

Nyugat-magyarországi Egyetem
Geoinformatikai Kar

Nagykutas területének 3D modellje

SZAKDOLGOZAT

Konzulens:

Dr. Busics György
egyetemi docens

Dr. Pődör Andrea
egyetemi docens

Készítette:

Horváth Tamás

Nappali tagozat

Földmérő és Földrendező Mérnök
Geoinformatika Szakirány

Székesfehérvár
2011

NYILATKOZAT

Alulírott **Horváth Tamás** (neptun kód: XXXXXXXXXX) jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy a
Nagykutas területének 3D modellje című

szakdolgozat

(a továbbiakban: dolgozat) **önálló munkám**, a dolgozat készítése során betartottam *a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. tv. szabályait*, valamint az egyetem által előírt, a dolgozat készítésére vonatkozó szabályokat, különösen a hivatkozások és idézések tekintetében¹.

Kijelentem továbbá, hogy a dolgozat készítése során az önálló munka kitétel tekintetében a konzulenszt illetve a feladatot kiadó oktatót **nem tévesztettem meg**.

Jelen nyilatkozat aláírásával tudomásul veszem, hogy amennyiben bizonyítható, hogy a dolgozatot **nem magam készítettem**, vagy a dolgozattal kapcsolatban szerzői jogsértés ténye merül fel, a Nyugat-Magyarországi Egyetem **megtagadja a dolgozat befogadását és ellenem fegyelmi eljárást indíthat**.

A dolgozat befogadásának megtagadása és a fegyelmi eljárás indítása nem érinti a szerzői jogsértés miatti egyéb (polgári jogi, szabálysértési jogi, büntetőjogi) jogkövetkezményeket.

Székesfehérvár, 2011. november 28.

.....

Hallgató

Nyugat-magyarországi Egyetem
Geoinformatikai Kar

Szakdolgozat száma: 134/2011

¹ 1999. évi LXXVI. tv. 34. § (1) A mű részletét - az átvett mű jellege és célja által indokolt terjedelemben és az eredetihez híven - a forrás, valamint az ott megjelölt szerző megnevezésével bárki idézheti.

36. § (1) Nyilvánosan tartott előadások és más hasonló művek részletei, valamint politikai beszédek tájékoztatás céljára - a cél által indokolt terjedelemben - szabadon felhasználhatók. Ilyen felhasználás esetén a forrást - a szerző nevével együtt - fel kell tüntetni, hacsak ez lehetetlennek nem bizonyul.



Földmérő és Földrendező Mérnök BSc Szak
Geoinformatika szakirány
Nappali tagozat
Szakdolgozat száma: /2011

HORVÁTH TAMÁS
szakdolgozati feladata

A szakdolgozat címe: Nagykutas területének 3D modellje

A feladat leírása:

1. Mutassa be röviden lakóhelyének, Nagykutasnak történetét, földrajzát, térképeit.
2. Foglalja össze a domborzatfelmérés és -ábrázolás régebbi és újabb módszereit.
3. Szerezze be a munkaterület digitális kataszteri és topográfiai térképeit, domborzatmodelljeit és ortofotóit különböző forrásokból és időszakokból.
4. Minősítse az adatforrásokat különböző felhasználói igények szerint. Végezze el a magassági adatok pontossági vizsgálatát kinematikus GNSS technológiával.
5. Készítse el a település (bel- és külterület, távolabbi környezet) 3D domborzatmodelljét különböző adatforrások integrálásával. A modellezéshez többféle szoftvert használjon, hasonlítsa össze azokat gazdaságossági és megjelenítési szempontból.
6. Kísérlelje meg a felszín és az ortofotó egyesítését valamint kiemelt épületek ábrázolását a modellen.
7. Mutassa be a 3D modell megjelenítésének és közzétételének lehetőségeit különös tekintettel az Internetes publikálásra.

Beadandó munkarészek:

Szakdolgozat, mint műszaki leírás az elvégzett munka bemutatásával

Nyomtatott munkarészek (térképek, kivágatok, helyszínrajzok, fényképek a munka nyomkövethetőségének illusztrálására)

Teljes dokumentáció CD-n (alapadatok, digitális állományok, mérési és feldolgozási jegyzőkönyvek)

Konzulens: Dr. Busics György egyetemi docens

Beadási határidő: 2011. november 28.

Székesfehérvár, 2011. február 15.

Dr. Busics György
tanszékvezető

Dr. Mélykúti Gábor
dékán

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés.....	4
2	Nagykutas történetének, földrajzának, térképeinek áttekintése	6
2.1	A falu történelme.....	6
2.2	Földrajzi elhelyezkedés, domborzat és vízrajz	8
2.3	Nagykutas régi és újkori térképei.....	10
2.3.1	A térképkészítés története a XVII-XVIII. században.....	10
2.3.2	Nagykutas régi térképei.....	11
2.3.3	Térképek a XX. és XXI. századból.....	14
2.3.4	Topográfiai térképek	15
3	A domborzatfelmérés és domborzatábrázolás régi-, és újkori módszerei	17
3.1	A domborzat felmérési módszerek áttekintő jellemzése	17
3.1.1	Domborzatfelmérés a XVIII-XX. században.....	17
3.1.2	A GPS technika megjelenése.....	19
3.2	Domborzatábrázolási módszerek	23
3.2.1	Ábrázolási módszerek a XVIII-XX. században.....	23
3.2.2	3 dimenziós digitális domborzatmodellezés.....	25
4	GPS-szel történő domborzatfelmérés	27
4.1	A felméréshez használt műszerek	28
4.1.1	Trimble R3 GPS.....	28
4.1.2	Leica GPS System 500	29
4.2	Kinematikus GPS mérés.....	29
4.2.1	Folyamatos kinematikus mérés.....	29
4.2.2	Félkinematikus mérés.....	30
4.3	A GPS mérés feldolgozása	32
4.3.1	Feldolgozás a Leica GeoOffice szoftverrel	32
4.3.2	Feldolgozás a Trimble Business Center szoftverrel.....	33

5	Elérhető digitális domborzatmodellek	34
5.1	FÖMI DDM	34
5.2	Katonai DDM.....	35
5.3	Egyéb nyilvános domborzatmodellek	35
5.3.1	Google SRTM.....	35
5.3.2	Az ASTER műhold modellje	36
6	Digitális domborzatmodellek előállítása különböző szoftverekkel.....	36
6.1	Modellképzés az ArcGIS 10 szoftverrel.....	36
6.2	Domborzatmodell előállítása az AutoCAD Civil 3D és Map 3D szoftverekkel	39
6.3	A programok minősítése gazdasági és megjelenítési szempontból	41
7	Domborzatmodellek pontossági vizsgálata.....	42
7.1	A GPS-es terepfelmérés és a bemutatott modellek közötti eltérésvizsgálat.....	43
7.1.1	Az eltérésvizsgálat alapjai	43
7.1.2	Eltérések megállapítása az AutoCAD Civil 3D szoftver használatával.....	45
7.1.3	Hossz-szelvények képzése az ArcGIS 10 szoftverben.....	47
7.2	A FÖMI DDM és a katonai DDM eltérése Nagykutason	49
8	Épületfelmérés és koordinátaszámítás	51
8.1	Épületfelmérés	51
8.2	A felmért adatok számolása	53
8.2.1	Alappontok koordinátáinak meghatározása.....	53
8.2.2	Részletpontok koordinátáinak meghatározása.....	53
8.3	Meghatározási vázlat készítése	53
9	Nagykutas épületmodellezése	54
9.1	A Google Sketch'Up	54
9.2	Épületmodellek	55
9.2.1	Alapok készítése.....	56
9.2.2	Textúraillesztés	57

9.2.3	Domborzat kialakítása a Sketch'Up program segítségével	59
10	Internetes publikálás, tapasztalatok	60
11	Köszönetnyilvánítás.....	61
12	Felhasznált irodalom.....	62
13	Mellékletek.....	63

1 Bevezetés

Nagykutas egy körülbelül 500 fős kis falucska Magyarország délnyugati részén, Zalaegerszeg és Vasvár között félúton. Valószínűleg e település nem sok emberben kelt fel érdeklődést, számomra azonban igenis sokat jelent, hiszen születésem óta itt élek. Itt töltöttem gyermekkorom nagy részét, itt szereztem az első barátokat, éppen ezért szakdolgozatommal szeretnék hozzájárulni a falu életéhez, jövőjéhez magam is.

Ha emberi mércével nézzük, Nagykutas már 40 emberöltőt megélt, s éppen ez évben – 2011-ben – ünnepli 800. születésnapját. E jubileumi év alkalmából egy rendezvénysorozattal kedveskedik a falu vezetése az itt lakóknak, így jutott eszembe az ötlet, hogy én is tegyek valami hasznosat, mellyel a falu érdekeit szolgáljam. Tekintettel arra, hogy Magyarországon egyre jobban növekszik az idegenforgalom és a turisztika iránti érdeklődés, felmerült bennem, hogy a település 3 dimenziós modellezése megfelelő kezdeményezés lenne. A mai világban ugyanis mind a szórakozás, mind pedig a mérnöki munka során egyre inkább erre van igény. A szórakoztatásban teret hódítanak maguknak a 3D filmek és mára a korszerű számítógépes játékokat is úgy tervezik, hogy a felhasználó minél jobban tudja azonosítani a valódi világgal. A mérnöki munkafolyamatok lebonyolítása és bemutatása során mind többször és többször alkalmazzák a 3 dimenziós megjelenítés vagy szerkesztés valamely formáját, legyen az épületmodellezés, homlokzat felmérés, vagy akár digitális domborzatmodell előállítás.

A 3D megjelenítés és ábrázolás az egyik olyan területe a földmérésnek, mely a legjobban foglalkoztat, innen indulva jutottam el szakdolgozati feladatom konkrét témájáig, amely Nagykutas területének és épületeinek modellezését foglalja magába. A szakdolgozati feladat során azt vizsgálom, miként valósítható meg a falun belül egy-egy teszterület domborzatának és épületeinek modellezése, mely programokkal érhetjük el a legjobb megjelenítést és melyek azok, amelyek gazdasági és kezelési szempontból egy egyszerű felhasználó számára is ideálisak.

A szakdolgozat végső célja az elvégzett munka interneten történő publikálása. A publikálás segítségével talán sikerül megismertetnem lakhelyemet az érdeklődőkkel, legyenek ők hazai polgárok, vagy a világ különböző tájain élő emberek.

E szakdolgozat azt hiszem megfelelő feladat arra, hogy minél jobban, minél eredményesebben legyek képes egyedül helytállni az életben, egyedül kigondolni, hogy miként kell egy földmérési munkát végrehajtani. Hiszen a feladatok általában a munka által

követelt igények, kívánalmak felmérésével kezdődnek, így ennek alapján történik az adatgyűjtés, valamint a későbbi felmérés is. A szakdolgozati feladat végrehajtása során egyedül kellett megfogalmaznom, mi is az, amit meg kívánok valósítani, továbbá hogyan szeretném e kívánalmakat a gyakorlatban véghezvinni. Az adatgyűjtés, a mérés és a feldolgozás folyamataiban ennek eredményeképpen a lehetőségekhez mérten legjobban kellett kamatoztatnom a több év alatt megszerzett tudást. Remélem, hogy sikerül ezt elérnem, valamint a szakdolgozatommal sikerül Nagykutas érdekeit szolgálnom.

2 Nagykutas történetének, földrajzának, térképeinek áttekintése

2.1 A falu történelme

Nagykutasról az első fellelhető írásos emlék az 1211-es évből származik, így jogosan datálhatnánk a falu megalakulását is erre az évre, bár ez nem bizonyított tényként jelenik meg a levéltári adatokban. 1211-ben még nem a mai szóhasználatban ismert Nagykutas névvel, hanem Kuthus néven jelölik a falut, amely határos a II. Endre által Fábiánnak és Vincének adott Gébárttal. 1264-ben aztán az előbb említett Fábiánnak és Vincének a fiai felosztják egymás között földjeiket, így az akkori falu Fábián fiának Krejniknek a birtokába száll.



2.1. ábra Nagykutas látképe a hegyről (forrás: www.nagykutas.hu)

Levéltári kutatásaim és a fellelt dokumentumok is bizonyítják, hogy a XIII. és a XV. század között a falu területét és a hozzá szervesen kapcsolódó földeket több nemesi család is birtokolta. 1328-ban a vasvári káptalan birtokviták lerendezésének folyamányaként határjárási oklevelet állít ki a faluról. Károly Róbert idején 1335-ben Marcel fia, Gyürke kutasi földjeit Mikcs bánnak adja, akit aztán a faluból tizenkét nemes perbe fog a nádor előtt. Károly Róbert azonban a Gyürke által átruházott birtokot Mikcs birtokában tartott, erről írásos emlék is tanúskodik. 1364-ben Kálóz fia Pál fia János és fia Kálóz aztán egyezsége jutottak a kutasi földeket illetően. Az egyezés alapjául szolgáló határok pedig nem voltak mások, mint Kálóz fia Pál és Marcel fia Gyürke földjeinek határai. Olyan írásos emlék, amelyben már konkrétan kutasiakról beszélnek, azonban csak több mint 150 évvel az 1211-es oklevél kiadását követően keletkezett, s 1371-ből származik. A XIII. század elején 1402 és 1408 közötti években a falu birtokosa Mikcs özvegye. A történeti adatok sorából az ezt követő időkben azonban nehéz kideríteni, hogy a falu területe kinek a földjeit képezte, hiszen 40 km-es körzetben három Kutas nevű település is található. Ezen települések közül kettő, Nagykutas, és Kiskutas a történelem során hosszú ideig egy falunak számított. A források elkülönítésének nehézségét tovább fokozza, hogy mind a – Nagykutas és Kiskutas összefoglalónevét képező – Kutas körül található, mind pedig Kerkakutas – melyet akkoriban szintén Kutas névvel illeltek – határában fellelhető földeknek is hasonló volt az elnevezésük. Az 1400-as, 1500-as években

a falut a Terjék és Mikcs bán utódai birtokolják. A két falu Nagykutas és Kiskutas területi kettéválásáról először 1431-ben írnak, oly módon, hogy a Tabák birtokukat Kiskutasnak mondják. Az 1513-ban esedékessé vált adólajstrom alapján Ördög Mátyásnak egy, Ördög Andrásnak pedig 2 portája volt Nagykutason, tehát megállapítható, hogy Nagykutas ekkor még Mikcs bán utódainak kezében volt.

A XVI. századi írások szerint az 1552-es adatok alapján Nagykutason 19 portát találtak, majd 1598-ban immáron a bírói házat is beleszámolva 20 ház került összeírásra. Már ebben az időben is fenyegette a falut a török veszély, ugyanis egy 1564-es bejegyzés említi első ízben, hogy „Tegnap éjfélnél Kutason járt a török”. Ám a törökök hódításai korántsem jelentettek akkora veszélyt a lakosság számára, mint a középkorban oly hírhedtté vált pestisjárvány. A járvány 1655-ben ütötte fel a fejét és minden valószínűség szerint a falu ennek következtében kihalt. A kihalásra következtetni lehet a néhány évvel későbbi összeírási jegyzékből, mely a peleskei vár tartozékai közé sorolja a falut, azonban megállapítja, hogy földesúri jövedelmet nem szolgáltat, így aki akar, szabadon foglalhat területet magának.

Az újratelepítés elősegítése érdekében 1690-ben Széchenyi György megvásárolta Kutas területét a királyi kamarától és három évig tartó szabadságot, valamint robot és adók alóli mentességet ígért azoknak a parasztoknak, jobbágyoknak, akik hajlandók Kutasra települni. A következő évtizedekben a falu ismét fellendülésnek indult, az emberek elkezdtek betelepülni, s 1720-ban 9 telkes jobbágy és 2 zsellér, 1728-ban pedig 9 szabad költözésű jobbágy és 20 zsellércsalád került összeírásra. Ekkor a föld gróf Széchenyi Zsigmond birtokát képezte. Az újratelepítés azonban lassan haladt, a falut benőtte a gaz, így a telepes jobbágyoknak először az irtással kellett megbirkózniuk. A munkálatokat, a földek megművelését a későbbiekben tovább nehezítette, hogy a földek erősen tagoltak voltak, esetenként egy szántóföld akár 5-6 tagra is szakadhatott. A falu rendbehozatalának és a három évig tartó szakadatlan munkának a fejében gróf Széchenyi Zsigmond jobbágyainak tizenkét évig tartó mentességet adott minden szolgáltatás alól. A falunak korábban nem volt különösebben szőlőterülete, ez azonban az újranépesítés során megváltozott és a helyi adottságoktól függően 0,27 -1,2 hold szőlőterület került a nyilvántartásba, mely a ma használatos méterrendszerben 322-1440 m²-nek felel meg. A szőlők után a háromévi, megfeszített munkát követően nem kellett hegyvámot fizetniük a jobbágyoknak, s azt akár szabadon adhatták, vehették. A tizenkét év lejártát követően 1768-ban már a területen 49 szőlősgazda tevékenykedett.

A faluban található templomot első ízben az 1300-as években említik az iratok, 1333-ban papjáról Miklósról is megemlékeznek. Az 1426-os évben az írásos emlékekből kiderül, hogy a településen már két templom is található, a Szent Kereszt és a Szent Márton templomok, melyek kőből épültek. Valószínűleg a török hódítás és a pestisjárvány következtében ezek az épületek a régmúlt feledésébe merültek, ugyanis 1778-ban mindössze egy fából épült templomról tesznek említést. A mai római katolikus templom vélhetően ennek a templomnak az átépítése.

A XIX. század elejei katonai összeírásból kiderül, hogy a pestisjárvány idejében elnéptelenedett faluban 1819-ben már 56 ház áll, melyeket összesen 271-en laknak. Pár évvel később megállapított adatok alapján a településen már 14 kétségtelen nemesi család, továbbá 2 nem igazolt nemesi származású férfi is él. Ezt követően az 1800-as évek közepe felé a lélekszám jelentősen emelkedik, körülbelül 20 év alatt az 1819-ben lejegyzett 271-ről 1846-ra 323-ra emelkedik az ott élő parasztok száma. 1859-ben sikertelenül próbál tagosítási egyezsége jutni gróf Széchenyi János a területen élő kisnemességgel, végül azonban 1869-ben sikerül dűlőre jutni, melynek eredményeképpen az osztási arány 31:39.

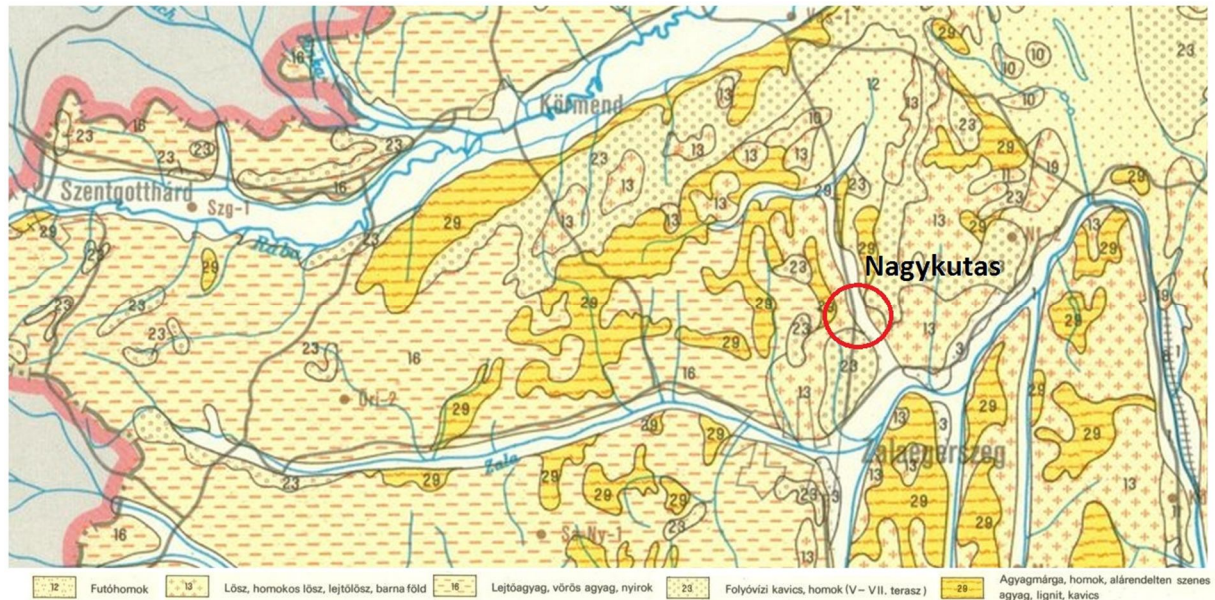
A következő közel nyolcvan évből nincs pontos adat a falu fejlődését, lakóinak számát illetően, melyet az 1949-es népszámlálás tör meg. Ennek során a település területét 1469 kh-ban és 845 hektárban állapítják meg, ahol már 159 lakóház és összesen 680 lakó élt. Az utóbbi évtizedekben azonban rohamos csökkenésnek indult a lakosságszám, hiszen jelenleg 463 lelket számlálhatunk.

2.2 Földrajzi elhelyezkedés, domborzat és vízrajz

Nagykutas Zala-megye északi határán fekszik, egészen közel, mintegy 4 km-re a Vas-megyei határtól. Területét tekintve szerves részét képezi a Zalaegerszegi kistérségnek, mely mind a Göcsejben, mind pedig a Felső-Zala völgyben végighúzódik. A falu földrajzi szempontból a Felső-Zala völgyben található. A völgy tektonikailag előre jelzett¹ és keleti irányban tölcészerűen kiszélesedik. Jobb oldalán mély és egyben szűk völgyek, valamint ezen képződmények következtében nehezen felismerhető teraszok találhatók. A jobb oldallal ellentétben balra inkább hosszabb, lankás, lösszel fedett lejtőket találunk.

¹ Olyan völgyek, melyek D-i, és É-i oldalaiiban falvak jöttek létre, nagy hatással vannak a társadalomra, a gazdaságra és a műszaki létesítményekre.

A Felső-Zala völgy az Ős-Rába elhagyott völgye, e völgyet a közép pleisztocén végétől a Zala formálta. Terjedelmes hordalékkúprendszer, valamint kavicsanyagának közettani összetétele és görgetettsége a jelenlegi kis Zala-pataknál lényegesen nagyobb és távolabbi területekről eredő folyóvíz munkájáról tanúskodik. Legszembetűnőbb alakrajzi és szerkezet-morfológiai vonása az „aszimmetrikus teraszos árok” jelleg.



2.2. ábra Felső-Zala völgy földtani talajtérképe Nagykutas megjelölésével (forrás: http://foldrajz.ttk.pte.hu/foldtan/mofgyak/mo_foldtan_reduced.jpg)

Jobb partja nagyon meredek, alámosott, számos fülkével és csuszamlással tarkított. Ezzel szemben a bal partot kevésbé tagolt, hosszú lankás lejtők szegélyezik. Esése jelentős 1,5 m/km, de nem egyenletes, mert a mellékpatakok torkolatában nagy mennyiségű hordalék rakódik le. A legjellegzetesebb alakrajzi vonása a nagyfokú völgyaszimmetria, a jelentékeny völgy szélesség (2-4 km) és –mélység (150-200 m), valamint a nagymértékű feltöltődés. A tágas völgy jobb partját (Ny-i oldal) völgy-vállmaradványokkal szegélyezett és rövid derázios² völgyekkel tagolt meredek, csuszamlásos lejtők jellemzik; ugyanakkor a bal partot 1-2 km széles, fokozatosan lealacsonyodó lejtők kísérik. E szakasz széles, feltöltött völgyekkel rendelkezik és esése a folyás mentében jelentősen fokozódik.

Nagykutas földrajzi szempontból szerves településnek számít a Felső-Zala völgyben, hiszen a falu egymástól elhatárolódó dombhátakra, domboldalakra települt, így úgy mondhatjuk, kisebb házcsoportokból, szerekből áll. A falunév egy régi magyar helységnevet takar, mely eredeti jelentésében bővizű forrásra, kútra utal. Az etimológia tudománya alapján az említett

² Dombsági területek kis esésű, tál vagy félhenger keresztmetszetű völgyei, amelyet uralkodóan a lejtős tömegmozgások formáltak.

névmagyarázat igazságtartalmára utalnak a Kalamár-kút, Pénzes-kút, földrajzi helyeket jelölő nevek is.

A település teljes egészében a Zalai-dombság részét képezi, melyet tökéletesen ábrázol az elhangzott szeres településforma. A falu egyes részei a dombokkal határolt völgyekben, míg mások a domboldalakon helyezkednek el. Mivel a Zalai-dombság legmagasabb pontja sem emelkedik ki 305 m-nél magasabbra a tengerszinttől, így Nagykutason is a magasságok mindössze 180 és 240 m között változnak.

A vízgyűjtő területet tekintve a falu a Zala vízgyűjtőjében található, így egyetlen Szent Márton nevű patakja is a mesterségesen létesített Gébárti-tóba folyik. Sajnos, manapság az oly szervesen Nagykutas részét képező Pénzes-kút kiapadt, a Kalamár-kút pedig teljesen elmocsarasodott az idők folyamán. A méltán hírhedtté vált és a falu nevében is jelképet képező vízelőhelyek sokaságáról mára mindössze 10-15 tanúskodik, holott hajdanán minden háznál találhattunk volna egy-egy fűrt kutat.

2.3 Nagykutas régi és újkori térképei

2.3.1 A térképkészítés története a XVII-XVIII. században

„A falu története” című alfejezetből ismeretes, hogy Nagykutas a XVII. század második felére, a török hódoltság és a pestisjárvány miatt kihalt. Ebben az időszakban azonban megkezdődött a hódoltság alól felszabadított területek, valamint az egész ország újra felmérése, melyben külföldi mérnökök voltak a magyarok segítségére. 1709-ben jelenik meg az első olyan térkép, mely az 1514-es Lázár-deák által készített „őstérképhez” hasonlóan felmérésen alapul. E térkép készítője Johann Christoph Müller, aki a törökök elvonulása után először állít össze felmérésen alapuló térképet a több mint 150 éves idegen megszállás utáni Magyarországról. Nagykutas 1600-as évekbeli kihalásának következményeként azonban ezen időszakból nem találtam térképet, mely a falut lenne hivatott ábrázolni.

A XVIII. század végén II. József adott utasítást a kataszteri térképek elkészítésére, ez azonban már akkor sem számított új keletű dolognak, hiszen a korábbi évszázadokból, jelen esetben a XVII. századból lelhetők fel különböző feljegyzések, melyeken az egyes földrészletek után fizetendő adó mértékét jegyezték fel. 1786-ban II. József adott ki elsőként hivatalos kataszteri pátenszt a birtoktérképek elkészítésére. A pátens ellen azonban a nemesség

tiltakozott az adómentességre és a rendi jogok megcsorbítására hivatkozva, így 1790-ban a pátens visszavonásra került.

2.3.2 Nagykutas régi térképei

A II. József-féle császári pátens 1790-es visszavonását követően majdnem 60 év telt el, mikor 1849-ben Ferenc József egy újabb császári pátent adott ki az új kataszteri összeírás érdekében. Bár a rendelet 1849-ben került kiadásra, azonban csak 1856-ban kezdődtek el az ezzel kapcsolatos mérések.



2.3. ábra Az 1858. évi birtokvázlat első szelvényének fedőlapja német és magyar nyelven egyaránt (forrás: Zala-megyei Levéltár, térképszám U-306)

Az 1849-ben kiadott pátens időszakából származik az első, általam felkutatott térkép Nagykutasról, mely az 1858. évi tulajdonosi állapotokat területnagysággal és tulajdonossal együtt tükrözi. Az ebben az időszakban készült térképek vetület nélkül készültek, éppen ezért nem találkozunk a térkép borítólapján vetületi rendszerre való utalással. A térkép előállítását úgynevezett felvételi előrajzok készítése előzte meg, melyek akár készülhettek az akkoriban

használatos öl rendszerű méretarányokban, mint az 1:1440, vagy az 1:2880, de akár készülhettek méretarány nélkül is egyszerűen csak a formát megtartva. A felmérési eljárás tisztán földi úton történt, hiszen akkoriban ez volt a legpontosabb. A külterületeken az ábrázolt és felmért területbe beírták a terület művelési ágát. A felvételi előrajzokból szerkesztették meg később a földmérési térképet, vagy a birtokvázlatot, melynek a méretaránya általában 1:2880 lett. Azokon a helyeken, ahol a nagy részletsűrűség miatt a felszín tereptárgyai túl közel helyezkedtek el egymáshoz, ott alkalmazták az 1:1440-es méretarányt. A térképeket meghatározott szelvényekre bontották, és ezeken a szelvényeken belül az egyes részeket más-más színnel jelölték. A különböző színek ennek eredményeként más és más művelési ágra utaltak, mely a terepi azonosíthatóságot is sokkal egyszerűbbé tette. Mivel akkoriban Magyarország a török fennhatóságot követően osztrák fennhatóság alá került, így a térképeket is úgy készítették, hogy mind a magyar, mind pedig a német



2.4. ábra Részlet az 1858. évi birtokvázlatról (forrás: Zala-megyei Levéltár, térképszám U-306)

nyelvterületen is tudják őket használni. A kétnyelvűséget hűen tükrözi a Zala-megyei Levéltárban fellelt korabeli birtokvázlat is, melynek részletét az 2.4. ábra és az 1. nyomtatott melléklet ábrázolja.

Az 1858. évi térképet követően egészen rövid időn belül elkészült a térkép felújított változata, mely hasonló elvek alapján látott napvilágot 1882-ben. A szintén a Zala-megyei Levéltárban található 1882-ben készült birtokvázlat azonban már csak magyar nyelven készült el. E birtokvázlaton is jól látható, hogy az egyes területek az 1858. évi kataszterhez hasonlóan

különböző színnel jelennek meg. A térképről részletet az 2.5. ábra és a 2. nyomtatott melléklet mutat.



2.5. ábra Részlet az 1882. évi birtokvázlatról (forrás: Zala-megyei Levéltár, térképszám U-307)



2.6. ábra 1800-as évekbeli tagosítási térkép részlet (forrás: Zala-megyei Levéltár, térképszáma Kb N4)

Az 1800-as évekből, azonban pontos évszám híján nem tudom, mikorról származnak Nagykutas tagosításának, és határfelmérésének térképei. A határfelmérési térkép hasonló módon készült az előzőleg bemutatott két birtokvázlathoz, azonban ezen már az egyes területek és művelési ágak nem csak különböző színnel, hanem az akkor használatos jelkulcsi

ábrázolással is megjelennek. A határfelmérési térképet és a tagosítás tervet a 3. és 4. nyomtatott melléklet tartalmazza. Sajnálatos módon a falu XIX. századi tagosítási terve, olyan rossz állapotban van, hogy csak a darabjai mutatják azt, hogy az valamikor egy térkép lehetett. A tagosítási-, és határfelmérési térkép minőségét mutatják a 2.6-7. ábrák is.



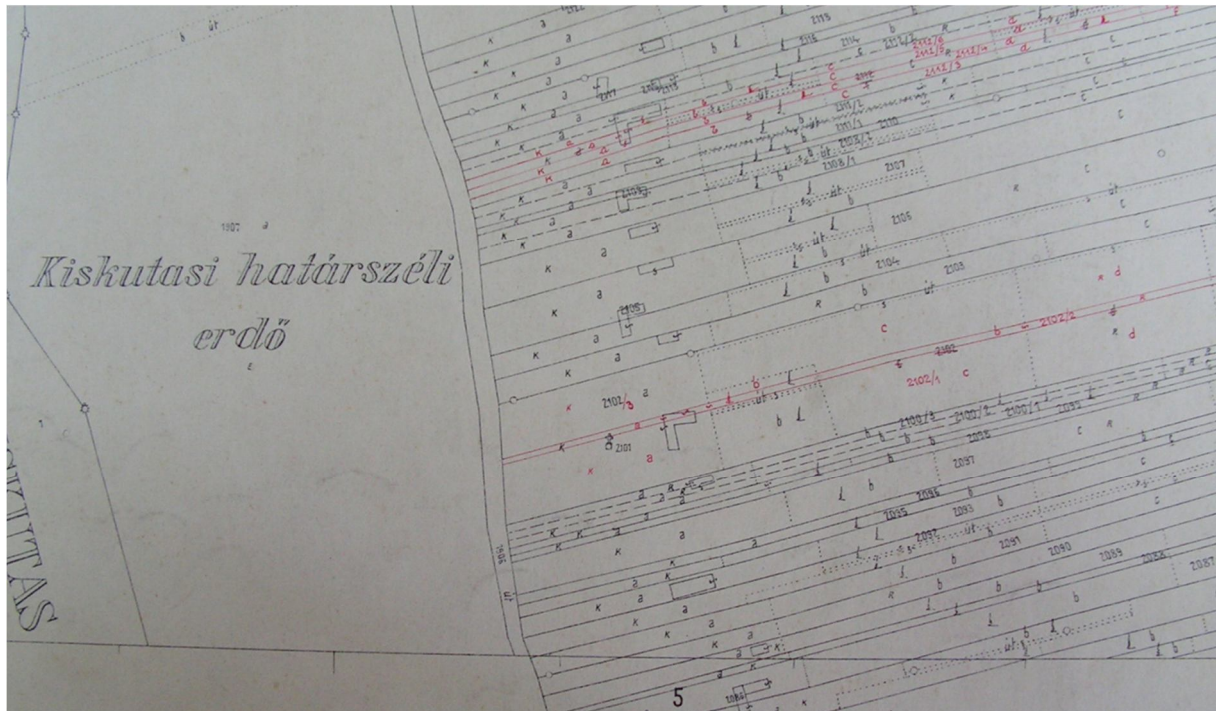
2.7. ábra Nagykutas határfelmérési térképének részlete az 1800-as évekből (forrás: Zala-megyei Levéltár, térképszám K487)

2.3.3 Térképek a XX. és XXI. századból

Egészen a XX. század fordulópontjáig a kataszteri felmérésben alkalmazott módszer szinte teljes kizárólagossággal a mérőasztalos terepi felmérés volt. A felmérési módszerekben az 1900-as évek első három évtizede hozott változást, amikor is megjelentek a számszerű eljárások, melyeket eleinte csak szórványosan alkalmaztak. Nagy változást jelentett továbbá, hogy ebben az időszakban változott meg a kataszteri térképek méretaránya is, hiszen 1927-től kezdődően – a polgári térképészetben is – a használatos mértékegység a méter lett, így a térképek méretarányát is e rendszerben volt szükséges megadni. Az addigi 1:1440, valamint 1:2880 méretarányú térképeket leváltották a ma is használatos 1:1000, 1:2000, külterületek esetében pedig általában 1:4000 méretarányszámú térképekkel, hiszen a bécsi örendszerről át kellett térniük a nemzetközileg elfogadott méterrendszerre.

E méretarány – 1:2000 – volt használatos a korabeli Nagykutast ábrázoló kataszteri térképen is, mely 1938-ban készült. A térkép legnagyobb változása az előző négy térképpel szemben, hogy itt már nem beszélhetünk a vetület hiányáról, hiszen ez már a Fasching Antal-féle HKR-t, azaz a Hengervetületi Középső Rendszert használja. A képfelületi henger a rendszer kezdőpontján átmenő meridiánra merőleges segédegyenlítő mentén érinti a régi magyarországi Gauss-gömböt. A térkép síkjában a meridián képe szolgáltatja az x tengelyt, az erre merőleges segédegyenlítő pedig az y-t. E koordinátarendszerrel fontos megjegyezni még

a tájolást, mely a ma használatostól eltérően DNy-i irányú. További szembetűnő változás az 1800-as évekbeli térképekhez képest, hogy a művelési ágak jelei felkerültek a térképre, azonban a régi színezéses megjelöléseket már nem alkalmazták, így a térkép csak fekete-fehér színekkel áll rendelkezésünkre. Készítését tekintve elmondható róla, hogy ortogonális koordinátaméréssel készül, melyet megelőzően a területen sokszögelést és háromszögelést végeztek. A térkép egy részletét tartalmazza a 2.8. ábra és az 5. elektronikus melléklet.



2.8. ábra Térképrészlet az 1938-as kataszterről (forrás: Zala-megyei Levéltár, térképszám Nagykutas 1938)

Napjainkban a régi kataszteri térképek feladatai tovább bővültek és a ma használatos elnevezés – földmérési alaptérkép – segítségével sok feladathoz felhasználhatók. Ilyen feladatok például a különböző szakági térképek, közmű alaptérképek, vagy akár egyes esetekben egyéb más térinformatikai rendszerek alapjait is képezhetik.

2.3.4 Topográfiai térképek

Magyarországon már a kezdetektől fogva külön vált a katonai és polgári térképezés, ez okból kifolyólag hosszú ideig titkosítva voltak a topográfiai térképek, hiszen olyan területeket is tartalmazhattak, melyet az avatatlan szemeknek nem volt szabad látniuk. Az 1750-es évek után e különválás eszméjeként indították el a katonai felméréseket.

A kiegyezést követően az akkori Oszák-Magyar-Monarchiában elrendelték az újabb katonai térképezés, mivel a II. katonai felmérés térképei a gyorsan fejlődő ipar és közlekedési

hálózat miatt egyre kevésbé elégítette ki az igényeket. E felmérést Magyarország területén 1872 és 1884 között végezték. Az 1860-as évek után azonban több jelentős változás is bekövetkezett a térképkészítés terén. A III. katonai felmérés során alkalmazták először a méterrendszert, melyet a polgári térképkészítés csak 1927 után vett át. Jelentős változásnak számított a Bessel-féle ellipszoid földrajzi koordinátáinak használata az új háromszögeléses mérések számításához, továbbá a magasságméréseket már az Adrai tenger 1875. évi közép szintjéhez viszonyították. A domborzatábrázolásában is ekkor történtek a máig használatos átalakulások, ekkor kezdték el folyamatosan használni a szintvonalas ábrázolási módot, amely mára színezéssel és egyéb ábrázolási módszerekkel kiegészülve jó alapot nyújt a térképekről történő magasságlevételhez.



2.9. ábra A III. katonai felmérés során készült térkép részlete Nagykutassal a jobb oldalon (forrás: <http://lazarus.elte.hu/hun/digkonyv/topo/200e/34-47.jpg>)

Még az I. világháború előtt 1896-ban elrendelték a IV. katonai felmérést, azonban a munkálatok elhúzódás és a bekövetkező háború miatt ez nem valósult meg Magyarországon, így egészen az 1950-es évekig a III. katonai felmérések térképei maradtak használatban.

3 A domborzatfelmérés és domborzatábrázolás régi-, és újkori módszerei

3.1 A domborzat felmérési módszerek áttekintő jellemzése

A domborzatfelmérés nemcsak a régmúlt időkben képezte az emberi tevékenység egy fontos részét, hanem ez a mai világban is így van. Ahhoz, hogy az ókorban, vagy a középkorban az emberek megfelelő módon tudjanak tájékozódni elengedhetetlen szükség volt valamilyen tájékozódási pontok megadására. Ezek a tájékozódási pontok hajdan a domborzatot jelentették, ahhoz azonban hogy egy terület, vagy térség domborzatát, felszíni formáit az eligazodás szempontjából megfelelően ábrázoljuk, fel kellett mérni az adott területet.

A felmérések a legelső időkben egyszerű szemrevételezéssel történtek, hiszen ekkor még elegendőnek bizonyult az is, ha közelítőleg megadták, hogy hogyan néz ki az a hegy, völgy, vagy domb, amerre az adott út folytatódik. Kivételeket képeznek persze ez alól a fejlett ókori társadalmak, például Egyiptom, ahol az öntözés megfelelő végrehajtásához a magasság pontos ismeretére is szükség volt. A technika fejlődésével azonban az ember törekedett az egyre nagyobb mértékű pontosságra, az egyre jobb és a felszíni alakzatokhoz minél inkább igazodó felmérések elvégzésére.

3.1.1 Domborzatfelmérés a XVIII-XX. században

Az emberi társadalom élete térben zajlik, így a 2 dimenziós felszínmérés mellett szükségünk van a harmadik dimenzió, azaz a magasság felmérésére és ismeretére is. Már a középkortól a XVII. századtól kezdve igény merült fel a magassági adatok pontos megismerésére és ezzel összefüggésben pedig a terep domborulatának pontos ábrázolására. A XVIII-XIX század folyamán egyre jobban előtérbe került a tervezési és kivitelezési munkák során a domborzat felmérése. Ebben az időszakban már távcsővel ellátott műszereket állítottak elő és a mérést ezekkel végezték. Ezek voltak a ma is előszeretettel alkalmazott szintezőműszerek és tahiméterek.

A domborzat felmérésének fejlődése hosszú útra vezethető vissza, melynek során folyamatosan változtak az egyes felmérési technológiák, folyamatosan fejlődött az eszközállomány. A kezdeti időszakban a méréshez használt eszközök korlátozott pontossága

nehezítette a terep magassági felmérését és ábrázolását végző szakemberek munkáját. Az ebben az időszakban alkalmazott technológia mindössze az optikai tahiméterekre terjedt ki. A második lépcsőfokot a mérőasztalos felmérési módszerek megjelenése jelentette, amely azonban annak ellenére, hogy nagy segítség volt a numerikus eljárással szemben, még mindig nehézséget jelentett, hiszen a felmérőnek mindösszesen egy „fehér lap” állt a rendelkezésére, melyre saját ismeretei és mérései alapján kellett a terület síkrajzát és domborzatát ábrázolnia. A felméréndő területről előzetesen csak a már meglévő térképek nyújtottak kiinduló információt.

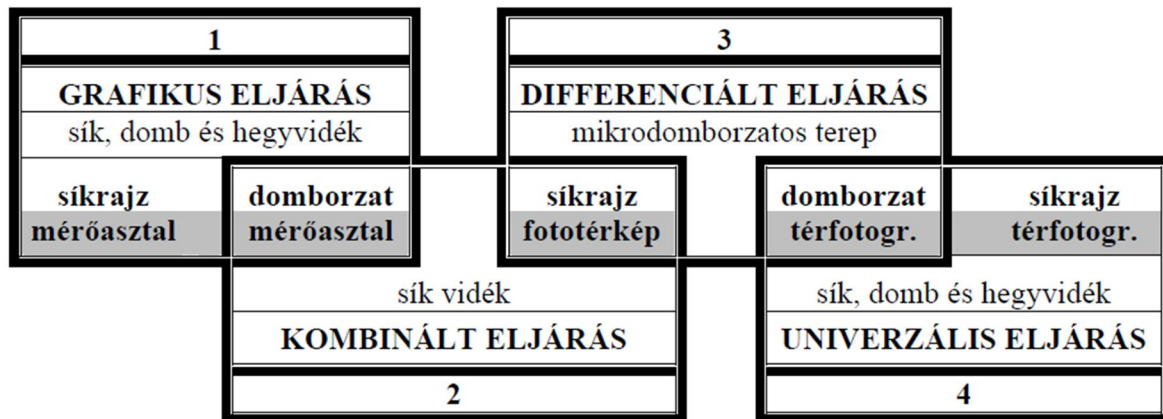
A felmérésben jelentős változást hozott azonban az 1950-es években fejlődésnek induló fotogrammetria ágazata. E tudományterület termékei közül legelsőként a repülőgépekről készített légifényképek nagyításai hoztak újszerűséget és könnyebbséget a terep domborzatának felmérésében, ugyanis ez már egyfajta tájékoztatást adott a terep domborzati viszonyairól, és arról, hogy hol helyezkedhetnek el a felmérés számára fontos tereptárgyak. Az légifényképek azonban kielégítő változást csak akkor hoztak a felmérés segítségével, amikor már méréshez is fel lehetett őket használni.

A fotogrammetriai műszerek fejlődésével fokozatosan három felmérési eljárás alakult ki. Az első, azaz a kombinált eljárás során egy térképszelvény méretű fototérképet helyeztek a légifénykép nagyítása helyett a mérőasztalra és ezen a fototérképen történt aztán a domborzat szintvonalrajzának a kirajzolása. A fototérkép ekkor már nem csak a terep betájolását, a tájékozódást segítette, hanem kiegészítő információinak segítségével nagymértékben megkönnyítette a terepi objektumok felismerését is. Fontos fejlődési stádiumnak számít a fotogrammetriában megjelenő térkiértékelő műszerek elterjedése, hiszen e műszerek két további felmérési eljárás kialakulását tették lehetővé. Az egyik, a differenciális eljárás, a változatos, mikrodomborzatos területeken volt eredményesen alkalmazható. A másik, az univerzális eljárás alkalmazása során pedig egy, a térkiértékelő műszer segítségével előállított sztereomérési lap helyszíni minősítése és a kiegészítő mérések elvégzése vált az elsődleges feladattá.

Az említett technológiai fejlődésnek megfelelően a felmérési módszereket két nagy csoportba sorolhatjuk:

- helyszíni felmérések, ezen méréstípus esetében a domborzat ábrázolásához szükséges felmérést a terepen, közvetlenül helyben végezzük;

- a másik nagy csoportot pedig a fototopográfiai mérések képezik, melyek esetében a domborzati formák térképre vitelét legnagyobb részben fotogrammetriai mérésekkel oldjuk meg, majd a fotogrammetriai mérés esetleges pontatlanságát terepi mérésekkel javítjuk, korrigáljuk



3.1. ábra A felmérési módszerek fejlődése (forrás: Dr. Mélykúti Gábor - Topográfia jegyzet)

3.1.2 A GPS technika megjelenése

A műholdas helymeghatározáson alapuló technika hosszas, lépcsőzetes fejlődés során vált azzá az eljárássá, amelyet ma előszeretettel alkalmazunk akár az alappontsűrítés, akár bármely más felmérési, részletmérési munka esetében. Az űrkorszak kezdetét az 1957. október 4-én fellőtt első műholdtól számíthatjuk, ekkor azonban még – a geodézia szempontjait tekintve – várni kellett olyan műholdak fellövésére, amelyek geodéziai (helymeghatározási és navigációs) célra felhasználhatók.

Az első jelentős lépést a TRANSIT rendszer kialakítása jelentette, mely a mai GPS elődjének számít. A rendszer 1967-től polgári célokra is felhasználhatóvá vált, és a Doppler-csúszás elvén működött, azaz a távolságváltozás mérésén alapult. Geodéziai célú alkalmazása kivetnivalókat hagyott maga után, hiszen mindössze hét műhold képezte a rendszerét és egy-egy mérés elvégzése akár több napot is igénybe vehetett, mert naponta csak igen szűk észlelési ablakot biztosított.

A következő nagy lépést a GPS kialakítása jelentette, mely szorosan kapcsolódott az 1970-es években is húzódó hidegháború fegyverkezési programjához. Mind az amerikaiak, mind pedig az oroszok saját műholdas rendszer fejlesztésébe kezdtek, gyakorlatilag azonos

időben. Sok elvárást támasztottak a nagyhatalmak az új rendszerrel szemben, melynek ki kellett elégítenie az addiginál pontosabb és gyorsabb helymeghatározás és navigáció bármely légköri viszonyok melletti szolgáltatását a nap 24 órájában. Az amerikai GPS rendszer az 1990-es évek elejére érte el azt a kiépítettséget (24 darab műhold pályára bocsátását), ami a gyakorlati geodéziai alkalmazás feltétele. Az orosz rendszer is kiépült, de polgári célú vevők nemigen léteztek. Mára, 2011 végére, mindkét rendszer teljesen kiépített (az amerikai rendszerben 30-32 műhold üzemel) és egyre több olyan geodéziai vevő van, amelyik mindkét rendszer egyidejű felhasználását biztosítja.

A technikai fejlődés egyre jobb és jobb alkalmazási lehetőségeket, gyorsabb alkalmazási módokat vont maga után, így a kezdeti statikus (a 90'-es évek elejére jellemző) mérés hosszú időszükségletét előbb a gyors statikus mérés váltotta fel, amely a mérési időszükséglet rövidülését eredményezte. A gyors statikus mérés azonban csak maximum 10-15 km-es vektorhosszúságig alkalmazható eredményesen.

Nagy változást jelentett a kinematikus mérés megjelenése, mely során a mozgó vevő helyzetét határozzuk meg egy ismert ponton telepített bázisvevőhöz képest. A kinematikus mérés az idő folyamán fokozatosan leváltotta a geodéziában régebben szinte teljesen egyeduralkodó statikus mérést. Elsődleges oka a váltásnak a mérési időszükséglet rövidülése volt.

A kinematikus módszerek első előfutára az úgynevezett „stop and go”, azaz a félkinematikus módszer volt. A félkinematikus mérés során felállítjuk a bázist arra a pontra, amelyet ismertnek tekintünk, majd a mozgó vevővel, azaz a roverrel inicializálást végzünk. Az inicializálás során határozza meg a műszer a mozgó vevő kezdőpontjának helyzetét és a ciklustöbbséget. Ennek két fajtája ismeretes:

- inicializálás statikus méréssel, melynek lényege, hogy álló helyzetben határozzuk meg a rover helyzetét a mérés kiindulási pontján;
- a menet közben történő inicializálás (OTF), amely során egy matematikai modell segítségével vesszük figyelembe az inicializálást.

Az inicializálást követően már ismertnek tekintjük helyzetünket a térben, így a következő lépésben feladatunk a mérendő pontok felkeresése. A felkeresést követően minden egyes terepi ponton, melyet mérni szeretnénk egy-három epocha hosszúságú észlelést végzünk, ami másodpercekben mérve a beállított időköznek megfelelően körülbelül 1-30

másodpercnek felel meg. A félkinematikus mérés során a műszer azonban nemcsak az általunk felkeresett és rögzített pontokat méri, hanem a felkeresés során bejárt útvonal is rögzítésre kerül. Számolásnál azonban a rögzített útvonal érdektelenné válik számunkra, így mindössze a megmért pontok koordinátáinak számítását végezzük el. E módszer nagy előnye gyorsaságában rejlik, ha a mérendő pontok között akár gyalogos úton is képesek vagyunk mozogni a jelvétel megszakítása nélkül. Hátránya azonban éppen a jelvétel megszakadásából adódik, mert mérési mivoltából adódóan folyamatos jelvételre van szüksége a műszernek.

Másik fajtáját a kinematikus mérési módszereknek a folyamatos kinematikus módszer képezi, itt azonban a félkinematikus módszerrel szemben a lényeg nem a felkeresett és megmért pont, hanem maga a bejárt útvonal. Az útvonal méréséhez a műszerben többféle beállítható mérési időköz közül választhatunk, lehet ez akár 1, akár pedig 10 vagy annál több másodperc is. E mérésfajtahez viszont célszerű valamilyen járművet beszerezni, mely a megfelelő haladást biztosítja számunkra.

A GPS alkalmazásának következő megállója a permanens állomások-, azaz az aktív hálózat telepítése volt. A permanens állomások legnagyobb előnye a felhasználó szempontjából, hogy nincs szükség saját bázis telepítésére és őrzésére, hanem az adatokat egy szolgáltató központtól kapjuk. Kezdetben a felhasználó csak utólagos feldolgozással volt képes az adatokkal dolgozni, így a roverrel mért pontok koordinátái csak az irodai feldolgozás során kerültek kiszámolásra. A relatív helymeghatározáshoz, azaz a vektorfeldolgozáshoz voltak a felhasználó segítségére az internetről meghatározott összegért letölthető, a mérési időtartamra vonatkoztatott legközelebbi permanens állomás mérési adatai. Ez esetben is korlátot jelentett azonban a permanens állomás távolsága, ami továbbra is csak az állomás 10-15 km-es körzetében tette használhatóvá az eljárást.

Mára eljutottunk odáig, hogy a terepen, valós időben is fogadhatjuk a mérési adatokat másodperces adatsűrűséggel. Ez a valós időben történő mérést használó technológia a Real Time Kinematic, azaz a valós idejű kinematikus mérés, vagy más néven RTK. Az RTK mérések alapja valós idejű fázismérés, melynél a két műszer egymástól függetlenül működik azonos időben. Ezen elv alapján azonban az RTK mérések is tovább oszthatók:

- Hagyományos RTK;
- Hálózatos RTK módszerekre.

A hagyományos RTK mérés esetén, hasonlóan a hagyományos kinematikus mérésekhez saját magunk telepítjük a bázisállomást, mely jelen esetben egy ismert koordinátájú pont. Az RTK mérések nagy ugrást jelentettek a földmérési technikában, hiszen valós idejű meghatározó képességük segítségével lehetővé vált a GPS-szel történő cm pontosságú kitűzés és bizonyos, takarás szempontjából előnyösnek számító felmérési feladatok elvégzése is. A legnagyobb előnye a valós idejű meghatározásnak, hogy mérés közben folyamatosan tájékoztatást kapunk a pontossági mérőszámokról, melyek alapján képesek vagyunk eldönteni, hogy a felmérés, vagy kitűzés a megfelelő pontossággal lett-e elvégezve, egyáltalán sikeres-e a mérés, vagyis sikerült-e a ciklustöbbszörösítés feloldása. A választható módszereket tekintve lehetőségünk van félkinematikus és folyamatos kinematikus üzemmódban mérni, ezt azonban nem szükséges előre megválasztanunk, mert mérés közben bármelyik alkalmazható. Az RTK méréseknek a GPS egység szempontjából azonban elengedhetetlen követelménye, hogy mind a referenciaállomás, mind pedig a rover, vagyis a mozgó vevő kétfrekvenciás legyen.

A hálózatos RTK egy, a nap 24 órájában működő szolgáltatást jelent, melyet jelen esetben az országban működő permanens állomások összehangolt működése reprezentál. Az összehangoltan működő permanens állomások adataikat egy feldolgozó központba küldik, ahol ezen adatok felhasználásával modellezik a mérés közbeni pontosságot befolyásoló tényezőket, annak érdekében, hogy a terepen dolgozó felhasználó valós időben, nagy pontossággal képes legyen megbízható méréseket végezni saját bázis-, vagy referenciaállomás telepítése nélkül. A hálózatos RTK Magyarországon működő szolgáltató központja a Penci Kozmikus Geodéziai Observatóriumban található. Idézőjelesnek mondható hátránya, hogy a saját telepítésű bázisállomással szemben itt több további kockázati tényező léphet fel, mivel a háttérben futó minden elemnek tökéletesen kell működnie. A tökéletes működés feltétele a permanens állomások, a feldolgozó szoftverek, a központi szerver, valamint nem utolsósorban a folyamatos adatkapcsolat a vevővel. A hálózatos RTK technológiát eddig háromféle koncepcióban valósították meg, melyek a következők:

- VRS, mely azon alapul, hogy a terepen mozgó vevő először elküldi közelítő helyzetének földrajzi koordinátáit, majd a központ erre a helyre lokalizált mérési eredményeket számol és visszaküldi a vevőnek;
- FKP, e koncepció során állomáshálózati kiegyenlítéssel külön-külön határoznak meg korrekciós paramétereket a működő permanens állomásokhoz és azokat továbbítják a felhasználóknak;

- MAC-konceptió során több, a felhasználó szűkebb körzetében működő referenciaállomás (az ún. cella) összes nyers mérési adata továbbításra kerül, de tömörített formában.

A domborzat felmérését az előzőleg ismertetett kinematikus technika megjelenése tette lehetővé, hiszen ennek során már néhány másodperces mérési időszükséglettel meg lehet határozni egy terepi pontot. Az adott műszer egy-, vagy kétfrekvenciás voltától és beállításaitól függően a terepi objektumokat, a domborzati idomokat és formákat akár utólagos, akár pedig valós idejű feldolgozással képesek vagyunk meghatározni. Egy terep felméréséhez azonban szükségünk van egy olyan pontra, melynek koordinátáit ismerjük. A változatos alkalmazási lehetőségeknek köszönhetően ez lehet saját telepítésű pont – ám ez költségtöbblettel jár a felmérő számára, mert ebben az esetben egy vevőpárra van szükség és ügyelni kell az ismert ponton elhelyezett vevő biztonságára –, valamint lehet az országban működő permanens állomások egyike is. A permanens állomás használatának előnye a felmérés során, hogy nem szükséges egy vevőpár, mert a „rover”, vagyis a mozgó egység az állomáshoz képest határozza meg saját helyzetét, valamint nem kell folyamatosan felügyelnünk, hiszen az egyetlen vevő, amit használunk nálunk található.

3.2 Domborzatábrázolási módszerek

A domborzat felmérése mellett, annak ábrázolása is nagyon fontos, hiszen az ábrázolás nélkül a felmérés teljesen hasznavehetetlen lenne. Ahogy a domborzat, a táj felmérése, úgy magának az ábrázolásnak az elvégzése is már az ősidők óta foglalkoztatja az emberiséget. Már az ókoriak is barlangrajzokkal, valamint különböző ábrázolási módokkal próbálták lehatárolni azokat a területeket, amerre jártak, amerre gazdag vadállomány volt található. A domborzat megfelelő módon való ábrázolása azonban még ma is nehéz feladat. Míg a síkra rajz megjelenítéséhez elegendő egyetlen sík, a torzulások kiküszöbölését követően, addig ahhoz, hogy a magasságot a síkra rajzzal egyetemben ábrázoljuk, jól bevált logika alapján már két darab sík lenne szükséges, melyet viszont térképeink sík volta miatt egyetlen papíron lehetetlen megvalósítani.

3.2.1 Ábrázolási módszerek a XVIII-XX. században

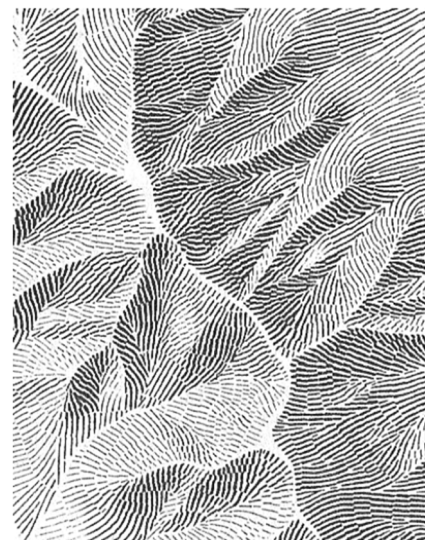
Az ábrázolási módszerek első újkori alkalmazásai során kezdetben csak a terep látványából vezették le a térképeket, helyszínrajzokat, így ezek általában vagy oldalnézeti,

vagy madártávlati módszerrel jelölték a hegységeket, dombságokat. Ezt követően már a XVIII. században meghatározták, hogy a síkrajzi tartalom mellett a topográfiai térképeknek tartalmazniuk kell a magasságokat is. Annak alapján, hogy az adott ábrázolási mód megfelel-e annak a követelménynek, hogy a magasságok szemléletes megjelenítése mellett a magasságok levételét is szolgálja a XVIII-XIX. század között kétféle csoportot különböztethetünk meg. E két csoport egyike a tájékoztató jellegű, a másik pedig a geometriai magasságábrázolás.

A tájékoztató jellegű ábrázolás esetében általában szemléletesen jelenítették meg a térképeken, hogy merre találhatók a különböző domborzati idomok, azonban miként neve is erre utal, ezek az ábrázolási módok nem tették lehetővé azt, hogy róluk magasságlevétel történjen. A metrikus megjelenítéshez elengedhetetlenül szükség lett volna arra, hogy az elkészült térkép tartalmazza az adott terep szintjének megfelelő magasságokat, ez azonban az e fajta ábrázolási módszerekkel nem volt megoldott. A tájékoztató jellegű ábrázolási módszerekhez soroljuk a:

- Oldalnézetes
- Madártávlati
- Pillacsíkos
- Árnyékolásos (3.2. ábra)
- Egyoldalú megvilágításos ábrázolást.

Az utolsó két esetben bár a megjelenítésben már megjelenik a plasztikus ábrázolás, ennek ellenére mégsem tartalmazzák a terep meredekségét, valamint további magassági adatait.



3.2. ábra Árnyékolásos ábrázolás (forrás: Dr. Mélykúti Gábor - Topográfia jegyzet)

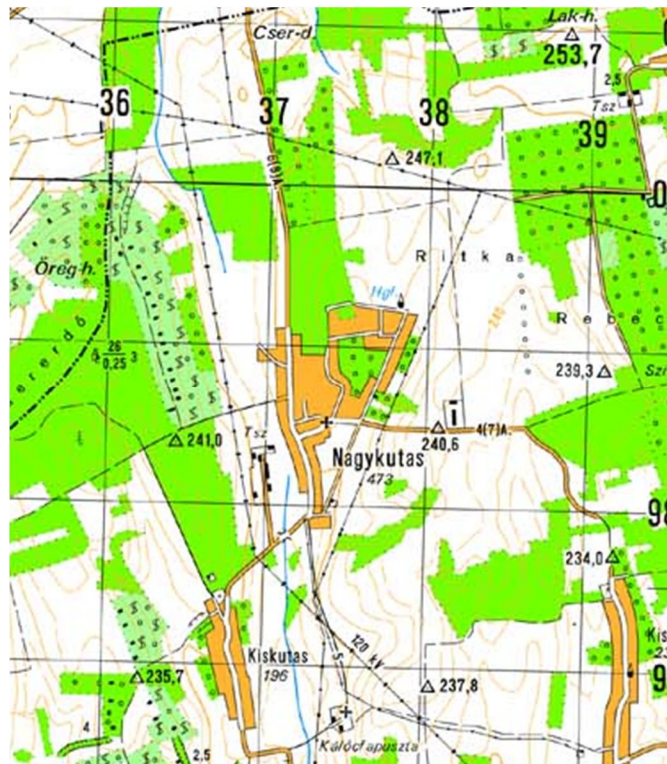
A geometriai ábrázolási módok már azzal az elvi feltételezéssel élnek, hogy létezik egy olyan elméleti alapszint, amelyhez való viszonyítás esetén a terep magasságait, magassági viszonyait egységesen vagyunk képesek ábrázolni. Ennek alapján az ebbe a csoportba tartozó módszerek a következők:

- Színtörléses
- Csíkozásos
- Színfokozatos

- Kótált
- Szintvonalas

Ahhoz azonban, hogy geodéziai szempontból minél jobb, minél megfelelőbb legyen a domborzat megjelenítése a térképeken, az egyes módszereknek bizonyos feltételeket kell teljesíteniük, ilyen feltételek: magasságkülönbség, lejtősség, formák, plasztikus hatás egyidejű ábrázolása. Ezen feltételezések viszont egyedül egyik ábrázolás sem képes kielégíteni, éppen ezért kombinálva alkalmazzák őket.

A manapság használatos szintvonalas ábrázolási módszer a XIX. században alakult ki (3.3. ábra). A szintvonalas ábrázolás önmagukba visszatérő térbeli görbe vonalakkal történik, melyek ugyanolyan magasságban lévő pontokat kötnek össze. Az ábrázolás hátránya azonban az, hogy feltételezik, hogy minden egyes felszíni pontnak a földön csak egyetlen egy magasság felel meg, mely feltételezés az esetek többségében igaz is, azonban nem minden esetben (pl.: szakadék). Ennek és a plasztikus hatáskeltés kielégítésének érdekében ezt



3.3. ábra Topográfiai térképrészlet Nagykutasról - Szintvonalas ábrázolási mód

a módszert sem önmagában alkalmazzák a térképek készítése során, hanem esetenként kótált pontokkal, valamint majdnem minden esetben színfokozatos ábrázolással egészítik ki. Manapság ezt az ábrázolási módot alkalmazzák.

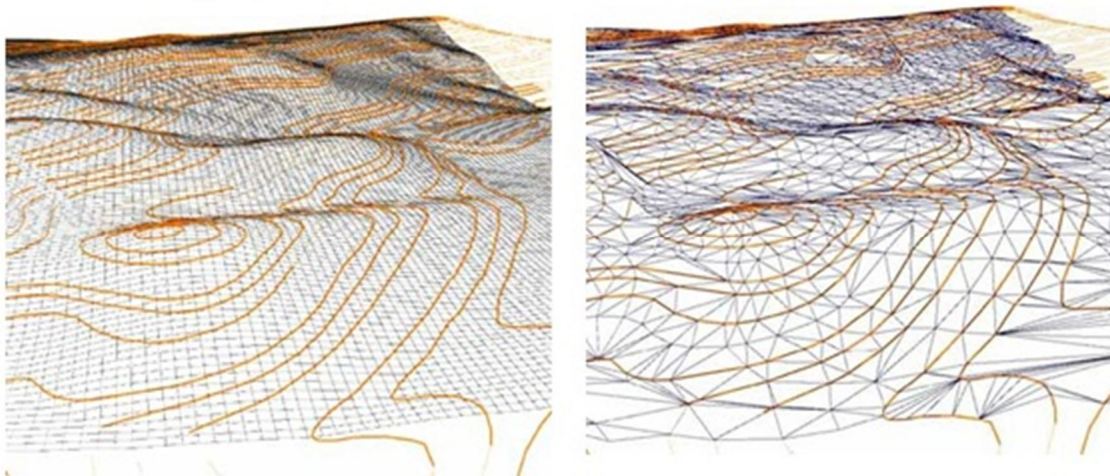
3.2.2 3 dimenziós digitális domborzatmodellezés

A rohamos technikai fejlődés vonta maga után a földmérési technológiák, ábrázolási módok újszerű alkalmazását. Ebben elsősorban a számítástechnika tudományának a megjelenése hozott hatalmas áttörést, mely mára elért arra a szintre, hogy lassan minden munka során 3D-s megjelenítést várnak el a felhasználók. A domborzatábrázolási módszerek

esetében is sokkal szemléletesebben jelenik meg egy háromdimenziós digitális domborzatmodellen a földmérő által felmért terep, mint egy hagyományos, papír alapú szintvonalas térképen. A digitális technika alkalmazásának bár megnőtt a jelentősége, mégis ma ugyanúgy használunk papír alapú térképeket, hiszen még nem jutottunk el arra a szintre, hogy ezek felhasználását ki lehessen küszöbölni.

A számítástechnikával segített 3 dimenziós domborzatmodellezés az elmúlt évtizedekben jelent meg és az eltelt idő során hatalmas teret hódított magának mind az egyszerű, mind pedig a mérnöki felhasználók körében. Manapság már léteznek konkrétan, erre a célra kifejlesztett programok, melyekkel pár gombnyomást követően képesek vagyunk egy terület domborzatmodelljét előállítani. A domborzat előállításához persze előzetesen szükségünk van a vízszintes koordinátákon kívül magassági adatokra is. Az ezzel a módszerrel előállított modelleket hívjuk összefoglaló néven digitális domborzatmodellnek, azaz a továbbiakban DDM-nek. A DDM az általunk felmért területnek a célszerűen egyszerűsített mása, melyhez szükséges adatokat rendezett halmazokban a számítógépen tároljuk. Az említett modell előállításához a terepen méréseket végzünk, melynek következtében kiválasztott pontjairól meghatározott információ áll rendelkezésünkre. Ezen támpontok alapján vezetjük le, határozzuk meg eztán a kiválasztott interpolációs módszer felhasználásával a közéjük elhelyezett pontok magasságát, tehát a domborzatmodell felületének illesztése ezen pontokra támaszkodik. Az alapján, hogy a támpontok miként oszlanak meg az adott terepen, többféle modelről beszélhetünk:

- szabályos, rácsháló mentén helyezkednek el a pontok;
- strukturális, felépítéskor figyelembe veszik a domborzati jelleget;
- véletlen, ebben az esetben a pontok nem tükrözik a terep alakulatait.



3.4. ábra Egy terület GRID-(bal oldalt), és TIN-modellje (jobb oldalt), (forrás: www.termeszetvilaga.hu)

Egy terület felmérése során elsősorban a strukturált modelleket szokás alkalmazni, vagy, ha van elegendő műszer és idő, akkor nagy pontszámú szabályos modellt is használhatunk. A szabályos modellek – a későbbiekben GRID – hátránya, hogy nem alkalmazkodnak teljes mértékben a felmért terep valós alakjához, azonban mind a mérés, mind pedig a számítás és a későbbiekben szükséges interpolálás egyszerűbben hajtható végre velük.

A legelterjedtebb alkalmazási lehetőség azonban az úgynevezett TIN-modell, mely során az említett támpontokat szabálytalan háromszöghálózatban helyezzük el a terepen, tehát a pontokat megpróbáljuk úgy kiválasztani, hogy azok minél jobban igazodjanak a terep alakulataihoz, ezáltal a később előállított DDM is sokkal jobban fogja tükrözni a valós állapotokat. A TIN-modell egyik leggyakoribb megoldása az egymással oldalukkal kapcsolódó, a támpontokat csúcspontként kezelő, háromszögekből álló hálózat kialakítása, az ún. Delaunay háromszögelés, amely során igyekszünk a lehető legkisebb háromszögeket kialakítani a támpontokra illeszkedően. (3.4. ábra)

4 GPS-szel történő domborzatfelmérés

Bár Nagykutasról – és egyúttal az egész világról – rendkívül sok a domborzattal kapcsolatos adat érhető el, a pontosságuk az adott helyre vonatkozóan azonban határt szab az alkalmazhatóságnak. Ahhoz, hogy ezen alkalmazhatósági határt leküzdjem, a célszerűség kedvéért saját méréseket kellett végezni, ami egyben az átvett DDM-ek ellenőrzését is célozta.

Nagykutas a Zalai-dombság határán található, így elméletben képes lenne jó alapot biztosítani egy domborzat-felméréshez és annak későbbi megjelenítéséhez. Azonban én arra szerettem volna törekedni, hogy minél nagyobb legyen a felmért területen a magasságkülönbség, így megfelelő mintaterületet kellett választanom. A mintaterület kiválasztása nem volt egyszerű feladat, hiszen annak ellenére, hogy a falu egy dombság területén terül el, a magasságkülönbség maximális értéke nem haladja meg a 70 m-t. A mintaterületek kiválasztásánál egyik szempont volt, a már említett magasságkülönbség, a másik pedig a szakdolgozat további részét képező épületmodell készítése. Ennek alapján egy nagyobb (mely épületeket is tartalmaz) és egy kisebb mintaterületet választottam.

4.1 A felméréshez használt műszerek

A mintaterületek felmérésének eszközeül a GPS bizonyult, mind a pontossági, mind pedig a gyorsasági szempontokat tekintve a legmegbízhatóbbnak. A mérés során nem csupán egyetlen műszerrel dolgoztam, így lehetőségem volt többfajta módszer és műszer kipróbálására, melyek együttes felhasználásával képeztem a mintaterületek pontjainak magasságait. E tekintetben általánosan elmondható, hogy az GPS mérési módszerek közül a félkinematikus és hagyományos kinematikus módszer segítségével történt a tereppontok vízszintes és magassági helyzetének a meghatározása.

A szakdolgozati méréseket két fajta műszer segítségével végeztem, melyek közül az első egy Trimble R3 egyfrekvenciás GPS, a másik pedig egy Leica GPS System 500 típusú kétfrekvenciás GPS volt.

4.1.1 Trimble R3 GPS

A Trimble R3 egy különleges egyfrekvenciás (L1) GPS vevőpár, amely tökéletesen alkalmazható statikus és utófeldolgozással számított kinematikus mérések esetén is. A GPS rendszere egy vezérlőből, a vezérlőbe integrált GPS vevőből, továbbá egy, a méréshez elengedhetetlenül fontos külső antennából áll. A műszer könnyű használhatóságát a vezérlőre telepített Windows Mobile operációs rendszer segíti elő, mely – jelen esetben – magyar nyelvű felületével egyszerűen kezelhető. A Windows Mobile operációs rendszer teszi lehetővé, hogy a műszer GPS méréshez szükséges Trimble Digital Fieldbook nevű szoftverét a terepen tudjuk használni. A műszer belső memóriája nagy kapacitásának köszönhetően a GPS akár 900 óra hosszúságú mérés tárolására is képes, így nem kell a felmért adatokat a számolást követően folyamatosan törölnünk. A műszer tartozékai közé



4.1. ábra Saját Trimble R3 GPS bázisállomás

szervesen hozzátartozik a külső antenna. E szériatartozék alacsony zajszintjének segítségével nagy kitakarású helyeken is képes biztosítani a többutas terjedéstől mentes jelvétele.

4.1.2 Leica GPS System 500

A Leica GPS System 500 egy kétfrekvenciás GPS vevő, vagy vevőpár, mely az alkalmazott GPS mérési módszer használatától (statikus, kinematikus, RTK) függően változik. E geodéziai GPS vevőt általában nagy pontosságú felmérésekhez, továbbá alappontsűrítésekhez szokták használni.



A rendszer szerves részét képezi a vevő, a csatlakoztatható tasztatúra, RTK funkció esetében a rádió, valamint a különböző egyéb tartozékok, mint a mérőszalag, a kábelek és a műszertalp. Kényelmességi és a feladat által megfogalmazott praktikussági funkciókat számba véve különböző módon használhatjuk a műszert (műszerállványon felállítva – célszerűen bázisállomásként, hátizsákban, vagy akár az antennabotra helyezve is). A mérési adatok tárolása a terepen egy PCMCIA-kártyára történik, így könnyítve meg az adatok kiolvasásának menetét.

4.2. ábra Leica System 500 GPS vevő
(forrás:

<http://www.rrsurveys.com.au/techmenu/instruments.html>)

4.2 Kinematikus GPS mérés

A pontossági adatok tekintetében, mind a félkinematikus, mind pedig a folyamatos kinematikus mérés megfelelő szabadságot nyújtott a domborzatfelmérés számomra megfelelő pontossága mellett.

4.2.1 Folyamatos kinematikus mérés

A folyamatos kinematikus módszer lényegét tekintve egy referencia és rover műszerpárral történő mérést takar, amely során az általunk meghatározni kívánt terület bejárva nem a kiválasztott pontok magassága képezi a mérés és az érdeklődés tárgyát, hanem a bejárt útvonal maga. Így a folyamatos kinematikus mérés elvégzéséhez praktikusán egy járműre van szükségünk, melynek segítségével egyszerűen és könnyen vagyunk képesek a

meghatározni kívánt útvonalon mozogni. Ezen elméleti alapok tudatában a két mintaterület nagyságát összevetve csupán az első mintaterület körül történt folyamatos kinematikus mérés, melyet a saját autónk segítségével hajtottam végre. A mérés elengedhetetlen velejárója, hogy a munka közben a jelvételezés ne szakadjon meg, és mivel a közlekedés a területen egy autóval történik, a rover vevőegységét fixen tudjuk rögzíteni az autó tetejének egy pontjára. A rögzítés ennek okán egy mágnesz talp felhasználásával történt, mely biztosította a mozgó vevő mozdulatlanlanságát az autó haladása során, továbbá az antennamagasságát a mérés előtt megmérve nem tette szükségessé, hogy egyes időközönként megálljunk. A mérés előtt ebben az esetben is szükség volt inicializálásra, hiszen a mozgó vevő inicializálással határozza meg helyzetét a bázishoz, azaz a másik általunk ismert ponton telepített vevőhöz képest. A mérés megkezdése előtt beállításra került a rögzítési időköz, melynek elteltével a mozgó vevő rögzíti a fázismérés eredményeit. Az autó haladási sebességét és a műholdak számát figyelembe véve a legmegfelelőbbnek az 5 másodpercenkénti rögzítés bizonyult. A terepbejárás során minden 5. másodperc elteltével a mozgó vevő automatikusan rögzítette a helyzetünket, mely rögzítés nem egy kifejezett pontszámmal, hanem egy a GPS időrendszerében megadott időponttal (epocha) történt. Mivel kinematikus méréseket csak igen kedvező észlelési ablak esetén szokás tervezni, így a mérés inkább csak tájékoztató jelleggel történt, hiszen a domborzati viszonyok, a nem túl széles utcák és a fákkal való borítottság miatt nem ez volt az számolás és modellkészítés elsődleges alapja.

4.2.2 Félkinematikus mérés

A felmérés során a későbbi számolás és modellkészítés elsődleges alapját a félkinematikus mérés biztosította. A félkinematikus mérés során egy már régebben a saját udvarunkon telepített alappont (kő) képezte a GPS mérésnél használatos referenciapontot. Mivel a már említett két mintaterület mérése nem egyidőben történt, így a mintaterületeken végrehajtott mérésekről külön-külön tesztek említést.

Az első mintaterület esetében a fentebb felsorolt műszerek mindkét fajtája használatra került, így egy időpontban történt az egyfrekvenciás és a kétfrekvenciás műszerrel való GPS-szel történő tereppontok mérésének folyamata. Mivel a mérés elvégzéséhez nem egy, hanem két pár műszer állt a rendelkezésemre, így legelső feladatként segítséget kellett találnom. A műszerek felállítását követően természetesen ebben az esetben is szükség volt inicializálásra, hiszen a pontos mérés elvégzéséhez tudnom kellett a műszer által a bázishoz képest kiszámolt elmozdulási vektor nagyságát, mellyel a rover saját kezdeti helyzetét határozza meg a tér valamely pontjában. Az inicializálás a két műszer esetén a beállításoktól függően eltérő volt,

azonban általánosságban elmondható, hogy a folyamat körülbelül 5 percet vett igénybe. A kiindulási helyzet meghatározása után a roverekkel útnak indulhattunk. A domborzat felmérése során, ahhoz, hogy egy az említett és elérhető domborzatmodelleknél pontosabb modellt legyek képes előállítani a domborzat idomait és formáit kellett mindenekelőtt figyelembe vennem. Mivel a területen a magasságkülönbség nem haladja meg az 50 m-t, így célszerű volt a kisebb, nagyobb domborzatváltozások bemérése is a lehető legpontosabb modell előállításához.

Minden egyes felkeresett terepponton szintén a beállításoktól függően, a Leica GPS esetén 2-3 epocha hosszúságú mérést végeztem, amely átszámítva kb. fél percre felel meg. A Trimble GPS esetén a pontosság és megbízhatóság függvényében a legjobb beállításnak a pontonként 25 másodperces mérés bizonyult. Ezt a beállítást édesapám korábbi mérési tapasztalatai alapján végeztem el. A pontok egymás után történő felkeresése során a műszer természetesen nemcsak a felkeresett és megmért pontok koordinátáit rögzíti a tárolóegységben, hanem a bejárt útvonalat is, ez azonban jelen esetben érdektelen volt számomra, hiszen a mérésfajta lényegét nem a bejárt útvonal, hanem a ténylegesen megmért pontok képezik. Így a felkeresés során nem szükséges folyamatosan függőlegesen tartani a rudat és a ráhelyezett antennát.

A két GPS vevőpárral összesen mintegy 700-800 tereppont került meghatározásra, ám a mintaterület egyes részein a kitakarás (fák, épületek) miatt nem volt lehetőség a domborzati formákat reprezentáló pontok felvételére. A legtöbb helyen a növényzet és az épületek által fellépő rontó, torzító hatások elenyészőek voltak. Azokon a területrészeken, ahol a kitakarások miatt nem tudtam alkalmazni a GPS-szel történő felmérés módszerét a jelentéktelen magasságkülönbségek miatt nem léptek fel különösebb problémák a későbbi modellalkotás során, azonban szükséges megjegyezni, hogy ezeken a helyeken a domborzatmodell képzése nem volt tökéletes.

A második mintaterület nagyságát tekintve lényegesen kisebb az előzőnél, így itt már nem volt szükség a két vevőpár használatára, ennek felmérése már csak a Trimble R3-as saját műszerrel történt. E terület megfelelt a fent támasztott követelményeknek, hiszen a domborzat változása a falu területén majdhogynem itt a legjobban érzékelhető. A felmérés során mivel itt nem igazán játszottak szerepet az említett, kitakarást okozó körülmények, így sokkal részletesebben – körülbelül 5-5 m-enként – voltam képes a domborzatváltozások mérésére.

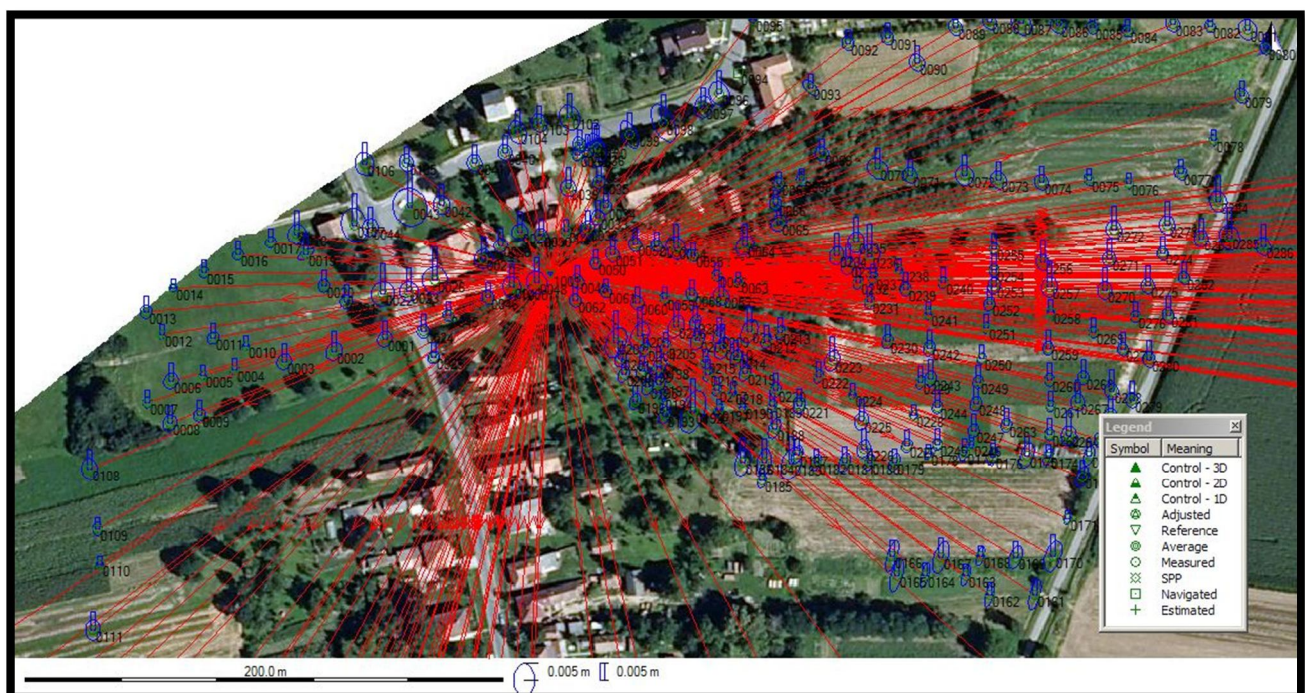
Ennek okán a felmért pontok száma a terület arányait tekintve 30-40-szerese az első mintaterületen meghatározott pontoknak.

4.3 A GPS mérés feldolgozása

A GPS kinematikus módszeréből adódóan a tereppontok koordinátáinak számítása nem helyben, a mintaterületen, hanem az irodában utófeldolgozással történt. Az alkalmazott műszerek egy-, és kétfrekvenciás eltérő volta miatt nem csupán egyetlen programot kellett igénybe vennem, így a Leica GeoOffice nevű alkalmazáson kívül fontos említést tenni a Trimble műszereknél használatos Trimble Business Center szoftverről is.

4.3.1 Feldolgozás a Leica GeoOffice szoftverrel

A mérési adatok beolvasását követően legelső lépésként kiszámoltam a programmal a Leica bázisállomás pontjának helyzetét. Mivel mind a Leica, mind pedig a Trimble műszerek külön bázisponton foglaltak helyet, így csupán a Trimble műszer bázisállomásának koordinátája volt ismeretes. A Leica bázis koordinátáinak számításához a gnssnet.hu internetes oldal szolgáltatásait vettem igénybe, melynél egy utólagosan generált virtuális állomás adatait töltöttem le. Ezen adatok egy körül-belül 30 perces időintervallumra vonatkoztak a bázis elindításától számítva. Az időintervallum nagyságának 30 percen történő megállapítása elégnek bizonyult a bázisállomás koordinátáinak meghatározásához, hiszen egy felmérési alappont létesítése során sem kell ennél hosszabb időt eltöltenünk a



4.3. ábra Meghatározási vázlat az LGO szoftverrel (a mért vektorokkal, a pontok hibaellipsziseivel és magassági középpontjával)

meghatározással.

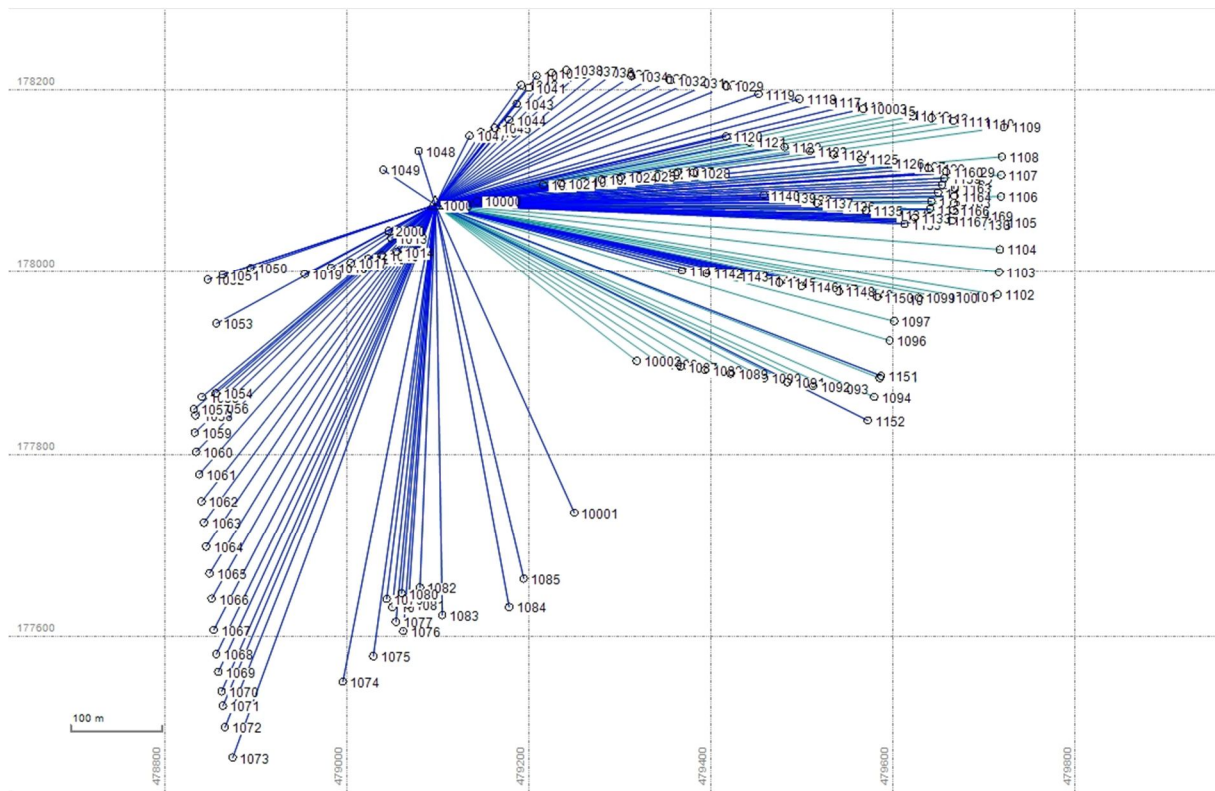
A bázis koordinátáinak ismeretében a feladat lényegesen egyszerűbbé vált, mert az leredukálódott a referencia és rover pontok kijelölésére. Fontos megemlíteni, hogy a vektorösszetevők számítása előtt lehetőségünk van többféle beállítási paramétert kiválasztani, amikor is megadhatjuk a számításba bevont műholdakat, a műholdak magassági szögét, a számításhoz felhasználandó frekvenciákat, ionoszférikus és troposzférikus modelleket. A program automatikusan számítja a térbeli vektorok összetevőit, majd azokat a referenciapont koordinátáihoz hozzáadva állítja elő a mért pontok koordinátáit, és eldönti, hogy a beállított hibahatáron belül vannak-e. A mérési eredmények megbízhatóság szempontjából történő értékelése csak ezt követően dönthető el a magassági-, és vízszintes középhibák rajzi megjelenítésének segítségével (4.3. ábra).

4.3.2 Feldolgozás a Trimble Business Center szoftverrel

A Trimble Business Center egy, a Leica GeoOffice-hoz hasonló GNSS feldolgozó program, azzal a különbséggel, hogy ezt kifejezetten a Trimble cég GPS műszereihez fejlesztették.

A szoftver használatában semmi komplikáltság nincs, hiszen a vezérlőegység egy USB-port segítségével közvetlenül csatlakoztatható a számítógéphez, s a csatlakozást követően a szoftver automatikusan felismeri azt. A társítást követően egyszerűen annyi a dolgunk, hogy kikeressük az aktuális, még feldolgozásra váró projektünket a listából és behívjuk. A műveletet mind a bázis, mind pedig a rover esetében el kellett végezni, ugyanis a mérés kinematikus volta miatt szükségem volt a bázisállomáson mért adatokra is.

Az adatok betöltését követően, ahhoz, hogy a program megfelelően tudja elvégezni a meghatározásokat, egyetlen dologra kell ügyelni, mégpedig a bázisállomás koordinátáinak helyesbítésére. A koordináták helyesbítése azért szükséges, mert a referenciapont navigációs koordinátái alapján csupán egy közelítőleg helyes EOVS koordinátát generált a szoftver. A javítást követően meg kell adni továbbá, hogy a program a most beírt koordináták alapján végezze el a számításokat, ehhez pedig a beütött koordinátáknál kell kiválasztani a kontrollpont funkciót. A program egyetlen szépséghibája (az LGO-hoz viszonyítva), hogy a rajzterületen nincs lehetőség a vízszintes-, és magassági középhibák megjelenítésére, erre csak a különböző ún. jelentésekből (Report), a számítást dokumentáló jegyzőkönyvekből kapunk tanúbizonyságot. (4.4. ábra)



4.4. ábra Meghatározási vázlat a Trimble Business Center nevű szoftverrel

5 Elérhető digitális domborzatmodellek

Magyarországon, ha egy domborzatmodellezési feladatot kívánunk végrehajtani, akkor többféle adatforrásból állíthatjuk elő a kívánt terület modelljét. Az adatforrások azonban nem mindig ingyenesek, így első lépésként fontos végiggondolnunk, hogy mire is szeretnénk használni az általunk előállított modellt. Ha végiggondoltuk az elérendő célokat, akkor már tudunk követelményeket megfogalmazni a modellel kapcsolatban, példának okáért: mennyire legyen pontos, mennyire tükrözze a valóságot. Hazánkban manapság egyre több, a domborzattal kapcsolatos adat érhető el, teret nyitva így a digitális domborzatmodellek egyéni, felhasználói szempontú előállításának. A különböző adatok azonban nem csupán árban, hanem pontosság és célorientált felhasználhatóság szempontjából is eltérnek egymástól.

5.1 FÖMI DDM

A Földmérési és Távérzékelési Intézet az egyik olyan intézmény, melynek nagy szerepe van az ország területéről történő 3 dimenziós domborzatmodellek előállításában. A FÖMI készítette a DDM-5 nevezetű domborzatmodellt, amely jelenleg a Magyarországon elérhető legpontosabb modell. A DDM-5 az EOTR 1:10000-es méretarányú topográfiai térképekből

levezetett digitális domborzatmodell. Mint ahogy arra az 5-ös jelző is utal, a terepi felbontás 5x5 m-es és a modell magassági értékei valós magassági értékeket (Balti alapszintre vonatkozó, méter egységben, két tizedesjegyre adott magasságot) jelölnek. A domborzatmodell készítése során az egyes területeket fotogrammetriai úton javították és az előállított TIN hálózaton belül lineáris interpolációt végeztek, ennek okán a modell nem alkalmas minden feladat elvégzésére.

5.2 Katonai DDM

Magyarországon a másik nagy szereppel rendelkező szervezet a domborzatmodellek előállításában a HM Térképészeti Nonprofit Kft., azaz a Magyar Katonai Térképészet, amely alapításától (1919-től) kezdődően a topográfiai térképezés gazdája. E domborzatmodell alapváltozata az ún. DDM-10, amely Magyarország minden kerek tizedik méteren elhelyezkedő pontjának magassági adatait tartalmazza. Ez a Gauss-Krüger rendszerű topográfiai térképek magassági ábrázolásából levezetett modell 10x10 m-es felbontással. A modell rendszerét tekintve, a felhasználó igényeinek megfelelően többféle vetületi és szelvényrendszerben is kérhető, így például az előzőhöz hasonlóan EOVS rendszerben is, EOVS szelvényezéssel. A katonai modell legnagyobb hibája, hogy a magassági értékeket egész számokkal (méter élesen) ábrázolja, ennek következtében – ahogy azt a későbbiekben látni fogjuk – a megjelenítés során a szintvonalak és maga a modell is lépcsőzetesek lesznek.

5.3 Egyéb nyilvános domborzatmodellek

5.3.1 Google SRTM

A mai világban nem csupán az egyes országok – jelen esetben Magyarország – hatóságai és cégei által érhetőek el domborzatmodellek – akár az egyszerű felhasználók számára –, hanem már a Google Earth nevű program adatai is importálhatók. A program felszínének modelljét az 1996-ban elindított amerikai program, az SRTM biztosítja. E modell pontossági adatait tekintve geodéziai szempontból pontatlannak mondható, hiszen hazánkban KNY-i irányban körülbelül 90, ÉD-i irányban pedig 60 m-re tehető a magasság középhibája. Legnagyobb előnye az ingyenesség, mivel a modell közvetlenül letölthető a Google Earth programból a számítógépre. Pontossági mérőszámait tekintve azonban felhasználását nem tartottam sem fontosnak, sem pedig célravezetőnek, hiszen esetemben az eltérések nagyok lettek volna.

5.3.2 Az ASTER műhold modellje

Napjainkban nemcsak a Google cég kínál ingyenesen elérhető domborzatmodellt a felhasználók számára. 2011. október végétől már elérhető az amerikai TERRA műholdra telepített japán berendezés (ASTER) domborzati modellje is. E modellhez jelenleg szabad hozzáférést biztosítanak, így a szabadfelhasználás szempontjából ez az eddigi legmegbízhatóbb modell, melynek pontossága hasonló a már említett SRTM-hez. Átlagosan 30 méteres felbontással készült, de lényegesen nagyobb terület került ábrázolásra, mint az SRTM esetében. Első változatát 2009-ben publikálták, azóta viszont pontosításra került további több, mint 200 ezer sztereoképpárral.

6 Digitális domborzatmodellek előállítása különböző szoftverekkel

A mai világ gyorsütemű technikai fejlődésének köszönhetően a 3 dimenziós alkalmazások a mérnöki iparágban is teret hódítottak maguknak, így a fejlődésben maguk után vonva a feldolgozó és megjelenítő szoftverek sokaságát. Köszönhetően e fejlődésnek, többféle alkalmazói programból van lehetősége választani annak, aki egy domborzatmodellezési feladatot tűz ki céljául. A szakdolgozati felmérés és a bemutatott modellek képzésében és megjelenítésében én – éppen a szakmaiság és a nagyobb pontosság elérésének érdekében – két (három) mérnöki-térinformatikai szoftvert választottam mind a modellképzés, mind pedig a vizsgálatok elvégzésének alapjául. E két (három) program a következő:

- ArcGIS 10
- AutoCAD Civil 3D 2010 és AutoCAD Map 3D 2010

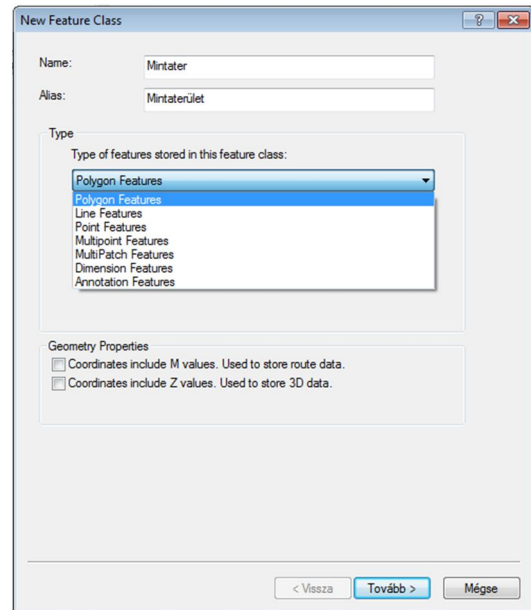
6.1 Modellképzés az ArcGIS 10 szoftverrel

Az ArcGIS nevű szoftvercsalád az ESRI cég fejlesztésében került piacra, mint a vektoralapú térinformatikai programok együttese. Napjainkban, a térinformatikában jártas szakemberek jelentős része használja, hiszen egyszerűen és könnyen építhető fel az adatok strukturális halmaza.

A legfontosabb és a központi funkciót ellátó szoftver a jelenleg forgalomban lévő ArcGIS Desktop programcsaládból a modellezés alapját is képező ArcMap, amely a megjelenítés mellett a különböző lekérdezési, válogatási, modellképzési-, elemzési-, digitalizálási eljárások sokaságát biztosítja. Az ArcMap mellett a további fontos, elsődlegesen

adatbázis építési funkciókat ellátó szoftver az ArcCatalog, a megfelelő 3D-s megjelenítés és animáció eszköze pedig a programcsalád ugyancsak szerves részét képező ArcScene.

A modell-előállítás folyamatának első lépéseként egy személyes geoadatbázist (Personal Geodatabase) állítottam elő – az ArcCatalog-ban –, melyben a későbbiekben csak a szakdolgozat szempontjából fontos rétegek – mintaterületek, domborzatmodellek, épületek – szerepeltek. Az adatbázis képzése során fontos tudnunk, hogy háromféle objektumtípusból választhatunk (pont, vonal, felület), melyek mindegyikét általunk meghatározó tulajdonságokkal, attribútumokkal ruházhatjuk fel. (6.1. ábra)



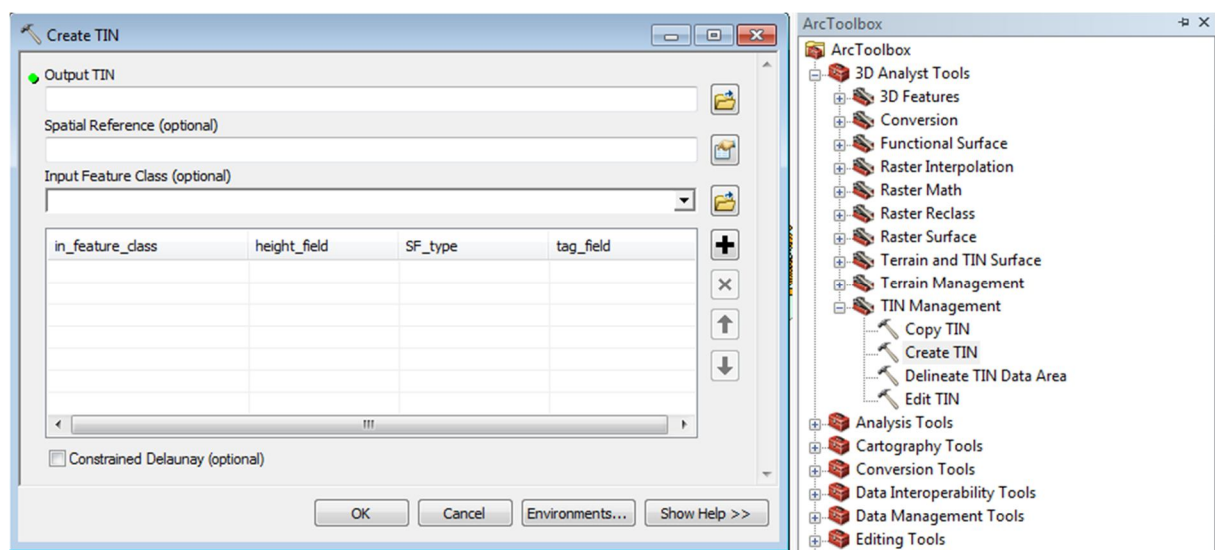
6.1. ábra Réteglétrehozás az ArcCatalog-ban

Az adatbázis elvi alapjainak definiálását követően a további munka már az ArcMap-ben folytatódik. Az előzőleg definiált rétegeket a behívás után szerkesztenem kellett, hiszen ezek még csak a kezdeti állapotot tükrözték, azaz egyetlen elemük sem volt még. A szerkesztés végrehajtásának alapját a Zala Megyei Földhivataltól igényelt belterületi és külterületi térkép képezte, amely minden, számomra fontos adatot (földrészletet, határpontot) tartalmazott. A rétegek feltöltése egy egyszerű editálás segítségével történt, ahol minden egyes fontos elemet megkeresve bevittem őket az adatbázis megfelelő rétegébe, annak érdekében, hogy a modellalkotást el tudjam végezni. A modellezés folyamányaként így definiálnom kellett a GPS segítségével mért terepi részletpontok koordinátáit is. Az egyszerűbb módot választva egy a Microsoft Excel-ben előállított és a koordinátákat tartalmazó táblát olvastam be, így a tábla megfelelő oszlopainak rendezését követően a program automatikusan képezte a részletpontok már meghatározott jelkulccsal ábrázolt képét a rajzterületen.

A modellalkotás csak ezután vehette ténylegesen kezdetét. Fontos tudni, hogy ha ArcMap-ben dolgozunk és egy digitális domborzatmodellt kívánunk előállítani, akkor a program 3D Analyst kiegészítőjét be kell kapcsolni, ugyanis anélkül nem fogunk tudni a magassági adatokkal dolgozni. Az általunk megadott magassági értékeket felhasználva a

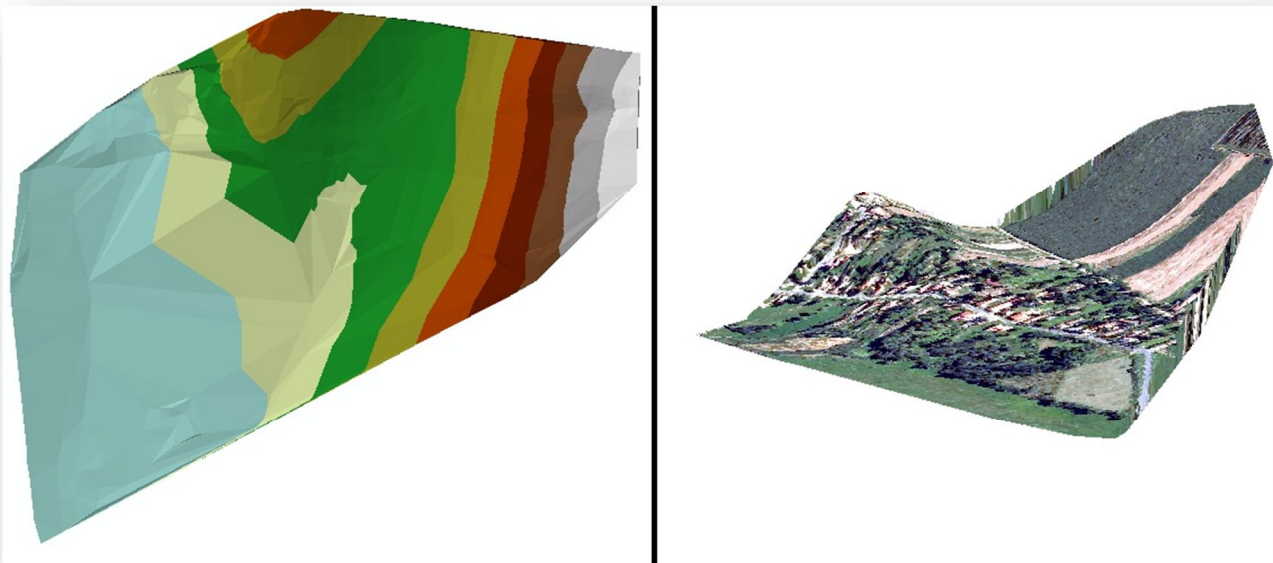
program egy szabálytalan háromszögekből álló hálózatot – a későbbiekben TIN-modellt – képez, mely funkciót az Arc ToolBox fülre kattintva érhetjük el.

TIN-modell képzése esetén a legfontosabb adat, melyet az adattáblák közül ki kell választanunk, a magasság. (6.2. ábra) A magasság adatoszlopának megadása után a program elvégzi a modell előállításához szükséges számítási lépéseket, majd megjeleníti a magassági sávonként színezett háromszöghálót. Sajnálatos módon a program nem képes tökéletes, kellően simított szintvonalak képzésére, így a szintvonalhálózat úgymond „lépcsőzetessé” válik.



6.2. ábra TIN-modell előállítás folyamata

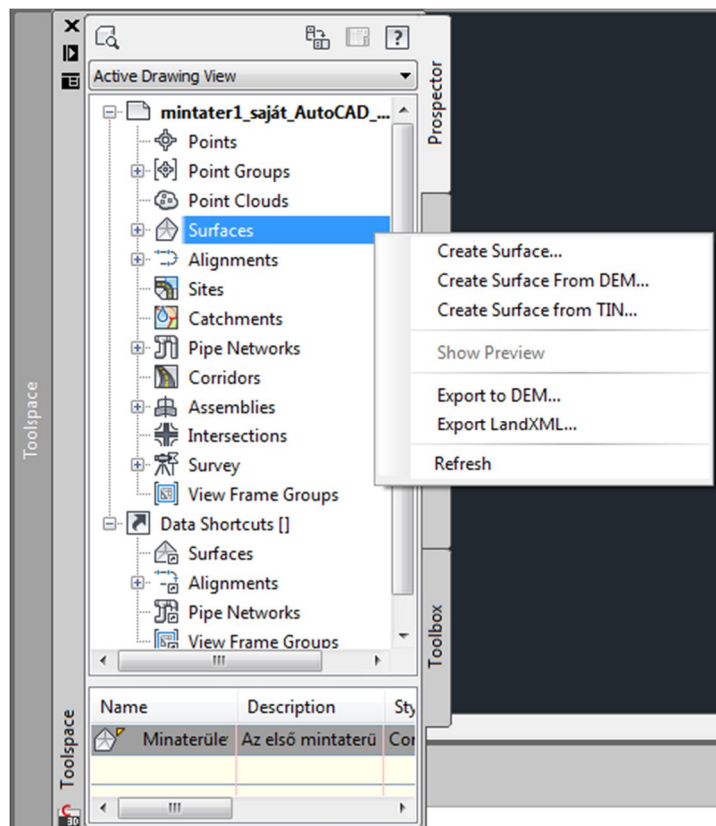
Minden egyes, az előzőekben említésre került, különböző forrásból nyert adatot a programba importálva egymás után végig kellett vennem a modellalkotás lépéseit, ennek okán végeredményül 8 különböző domborzat állt rendelkezésemre (3-3 a mintaterületeken, 2 pedig a település teljes területén). Az előállított domborzatok megjelenítése azonban az ArcMap programrészben már nem volt lehetséges, így ezt a kifejezetten erre a célra kialakított ArcScene segítségével végeztem. Az ArcScene programban megjelenített domborzatot a 6.3.ábra tartalmazza.



6.3. ábra GPS mérésből előállított TIN-modell (bal oldal), és ugyanazon terület 3D-s megjelenítése az ArcScene szoftverrel ötszörös torzításban (jobb oldal)

6.2 Domborzatmodell előállítása az AutoCAD Civil 3D és Map 3D szoftverekkel

Az Autodesk programcsalád részét képező szoftverek az egyszerű tervezési funkcióktól kezdve az úttervezési munkákon keresztül a mérnöki szakma számtalan területén alkalmazhatók. Egy kifejezetten úttervezési és ezáltal domborzatábrázolási feladatok végrehajtására alkalmas mérnöki program az AutoCAD Civil 3D. Hasonlóan az AutoCAD 2010 programhoz, ezt is kifejezetten mérnökök számára fejlesztették, azonban az említett úttervezési funkciókkal felvértezve sokkal szélesebb körű alkalmazási lehetőségeket biztosít. A szakdolgozat

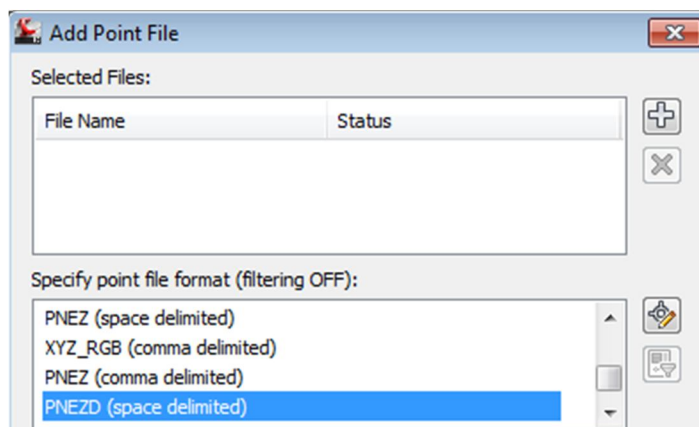


6.4. ábra Felületlétrehozás az AutoCad Civil 3D-ben

céljából talán leglényegesebb eltérése a mérnöki gyakorlatban oly általánosan használt AutoCAD 2010 szoftvertől a felületek, domborzatmodellek képzésében, kialakításában rejlik.

Bár első hallásra bonyolultnak hangozhat egy felület önálló kialakítása, ez az állítás azonban nem feltétlenül igaz. Mint minden létrehozni kívánt objektum esetében, először itt is definiálnom kellett egy felület objektumot, melyet a jobb oldalon a „Toolspace” előugró fül mögött találunk. (6.4. ábra) A felület definiálása során elsődlegesen csak annyi volt a feladatom, hogy egy megfelelő nevet találjak, valamint a felület képzése ablakban a legördülő listák mindegyikéből kiválasszam a felület előre beállítható tulajdonságait. Ilyen előre megválasztható tulajdonságok lehetnek példának okáért a TIN-, vagy GRID-modell képzésének lehetősége, a fő-, és mellékszintvonalak alapszintközének beállítása és persze nem utolsó sorban a felületet megjelenítő réteg kiválasztása. Felület képzésére több lehetőséget is kínál a program, azonban, mivel én mérési adatokból – pontlistákból – kívántam előállítani a különböző domborzatmodelleket, így az erre legalkalmasabb választásnak az említett módszer bizonyult.

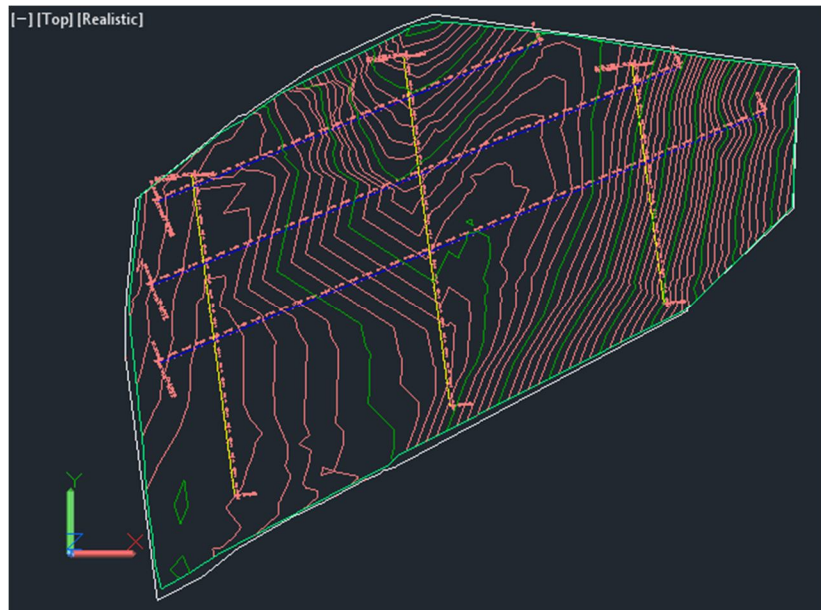
A még, egyelőre üres felület kiképzését követően szintén a „Toolspace” fülre kattintva a következő feladatom a definiált objektum megkeresés volt. Minden objektumot különböző tulajdonságok jellemeznek és a tulajdonságok között találjuk a felület elemeit képző pontokat, határokat és egyéb jellemző attribútumokat is, így itt volt



6.5. ábra Pontfájl beolvasása

lehetőségem a GPS-es tereppontok és a nyilvántartott egyéb más domborzatmodellek pontlistájának beolvasására. (6.5. ábra) A pontlista beolvasása során ugyancsak különböző választási lehetőségek elé állít minket a program, hiszen felkínál bizonyos számú lehetséges pontlista formátumot - az oszlopok esetleges egymásutániségát bekalkulálva. Magyar viszonylatban mivel a legelterjedtebben alkalmazott pontlista formátum a PNEZD, azaz a pontszám, északi-, és keleti koordináta, a magasság és a pontkód, vagy leírás, ennek megfelelően a már előre elkészített pontjegyzékem így került beolvasásra. Mihelyst a pontlista a programban meghatározott felület tulajdonságai közé kerül, automatikusan generálódik az elsődlegesen beállított tulajdonságoknak megfelelően a kért felület.

A létrehozást követően több lehetőség nyílik a kialakított modell szerkesztésére és a további munkára. Mivel sokkal inkább csak a felületképzés és a további, a felülettel való munkára van beállítva az AutoCAD Civil 3D, így a megjelenítés eszközeül inkább a Map 3D nevű, szintén az Autodesk cég gyártásában álló szoftvert



6.6. ábra Elkészült felületmodell nyomvonalakkal az AutoCAD Civil 3D-ben

választottam. A két szoftver közötti átjárhatóság teljes egészében biztosított, így nem okozott fennakadást az egyik programról a másikra való áttérés, hiszen az alkalmazott formátumokon keresztül, a menüsorok hasonló összetételén át minden tulajdonságuk szinte teljesen megegyezik. A különbség csupán annyi, hogy a Map 3D megjelenítési képességei a felületek szempontjából életszerűbbek. A leglátványosabb modell előállításának érdekében a Civil 3D kiviteli formátumául a GeoTiff-et választottam, mely egy pixelenként kódolt képfájl. A GeoTiff kiterjesztésű képfájl a Map 3D szoftverbe betöltve, a magassági adatok hasonlóképpen formázhatók, mint ahogy azt az ArcGIS TIN-modelljének képzése során bemutattam. Ennek eredményeképpen a modell színskálája, az egyes színskálák tartományai mind megválaszthatók. Az elkészült domborzatmodellekről példákat a 6.6. ábra mutatnak.

6.3 A programok minősítése gazdasági és megjelenítési szempontból

Az alkalmazott szoftverek (ArcGIS, AutoCAD Civil 3D és Map 3D) esetenként nem ugyanazt a felületet, nem ugyanazokat a felületet meghatározó szintvonalakat képezik, még annak ellenére sem, hogy a bemenő adatok teljesen egyformák. Az eltérések azonban általában csekélynek mondhatók, sőt olykor fel sem ismerhetők. A domborzatábrázolás szempontjából mindkét program rendelkezik kisebb-nagyobb hátrányokkal, melyek attól függően határozzák meg a választást, hogy mire szeretnénk használni az elkészített modellt.

Ha a megjelenítési szempontokat helyezzük előtérbe, akkor első pillanatra automatikusan mondhatnánk, hogy az ArcGIS sokkal szembetűnőbb, tetszetősebb ábrázolásokat képes produkálni. Különböző magassági torzítások elvégzésére, a rétegek magassági egymáshoz illesztésére, animációk, videók készítésére egyaránt alkalmas az ESRI szoftvere. Véleményem szerint azonban, ha rendelkezünk az AutoCAD Civil 3D és Map 3D programokkal, akkor hasonló, talán jobb megjelenítésben tudjuk ábrázolni a domborzatot, mint az ArcGIS-ben. Sajnos a két termék (Civil 3D és Map 3D) két különálló programot képez, így ha a már említett módon Civil 3D-ben megszerkesztünk egy felületet és azt az ArcGIS megjelenítésénél jobban szeretnénk ábrázolni, akkor a Map 3D programot is meg kell vásárolnunk.

A fentebb felsorolt okok miatt nem csak a megjelenítési, hanem a gazdaságossági szempontokat is számba kell venni. Mind az ESRI, mind pedig az Autodesk szoftverek nagyon keresettek a piacon, így az egyes termékek ára több százezer forintot is kitesz. Ha egy konkrét cégen belül dolgozunk, akkor úgyis a feladat pontossági igényei, a programok kezelhetősége, és az adatok szerkeszthetősége dönti el, hogy melyik kerül alkalmazásra, így itt a gazdasági szempontokat csupán a vállalat pénzügyi helyzete határozza meg.

Ha egyéni felhasználóként törekedünk egy domborzatmodell készítésére, akkor a szakdolgozat során alkalmazott programok esetenként túl drágák, néha akár bonyolultak is lehetnek. A mai világban azonban már léteznek ingyenesen letölthető, a domborzat előállítására is alkalmas programok, mind például a Google Sketch'Up, melyről a későbbiekben lesz szó.

7 Domborzatmodellek pontossági vizsgálata

Szakdolgozatom ezen részében az előző fejezetben ismertetett és a saját méréseimből előállított domborzatmodellek pontosságát vizsgálom. E pontossági vizsgálat alapját jelen esetben az új felmérés, vagyis a saját méréseimből előállított modell képezi, melyet – a mérések középhibáit figyelembe véve – a domborzatot legjobban reprezentálónak, viszonyítási alapnak, hibátlan értéknek tekinthetünk. Saját mérés pontosságára ellenőrzésül a pontok mérési eredményeinek, azaz koordinátáinak középhibái szolgálnak. Bár ezek ún. belső középhibák és a ténylegesnél kedvezőbbek, a gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy az alkalmazott GPS-technológia vízszintes és magassági értelemben 5 cm-nél jobb

pontosságot biztosít, ami lényegesen jobb, mint a FÖMI illetve a katonai DDM becsült pontossága. Az általam mért terepi pontok száma elegendő a megfelelő modellképzéshez.

A vizsgálat tárgyát kétféle elemzés képezte, ugyanis a szakdolgozati mérések nem terjedtek ki Nagykutas egész területére, hanem csak két mintaterületre. Az elemzés így a következő csoportokra osztható:

- A FÖMI DDM-5, a Katonai Térképészet DDM-10 modelljének a GPS-es domborzatfelméréstől való eltérésére;
- A FÖMI DDM-5 és a Katonai Térképészet DDM-10 domborzatmodelljeinek egymáshoz viszonyított eltérésére különböző nyomvonalak mentén.

7.1 A GPS-es terepfelmérés és a bemutatott modellek közötti eltérésvizsgálat

A mai világban számos egymástól akár teljesen különálló, a domborzathoz jobban, vagy kevésbé igazodó modellt alkalmaznak, attól függően, hogy az milyen feladatok végrehajtását, s ebből mely adatok előállítását szolgálja. A modellek különbözősége miatt, így többfajta vizsgálatról beszélhetünk. Az eltérések vizsgálata nem feltétlenül kell, hogy a modell pontosságára, vagy éppen pontatlanságára utaljon, hiszen lehet, hogy csak annyi a vizsgálat tárgya, hogy az egyik és másik milyen adatokat tartalmaz.

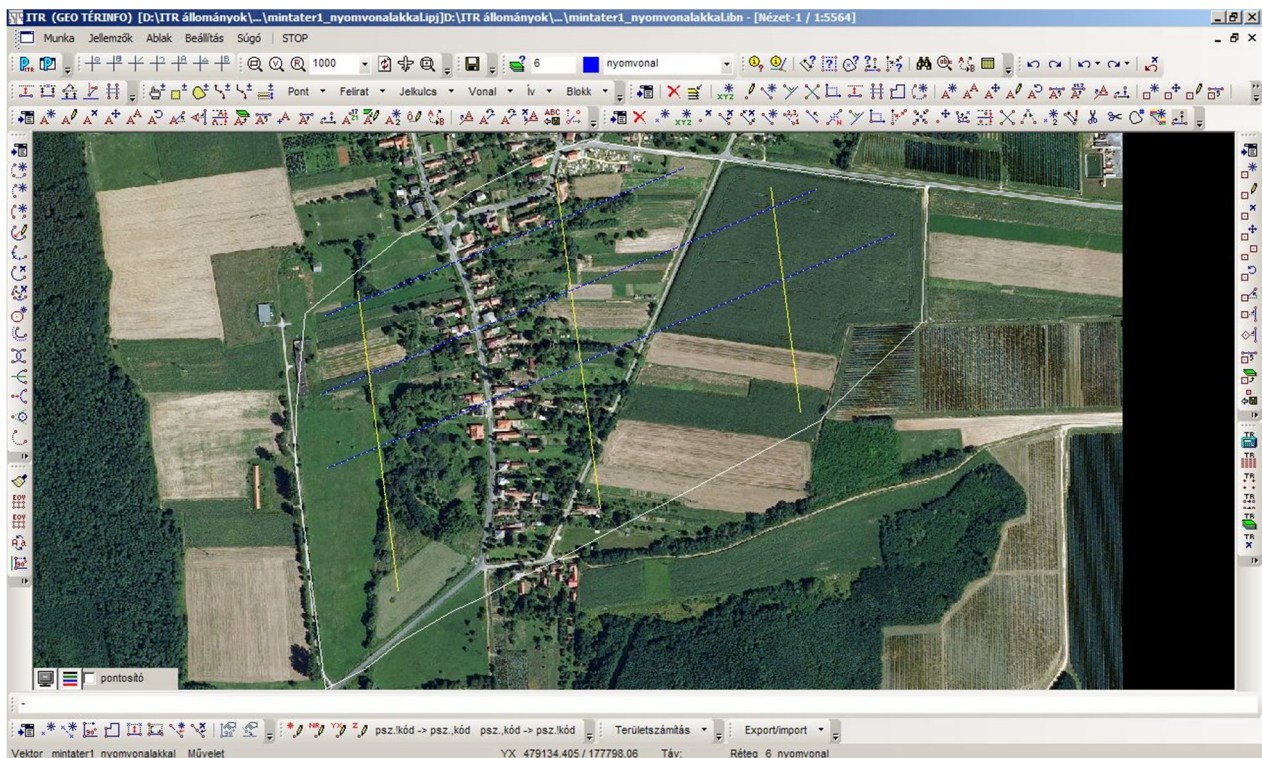
A másik irányból tekintve az eltérésvizsgálatok fajtáira, az én szempontom talán az egyik legegyszerűbbnek mondható, mert arra kerestem a választ, hogy melyik az, amelyik a domborzati formákhoz a legjobban igazodva ábrázolja Nagykutast. Már akár előre is eldönthettem volna, hogy a két, a hatóságoktól igényelt modell (FÖMI DDM és katonai DDM) közül melyik lehet a pontosabb, mivel azonban az elsődleges feltevések nem mindig bizonyulnak helytállónak, így a tényszerű vizsgálatot is szükségszerűnek tartottam. Mint ahogy az eltérésvizsgálatok, ugyanúgy a különbségképzéshez használt szoftverek és igénybe vehető megoldásaik is mások és mások lehetnek.

7.1.1 Az eltérésvizsgálat alapjai

Az AutoCAD Civil 3D program e feladat végrehajtásában is segítséget tudott nyújtani. Az eltérésvizsgálat előre definiált hossz-szelvények mentén történt. A hossz-szelvények képzése során az első mintaterület esetében figyelembe kellett vennem, hogy a terület nem

minden pontjáról sikerült – a GPS mérés hatásait befolyásoló kitakarások miatt egyenlő sűrűségű ponthalmazt előállítanom. A legeredményesebb megoldás, így a hossz-szelvények olyan helyen történő felvételének bizonyult, ahol a lehető legtöbb mérési pont helyezkedett el. A hossz-szelvények kialakítását a kifejezetten földmérési feladatok végrehajtására szolgáló ITR programban végeztem, mert itt egyszerűen és gyorsan – a mérési pontok elhelyezkedése alapján – fel tudtam venni a tetszőlegesen elhelyezkedő – a mintaterületeket legjobban közrefogó – vizsgálati alapokat. A terület nagyságát és a pontok szórását szem előtt tartva az első mintaterületen 3-3 hossz-, és keresztirányú nyomvonal felvétele történt meg. A második terület esetén a pontok elhelyezkedése a nyomvonalak felvételében nem okozott különösebb problémákat, hiszen itt arányaiban sokkal több tereppontot mértem.

A vizsgálat lefolytatásához azonban nem csupán a hossz-szelvények kezdő-, és végpontjai, hanem a közbenső szakaszokon elhelyezkedő pontok is az érdeklődés tárgyát képezték. A nyomvonalak pontjainak felvétele – a domborzat esetleges gyors változásait is követve – 10-10 m-enként történt meg. Az ITR-ben szerkesztett és a későbbiekben felhasznált állományt program független adatformátumba (dxf) kellett lementenem, így lehetőséget adva a további szerkesztések lefolytatásához. (7.1. ábra)

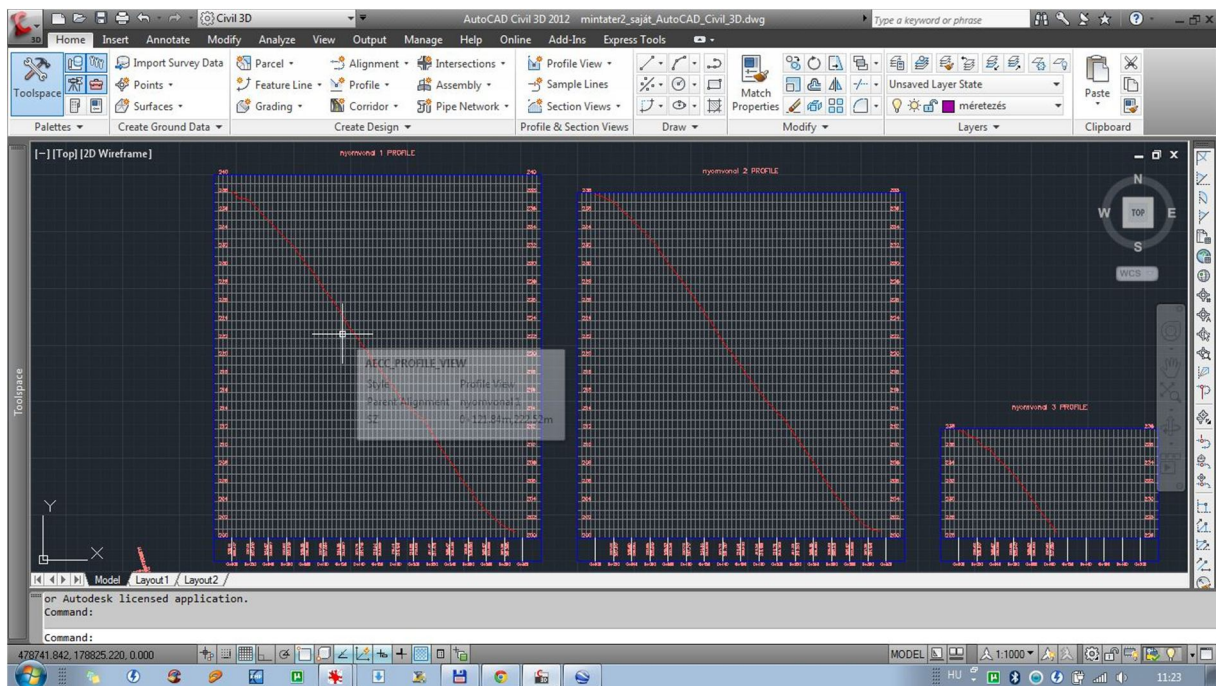


7.1. ábra Az első mintaterület definiált nyomvonalai ITR-ben, a háttérben Nagykutas 2008-as ortofotójával

7.1.2 Eltérések megállapítása az AutoCAD Civil 3D szoftver használatával

Az AutoCAD Civil 3D-ben a felületek kialakítását követően az eltérések megállapításához az úttervezési funkciókat vettem igénybe. E funkciók sokrétű felhasználása lehetséges egy teljes útszakasz megtervezéséhez, számomra azonban csupán néhány elsajátítására volt szükség.

Egy átlagos hossz-szelvényábrázoláshoz mindösszesen négy lépésben vezet az út, ha a felületképzést már nem számítjuk. Az egységes vizsgálati adatok megállapításához, a legelső lépésként ugyanazon, az ITR-ben képzett a mintaterületek határvonalát és a hossz-szelvények tengelyét tartalmazó állományt importáltam be minden felülethez. Az importálás után így nemcsak a kialakított modellek, hanem a jövőbeni nyomvonalak is megjelentek a rajzi munkarészen. Egy hossz-szelvény ábrájának képzéséhez ezt követően a legelső és legfontosabb adat, amit meg kell adnunk, hogy miből állítsa majd elő e rajzot. A megadás a nyomvonal legördülő listájának segítségével történhet, akár már egy előre definiált rajzi objektumból, akár a felületen taláломra elhelyezett vonalból. A felsorolt választási lehetőség közül a legalkalmasabb megoldásnak a nyomvonal képzése rajzi objektumból eshetőséget tartottam. Modellenként egyesével képeztem a nyomvonalak helyzeteit, melyeket a szoftver a megmutatást követően szelvényezett. A nyomvonalak képzése során az első mintaterületen kereszt-, és hosszirányú nyomvonalakat is felvettem, így a hosszirányú nyomvonalak a mellékletekben „sima” jelzővel jelennek meg.



7.2. ábra Hossz-szelvények az AutoCAD Civil 3D-ben

A következő lépcsőfok a nyomvonalakból történő profilképzést volt, ami igazából csak annyit jelent, hogy az összes nyomvonalat külön-külön a már meglévő felületünkhöz kell rendelni, hogy a program az utolsó lépés során meg tudja állapítani a lejtés, távolság, magasságkülönbség adatokat. Miután hozzárendeltem minden egyes nyomvonalat a megfelelő felülethez, egyetlen mozzanat maradt hátra, a hossz-szelvények képének az elhelyezése. Itt egyszerűen csak annyi volt a feladat, hogy megadtam a hossz-szelvény nevét, leírását – melyik nyomvonalra vonatkozik – és kiválasztottam a rajzterületen egy szabad részt. (7.2. ábra)

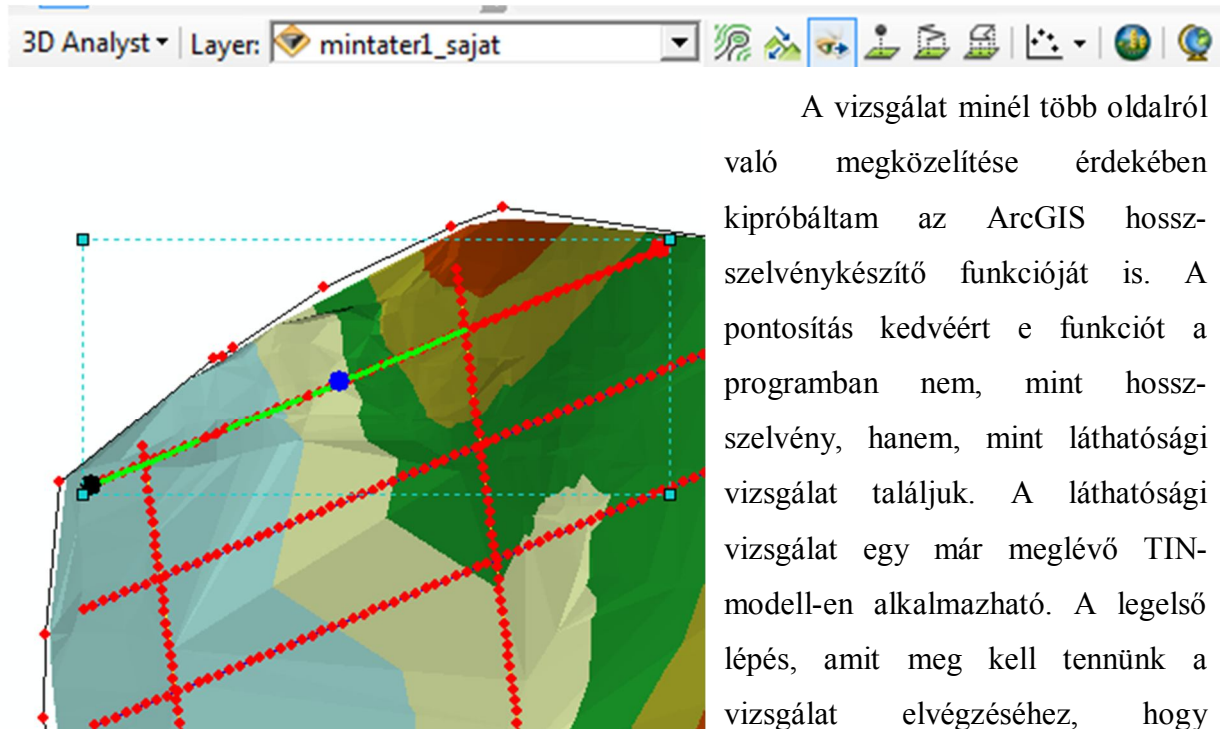
Az összehasonlító vizsgálat a szelvényképzésekkel azonban nem zárult le, hiszen még csak a domborzatmetszetek képei álltak rendelkezésemre. A számszerű összevetés érdekében a mintaterületekről készült szelvényképeken leolvastam a nyomvonal pontjainak magassági értékeit, amiket egy Microsoft Excel táblába foglaltam. Az Excel a földmérői tanulmányaim során rendkívül hasznos programnak bizonyult, hiszen nem csak a különböző függvények és matematikai műveletek, hanem azok ábrázolására is alkalmas. A táblázatszerkesztő segítségével nyílt lehetőségem méréseim és a rendelkezésre álló adatok összehasonlítására. A nyomvonalpontok száma, vízszintes koordináták és persze a leolvasott háromféle magasság képezték az egyes oszlopok tartalmát. Az eltérések vizsgálata innentől kezdve már nem okozott különösebb nehézséget, hiszen csak az eltérő magassági értékeket kellett kivonnom egymásból. Az egységes ábrázolás miatt nyomvonalanként grafikonokat képeztem, melyek a domborzat hossz-szelvényenként egységes ábráját, és a magasságok eltérését ábrázolják. Az magassági eltérések értékeit magába foglaló Excel-táblát a 7.3. ábra mutatja.

MINTATERÜLET 1										
Mintavételi pont száma	Vízszintes koordináták		Balti magasság			Hossz-szelvény (cm)	Távolság	Magassági eltérés (cm)		
	Y	X	Katonai DDM	FÖMI DDM	Saját GPS mérés			FÖMI - Katonai térképészeti	Saját - Katonai	Saját - FÖMI
nyv s1 001	478 873,40	177 767,25	193,00	192,11	192,30	0+000	0	-89	-70	19
nyv s1 002	478 882,64	177 771,07	193,00	191,94	192,04	0+010		-106	-96	10
nyv s1 003	478 891,88	177 774,90	192,81	191,78	191,78	0+020		-103	-103	0
nyv s1 004	478 901,12	177 778,72	192,87	191,61	191,52	0+030		-126	-135	-9
nyv s1 005	478 910,36	177 782,55	192,25	191,45	191,26	0+040		-80	-99	-19
nyv s1 006	478 919,60	177 786,37	192,65	191,28	190,97	0+050	50	-137	-168	-31
nyv s1 007	478 928,84	177 790,20	192,12	191,25	190,67	0+060		-87	-145	-58

7.3. ábra Eltérések kimutatása az Excel-ben

7.1.3 Hossz-szelvények képzése az ArcGIS 10 szoftverben

Az ESRI programcsalád ArcGIS programban szintén lehetőségünk van egy felület (TIN-modell) bizonyos vonalaiból hossz-szelvényt képezni. Térinformatikai program lévén azonban nem tűnik a legalkalmasabb megoldásnak, hiszen az AutoCAD Civil 3D-vel ellentétben nem kifejezetten úttervezési feladatokat lát el.



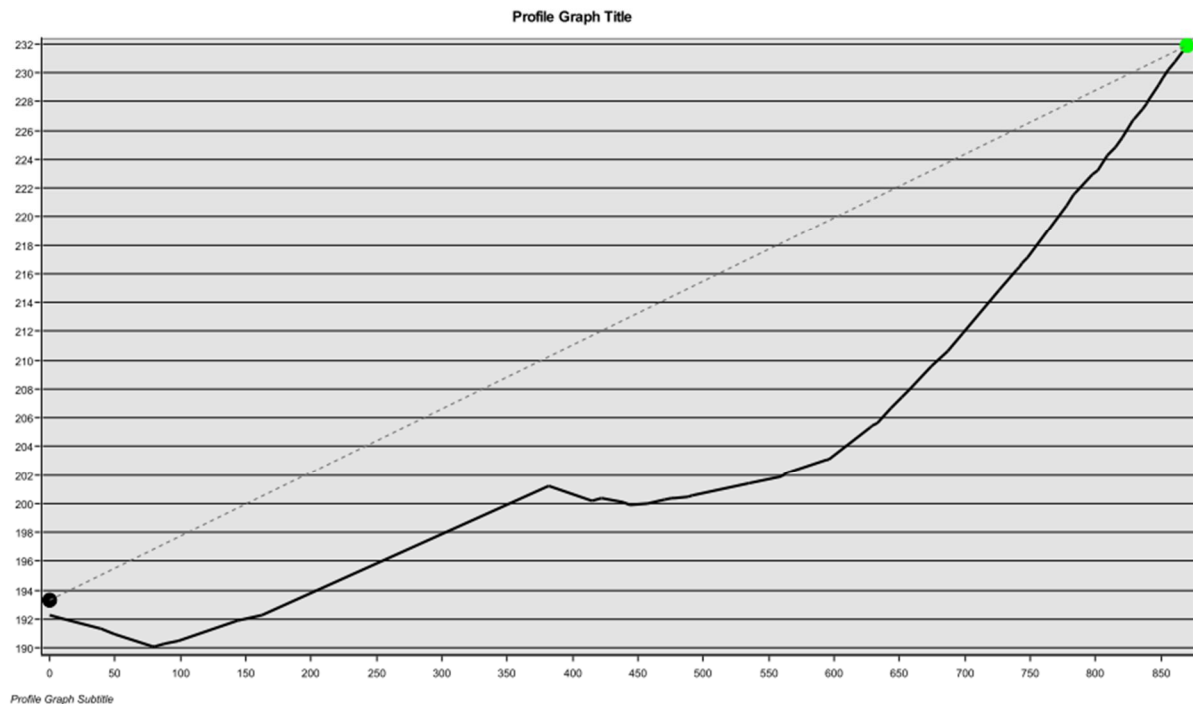
7.4. ábra Láthatósági ábra készítése az ArcGIS-ben

A vizsgálat minél több oldalról való megközelítése érdekében kipróbáltam az ArcGIS hossz-szelvénykészítő funkcióját is. A pontosítás kedvéért e funkciót a programban nem, mint hossz-szelvény, hanem, mint láthatósági vizsgálat találjuk. A láthatósági vizsgálat egy már meglévő TIN-modell-en alkalmazható. A legelső lépés, amit meg kell tennünk a vizsgálat elvégzéséhez, hogy megadjuk a programnak, mely két pontot összekötő vonal mentén

vagyunk kíváncsiak az összeláthatóságra. A vonalkijelölést a 3D Analyst menüsor segítségével tudjuk megtenni, ahol a „Create Line of Sight” gomb megnyomását követően válik a parancs aktívvá. (7.4 ábra)

Mivel nem lehetséges ebben az esetben a pontos illesztés, így éppen ezért nem minősíthető a program a legalkalmasabbnak a hossz-szelvénykészítési feladatok lefolytatásához. A pontosabb illesztést a rajzterületen történő lehető legnagyobb nagyítás mellett végeztem el, amely lényegében az AutoCAD-nél említett nyomvonalak felvételét szolgálta.

A láthatósági-ábra különböző tervezési feladatok végzése során nagyon hasznos, azonban nem nyújtja az AutoCAD Civil 3D hossz-szelvénykészítésénél látott pontosságot és egyértelműséget. A program nagyon előnyei közé sorolhatjuk, hogy a megjelenített láthatósági-ábrát többféle formátumba írhatjuk ki. A formátumok sokszínűsége miatt így nem csupán képfájlokat, de akár pdf-et, vagy excel fájlokat is kivihetünk a programból. (7.5. ábra)



7.5. ábra Az első mintaterület első nyomvonalának láthatósági ábrája pdf formátumban

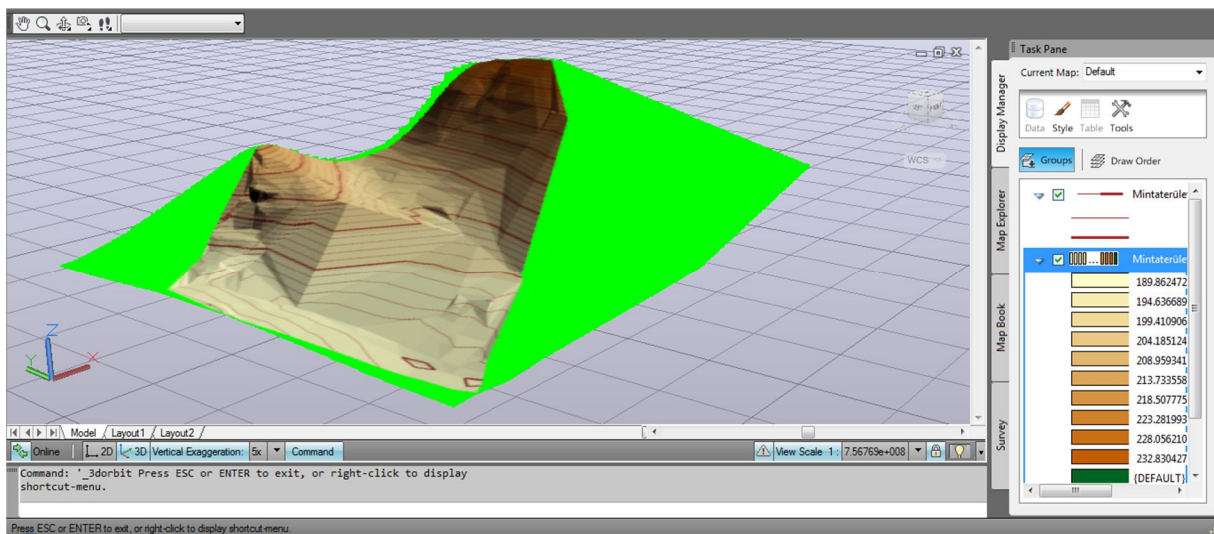
A lehetőségek közül a pdf és az excel-tábla kivitele mellett döntöttem. Ahhoz, hogy megbizonyosodjak az AutoCAD és az ArcGIS programok felületképzésének eltéréséről, szintén, egy a magasságokat tartalmazó táblát állítottam elő, mely az első mintaterület saját GPS mérésből származó felületmodelljének adatait tartalmazta. A különbségek meghatározásához az AutoCAD és az ArcGIS felületképzés során előállított magasságait használtam fel. A vizsgálatot azonban csak az első mintaterület első nyomvonalán végeztem el, mert bebizonyosodott, hogy az AutoCAD-ben lement magasságok egyeznek az ArcGIS-ből excel-táblázatba exportált magasságokkal, így e feladat folytatása a továbbiakat tekintve érdektelenné vált.

7.2 A FÖMI DDM és a katonai DDM eltérése Nagykutason

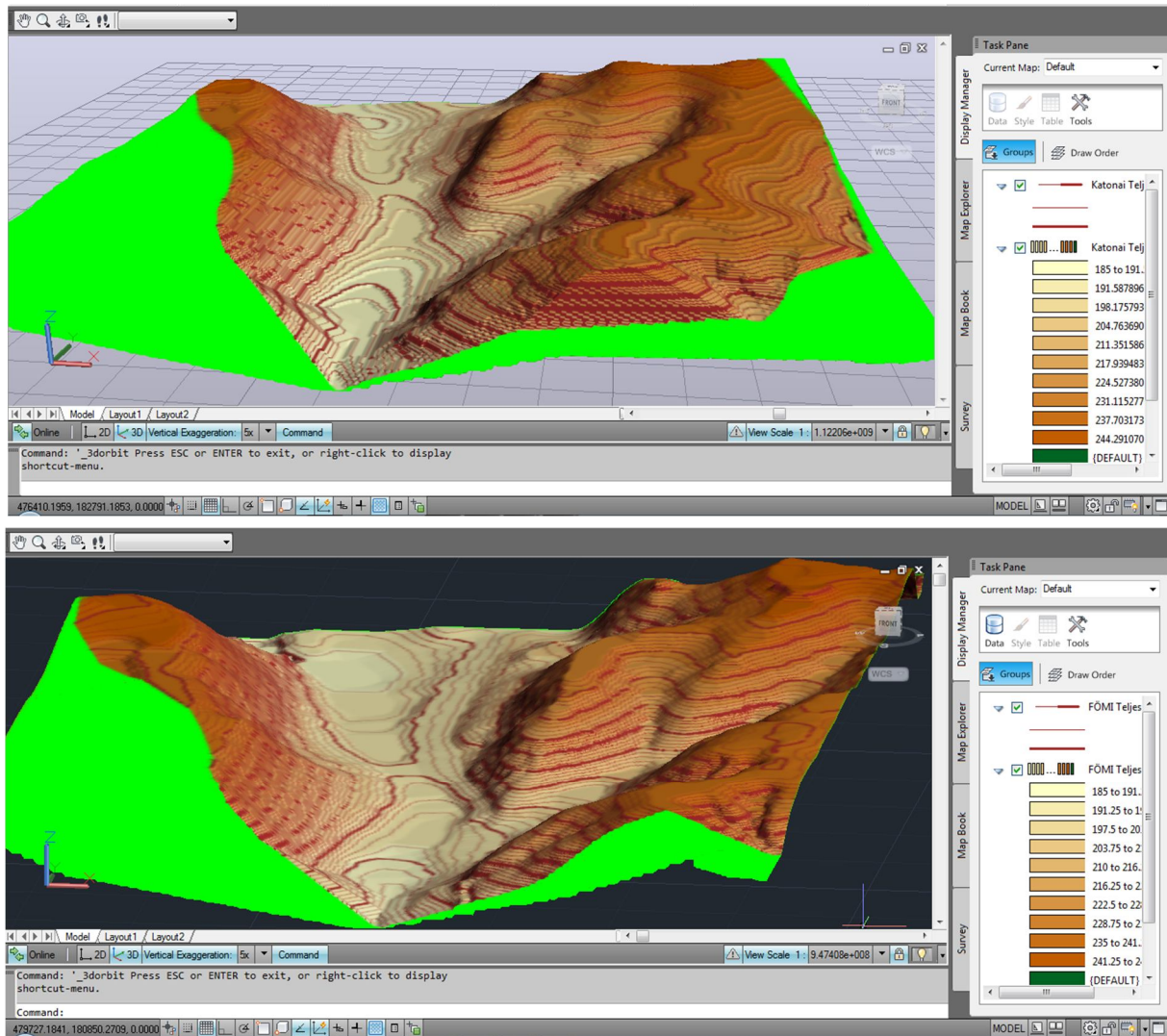
Domborzatmodellezés során minden esetben fontos megbizonyosodnunk az rendelkezésünkre álló adatok pontosságáról, helyességéről, így a szakdolgozati vizsgálat másik tárgyát egy a falu „teljes” területére kiterjedő magasság eltérési vizsgálat képezte.

Hasonlóan az előzőekben végrehajtott elemzéshez, a második vizsgálat során is előre meghatározott nyomvonalak képezték az alapokat. A végrehajtás menete a fentebb felvázolt lépések szerint történt, azzal az egy különbséggel, hogy a nyomvonalak hosszának függvényében itt nem 10, hanem 20 méteres intervallumonként kerültek az excel-táblába a vizsgálati értékek. A lépések a következők voltak:

- Nyomvonalak tetszés szerint történő felvétele az ITR programban;
- A nyomvonalak felosztás 20 méterenként;
- Felületek képzése az ArcGIS és az AutoCAD szoftverekben;
- A definiált nyomvonalak felvétele AutoCAD-ben;
- Nyomvonalak hozzárendelése a felületekhez;
- A hossz-szelvények profiljainak előállítása;
- 3D megjelenítés Map 3D segítségével (7.6-7. ábra);
- Excel-táblázat készítése az elemzések lefolytatásához;
- Az eltérések diagramokon történő megjelenítése;
- Értékelés.

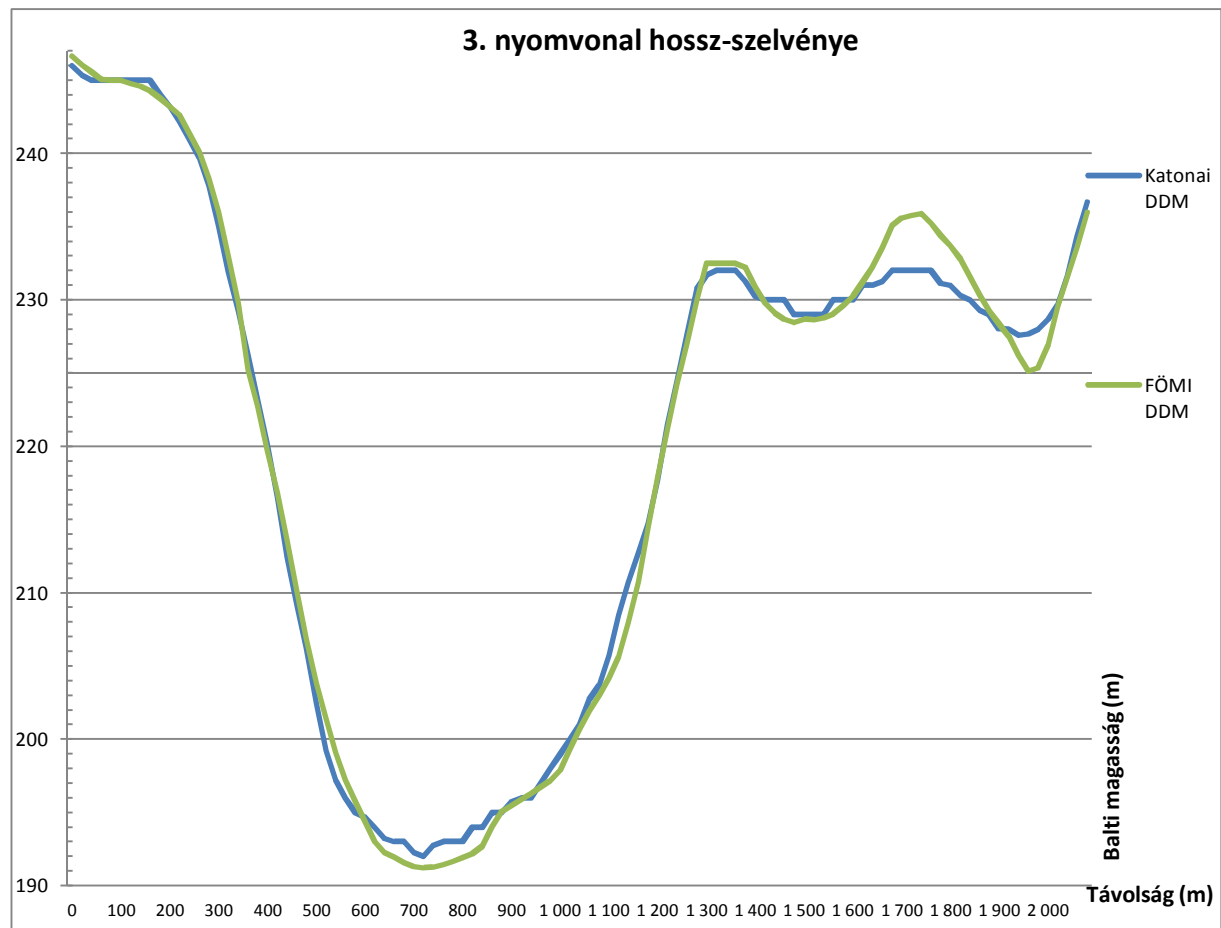


7.6. ábra Az első mintaterület saját felmérésből előállított modellje ötszörös torzítással Map 3D-ben



7.7. ábra Nagykutas FÖMI DDM (alul) és katonai DDM (felül) modelljének képe a Map 3D programban ötszörös torzítással

Az eltérések értékelését tekintve elmondható, hogy a két modell közötti abszolút eltérés átlaga 70 és 100 cm közé tehető, ez azonban nem azt jelenti, hogy ne lenne ennél kisebb, vagy nagyobb érték. A vizsgálati nyomvonalak mentén a legkisebb eltérés 0 cm-ben nyilvánult meg, míg a legnagyobb helyenként majdnem 4 m is volt. A célszerűség és az összevetés kedvéért így a két modell jelen esetben is különböző diagramok felhasználásával került összevetésre, melyet a 7.8. ábra tartalmaz.



7.8. ábra A 3. nyomvonal hossz-szelvényeinek összevetését tartalmazó vonaldiagram

8 Épületfelmérés és koordinátaszámítás

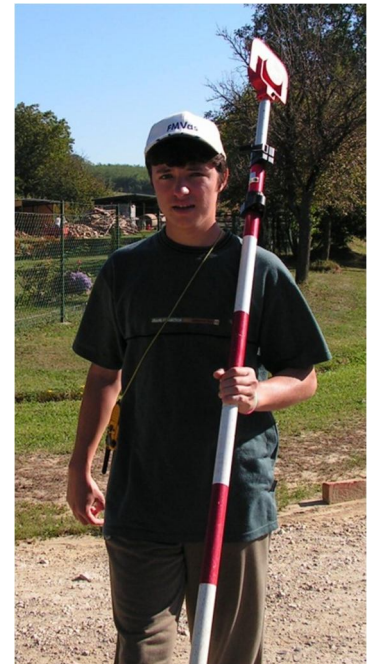
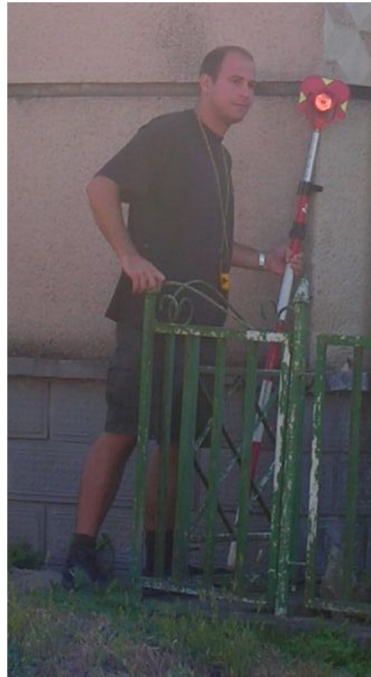
8.1 Épületfelmérés

A domborzat mellett a szakdolgozat tárgyát képezi a mintaterületeken helyet foglaló kiemelt épületek modellezése is, ennek okán az épületek modelljének képzéséhez felmérési feladatokat kellett végezni. A felméréshez rendelkezésemre állt egy régebbi típusú Wild TC 1010-es mérőállomás, valamint a már említett Trimble R3 GPS vevőpár.

Mint minden geodéziai feladat esetében itt is az alappontsűrítés képezte az első fázist. A Földmérési és Távérzékelési Intézet engedélyével a felmérés lefolytatásához megkaptam a Zala Megyei Földhivaltól Nagykutas bel-, és külterületi vektoros térképét, mely minden fontos adatot tartalmazott. Sajnálatos módon, a térképen meglévő alappontok a valóságban csak egy-két kivétellel léteztek, így az alappontsűrítést saját magam végeztem. Az épületek felmérése csak az első mintaterület köré koncentrált, ugyanis a második mintaterület felvétele a hegyen történt. A körbejárást követően a ponthelyek kiválasztása után a

meghatározást a Trimble R3 GPS vevőpár segítségével végeztem statikus üzemmódban. A korábbi tapasztalatok alapján egy-egy alappont meghatározása körül-belül 20 percet vett igénybe. A faluban a domborzati viszonyok miatt nem látni távoli tájékozó irányokat és a templomtorony régi koordinátái sem helyesek az évekkel ezelőtti átépítés következtében. Az említett okok figyelembevételével az alappontok mindegyike meghatározásra került GPS-szel.

A helyzeti adatok ismeretében már lehetőség nyílt a pontos felmérés végrehajtására, mely így minden álláspont esetén ismert koordinátákról történt. A felmérés részint csak az épületek utcafronti részleteire korlátozódott, azonban a minél pontosabb modell-előállítás érdekében egyszerű iránymérésekkel további adatok is rögzítésre kerültek (ablakok, tetők, kémények, épületek falsíkjának magasságai).



8.1. ábra Részletmérés

8.2 A felmért adatok számolása

8.2.1 Alappontok koordinátáinak meghatározása

Az alappontok koordinátáinak meghatározását minden egyes alappont esetében a Trimble R3 egyfrekvenciás GPS segítségével végeztem, így a koordináták számolása, vagyis a GPS mérési adatainak kiértékelése is a már említett Trimble Business Center nevű programmal történt. A készülékekből USB porton keresztül egyszerűen beimportáltam a mérési adatokat a programba. Ezt követően megadtam a bázispont pontos koordinátáit, majd a vektorok számítása funkcióval a Business Center kiértékelte a felmért alappontok helyzetét. Az alappontok nem egyetlen mérési periódusban kerültek meghatározásra, így a kiértékelés is külön-külön történt.

8.2.2 Részletpontok koordinátáinak meghatározása

A felmért adatok feldolgozását a GeoCalc nevű programban végeztem, mely a felmérés egyszerűsége miatt nem ütközött különösebb nehézségekbe. A Wild műszerek WLD kimeneti formátumát először a GeoProfi programban az ott használatos MJK formátumba kellett alakítanom, melyet már a GeoCalc is képes fogadni. A beolvasást követően ahhoz, hogy a programmal számolni tudjak, képeztem a vízszintes távolságokat és a magasságkülönbségeket. Ezen adatok ismeretében a számolás további része a tájékozásra és az egyes álláspontokon megmért még ismeretlen részletpontok poláris módszerrel történő képzésére korlátozódott. A részletmérés során mért adatok felhasználása csak a későbbiekben bemutatott épületekre történt meg.

Az alappontsűrítés során a pontok elhelyezése sokszögvonalszerűen történt, így a GPS mérések ellenőrzésére nemcsak a Trimble Business Center jelentései nyújtottak eredményt, hanem egy sokszögvonal számolási módszer is. A sokszögvonal számolása azonban csak az alappontok ellenőrzése miatt volt érdekes, s a továbbiakban nem került felhasználásra.

8.3 Meghatározási vázlat készítése

A meghatározási vázlat készítése fontos részt jelent minden földmérési munka során, hiszen ennek segítségével tudjuk eldönteni, hogy a mérések melyik pontról melyikre, valamint, hogy milyen módon történtek. A meghatározási vázlat készítése is két részből tevődött össze, melyek a következők:

- GPS-szel történő mérés meghatározási vázlata;
- Mérőállomásos mérés meghatározási vázlata.

A GPS-szel történt mérés meghatározási vázlata nem jelentett nagy bonyolultságot, hiszen ebben az esetben az egyes mért alappontok és a bázispont közötti vektorok kerültek ábrázolásra. A vektorok képzését a Trimble Business Center a kiolvasott adatok alapján automatikusan elvégezte, így a vázlat képzése a továbbiakban csak a feliratok elhelyezését foglalta magába.

A mérőállomással történő mérés meghatározási vázlatát azonban a már korábban említett ITR programmal készítettem. Az ITR-ben a mérési és számolási jegyzőkönyvek alapján hoztam létre a vázlatot, ahol a különböző jelkulcsok segítségével vált egyértelművé a mérési folyamat mikéntje.

9 Nagykutas épületmodellezése

Az elvégzett felmérések utolsó fázisaként szülőfalumról nemcsak egy-egy domborzatrészlet, hanem bizonyos kiemelt épületek is ábrázolásra kerültek. Véleményem szerint manapság nagyon fontos, hogy lakóhelyünket ismertté tegyük a világ számára, hiszen ez az egyik út a technikai fejlődés során. E megismertetéshez nagy segítségünkre lehet a Google cég Google Sketch'Up programja.

9.1 A Google Sketch'Up

A Google Sketch'Up, immáron a Google cég forgalmazásában álló internetről ingyenesen letölthető, nyílt forráskódú program. A programban eredetileg a Google Earth, jelenleg legnépszerűbb háromdimenziós épületeit lehetett elkészíteni, azonban manapság egyre több funkcióval gazdagodik. Köszönhetően a nyílt forráskódjának a piacon különböző egyéni felhasználók, vagy cégek által kifejlesztett kiegészítő plug-in tölthető le hozzá. A kiegészítők sokrétősége végtelen, azonban nem mindegyik érhető el a programhoz hasonlóan ingyenesen.

A szerkeszthetőség sokszor határt szab a programok alkalmazásában, azonban ez a



9.1. ábra Google eszköztár a Sketch'Up-ban

Sketch'Up használata esetén nem jelent problémát, hiszen a felületek és funkciók úgy kerültek kialakításra, hogy az egyszerű felhasználók számára is érthetőek és használhatóak

legyenek egyaránt. Előnyeihez hozzátartozik, hogy bár nem minden, de a legtöbb a programban eredetileg is helyet kapó alkalmazói modul ingyenes.

Jelenleg a Google virtuális földgömbjén több tízezer épületmodell található, melyek listája nap, mint nap folyamatosan bővül. Köszönhetően az ingyenes használatnak a Google jóvoltából bárki, aki épületmodellezésre vállalkozik feltöltheti elkészült modelljét. A feltöltés elsődlegesen egy 3D Warehouse-ba (raktárházba) történik, ahonnan a különböző kritérium feltételeknek való megfelelést követően az épületünk megjelenik a Google Earth programban. A kritériumok egyszerűek és logikusak, ha azt nézzük, hogy arra törekednek a fejlesztők, hogy minél jobb és élvezhetőbb 3 D-s világot hozzanak létre. A Google által támasztott Google Earth-os megjelenítési feltételek a következők:

- Az épület valóságos legyen, és létezzen;
- Ne tartalmazzon reklámot, nem odaillő objektumokat és embereket;
- Ne lebegjen, és ne süllyedjen bele a domborzatba;
- Mérete valóságos és georeferált legyen;
- Mind a modell, mind pedig a képi textúra teljes legyen.

A Sketch'Up segítségével nemcsak saját modellünk feltöltésére, de az eddig elkészült, a virtuális glóbuszon helyet foglaló összes modell letöltésére és továbbszerkesztésére is nyitott a lehetőség. Saját épületünk és az eddig elkészült modellek letöltésének eszköztárát mutatja a 32. ábra.

9.2 Épületmodellek

Az épületek modellezése során tekintettel egy-egy modell elkészítésének időszükségletére négy kiválasztott épület mellett döntöttem. Az épületek közül három a falu középületét képezi, a negyedik pedig saját házunk. A választás nem csak azért esett erre a négy épületre, mert az első mintaterületen található, hanem, mert mindegyik középület a falu egy-egy jelképét is jelenti.

A papház szimbolizálja a falu összefogásának erejét. Pár évvel ezelőtt a régi, már meglehetősen rossz állapotban álló plébániát társadalmi munkából, a falu lakosainak verejtékéből egy, közvetlenül a templommal szemben álló épület építésével váltották ki. A második épület, az iskola esetében a régmúlt segített a választásban. Sajnos 135 év után 2007-

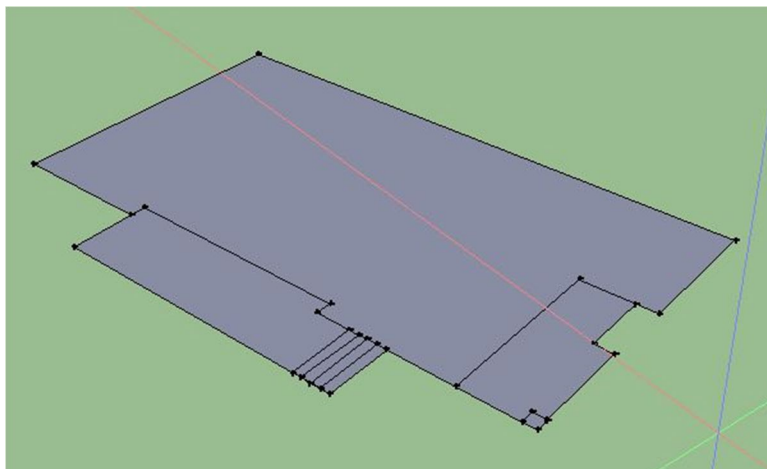
ben bezárásra került az iskola épülete, azonban a még ma is működő óvoda támpontot nyújt a szülőknek a faluban. A harmadik középület pedig a helytörténeti múzeum, mely ábrázolásában szintén a régmúlt ihletett meg, ugyanis itt található a falusi életben régebben használatos minden szerszám és segédeszköz.

Az említetteket számba véve tehát a kiválasztott négy épület a következő:

- Plébánia;
- Iskola és óvoda épülete;
- Helytörténeti múzeum;
- Saját lakásunk.

9.2.1 Alapok készítése

A program képes kezelni a AutoCAD saját formátumát és a dxf formátumot egyaránt, így lehetőséget ad nekünk az előzetes szerkesztések Sketch'Up-on kívüli elvégzésére. A dxf formátum fogadása nagy segítséget nyújtott számomra, így az ITR-ben és

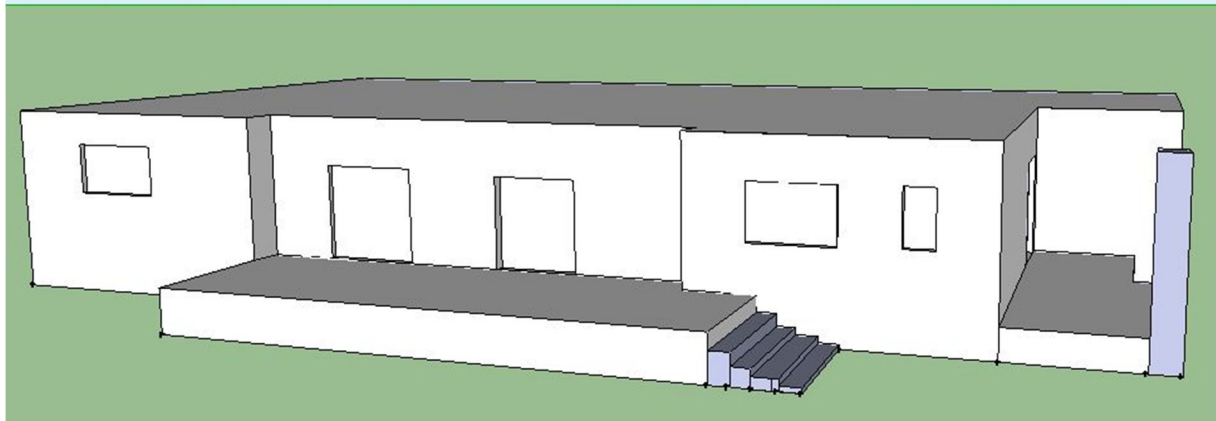


9.2. ábra A plébánia beolvasott és átrajzolt dxf állománya

AutoCAD-ben elsődlegesen szerkesztett alaprajzokat be tudtam olvasni. Az alaprajzok beolvasását követően a Sketch'Up nem értelmezi az esetlegesen fennálló összefüggéseket, vagyis a felületek létrehozásához a dxf állományt át kellett rajzolni a ceruza, azaz a rajzolás funkció felhasználásával. A beolvasott és átrajzolt dxf állományt a 9.2. ábra mutatja.

Minden egyes összetartozó vonal átrajzolására azonban nem volt szükség, hiszen egy-egy felület esetében, egy vonal átrajzolását követően a program automatikusan képezte a vonalak metsződése alapján a felületet. A felület alapjait az ITR-ben szerkesztettem, melyhez nem volt elegendő a korábban mérőállomással végrehajtott mérések elvégzése, hiszen, ahhoz hogy tudja, hogy hol van példának okáért egy ablak, az épületek körbeszalagozását is el kellett végezniem. A körbeszalagozás nem csak vízszintes, hanem magassági értelemben is megtörtént, gondolok itt az ablakok-, ajtók-, és falak magasságának meghatározására.

A szalagos és mérőállomással történő mérés felhasználásával végeztem el az egyes felületek magassági kihúzását, mely következtében létrejött a modellezés következő lépcsőfokát biztosító kezdetleges alakzat (9.3. ábra). Az alakzaton elhelyeztem az ajtókat, ablakokat és az egyéb kiugrásokat. Ezután következett a tető elkészítése, melyhez szintén a mérőállomásos mérés állt rendelkezésemre.



9.3. ábra Ablakokkal és ajtókkal ellátott kezdetleges modell a plébániáról

9.2.2 Textúraillesztés

Az elkészített modellek utolsó előtti fázisának tekinthető a képi textúrák felhelyezése, „ráfesztése”. Ahhoz, hogy az egyes épületekre minél élethűbb képet tudjak helyezni, a méréseken kívül fényképeket is készítettem. A fényképek készítésénél fontos volt az egyes kitakarásokra ügyelés, valamint, mivel ezeket a fényképeket a megszínezésekhez is fel akartam használni, így lehetőleg minél merőlegesebben kellett fényképeznem az objektumokra (falakra, ablakokra,..). A fényképeken azonban, ennek ellenére a perspektív torzulás mégis fellépett. Attól függően, hogy mennyire lépnek fel a perspektív és egyéb torzulások a fényképeket korrigálni kell. Nagy távolságok esetén a torzulások sokkal szembetűnőbbek, ilyenkor Photoshop-pal, vagy más korrigáló programmal javítani kell a képeket. A torzulás kiküszöbölésére a fényképezett objektum négy sarkát kell kijelölni, ezt követően a program automatikusan elvégzi a javítást.

A felületek színezésére használt korrigált képeket a „festékes vödör” alkalmazásba beolvasva használtam. A színezést követően még az egyes felületeken is lehet korrigálni a fényképeket a felületen jobb gombbal kattintva a felugró lebegőmenü „Texture” sor „Position” funkciójával. Ebben az esetben a rávetített képen 4 darab rajzszeg jelenik meg, melyeket a képen tetszőlegesen mozgathatunk, így érve el a legjobb hatást. A rajzszőgek a felületsarkokhoz történő illesztése után már a rávetített és szinte minden torzulástól mentes helyes textúrát kapjuk. Az elkészült modelleket a 9.4. ábra és a 16. nyomtatott mellékelt tartalmazza.

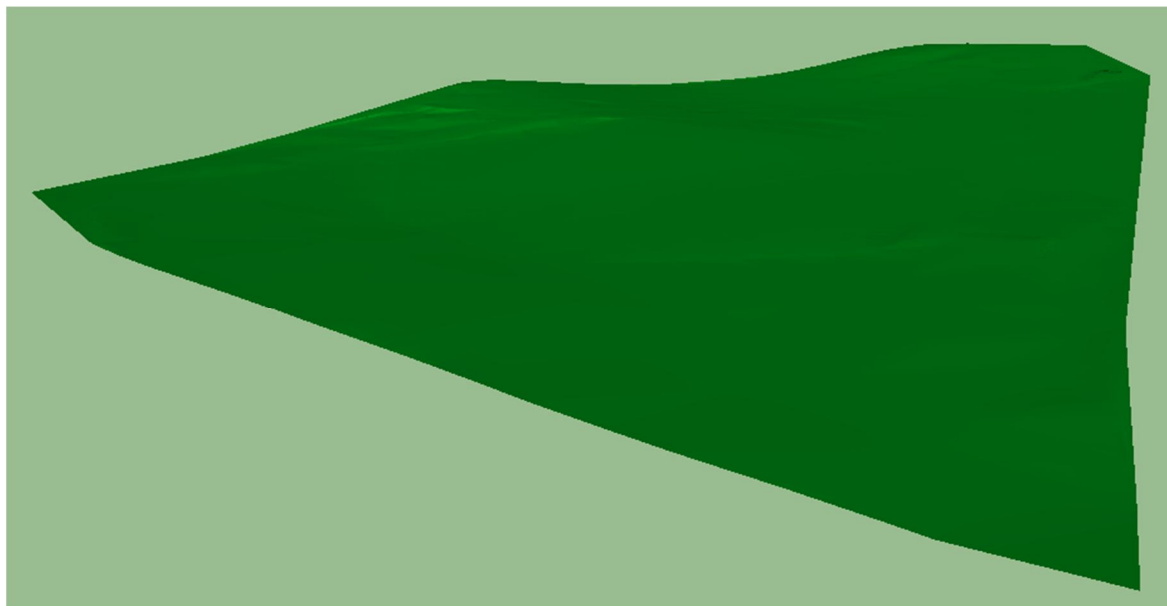


9.4. ábra A plébánia a valóságban és az elkészült modellen

9.2.3 Domborzat kialakítása a Sketch'Up program segítségével

A Sketch'Up nem csupán épületmodellezésre, hanem domborzatmodellezésre is alkalmas. A domborzatmodellezés elvégzéséhez azonban le kell töltenünk egy ingyenesen elérhető kiegészítőt, ez a Triangle.

A GPS-szel mért pontok dxf állományát a programba importálva annyi volt a dolgom, hogy a pontok kijelölését követően a „Plugins” menüben található „Triangulate” funkciót aktiváljam. A gomb megnyomása után a kiegészítőnek köszönhetően a program automatikusan képezi a felületen a TIN-háromszögeket. Ha rákattintunk az előállított felületre, akkor lehetőségünk van annak javítására különböző sugarú körök alkalmazásával, melyekkel a háromszögek csúcsait nyomhatjuk beljebb, vagy húzhatjuk ki. Ha az előállított felületnél a háromszögek oldalai nem a megfelelő módon helyezkednek el, akkor ennek javítását is elvégezhetjük további pontok felvételével, vagy a háromszögek oldalainak áthelyezésével, melyre szintén külön lehetőségünk van. Ha elkészültünk a domborzat korrigálásával, akkor a tetszetősebb megjelenítéshez már csak ki kell vennünk a háromszögek láthatóságát. A 9.5. ábra a Sketch'Up-ban kialakított domborzatmodellt mutatja.



9.5. ábra Domborzatmodell a Google Sketch'Up-ból

10 Internetes publikálás, tapasztalatok

Az interneten történő publikáláshoz a már említett kritériumoknak eleget kell tennünk. Így az épületmodell képzéséhez visszatérve a következő lépés a modell georeferálása volt. A georeferáláshoz minden egyes esetben az adott épület két, egymástól legtávolabbi sarokpontját vettem alapul. A sarokpontok EOVI koordinátáinak ismeretében az EHT² szoftver segítségével számoltam a WGS84 rendszerbeli koordinátákat. A WGS84 koordinátákra azért volt szükségem, mert a Google Earth is ezt a rendszert használja, így én pontosan el tudtam végezni a modell és a Google Earth-ből a publikáláshoz importált domborzat illesztését.

A publikálás véglegesítésének érdekében a georeferálást követően feltöltöttem a modelleket a 3D adatbázisba (3D Warehouse). A feltöltést követően már csak a várakozás maradt hátra, hiszen minden feltöltött és publikálandó épületnek át kell esnie az alkalmassági vizsgálaton. A feltöltést követően 10-25 nap múlva kapunk visszaigazolást épületünkről.

A szakdolgozat készítése során lehetőségem volt az egyetemi évek során elsajátított tudás kamatoztatására, s ezáltal egyén tapasztalatok szerzésére egyaránt. A modellezésben szerzett tapasztalatok elsajátítása fontos dolog számomra, hiszen a jövőben, már a szakdolgozat keretein kívül szeretném az egész falu épületmodelljét, esetleg egyaránt a domborzatmodelljét is elkészíteni.

11 Köszönetnyilvánítás

Mint minden feladat, szakdolgozatom sem valósulhatott volna meg tanárain, barátaim és családom segítségével nélkül.

„Nem jó az embernek egyedül lenni; szerzek neki segítő társat...”³

Ezúton szeretném megköszönni Dr. Busics György és Dr. Pődör Andrea konzulenseimnek a folyamatos útmutatásukat és támogatásukat. Ők láttak el javaslatokkal és észrevételekkel a kitűzött célok teljesítésének érdekében.

Köszönöm továbbá öcsémnek Horváth Gergőnek, Bende Szabolcsnak, valamint Báger Szabolcsnak a terepi mérések során vállalt szerepét, hiszen az ő segítségükkel tudtam a szakdolgozatom alapjait nyújtó méréseket elvégezni. Kelemen Gergőnek pedig hálás vagyok a Google Sketch'Up program használatában való segédkezéséért.

Külön köszönet illeti édesanyámat, Fábián Zsuzsannát, és édesapámat, Horváth Sándort, mert minden egyes alkalommal ők volt azok, akik végigolvasták a leírt részeket és véleményükkel, észrevételeikkal segítettek a további folytatásban.

³ Idézet a Bibliából

12 Felhasznált irodalom

Internetes oldalak:

- *Nagykutas hivatalos honlapja* (<http://nagykutas.hu/>) – Nagykutas története
- *Wikipedia – A szabad enciklopédia* (<http://hu.wikipedia.org>) – Zalai-dombság
- *Eötvös Lóránd Tudomány Egyetem Informatikai kara, Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék honlapja* (<http://lazarus.elte.hu/hun/>) – Térképtörténet
- *GeoTrade Kft. hivatalos honlapja* (<http://www.geotrade.hu/>) – Trimble R3 GPS vevő
- *Élelmiszeripari és Földmérési Szakközépiskola és Kollégium honlapja* (<http://www.geo.sulinet.hu/>) – Leica System 500 GPS vevő
- *Miskolci Egyetem honlapja* (<http://www.uni-miskolc.hu/public/>) – ArcGIS szoftver
- <http://www.rrsurveys.com.au/techmenu/instruments.html>

Könyvek, cikkek:

- *Úrvilág.hu – Globális, digitális terepmodell ingyen*
- Dr. Mélykúti Gábor – *Topográfia jegyzet*
- Prof. Dr. Márkus Béla – *Térinformatika 2 jegyzet*
- Dr. Busics György – *Műholdas helymeghatározás jegyzet*
- Dr. Busics György – *Geodéziai hálózatok jegyzet*
- Zala-megye helytörténeti lexikonja (Zala-megyei Levéltár)
- Bösze Gábor – *Visszaemlékezés szülőfalumra, Nagykutasra* (Kiadó: Nagykutas Községi Önkormányzat, Gura Nyomda Bt.) 2008
- Busics Gy.- Engler P.: *Zárójelentés az 1:10000 méretarányú, EOTR szelvényezésű topográfiai térképek domborzatának vizsgálatáról*. NymE FFFK, Székesfehérvár, 2000. június.
- Busics Gy.: *Domborzatmodellek pontossági vizsgálata a Vásárhelyi Terv keretében tervezett vésztárolók területén*. Műszaki leírás, NymE GEO, Székesfehérvár, 2004. január.

13 Mellékletek