszor az 1848 – 1862 között készített, a II. Katonai felmérés során használt háromszögelést használták itt is. A háromszögelési pontok magasságát az Adriai-tengeren levő, trieszti Molo

Sartorióon elhelyezett mareográf szolgáltatotta, akárcsak a Két Világháború közti szelvényeknél. Ez azonban szintén egy különbséget képez a későbbi felmérésekkel szemben. Alapfelületként a Bessel-féle ellipszoidot alkalmazták, melyen úgynevezett kettős poliéder (soklaptest) vetületet használtak, így a felmérés minden szelvénye külön síkban helyezkedik el. (Jankó, 2019a)

1.2. A két világháború közötti katonai felmérés

Az I. Világháborút követően az Osztrák–Magyar Monarchia szétesett, így az utódállamok kénytelenek voltak új intézmények létrehozására az addigi közös bécsi Katonai Földrajzi Intézet helyett. Mivel a békeszerződésekben erősen korlátozták hazánk haderejének méretét, így éles vita alakult ki arról, hogy katonai, vagy polgári keretek között folytatódjon-e a térképészet. Új térképekre márpedig szükség volt, ugyanis a háború során kiderült, hogy a III. Katonai felmérés alatt használt kettős poliéder vetület alkalmatlan hadászati célokra, mivel a térképlapokat egy síkba helyezve nem illeszkednek jól, nem alkalmasak pontos számítások végzésére, ami a tüzérségnek komoly gondokat okozott. Több évnyi folyamatos névváltoztatás és megannyi polgári és katonai térképészek között zajló vita után 1922-ben a Pénzügyminisztérium alárendeltségébe került az úgynevezett Magyar Királyi Pénzügyminisztérium XIII. C. Ügyosztálya, amelyet hivatalosan Állami Térképészetnek is neveztek. Ez egy igencsak polgári elnevezés volt, azonban az intézmény 1927-ig még a Katonai Ellenőrző Bizottság felügyelete mellett működött. Elindult a térképészet egységesítése és a katonai, valamint a polgári körök közeledése. Végül 1923-ban megszületett a döntés az új vetület, a sztereografikus vetület bevezetéséről. 1920 és 1926 között a III. Katonai felmérés, a trianoni Magyarország északi részén történő reambulálása zajlott, amely terepi bejárást és helyesbítést jelent, azonban 1927-től 1939-ig lezajlott az úgynevezett új felmérés. A három mintaterületemről készült szelvények kivétel nélkül ebben az időszakban készültek el. Fontos megjegyezni azonban, hogy mindhárom terület különböző felmérési módszerrel készült, ami azt is eredményezi, hogy teljesen más hibaparamétereket tartalmazhatnak. Ezt a későbbiekben a mintaterületek bemutatása során kifejtem részletesebben. Ahogyan említettem az új vetület a sztereografikus lett, még pontosabban a budapesti katonai sztereografikus vetület, Gellért-hegyi kezdőmeridiánnal. A koordinátákat a Gellért-hegyi kezdőponttól 500 kilométerrel nyugatra és 500 kilométerrel délre tolták el, így elkerülve a negatív koordinátákat. Így egy síkba fektethető, derékszögű kilométer hálózattal rendelkező rendszert kaptak. Magassági hálózatként az 1873–1898 közötti úgynevezett „szabatos szintezést” használták, ami a III. Katonai felmérés öröksége,

és amelynek a Nadapi főalappont az alapja. A Nadapi főalappont szintén az Adriai-tengeren elhelyezett Molo Sartorió-i mareográf által mért tengerszintből lett levezetve, még hozzá úgy, hogy attól 173,8385 m-rel magasabban van. (Tarsoly, 2010) Alapfelületnek megmaradt a Bessel-féle ellipszoid. (Jankó, 2019b)

1.3. Népgazdasági célú topográfiai felmérés

1951-ben az Országos Tervhivatal rendeletben utasította az Országos Földmérési Intézetet (OFI), hogy kezdjék meg az előkészületeket egy 1952-ben induló 1 : 5000 méretarányban készülő topográfiai felmérésre. Igen hamar rádöbbsentek, hogy sem a technikai sem a szakemberi minőség nem áll a rendelkezésre, ezért végül az 1 : 10 000-es méretarány mellett döntöttek. A felmérés 28 évig tartott és a felmérés módszerét tekintve három korszakra osztható. 1952 és '56 között úgynevezett numerikus vagy „szabatos” módszert alkalmaztak, 1955 – 1958 között a hagyományos grafikus, mérőasztal felmérést alkalmazták, míg 1957 és 1980 között korszerű fototopográfiai felmérést alkalmaztak. A Nadapi magassági rendszer helyett áttértek a Balti magassági rendszerre. Erre azért volt szükség, mert a háború végeztével a Szovjetunió egyre nagyobb és nagyobb befolyást szerzett, nemcsak a hazánkban, de az egész térségben, ezért minden egyes vasfüggönyön innen levő állam áttért erre a magasságra. Ezt a magasságot a Balti-tenger partján fekvő Kronstadt városban található mareográf segítségével számolták ki. A két alapszint között levő különbség egészen pontosan 0,6747 méter az Adriai-tenger javára. (Tarsoly, 2010) Így történhetett meg az az érdekesség is, hogy a Kékes-tető 1015 m helyett végül 1014 m magas lett. A polgári térképészet megkapta a katonai térképészettől a kataszteri térképek fotogrammetriai alapját. Az alapfelület és a vetület tekintetében szintén három korszakot különítünk el. 1952-től 1957-ig a Bessel-féle ellipszoidot használták alapfelületként sztereografikus vetülettel. 1957-től 1965-ig egy rövid időre áttértek a Kraszovszkij-féle alapfelületre Gauss–Krüger vetület alkalmazása mellett, majd 1965-től a felmérés végéig 1980-ig visszatértek a Bessel ellipszoidra és a sztereografikus vetületre. Munkám során mindegyikre volt precedens, ugyanis rengeteg szelvény részterületét kellett digitalizálnom. A felmérés során használt alapszintközök kezdetben 2 méteresek voltak, azonban a felmérés kései szakaszára áttértek a 2,5 méteres szintvonalközökre. A sík térszíneken 1 m volt az alapszintköz. (Nagy, 1985)

1.4. Az EOTR

Az EOTR (Egységes Országos Térképrendszer) 1975–1999-ig tartó polgári topográfiai felmérés. Ezt a térképrendszert alkalmazzuk ma is hazánkban, pontossága és részletessége igen magas, ezért munkám során az e térképművekből levezetett domborzatmodellek fognak amolyan „etalonként” szolgálni, azaz az összes többi domborzatmodell ehhez és nem egymáshoz lesz hasonlítva és az ettől való eltérést vonom majd le konklúzióként. Először 1969-ben merül fel kormányrendeletként, majd a terepi munka 1975-ben kezdődik, szóval egyszerre dolgoztak rajta és a népgazdasági célú térképrendszeren. Az EOTR különlegessége az, hogy először hazánk térképészetének történetében, saját, hazánk elhelyezkedésének leginkább kedvező vetületi rendszerrel készült, az EOv-val (Egységes Országos Vetület), mely egy redukált szögtartó ferdetengelyű hengervetület. Az egységes szó mindkét esetben nem csupán az összeilleszthetőséget jelenti, hanem tartalmi szempontból azt is, hogy polgári topográfiai és kataszteri térképekről is beszélünk egyben, ami így sokkal egyszerűbbé tette a térképezést, mert a katonai topográfiai térképeken is megtalálhatók voltak inentől kezdve az EOTR koordináták. Így szólva inentől kezdve bármilyen készülő térképműnek az EOTR nyújtott alaptérképet. Az EOTR esetében a felmérési méretarányt, az 1 : 10 000 méretarányt használtam, ahol 1 vagy 2,5 méteres a szintvonalak alapszintköze, tereptől függően. Egységes továbbá a magassági alappont hálózat is (EOMA). Újdonság még, hogy az 1967-ben bevezetett IUGG/67 elnevezésű ellipszoid lett az új alapfelület. A kezdőpont továbbra is a Gellért-hegy maradt, melyet a negatív koordináták elkerülése érdekében nyugati irányban 650, míg déli irányban 200 kilométerrel toltak el, amely valahol az Adriai-tengeren található. A Balti alapszint megmaradt a népgazdasági célú felmérésből. A felmérés módszertanát tekintve topográfiai felmérésről beszélünk, amelyet fototopográfiai eljárás is kiegészített. Az EOTR-szelvények esetében ezt a 12 km²-es területet körülbelül 30 munkaóra digitalizálni, így kijelenthető, hogy a hegyvidéki terület messze a legidőigényesebb mind közül. Továbbá említést érdemel az a tény is, hogy az EOTR és a Népgazdasági szelvények esetében az igazán meredek sziklafalak nem voltak szintvonalakkal ábrázolva, csupán egy sziklafal/sziklaletörés rajzi jellel. Ebben az esetben az „à la vue”, azaz a szemmérték módszerét alkalmazva saját magam húztam a szintvonalakat, akárcsak azon esetek közben, amikor a túl nagy meredekség miatt az alapszintvonalak megrajzolása kimaradt, és csak a főszintvonalak voltak megrajzolva. (Györffy–Klinghammer, 1997)

<i>1. táblázat Felmérési korszakok tulajdonságai</i>					
Név	III. Katonai felmérés	Két világháború közötti felmérés	Népgazdasági célú felmérés	Az EOTR	
Időszak	1869–1887	1927–1939	1952–1980	1975–1999	
Méretarány	1 : 25 000	1 : 25 000	1 : 10 000	1 : 10 000	
Szervezés alapja	II. Katonai felmérés, vízszintes alappontok, kataszteri térképek	Kataszteri térképek fotogrammetriai alapja	Kataszteri térképek fotogrammetriai alapja	Kataszteri térképek megújítása fotogrammetriai alapon	
Alapfelület	Bessel-féle ellipszoid	Bessel-féle ellipszoid	Bessel-féle ellipszoid, Krasovszkij-féle ellipszoid	IUGG/67 ellipszoid	
Vetület	Kettős poliéder vetület	Sztereografikus	Sztereografikus, Gauss–Krüger	EOV	
Kezdőmeridián	Ferro	Ferro	Greenwich	Greenwich	
Alapszint	Adriai-tenger	Adriai-tenger	Balti-tenger	Balti-tenger	
Alapszintköz	20 m	10 m	1m, 2m, 2,5m, 5m	1m, 2m	

1.5. A mintaterületek

A korábban említetteknek megfelelően a négy felmérést három különböző mintaterületen hasonlítom össze, hogy minél átfogóbb képet kapjunk a magasságábrázolás pontosságáról. A mintaterületek kiválasztásánál az első és legfontosabb szempont az volt, hogy mindegyik hazánk mai területén helyezkedjen el. Hazánk alapvetően nem rendelkezik nagy relieffel, de fontos volt, hogy a mintaterületek változatos geomorfológiai és domborzattani jellemzőkkel bírjanak, így megpróbáltam olyan területeket választani, amelyek a lehető legjobban eltérnek egymástól. Ez magába foglal egy alapvetően síksági, egy dombsági, és egy már hegységinek nevezhető területet. A területek mind 12 km²-es nagyságúak, amely méret pont elegendő a megfelelő következtetések levonásához. Ennél kisebbel nem lett volna érdemes dolgozni, azonban kezdetben 20 km²-es területeket választottam. Ezek túl nagyok bizonyultak, és fennállt a veszélye, hogy nem tudok időben elkészülni a dolgozattal. Ezért döntöttem végül a 12 km² mellett, amely így is kielégíti a mérettel szemben támasztott igényeket. A szemléletesség kedvéért ebben a fejezetben nem csak fényképeken, de az EO-TR-ből készült tömbszelvényeken is bemutatom a területeket. Itt 2,5-szeres túlmagasítást használtam.

1.5.1. A síksági terület

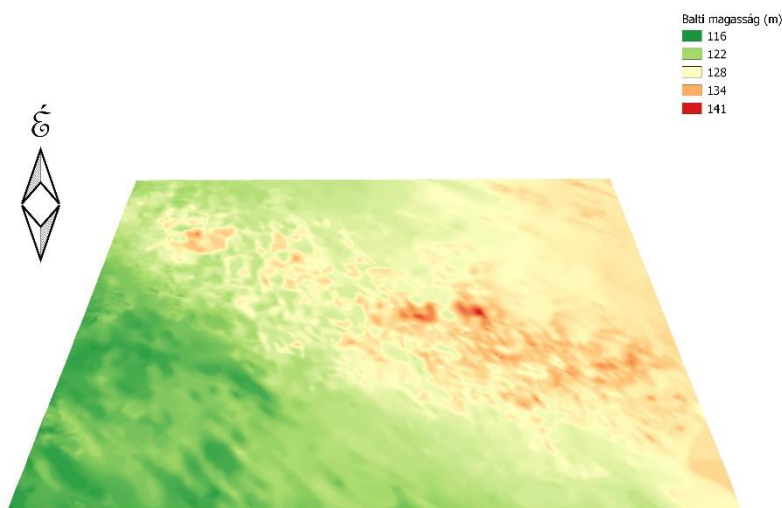


1. ábra: A Csévharaszi Borókás Természetvédelmi Terület

Forrás: Google Earth

A síksági területnél nem akartam egy egyszerű, tökéletesen lapos térszint, amelyből rengeteg található az Alföldön. Ezért végül a Pesti-síkon található Csévharaszi Borókás Természetvédelmi Területet és környékét választottam, amely roppant izgalmas geomorfológiával rendelkezik (1. ábra). Gyakorlatilag egy homokbuckás vidékről

beszélhetünk, ahol a relief 25 m, de ennek ellenére tele van kisebb buckákkal, gödrökkel, amelyek a vektorizálás során okoztak némi nehézséget (2. ábra). A terület növényzeti szempontból erőteljesen fedett, ezért is van az, hogy a homokbuckák állandók, nem fújja el őket a szél, a gyökerek megfogják a talajt. EOV-koordináták szerint a nyugat–keleti kiterjedése 674 000 m-től 678 000 m-ig tart, míg észak–déli irányban 218 000 m-től 215 000 m-ig.



2. ábra: Tömbszelvény az EOTR síksági területről

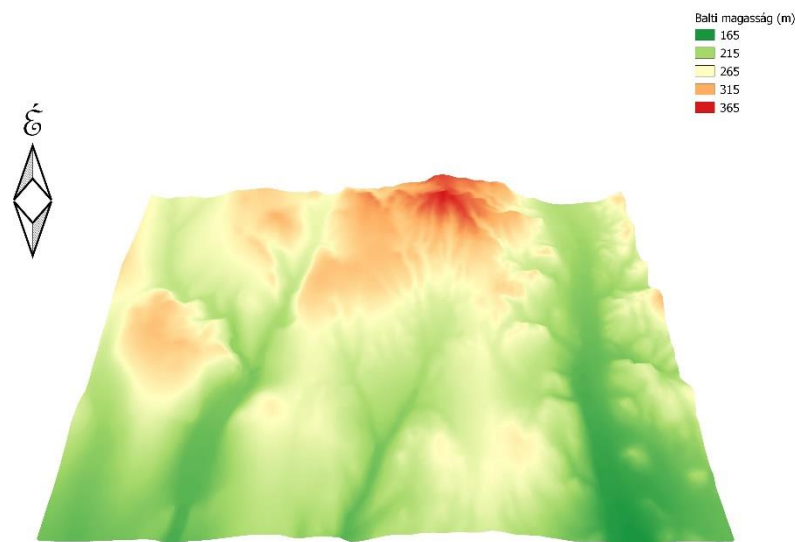
1.5.2. A dombsági terület

A dombsági résznél nem volt túl sok választási lehetőségem, ugyanis a két világháború közötti felmérésnél csak igen kevés dombsági terület készült hazánkról, így végül a Rezi és Cserszegtomaj közötti területre esett a választás. Ez tulajdonképpen a Balaton-felvidéki Nemzeti Parktól nyugatra eső terület, ahol pontosan 200 m-es relieffel találkozunk. Igazából ez a terület a Keszthelyi-hegységhez tartozik, azonban nevével ellentétben valójában egy dombsági területről beszélünk (3. ábra). EOV-koordináták menti kiterjedése nyugat–keleti irányban 511 000 m–515 000 m, míg észak–déli irányban 167 000 m–164 000 m. Összességében elmondhatom, hogy ezzel a területtel volt a legkevesebb gond, már ami a vektorizálást illeti. Tömbszelvényként talán ez a terület a legkifejezőbb. Nagyon szépen elkülönülnek rajta a völgyek és a hátaik, még az apró metsződések is látszanak (4. ábra).



3. ábra: A Keszthelyi-hegység látképe Vállus környékéről

Forrás: Google Earth

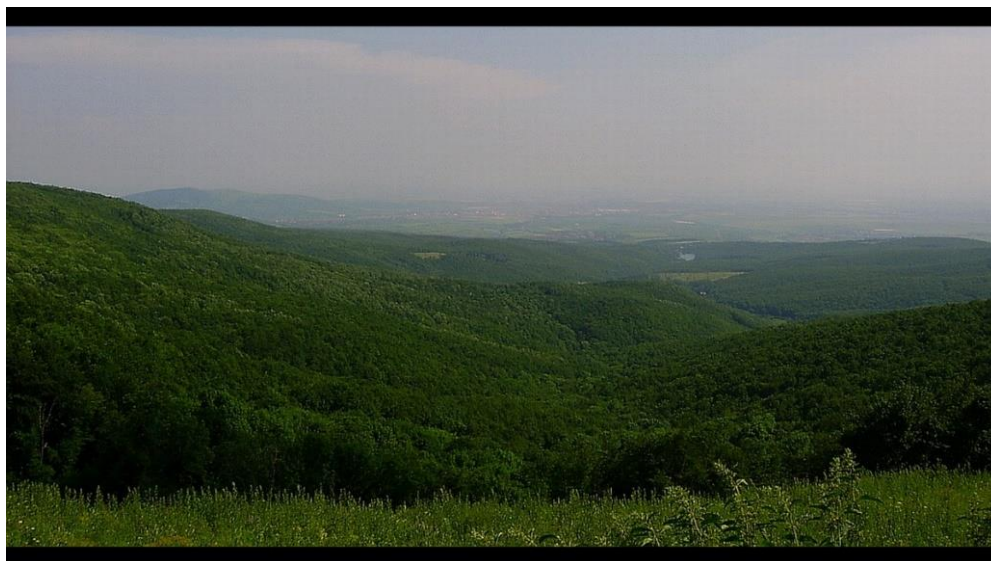


4. ábra: Tömbszelvény az EOTR-ről a dombsági területen

1.5.3. A hegységi terület

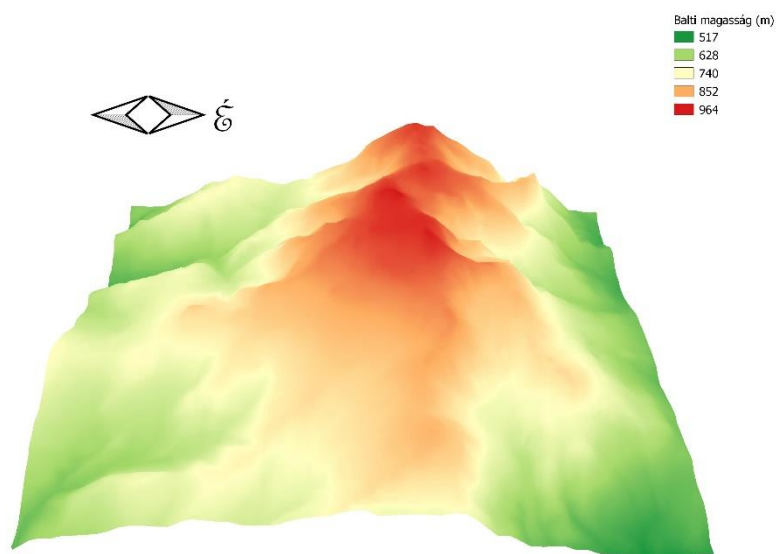
A hegyvidéki területnél az okozott problémát, hogy Magyarországon igencsak nehéz amolyan igazi hegyvidéki területet találni. Ebben az esetben nem csak az volt fontos, hogy magasan levő területet találjak, hanem olyan terület kellett, ahol nagyon látványos a lejtés mértéke, így nagyon sűrű és párhuzamosan haladó szintvonalakkal volt dolgom. A választás így esett a Galya-tetőre és környékére (5. ábra). Ez a terület EOY-koordináták mentén a 714 000 m és a 717 000 m és a 288 000 m és 284 000 m fokhálózati vonalak mentén található. Ebben az esetben a tömbszelvényt nem északra tájoltam, hanem nyugatra, azon okból

kifolyólag, hogy az egész terület látszódjon. A Galya-tető csúcsa ugyanis a terület nyugati részén van, így, ha északra tájoltam volna, a tőle északabbra levő területek nem látszódnának (6. ábra).



5. ábra: Látkép a Galya-tető környékén

Forrás: Google Earth



6. ábra: A Galya-tetőről készült tömbszelvény az EOTR alapján

2. A domborzatmodell készítés módszertana

A domborzatmodell készítésének természetesen rengeteg módja van. Például lézerszkennert használva letapogathatjuk a felszínt, így megkapva a domborzat morfológiáját. Radar segítségével is mérhetjük a kibocsátott sugárzás visszaérkezési idejét, ezzel megkapva a felszín alakját. Szonár segítségével a tengerfenék domborzatát, a batimetriát is ábrázolhatjuk. Jól látható, hogy e módszerek többnyire automatizáltak, műszerek segítségével történnek. (Timár–Molnár, 2013) Természetesen ezek nagyon költséges, ámde pontos eljárások, munkám során azonban teljesen máshogy közelítettem meg a problémát. Tulajdonképpen két műszaki eszközre, szkenerre és számítógépre volt szükségem. Előbbire a különböző térképszelvények szkennelése okán volt szükség. Utóbbi kapcsán szükségem volt azonban egy térinformatikai szoftverre is, amely a tanszékünkön oktatót QGIS lett. Ez egy nyílt forráskódú szoftver, amely dinamikusan fejlődik és teljes mértékben alkalmas mindenfajta térképek és domborzatmodellek készítésére. Fontos azonban megjegyezni, hogy nem grafikus szoftverről van szó, így azért a kapott eredmény nem egy teljesen esztétikus anyag, nyomdai feldolgozásra sem alkalmas.

Szóval alapvetően azon túl, hogy megállapítjuk a különböző területeket, az első lépés a megfelelő szelvények kiválasztása és azok beszkennelése. Ilyenkor kapunk egy nagy felbontású úgynevezett TIFF-állományt, amelyet be tudunk hívni a szoftverbe. Nagyon fontos, hogy térképlapokról beszélünk, amelyeken koordinátákat találunk, így behíváskor nem csak elkezdünk rájuk rajzolgatni, hanem úgynevezett georeferálást hajtunk végre, ami azt jelenti, hogy egy adott pixelhez adott koordinátákat rendelünk. Innentől kezdve a szoftver el tudja helyezni az adott koordinátarendszeren belül a térképlapunkat, valamint formátumként már nem TIFF-ről, hanem geoTIFF-ről beszélünk. Nagyon fontos, hogy jó vetületet válasszunk és ne keverjük össze a koordinátapárokat. A georeferálás maga illesztőpontok segítségével történik, amelyeket a koordináta rácsháló kereszteződési pontjaira rakunk rá. Célszerű a térképlap négy sarkában található pontokat választani. Ezután kezdődik meg a különböző rétegek létrehozása. Szükség van egy keret rétegre, amely a 12 km²-es területünket keríti le. Később ehhez a kerethez lehet majd hozzáilleszteni a szintvonalak végét, amelyek szintén egy külön réteggént jelennek meg. A topográfiai térképeken nem csak szintvonalakkal találkozunk, mint magassági adatot ábrázoló eszközökkel, hanem pontszerű magassági adatokat (más néven kótákat) is találunk, amelyek esetünkben ugyancsak fontosak. Ezek szintén egy külön rétegre kerülnek. Ebből a két

rétegből egy réteget kell csinálnunk, ami csak akkor lehetséges, ha ugyanolyan típusú és ugyanolyan attribútumú adatokká képezzük őket. Ezért a szintvonalakból, azok mentén bizonyos távolságonként pontszerű adatokat csinálunk, amelyek ettől kezdve összevonhatók a pontszerű magassági adatokkal. Esetemben a szintvonalakra a valós mértékben vett minden ötödik méterre került egy pont, továbbá az általam digitalizálás közben, a vonalak megrajzolásakor lerakott pontok is bekerültek az új pont rétegbe. Az is fontos, hogy a mezőnevek azonosak legyenek, ebben az esetben „magasság” lesz a mezőink neve.

Innentől kezdve egy rétegünk van, amelyen elvégezhetjük a TIN- vagy az IDW-interpolációt. Ezt követően már egy rasztert kapunk kimenetnek, amelyből könnyen leképezhetjük a tömbszelvényt is. Fontos, hogy a szemléletesség kedvéért látványos színskálát alkalmazzunk, amely többnyire az alacsonyabb térszint ábrázoló zöld színből a magasabb térszint ábrázoló pirosba tartó színátmenet. Amikor már elkészítettük a tényleges tömbszelvényt, akkor a jó színskála kiválasztásán túl az is fontos, hogy megfelelő mértékű túlmagasítást használjunk, esetünkben 2,5-szerest, valamint, hogy olyan perspektívát keressünk, ahonnan jól belátható az egész terület. Ez abban az esetben igen nehéz, amikor a területünk közepén található egy magaslat, ahogy esetünkben is a hegységi résznél. Összességében elmondható, hogy a feladat legnehezebb és legmonotonabb része az maga a vektorizálás, a többi részfeladat teljesen automatizált.

2.1. A munka során felmerülő nehézségek

A folyamat és úgy egyáltalán a szakdolgozat elkészítése közben persze rengeteg akadály merül fel. Az elsők között szerepel maga az analóg része a munkának, amely a vektorizálás. Természetesen a szintvonalakat kézzel húzogatva nem tudok egy állandó hibaküszöbön belül maradni, a pontosság mértéke az emberi kimerültség, az adott koncentrációs képesség és megannyi egyéb emberi faktor függvénye. Az 1 : 10 000 méretarányban például, amelyben a Népgazdasági és az EOTR-szelvények során dolgoztam, a fő szintvonalak vastagsága átszámolva a valós méretekbe nagyjából 3,3 méter. Természetesen a legnagyobb pontosság elérése érdekében a szintvonalak középvonalát kellene átrajzolni, de ez ilyen mennyiségben szinte lehetetlen. Ezen okból kifolyólag a saját hibaküszöbömet nagyjából 5 méterre becsültem. A pontosság mértékét azzal tudtam a legjobban fokozni, ha a digitalizálás során minél nagyobb méretarányban dolgoztam. Ez a méretarány nagyjából 1 : 500 volt.

Felmerült továbbá a térképszelvények szerkesztéséből származó probléma is. A Népgazdasági szelvények esetében az összeillesztés mentén nagyfokú pontatlansággal

találkoztam, amelyet csak rajzi generalizálással tudtam orvosolni, persze ez is pontatlanághoz vezetett. A georeferálással nem igazán akadtak gondok, azt leszámítva, hogy a két világháború közötti és egyes népgazdasági szelvények vetületét, a budapesti sztereografikust először definiálni kellett a QGIS-ben, ugyanis nem volt megtalálható benne. Erre azért van lehetőségünk, mert a QGIS biztosít számunkra egy olyan fület, ahol saját vetületet definiálhatunk. Esetünkben a vetületi egyenlet proj4 string formátumban így néz ki: (+proj=sterea +lat_0=47.4860018439082 +lon_0=19.0491441390302 +k=1 +x_0=500000 +y_0=500000 +ellps=bessel +towgs84=595.75,121.09,515.50,8.2270,-1.5193,5.5971,-2.6729 +units=m +no_defs +type=crs). (Timár–Molnár–Márta, 2003)

Mivel a különböző raszteres rétegeket kivonom egymásból a munkám során, ezért adatréteg integrációról beszélünk. Ezt azért fontos megjegyezni, mert habár csak a magassági adatokat vonjuk ki egymásból, lényeges, hogy ezen z koordináták bizonyos x és y koordináták mentén található. Ezért, ha nem pontos a georeferálás, vagy nem jó a felmérés, esetleg a térképen való elhelyezés, akkor olyan esetekkel találkozhatunk, hogy a két különböző szelvényen ugyanazon csúcs vagy hegyhát máshol helyezkedik el, azaz egymáshoz képest eltolva. Így a kivonás eredményeként kapott raszteren egymás mellett, vagy párhuzamosan eltolva jelennek meg e csúcsok vagy hegyhátak. (Usery–Finn–Starbuck, 2009)

A különböző felméréseknél különböző alapszintet használtak, az én etalonom azonban az EOTR, amely Balti alapszintet használ, így a többi felmérésből készült modell magassági adatait is erre a szintre kellett hozni. A Balti- és az Adriai-tenger szintje között 67,47 centiméter van, ezt kellett kivonni. Egyetlen esetben, a Népgazdasági dombsági terület esetében történt meg, hogy a 12 km²-es területen négy különböző szelvényt kellett használnom, melyek közül 3 Balti alapszinttel készült, egy azonban az Adriai-tenger szintjéből átvett Nadapi főalappont magassága alapján. Kénytelen voltam ezt a területet két külön rétegen digitalizálni, majd a Nadapi alapmagasságú részből kivonni a különbözetet. Valamint fontos megjegyezni, hogy a Nadapi alapszintet használó szelvényen nem 2,5, hanem 2 m az alapszintköz, így a fő szintvonalak között nem 3, hanem 4 alapszintvonal található, így teljesen külön kellett elkészíteni annak a szelvénynek a digitalizálását. Csak ezután olvashattam össze a két réteget és készíthettem el a modellt.

2.2. Interpolációs módszerek

Fontos beszélni kicsit a két interpolációs módszerről, amelyekkel a dolgozat elkészült.

2.2.1. TIN-interpoláció

A TIN (Triangular Irregular Network) egy olyan interpolációs módszer, amely során a különböző magassági értékkel rendelkező pontokat úgy kötjük össze egymással, hogy azok egy háromszög rácshálót alkossanak. (Elek, 2006) Ezeket a háromszögeket a szoftver síklapoknak tekinti, ebből kifolyólag a kapott modellünk kissé mesterkélt, szögletes hatást fog kelteni, amely különböző statisztikai módszerek elvégzéséhez kifejezetten alkalmas, azonban ábrázolás szempontjából nem fedi le a teljes valóságot. Elméletileg ezeknek a síklapoknak a felületét lehet valamilyen polinommal simítani, hogy a modell finomabbnak hasson. Jelenleg azonban erre a QGIS nem alkalmas. Fontos megjegyezni azonban, hogy a háromszögháló elkészítése nem véletlenszerű, hanem szigorú szabályok és algoritmusok szerint zajlik. Egy adott ponthalmazra csak egyféleképpen lehet ezt a tesszellációt meghatározni. Ezt a módszert Delaunay-háromszögelésnek nevezzük. Elkészítésének első műveletében a pontfelhő szomszédos tagjai között levő szakaszok megfelezéséből kialakul az úgynevezett Voronoi–Thiessen-féle poligonháló. Ezután a pontfelhőn belüli szomszédos tagok összekötésével kialakul maga a Delaunay-háromszögelés, amelyre alapvetően igaz az, hogy egy adott háromszög köré rajzolt kör, amely érinti összes csúcsát, nem tartalmazhat másik pontot. Ez a feltétel azonban nem mindig válik valóra és ilyen esetekben tulajdonképpen nem is beszélhetünk valódi Delaunay-háromszögről. Szabályként leszögezhető továbbá, hogy a háromszögek egyes csúcsai mindig egy adott poligon középpontjai is egyben, mivel ez a háromszögek oldalfelező merőlegeseiből jön létre. A módszer előnye, hogy egy keresett pont értéke a pontfelhőben levő minimum 1, de maximum 3 pont értékéből meghatározható. Ez a módszer tulajdonképpen nagyon régre nyúlik vissza, és kezdetben kézzel végezték az elkészítését. Tanszékünkön a mai napig oktatják a kézzel történő elkészítésének módszertanát. (Iványi–Radó, 2013)

2.2.2. IDW-interpoláció

Az IDW (Inverse Distance Weighting), magyarul fordított reciprok távolság, egy olyan interpoláció, melynek lényege, hogy az adott vizsgált pontra a ponthalmaz összes eleme hatással van, de minél közelebb helyezkedik el egy adott pont a pontfelhőből a vizsgált ponthoz, annál nagyobb hatást fejt ki rá. A hatás szó ebben a kontextusban a magassági adatok átvételét jelenti. A ráhatás mértékét úgy tudjuk fokozni, ha növeljük a távolsági tényező mértékét. Ezt a módszert csupán egy alaklommal kellett használnom a munkám során, mégpedig a III. Katonai felmérésnél a síksági mintaterületen. Azért volt szükség itt a változtatásra, mert az egész területen gyakorlatilag csak két szintvonal és néhány magassági kóta volt megtalálható. Ebben az esetben a TIN-interpoláció roppant szegény vizuális élményt nyújtott, ugyanis nagyon kevés adattartalommal rendelkező adatbázis használatakor a TIN módszer nem ajánlott. (Shepard, 1968)

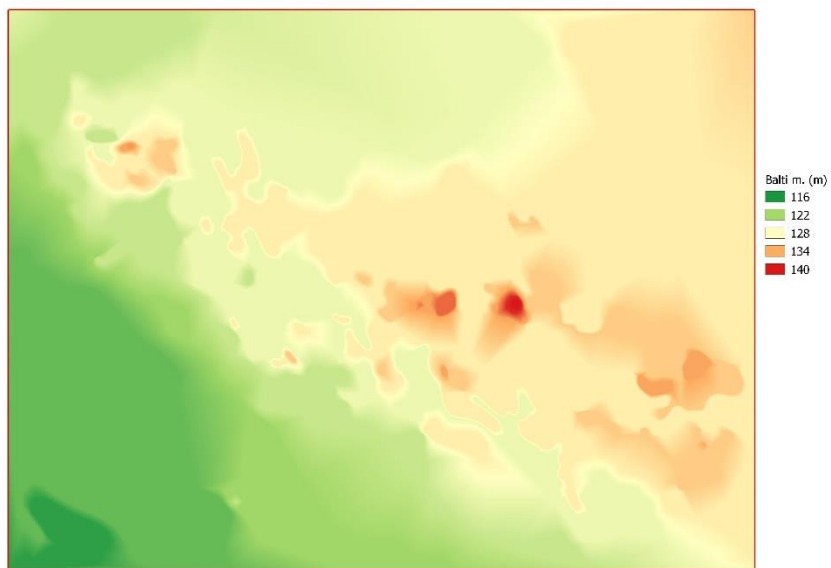
3. A kapott magasságmodellek bemutatása

Ebben a fejezetben mutatom be a négy topográfiai felmérésből, a három mintaterületen levezetett domborzatmodelleket. Kezdetben az EOTR-szelvények alapján előállított modelleket mutatnám be, hiszen azok fognak etalonként szolgálni (7–9. ábra). Kitérnék azonban a raszter–raszter kivonás műveletre is, és arra, hogy milyen numerikus módon jellemezhető a hiba mértéke.

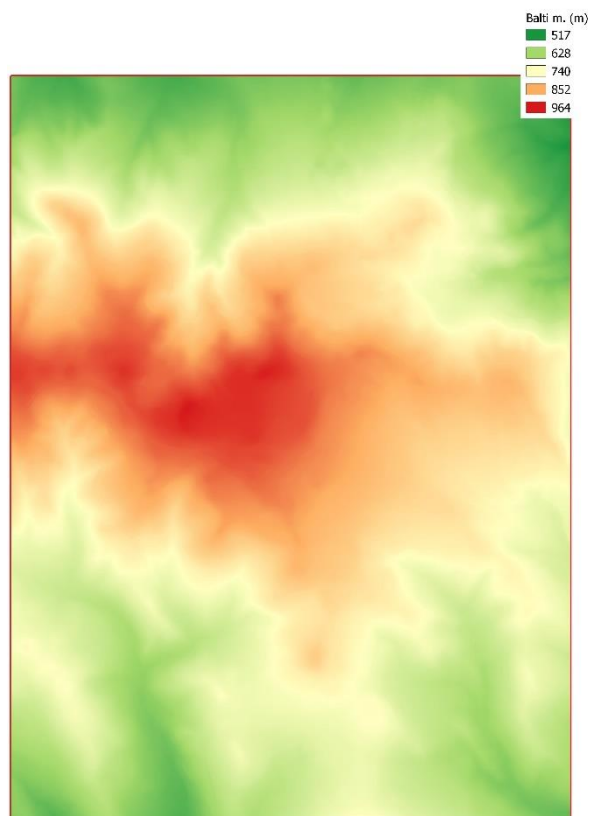
3.1. Az EOTR-ből levezetett domborzatmodellek és az összevetés módja

Az összevetés munkám során gyakorlatilag úgy történik, hogy adott két geoTIFF, amelyek koordinátákkal és magassági adatokkal rendelkeznek. Mivel három mintaterületem van, ezért három különböző keretréteggel dolgoztam. A QGIS-ben a raszter kalkulátor menüpontnál van lehetőség arra, hogy két raszter magassági adatait kivonjunk egymásból. Esetünkben mindig az etalonként szolgáló EOTR-raszterekből került kivonásra az összes többi. Nyilvánvalóan ebben az esetben az történik, hogy a kivont raszter bizonyos helyeken vagy magasabban, vagy mélyebben, esetleg egy magasságban lesz az EOTR-rel. Ezért igyekeztem egy olyan színskálát kiválasztani, amely reflektálja a negatív (kék) és a pozitív (piros) értékeket. Az egyező magasságok fehér színnel vannak jelölve. (lásd pl.: 11. ábra) Fontosnak tartottam, hogy a kivont raszterek azon terület mellett szerepeljenek a dolgozatban, amelyik ki lett vonva az EOTR-ből. Így sokkal könnyebben vonhatunk le következtetéseket azzal kapcsolatban, hogy milyen hibát észlelhetünk az EOTR és az adott, belőle kivont raszter között. Természetesen nem csak vizuális, de numerikus úton is tudunk hibát definiálni, köszönhetően a QGIS-nek. Ezt átlagos hibának nevezzük, amely annyit jelent, hogy minden egyes pixelre kiszámoljuk a hiba mértékét. A QGIS a raszter réteg statisztika menüpont alatt kiszámolja nekünk az értékeket. Fontos, hogy ezt a számítást a különbség raszteren végezzük el. Miután kiszámította a QGIS, megjelenik egy ablakban egy sor, amelynek neve: „SUM_OF_SQUARES”. Ezt az értéket el kell osztani a pixeleink számával, amely ebben az esetben 4001×3001 , mivel 2 dimenzióban dolgozunk. Ezen osztás eredményéből gyököt vonunk, és máris megkapjuk az átlagos hibát. Előzetes várakozásaim alapján úgy gondoltam, hogy az egy felmérésen belül levő raszterek átlagos hibája nem fog nagy mértékben eltérni egymástól. Azt persze tudtam, hogy mindig a hegységinnél lesz a legnagyobb és a síkságinál a legkisebb hiba, azonban így is érték bőven meglepetések, mind

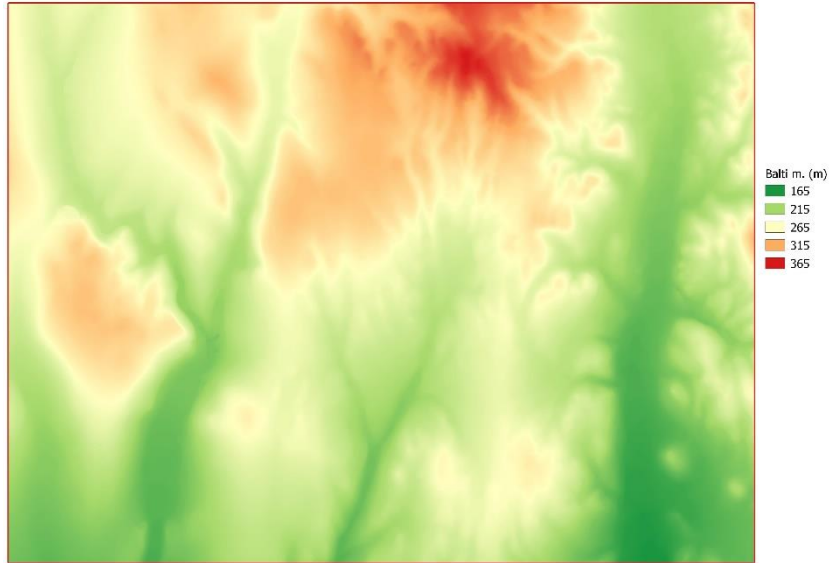
a vizualizáció, mind az átlagos hiba kapcsán. Mielőtt rátérnénk ezekre, előbb vizsgáljuk meg az etalon területeinket, az EOTR modelleket (7–9. ábra).



7. ábra: Az EOTR síksági terület

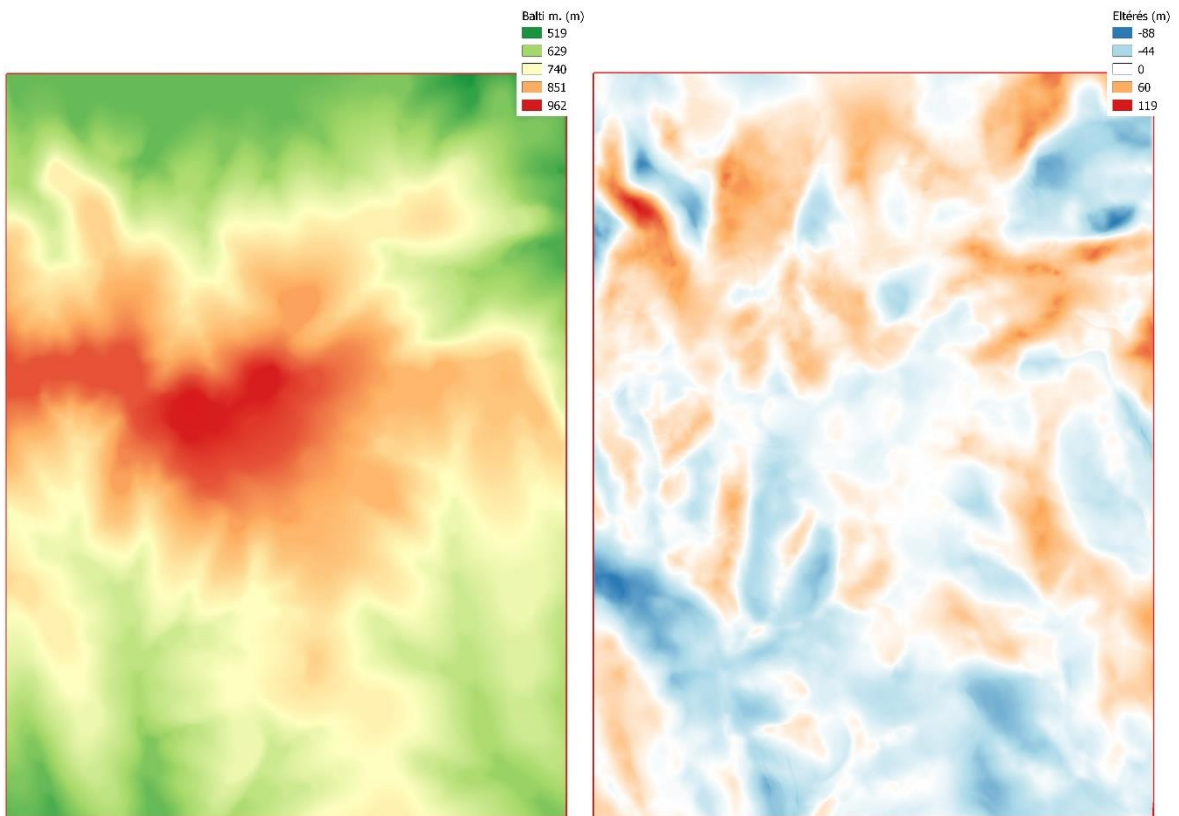


8. ábra: Az EOTR hegységi terület



9. ábra: Az EOTR dombsági terület

3.2. A III. Katonai felméréssel történő összevetés

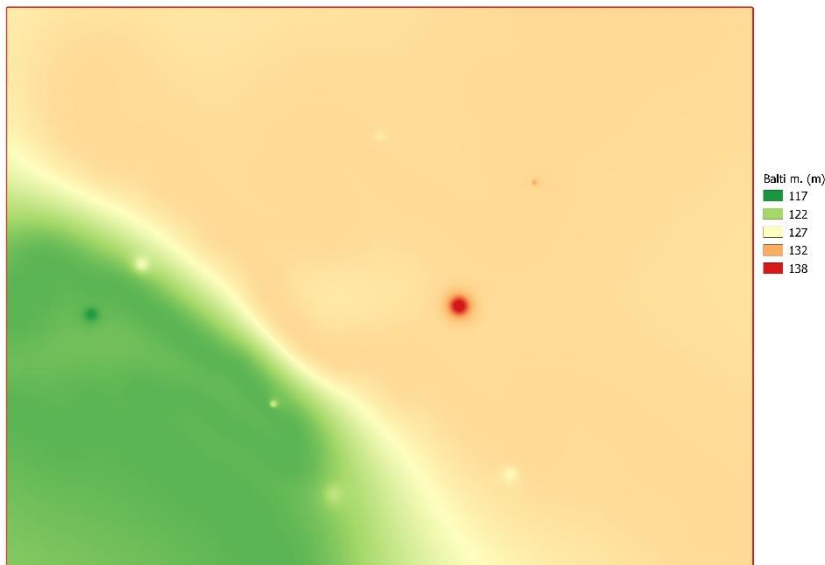


10. ábra: A III. Katonai felmérés hegységi területe

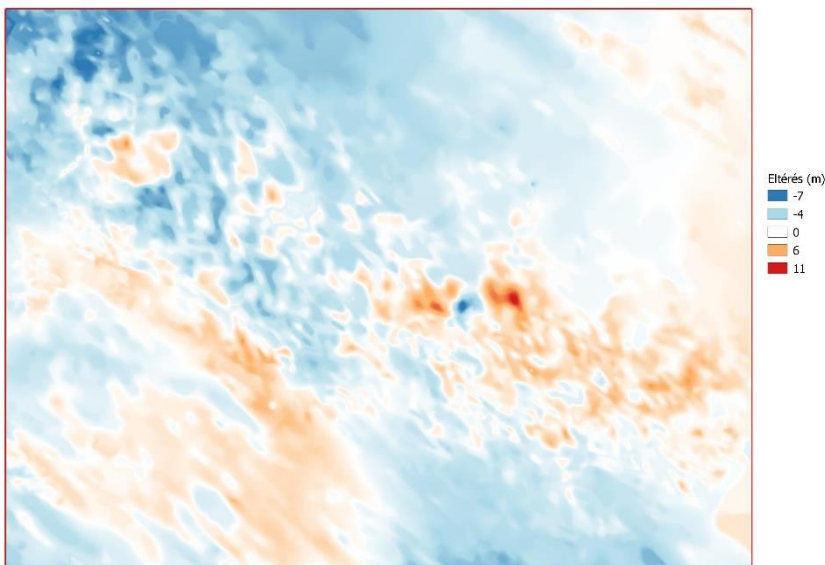
11. ábra: Az EOTR és a III. Katonai különbsége

Az előzetes várakozásoknak megfelelően ezen a területen volt a legnagyobb az átlagos hiba mértéke: 27,12 m. Jól látható, hogy a hátakat inkább alacsonyabbnak, míg a völgyeket

inkább magasabbnak mérték. Meglepően a Galya-tető környékének magassága igen pontos. Az eltérés spektruma azonban több, mint 200 méter (10–11. ábra).



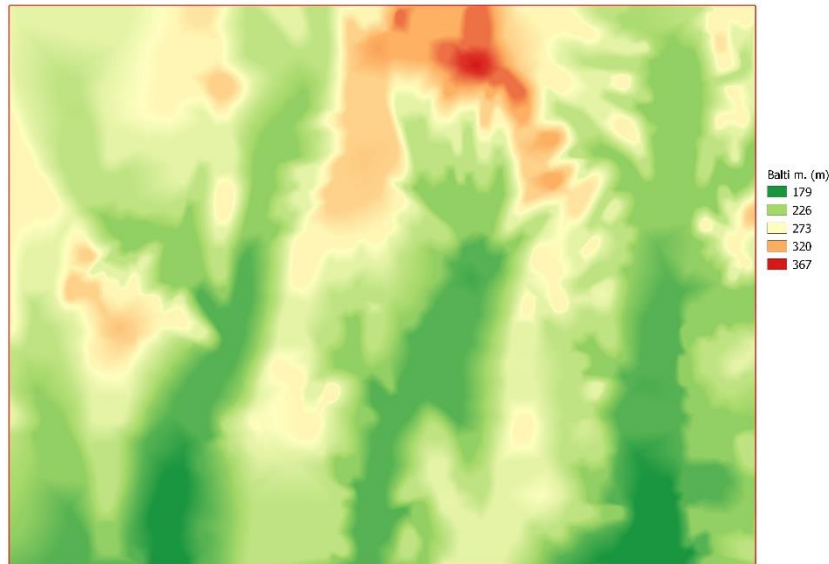
12. ábra: III. Katonai felmérés síksági terület (egyedül itt használtam IDW interpolációt)



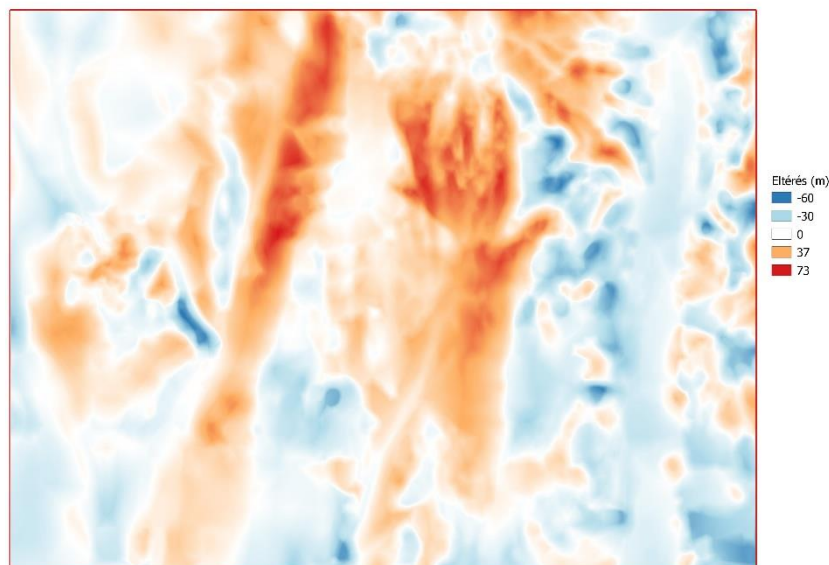
13. ábra: Az EOTR síkságiból kivont III. Katonai síkság eltérés rasztere

Az egész munka során a III. Katonai síksági terület okozta a legnagyobb meglepetést. Annak ellenére, vagy talán pont abból kifolyólag, hogy nagyon kevés magassági adattal dolgoztam ennél a raszternél, az átlagos hiba itt 2,18 m, amely kimagaslóan jó a munka során. Ahogy korábban említettem itt IDW-interpolációt használtam, amely szerintem az átlagos hiba mértékét nem befolyásolja nagy mértékben (12. ábra). Természetesen meg kell jegyezni azt is, hogy ezen a területen 20 méteres a relief, szóval egyébként sem lehetne olyan nagy az átlagos hiba. Mint az kivonás raszteren is látszik, tulajdonképpen a hibát az képezi

főként, hogy a III. Katonai felmérésnél a homokbuckák ábrázolása teljesen elmaradt. Sajnos annyira részletszegény és adatszegény ez a szelvény, hogy nem tudtam megállapítani egyéb általános hibát. Azt is láthatjuk, hogy az eltérés teljes spektruma -7 m és $+11$ m között van (13. ábra).



14. ábra: III. Katonai felmérés dombági területe

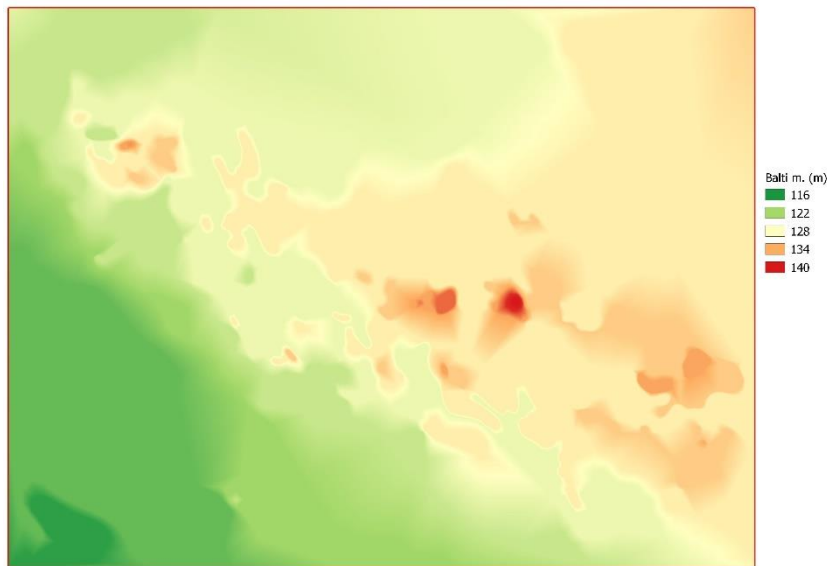


15. ábra: AZ EOTR-ből kivont III- Katonai felmérés a dombági területen

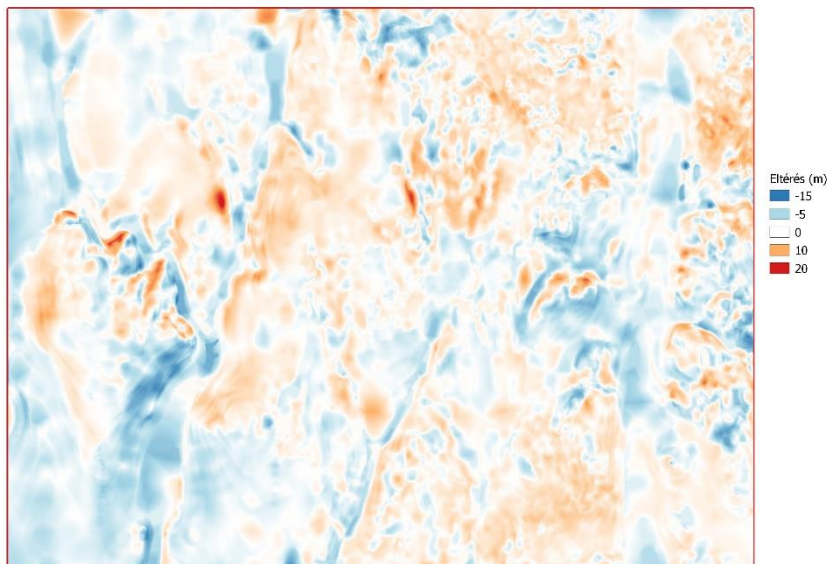
Ebben az esetben, a dombági területnél egészen érdekes jelenséggel találkozhatunk (14. ábra). Három völgyet találunk a területen, és habár alapvetően hasonló a helyzet, mint a III. Katonai hegységi résznél, ebben az esetben csak két völgy magassági adatait becsülték túl. A harmadik, keleten levő völgy esetében ugyanis az egyik legmagasabb fokú pontossággal találkozhatunk az egész területen. Ahogyan a hegységi terület esetében is, a lokális

maximum magassága itt is nagyon pontosan lett felmérve. A területen az átlagos hiba 19,82 m, az eltérés -60 m-től $+73$ m-ig tart (15. ábra). Alapvetően a III. Katonai felmérésről a látottak alapján elmondható, hogy az x és az y koordináták mentén pontos méréseket végeztek, ami már nem mondható el a magasság mérésről. Általánosan a völgyek magasságát túlmérték, a hátsókét alul mérték, gyakorlatilag kisebb reliefet mértek.

3.3. A két világháború közötti felméréssel történő összevetés



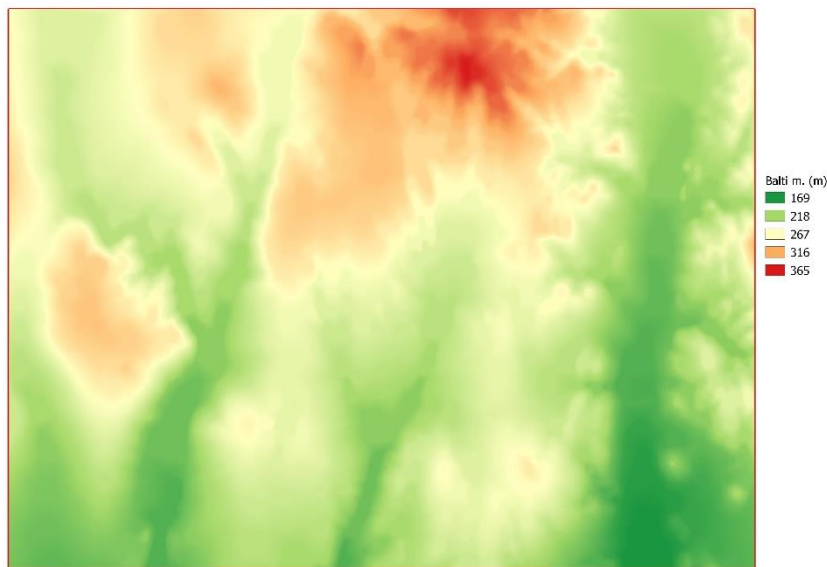
16. ábra: A két világháború közötti síksági terület



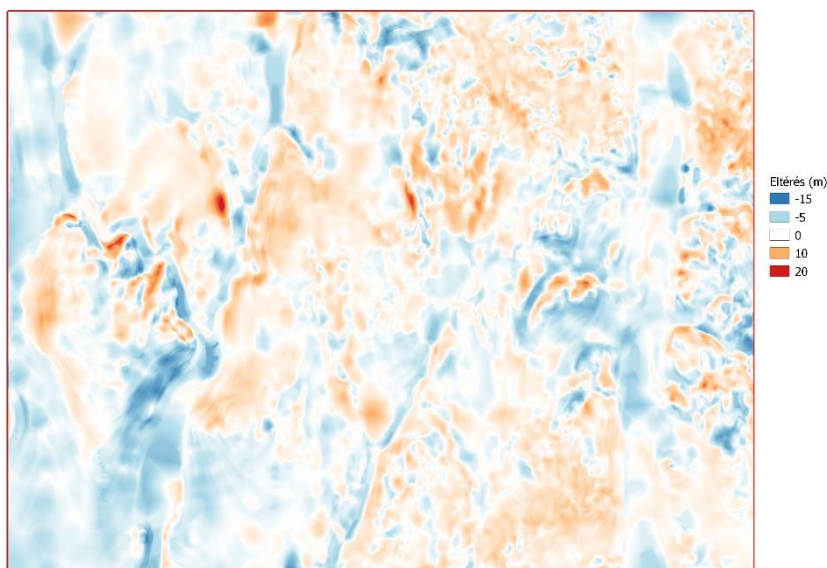
17. ábra: Az EOTR és a két világháború közötti síksági terület összevetése

A két világháború között zajló felmérés már egy sokkal fejlettebb, modernebb felmérés volt (16. ábra, 18. ábra, 20. ábra). Nyilvánvalóan elvárható volt, hogy jobban teljesítsen a III. Katonai felmérésnél, azonban jóval várakozásokon felüli pontosságot hozott. A síksági

és a dombosági résznél -15 és $+20$ méter között volt a pontosság mértéke, ami szerintem elég jónak számít, főleg, ha figyelembe vesszük a felmérés közbeni körülményeket, és azt, hogy az EOTR felmérés előtt legalább 40 évvel készült (17. ábra, 19. ábra). A síksági területen az átlagos hiba mértéke $1,21$ m. Azonban vizuálisan megfigyelhető az, hogy a III. Katonai felméréssel ellentétben itt már kevésbé pontosak a horizontális mérések. Megfigyelhető, hogy a hátvonalak és a völgyaljak sem egy vonalban húzódnak az EOTR-rel. Ezt esetünkben úgy figyelhetjük meg, hogy például egy domb-, vagy hegyhát mentén a fehér vonal egyik oldalán kék, míg a másik oldalán piros színű sávot találunk.



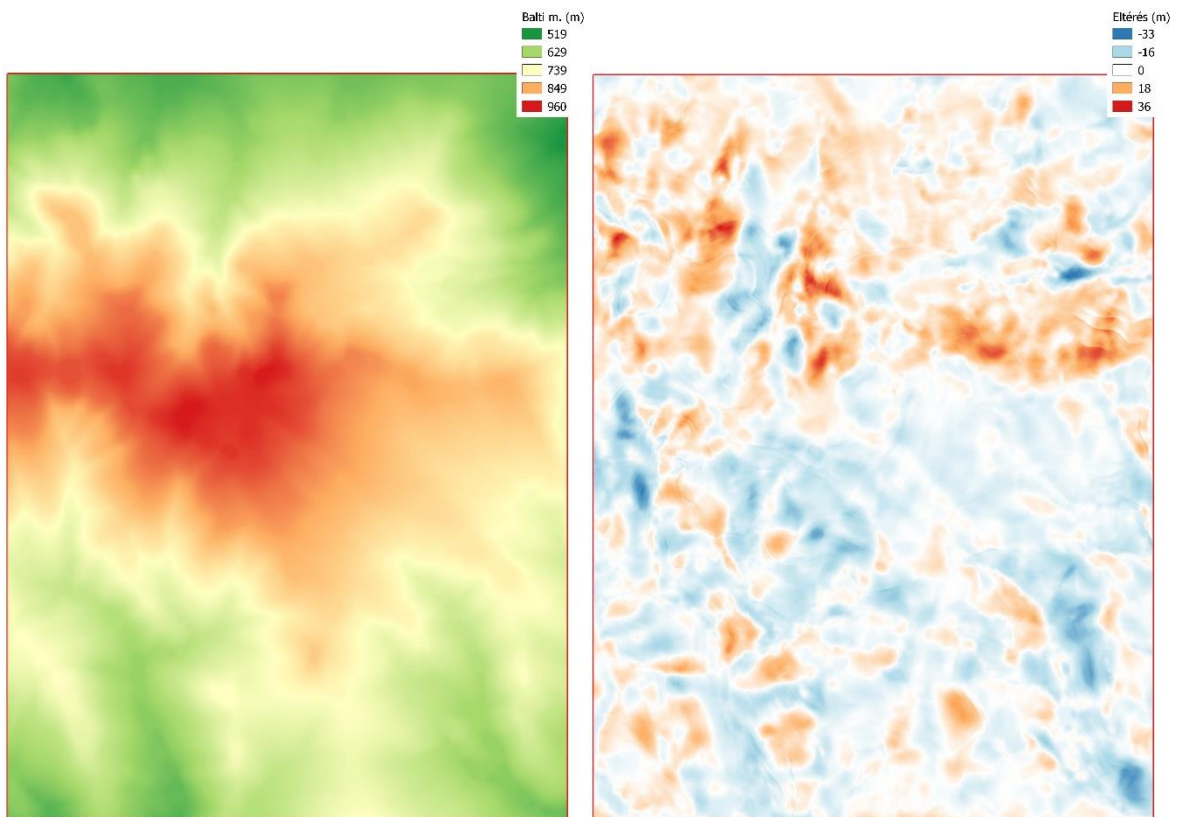
18. ábra: A két világháború közötti dombosági terület



19. ábra: Az EOTR és a két világháború közötti különbsége a dombosági területen

A dombsági terület vertikális magasságmérése talán arányaiban a legpontosabb a két világháború közötti szelvények közül. Az átlagos hiba itt kerekén 3 méter volt, miközben a pontosság spektruma megegyezik a síksági területtel. Azért szembetűnő, hogy a mélyebben levő térszínek magasságát pontosabban tudták mérni, ez alól talán a nyugaton levő völgy nyújt kivételt csupán. Felfedezhető még néhány igencsak magasra mért pont is a területen (lásd: pirossal 19. ábra).

A hegységi területnél sajnos már nem mondható el ugyanez a figyelemre méltó vertikális pontosság. Itt már 70 méteres volt az összesített magasságkülönbség. Gyakorlatilag megállapítható, hogy az egész szelvény elcsúszott északra, ezért a Galya-tetőtől észak-északnyugatra levő terület magasabban van, mint az EOTR-en, délebbre viszont alacsonyabban (21. ábra). Abból a szempontból érthető ez, hogy nyilván jóval nehezebb egy hegyvidéki területen méréseket végezni, akár vertikálisan, akár horizontálisan, azonban mégis meglepő ez a nagyfokú pontatlanság a másik két területtel összevetve. Megállapítható azonban, hogy ez egyértelműen a reambulálásnak köszönhető. Mindez megmutatkozik az átlagos hiba mértékében is, amely 7,48 méter.



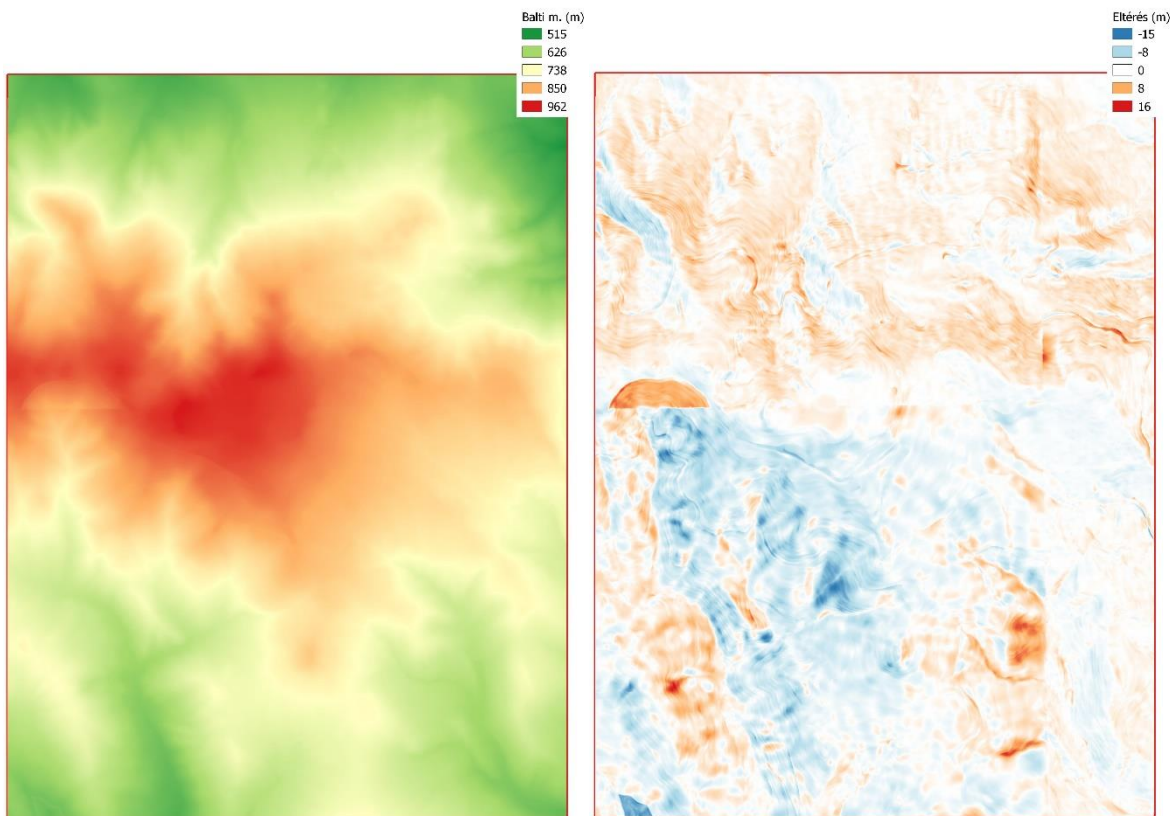
20. ábra: A két világháború közötti hegységi terület

21. ábra: És az EOTR-rel történő összevetése

3.4. A Népgazdasági célú felméréssel történő összevetés

A Népgazdasági célú felmérés esetében az az érdekesség, hogy gyakorlatilag átfedő időszámban készült az EOTR-rel. Ebből kifolyólag nagyon pontos eredményre és kis eltérésre számítottam. További pozitívumként elkönnyvelhető még, hogy a Népgazdasági célú felmérésnél ugyanúgy a Balti-tenger volt az alapszint, valamint hogy ez is 1 : 10 000 méretarányban készült. Akad továbbá még egy érdekesség is. A későbbi Népgazdasági célú szelvényeknek a magassági adatai, azaz szintvonalai és a magassági kótái nagyon hasonlóak az EOTR-hez (22. ábra). A Népgazdasági célú szelvényeknél azonban megfigyelhető egy állandósult hiba, mégpedig az, hogy a nyugat-keleti tengelyen eltolódik minden keletnek.

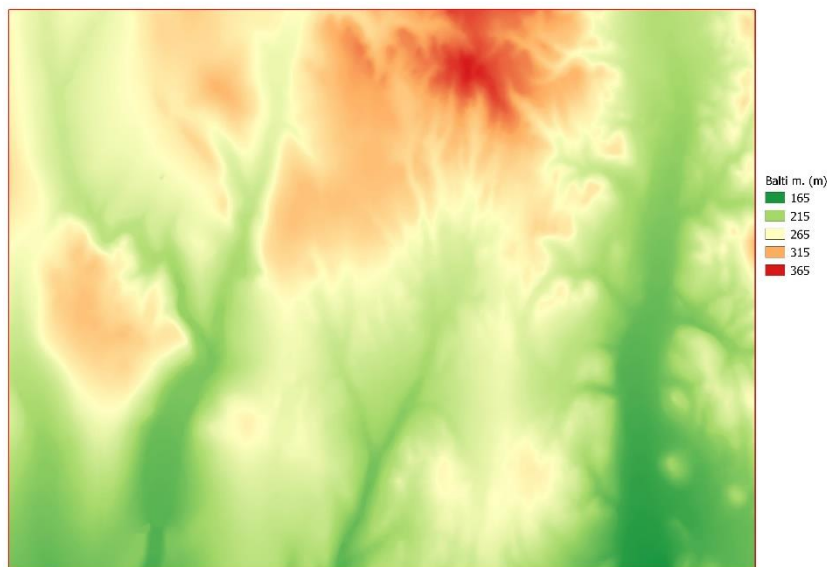
A hegységi területen négy különböző szelvény fedte a mintaterületet, amelyek közül az egyik régebbi típusú volt. Ez azt vonta maga után, hogy az alapszintköz nem 2,5 m volt, akárcsak az EOTR esetében, hanem 2 m – az Adriai magasság miatt – ami azt eredményezte, hogy ezt a részterületet külön rétegen kellett digitalizálnom. A többi szelvénnel szemben itt nem a Balti-tengert, hanem az Adriai-tengert használták alapmagasságként. Ez a tény, ahogyan majd később látszani is fog, gyakorlatilag egy négyszög alakot eredményez a kivont raszteren (23. ábra).



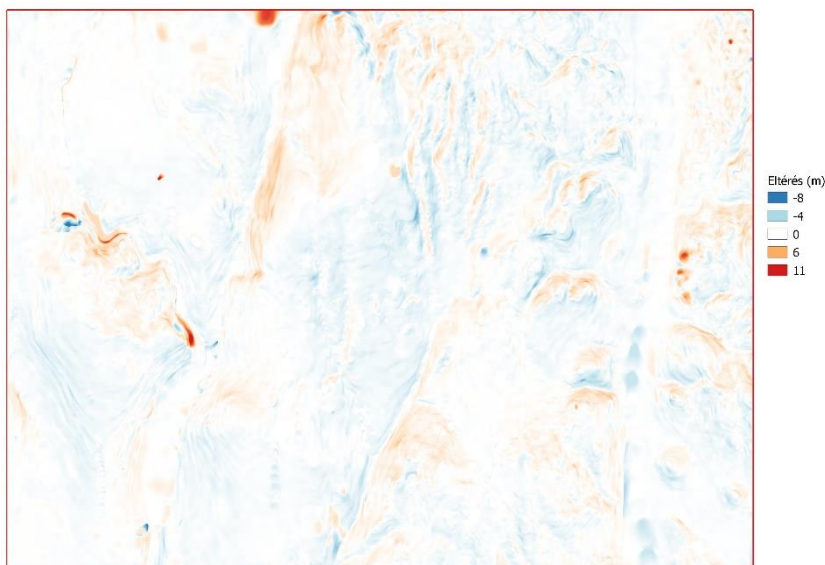
22. ábra: A Népgazdasági célú hegységi terület

23. ábra: Valamint ugyan ez a terület kivonva az EOTR-ből

Amint azt korábban említettem, a Népgazdasági célú hegységi 12 km²-es terület közel fele – azaz a délnyugati négyzet – egy régebbi szelvényről lett vektorizálva. Ezen a szelvényen négy alapszintvonal volt, így nem tudtak a szintvonalak egymásba csatlakozni a szelvények szélein. Ezért külön rétegeként rajzoltam meg őket, nem snappeltem (csatlakoztattam össze) őket, hanem hagytam, hogy majd az interpoláció elvégezze a munkát. Nos, így is lett, és ahogyan arra korábban számítottam, az eredményen ez teljes mértékben meglátszik, gyakorlatilag látszanak ennek a külön négyzetnek az oldalai. Nem ez volt az egyetlen probléma ezzel a területtel. Ahogyan korábban említettem, a Népgazdasági célú szelvényeknél általános hiba volt, hogy keletre eltolódott minden térképi objektum. Ezt fokozza az is, hogy a terület középső, keleti részénél volt három szintvonal, amelyek belementek egy letörésbe, de gyakorlatilag nem jöttek ki onnan, tehát rajzi hibáról is beszélhetünk ebben az esetben. További rajzi generalizálási feladatokat adott, hogy a területen a két északi szelvénydarab egy szakaszon egyáltalán nem illeszkedett egymásba, már ami a szintvonalrajzot illeti. Mindezen hibák összessége meg is látszik az átlagos hiba mértékén, amely 2,85 méter, jóval nagyobb, mint a többi Népgazdasági szelvénynél.



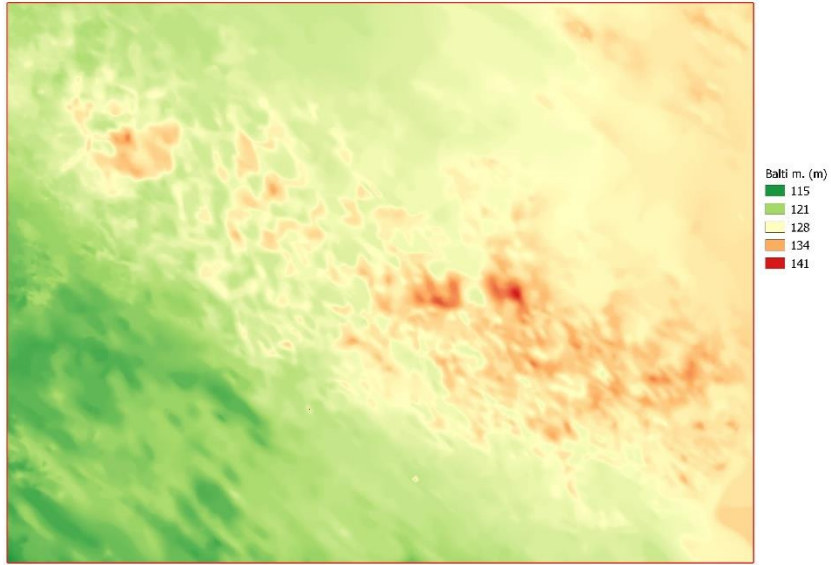
24. ábra: A Népgazdasági célú dombsági terület



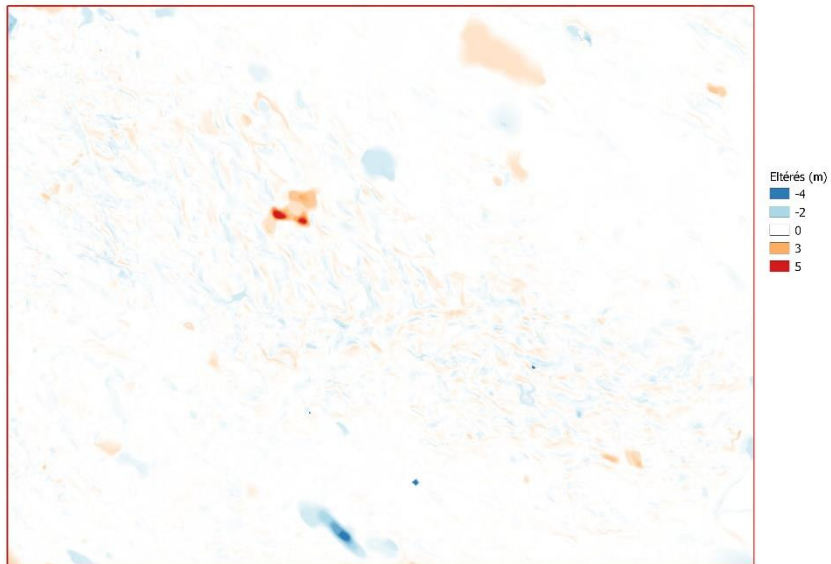
25. ábra: Az EOTR-ből kivont Nép gazdasági célú a dombsági területen

A dombsági területen már nagyon nagyfokú pontosságról beszélhetünk, elvéve találunk csak kiugró értékeket. Habár a terület északi részén itt is összeilleszthetlenséggel találkoztam, amelyet rajzi generalizálással kellett orvosolnom, ez a terület már hozta az elvárható pontosságot. Az eltérés teljes terjedelme így ± 10 méter alatti maradt. Az átlagos hiba kimagaslóan jó eredményt hozott, 0,81 méter a pixelenkénti eltérés. A kivont raszteren láthatunk néhány piros, és kevesebb kék foltot, amelyek kiugró értékek. Ezek jelenlétének oka nem más, minthogy a Nép gazdasági szelvényeken kismértékben eltérő a szintvonalrajz, ugyanis ezt a szintvonalrajzot reambulálva használták fel az EOTR elkészítése során (24. ábra). Ez a különbség látszik meg ilyen kiugró értékek formájában a kivont raszteren. Nyugaton az egymás alatt-felett levő, kék és piros folt viszont már vízszintes hibának tudható be (25. ábra).

Végül – ahogyan az várható is volt – a Nép gazdasági célú síksági terület lett a legpontosabb mind közül. Itt is található néhány terület, ahol kiugró értékekkel találkozhatunk, mégis 10 méter alatti az eltérési spektrum. Ezen kiugró területek oka, ugyanaz, mint a dombsági területnél, alapvetően egy alapon készült mindkét magassági ábrázolás, azonban az EOTR-é aktualizálva lett (26. ábra). Gyakorlatilag olyan kismértékű a hiba, hogy sokkal többet nem is tudunk erről a területről elmondani. Átlagos hiba nagysága 0,28 m, azaz kisebb, mint egy vonalzó hossza (27. ábra).



26. ábra: A Négazdasági célú síksági terület



27. ábra: A síksági terület különbsége, az EOTR-ből kivont Négazdasági szelvények

Összegzés

Feladatomban az volt, hogy átfogó képet alkossak a magyar topográfiai térképek magassági adatainak pontosságáról. Összegzésként elkönnyvelhetem, hogy sikerrel jártam. Becsléseim alapján 400-500 munkaórával a hátam mögött felmértem a különböző korszakok és felmérési módszerek hatékonyságát különböző terepviszonyok között. A munka módszertana természetesen nem számít igazán hatékonynak, főként az emberi tévedésből adódó tényező miatt. Természetesen ezen módszer népszerűtlensége abból adódik, hogy rengeteg munkaórát emészt fel, és mindezek ellenére még mindig csak egy viszonylag pontatlan, vizuálisan sem túl lenyűgöző eredményt kapunk. Azonban, ha belegondolunk a konkrét numerikus tényekbe, az átlagos hiba megállapítására és az eltérési spektrumra, akkor levonhatunk fontos következtetéseket.

Alapvetően a kapott eredmény alátámasztja előzetes várakozásaimat. A topográfiai térképek a technika és a geodézia fejlődésével egyre pontosabbak lettek. Sajnálatos, hogy például a Népgazdasági felmérés hegységi területénél nem volt lehetőségem az egész területet egységes alapszintű és szintvonalközű szelvényekkel elkészíteni. Így sajnos nagyon komoly hibák születtek azon a területen az összeilleszthetlenségből adódóan. Érdekesség, hogy főleg a két világháború közötti felmérés esetében nem is a magasságokat, hanem a horizontális koordinátákat mérték pontatlanul. Így rengetegszer egyazon objektumok elcsúszva jelentek meg az EOTR-hez képest, holott a magassági adatok elég jól közelítettek ahhoz. Mint ahogyan azt korábban is említettem ez az adatréteg integráció vizuális megközelítéséből fakadóan ismerhető fel.

Összességében is elkönnyvelhető, hogy tulajdonképpen a legnagyobb csalódást a Népgazdasági szelvények okozták, főleg azért, mert telis-tele voltak összeilleszthetlenségi és rajzi hibákkal. Habár alapvetően a szintvonalrajzuk nagyon hasonló az EOTR-hez, a fent említett hibákból kifolyólag mégsem hozták a várt pontosságot. Pozitív csalódásként pedig felhozható a III. Katonai felmérésnél tapasztalt horizontális pontosság és a lokális maximumok magasságának igen pontos felmérése. A két világháború közötti szelvények is várakozáson felül voltak pontosak, ott tulajdonképpen a horizontális koordináták félremérése okozta inkább a hibákat. Mindenesetre a konkrét numerikus tényeknél maradva, azok átlátható bemutatása okán készítettem egy másik táblázatot is, ahol az átlagos hibát és az eltérési spektrumot vizsgálhatjuk meg (2. táblázat).

2. táblázat Numerikus pontossági adatok			
Típus	Kivonat	Átlagos hiba (m)	Eltérési spektrum (m)
Síksági	EOTR–III. Katonai	2,18	–7 – +11
	EOTR–két világháború közötti	1,21	–15 – +20
	EOTR–Népgazdasági	0,28	–4 – +5
Dombsági	EOTR–III. Katonai	19,82	–60 – +77
	EOTR–két világháború közötti	3	–15 – +20
	EOTR–Népgazdasági	0,81	–8 – +16
Hegységi	EOTR–III. Katonai	27,12	–88 – +119
	EOTR–két világháború közötti	7,48	–33 – +36
	EOTR–Népgazdasági	2,85	–15 – +16

Jól megfigyelhető, hogy az idő előrehaladtával és a felmérési módszerek fejlődésével a pontosság megnőtt. A két világháború közötti szelvények esetében a magasságmérés pontossága már eléri a mai hobbi GPS-ek magassági pontosságát. A levezetett numerikus adatokból megállapítható, hogy ezen régi térképek alkalmasak geomorfológiai vizsgálatokra is, azonban minél régebbiek a szelvények, annál inkább elvesznek a mikroformák.

Köszönetnyilvánítás

Mindenekelőtt köszönetet szeretnék nyilvánítani szakdolgozatom témavezetőjének Dr. Kerkovits Krisztián Andrásnak, aki szüntelenül és fáradhatatlanul heti, két heti rendszerességgel vállalta velem a konzultációt, továbbá a szakdolgozatom egyik ötletgazdájának is tekintem. Köszönet illeti tanszékünk vezetőjét, Dr. Zentai Lászlót is, aki azon túl, hogy segített bizonyos szelvények beszerzésében, még szintén ötletgazdának tekinthető a dolgozatot illetően. Ezen felül Domborzattan órájának keretében megalapozta a dolgozat elkészítéséhez szükséges domborzattani ismereteimet. A fent említett két tanár úr és én nagyjából egyenlő arányban osztozunk a szakdolgozat témájának ötlete ügyében. Dr. Székely Balázs, a Geofizikai és Űrtudományi Tanszék munkatársa továbbá megtanított a digitális geomorfológia elméleti és gyakorlati alapjaira a Digitális geomorfológia című tárgy keretein belül, ezúton neki is köszönettel tartozom. Dr. Albert Gáspár tanár úr és Dr. Jankó Annamária pedig a Topográfiai térképek című tárgy keretein belül megismertette velem a magyar topográfiai térképművek és felmérések történetét. Kiss Veronika Flóra, tanszékünk térképtárosa és ügyintézője szintén rengeteget segített, főként a különböző térképszelvények megtalálásában a térképtárban. Szekerka József tanár úr pedig beszkenyelte nekem az összes térképszelvényt, ezzel gyakorlatilag elvégezve a munka első fázisát. Köszönetet szeretnék továbbá mondani mindenkinek, aki a technikai feltételeket biztosította, így szüleimnek is.

Hivatkozások

Jankó Annamária (2019a): A harmadik katonai felmérés és a kiegyezés évei. In Kiscelli Piroska (szerk): A magyar katonai térképészet 100 éve 1919–2019, Zrínyi Kiadó, Budapest, pp. 55–66.

Jankó Annamária (2019b): Katonai topográfiai térképek 1945-ig. In Kiscelli Piroska (szerk): A magyar katonai térképészet 100 éve 1919–2019, Zrínyi Kiadó, Budapest, pp. 113–140.

Elek István (2006), szerk.: Bevezetés a geoinformatikába, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest pp: 239–246.

Györffy János – Klinghammer István (1997): Korszerű topográfiai térképsorozataink. In: Karátson Dávid (szerk): Magyarország földje, KERTEK 2000 Könyvkiadó, Budapest.

Iványi Péter – Radó János (2013): A Delaunay-háromszögelés. In: Iványi Péter – Radó János (szerk): Előfeldolgozás párhuzamos számításokhoz, Pécsi Tudományegyetem, Pécs, pp. 16–20.

Nagy Zoltán (1985), szerk: Magyar topográfiai alaptérképművek, Doktori disszertáció

Shepard, Donald (1968): A two-dimensional interpolation for irregularly-spaced data function, ACM '68: Proceedings of the 1968 23rd ACM national conference, 1968/1, pp. 517–524.

Tarsoly Péter (2010): Magasságok meghatározása. In: Tarsoly Péter (szerk): Geodézia, Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, Székesfehérvár, 9. modul p. 27.

Timár Gábor – Molnár Gábor (2013): Felszínmodellek és domborzatmodellek. In: Timár Gábor (szerk): Térképi vetületek és alapfelületek, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, pp. 59–66.

Timár Gábor – Molnár Gábor – Márta Gergely (2003): A második katonai felmérés térképeinek közelítő vetületi és alapfelületi leírása a térinformatikai alkalmazások számára. Geodézia és Kartográfia, 2003/5, pp. 16–21.

Usery, E. Lynn – Finn, Michael P – Starbuck, Michael (2009): Data Layer Integration for The National Map of the United States, 2009/3, pp. 1–31.

Nyilatkozat

Alulírott,Nyulas Levente Vince..... nyilatkozom, hogy jelen szakdolgozatom teljes egészében saját, önálló szellemi termékem. A szakdolgozatot sem részben, sem egészében semmilyen más felsőfokú oktatási vagy egyéb intézménybe nem nyújtottam be. A szakdolgozatomban felhasznált, szerzői joggal védett anyagokra vonatkozó engedély a mellékletben megtalálható.

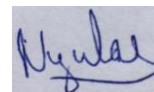
A témavezető által benyújtásra elfogadott szakdolgozat PDF formátumban való elektronikus

publikálásához a tanszéki honlapon

HOZZÁJÁRULOK

NEM JÁRULOK HOZZÁ

Budapest, 2020. május 15.



.....
a hallgató aláírása