



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar

Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT

Tervezési alaptérkép készítése

OE-AMK
2021

Hallgató neve: Kovács János Illés
Hallgató törzskönyvi száma: T000425/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Kovács János Illés

Szakdolgozat száma: SZD20120110305130

Törzskönyvi száma: T000425/FI12904/A-G

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: földmérő és földrendező mérnök

Specializáció: Geoinformatika specializáció

A dolgozat címe: Tervezési alaptérkép készítése

A dolgozat címe angolul:

A feladat részletezése: Szakirodalom alapján mutassa be a Tervezési alaptérkép készítésének folyamatát, alkalmazott és alkalmazható technológiákat egy élő példán keresztül.

Intézményi konzulens neve: László Gergely Tibor

A kiadott téma elévülési határideje: 2023. december 15.

Beadási határidő: 2021. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2021. 10. 28.

P.H.

Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

belső konzulens

külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar

Geoinformatikai Intézet

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott szigorló hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat/diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem.

Egyéb jelentős segítséget nem vettem igénybe.

Az elkészült szakdolgozatban/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: 2021.12.09.....

Lovász János

.....
hallgató aláírása

Tartalom

1.	Bevezetés	5
2.	Tervezési alaptérképek.....	6
3.	Munkaterület bemutatása	8
4.	A GNSS technológia.....	10
4.1.	A GNSS felépítése	10
4.2.	Mérési módszerek	13
4.2.1.	Statikus mérések.....	15
4.2.2.	Kinematikus mérések	15
4.2.3.	Valós idejű mérési módszerek	17
5.	Dróntechnológia.....	21
5.1.	Dróntechnológia a földmérésben	21
5.2.	Drónokra vonatkozó szabályozások.....	24
6.	Terepi mérés.....	27
6.1.	Felhasznált műszerek bemutatása	27
6.1.1.	Leica TCRP 1203.....	27
6.1.2.	SatLab SL 500.....	29
6.1.3.	DJI Phantom 4 Pro	30
6.1.4.	Leica Disto D510	31
6.2.	Terepi mérés leírása	32
7.	Feldolgozás	42
7.1.	Felhasznált szoftverek bemutatása.....	42
7.1.1.	ITR-6.....	42
7.1.2.	Agisoft Metashape Pro.....	43
7.2.	Feldolgozás leírása.....	43
8.	Összegzés	53
9.	Summary	55
10.	Mellékletek.....	57
11.	Irodalomjegyzék.....	58

1. Bevezetés

Szakdolgozatom témájául azért választottam a tervezési alaptérkép készítését, mert a középiskolai és az egyetemi nyári szakmai gyakorlatok során már volt lehetőségem különböző megrendelők igényeinek megfelelő tervezési alaptérképeket készíteni. Először természetesen nem egyedül végeztem a méréseket és a feldolgozást, hanem a kollégák segítségével, de idővel egyre több ilyen jellegű munkát bízta rám. Készítettem tervezési alaptérképet építések, kertések megbízásából, valamint az ELMŰ számára is elektromos beruházásokhoz. Részt vettem nagyobb létesítmények, ipari parkok tervezési munkálataiban is.

A másik ok, amiért erre a témára esett a választásom, az volt, hogy a technikai szakdolgozatomban is egy tervezési alaptérkép elkészítését mutattam be „Tervezési alaptérkép készítése a zuglói Csömöri útról újrapirosítás céljából” címmel. Itt a Főkert volt a megrendelő.

Szakdolgozatomban írok általánosságban a tervezési alaptérképekről és ismertetem a munkaterületet. Részletesen bemutatom a GNSS technológiát és a dróntechnológiát és az ezekkel járó lehetőségeket, mérési módszereket, felhasználási módokat és területeket. Ismertetem az alkalmazott mérőműszereket és leírom a terepi mérést, majd a feldolgozás menetét és a feldolgozás során használt szoftvereket. A hagyományos értelemben vett tervezési alaptérképen felül a drónfelmérést feldolgozva egy ortofotót is készítettem a területről. Ennek az előállítását is nagy részletességgel dokumentálom.

Összeségében bemutatom egy tervezési alaptérkép elkészítésének folyamatát a kezdetektől a felmérésen és feldolgozáson keresztül az átadásig.

2. Tervezési alaptérképek

A tervezési térkép elsődleges feladata, hogy bemutassa a beruházási helyszín kivitelezés előtti állapotát.

Egy beruházás tervezési periódusában érdemes elvégezni egy precíz felmérést a munkaterületről és közvetlen környezetéről mind vízszintes, mind magassági értelemben, majd a mérést feldolgozva egy tervezési alaptérképet készíteni. A tervezési folyamat során a tervezőnek több fontos szabványt is be kell tartania. Egy megfelelően elkészített tervezési alaptérképnek köszönhetően sokkal könnyebb megfelelni ezeknek a szabványoknak, így a tervezés is költséghatékonyabb lehet.

Egy tervezési alaptérkép elkészítése három szakaszra bontható: adatgyűjtés, helyszíni mérés és a geodéziai munkarészek elkészítése.

Az adatgyűjtés magába foglalja a geodéziai alapadatok (EOVA, OGPSH, EOMA alappontok, földmérési alaptérképek, földmérési topográfiai térképek, légifényképek) és egyéb, különböző szervezetek által nyilvántartott, a beruházás szempontjából lényeges adatok (rendezési tervek, építési szabályzat, közművek nyilvántartási térképe) beszerzését.

A helyszíni mérés során vízszintes és magassági értelemben vett felmérésre kerül sor a megrendelő igényeihez igazodva. A felmérésre azért is van szükség, mert az adatgyűjtés során beszerzett térképek nem mindig naprakészek, előfordulhat, hogy a legfrissebb változások még nincsenek feltüntetve rajtuk. A felmérés alapja egy jól átgondolt és megvalósított, megfelelő pontsűrűségű alapponthálózat. A későbbi mérések megkönnyítése érdekében érdemes olyan helyen elhelyezni az alappontokat és olyan állandósítási módot választani, amivel elkerülhető a pontpusztulás.

A harmadik szakasz a geodéziai jellegű munkarészek elkészítése. Az M1 Szabályzat szerint a következő rajzi munkarészek elkészítésére van szükség: előzetes helyszínrajz, a helykijelölés munkarészei, kisajátítási terv, beruházási térkép, tervezési térkép és a tervezési térkép másolatai.

A tervezési alaptérkép magába foglalja az ingatlan-nyilvántartási tartalmat és a terepi tartalmat. Az ingatlan-nyilvántartási térkép az ingatlanok földrajzi elhelyezkedését ábrázolja. Tartalmazza az adott település nevét, a település, a fekvés és a földrészletek határvonalait, helyrajzszámokat, épületeket, építményeket, alrészleteket, minőségi osztályokat, mintatereket, utcaneveket és a házszámokat. Terepi tartalom alatt a tervezési területen lévő tereptárgyakat, utakat, épületeket, kerítéseket, burkolatokat, közmű szerelvényeket és növényzetet kell érteni. Bizonyos tervezési térképekre felkerülhetnek egyéb adatok is a megrendelő kérésére, például meglévő közműhálózat. A magasságkülönbségek látványos ábrázolására készülnek a szintvonalas alaptérképek.

Egy jó tervezési alaptérképnek a megbízhatóság és precízség mellett könnyen áttekinthetőnek is kell lennie. A megjelenítés szempontjából fontos a megfelelő jelkulcsi elemek használata, és figyelni kell arra, hogy minden fontos adat, információ szerepeljen a térképen, mégse legyen túlszűfolt. ^{[1][2][3][4][5]}

3. Munkaterület bemutatása

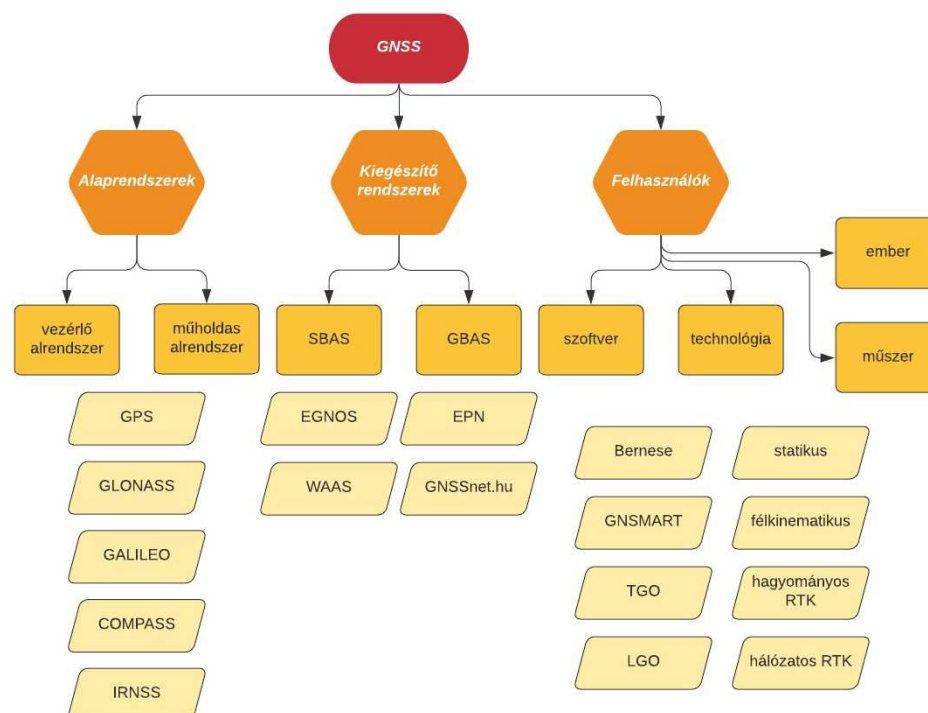
A felméréndő terület a Balaton északi partjának nyugati részén elhelyezkedő Badacsonytomaj település külterületén a Kisfaludy Sándor utca 7. szám alatt található 041/36 helyrajzszámú földrészlet volt. Az ingatlan a Badacsony déli oldalú lejtőjén helyezkedik el. Déli irányban páratlan kilátás nyílik a Balatonra, északra pedig megcsodálható hazánk egyik legikonikusabb vulkanikus eredetű bazalt tanúhegye, a Badacsony-hegy. A hegyláb területén régen elterülő erdők helyére már a római korban szőlőket telepítettek. A bazalt alapú talaj, a pannonanyag, a pannonhomok és lösz kiváló termőföldet biztosít a különböző szőlőfajták termesztéséhez, melyhez a területre jellemző kedvező mikroklíma is hozzájárul. A Badacsonyi borvidéken a legnagyobb termőterületen Olaszrizlinget termelnek, emellett nagy mennyiségben megtalálható még a Chardonnay, Tramini, Muscat Ottonel, Rajnai rizling és a francia eredetű Szürkebarát is, melyekből kiváló minőségű borokat készítenek.

Az ingatlan területe: $49\,841\text{ m}^2$. A földrészleten két épület található: egy kivett rendezvényház és vendégház, valamint egy kisebb gazdasági épület, ezek területe összesen 1307 m^2 . Az ingatlan legnagyobb részén szőlősorok helyezkednek el $36\,824\text{ m}^2$ -en. Ezek 2-es és 3-as minőségi osztályba sorolt alrészletek, tehát meglehetősen jó a föld minősége. A fennmaradó $11\,710\text{ m}^2$ -en 5-ös minőségi osztályú rét gazdagítja a tájat. Az ingatlan földminősítési értékszáma 288.91 aranykorona. A terület a nagy magasságkülönbségek miatt lépcsőzetes kialakítású, így teraszos földművelésre kitűnően alkalmazható. ^[6]

4. A GNSS technológia

A GNSS (Global Navigational Satellite System) jelentése: Globális Navigációs Műholdrendszer. GNSS mérés során helymeghatározás, navigáció és időmeghatározás történik, innen ered a PNT (Positioning, Navigation, Timing Service) rövidítés. Ha a helymeghatározást GNSS technológiával végezzük, akkor a műholdak helyzetét ismertnek tekinthetjük egy definiált vonatkozási rendszerben. A földi követőállomások határozzák meg a műholdak pályadatait a műholdak által sugározott navigációs adatok segítségével. A vevő helyzete kiszámítható a vevő és a vevő által szimultán módon észlelt műholdak közvetett távolságából és a műholdak pozíciójából.

4.1. A GNSS felépítése



4.1. ábra GNSS felépítése
(Forrás: Saját ábra)

A GNSS alrendszereket a következőképpen csoportosíthatjuk: alrendszerek, kiegészítő rendszerek és felhasználók.

A GNSS alrendszerek két csoportra bonthatóak: vezérlő alrendszerre és műholdas alrendszerre. Vezérlő alrendszereknek nevezzük azokat a követőállomásokat, melyeknek egy adott vonatkozási rendszerben ismerjük a helyzetét, ezek ellenőrzik és látják el adatokkal a rendszert. Műholdas alrendszerek alatt a navigációs mesterséges holdakat értjük. Többféle alrendszer létezik, olyanok, amelyek még kiépítés alatt állnak, vagy már rendelkeznek a szükséges műholdakkal és követőállomásokkal. Léteznek globális és lokális alrendszerek is.

Jelenleg öt alrendszer létezik, ezek a következők: GPS, GLONASS, Galileo, Compass és IRNSS.

A GPS (Global Positioning System), vagy másik nevén Navstar GPS (Navigation Satellites for Timing and Ranging Global Positioning System) az Amerikai Egyesült Államok rendszere, 24 műholdból áll, melyek közepes magasságú Föld körüli pályán keringenek. 1983 óta a Föld teljes területén ingyenesen használható, duális felhasználású, tehát katonai és polgári felhasználásra is alkalmas.

A GLONASS (Globalnaja Navigacionnaja Szputnyikovaja Sisztjema) rendszert Oroszország hozta létre. A GPS rendszerhez hasonlóan ez is globális rendszer és szintén duális felhasználású. A teljes kiépítés óta 24 műholdat működtetnek.

A Galileo az Európai Unió és az Európai Űrügynökség által tervezett és működtetett globális műholdas helymeghatározó rendszer. Működését 2016. december 15-én kezdte meg, akkor még csak 18 műholddal. Azóta a műholdak száma már 26-ra bővült.

A Compass Kína globális műholdas rendszere. Az amerikai és az orosz rendszerhez hasonlóan duális felhasználású. A Beidou Kína regionális rendszere, mely Kínát és a közeli területeket fedi le.

India lokális alrendszere az IRNSS (Indian Regional Navigation Satellite System) kiépítése 2016-ban fejeződött be.

A kiegészítő rendszereket két csoportra bonthatjuk: SBAS (Satellite Based Augmentation System – műholdas alapú kiegészítő rendszer) és GBAS (Ground Based Augmentation System – földi alapú kiegészítő rendszer).

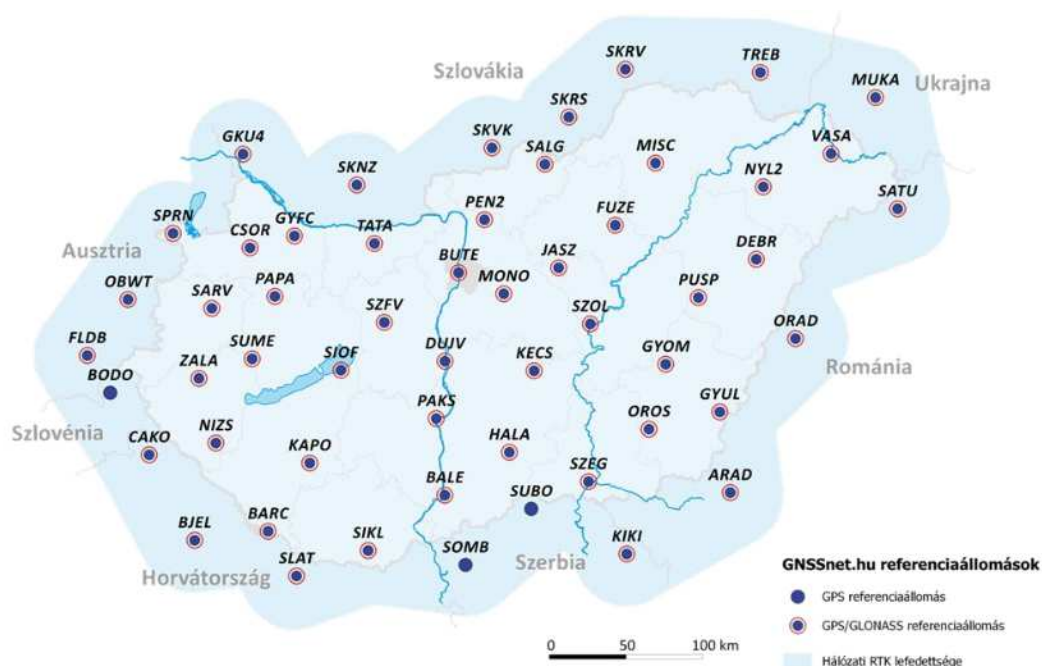
Az SBAS rendszer esetében a vevők a korrekciós adatokat a műholdakról veszik. Ilyen rendszerek a WAAS, MSAS és az EGNOS. A földi alapú rendszer működése annyiban különbözik az előbb említett műhold alapú rendszertől, hogy a vevőkhöz földi sugárzás által jutnak el a korrekciós adatok. Az európai kontinenst lefedő aktív GNSS hálózat az EPN (EUREF Permanent Network). Magyarország legnagyobb felhasználói bázissal rendelkező aktív hálózata a GNSSnet.hu.

A GNSSnet.hu egy olyan aktív GNSS hálózat, mely alkalmas a hiteles geodéziai feladatok ellátására. Megalkotója és fenntartója a KGO (Kozmikus Geodéziai Observatórium). Magyarországon csupán az LTK KGO GNSS Szolgáltató Központ szolgáltató homogén pontosságú hálózati RTK korrekciókat, melyek az egész ország területén rendelkezésre állnak. Az aktív hálózat mérési adatai valós időben jutnak el a GNSS Szolgáltató Központhoz. Itt egy központi szoftverrel a méréseket együttesen kiegyenlítik, így jönnek létre azok a korrekciós adatok, amelyek szükségesek a terepi mérések megfelelő pontosságához. Ennek az eljárásnak talán legnagyobb előnye az egyedülálló referenciaállomásokkal szemben, hogy a szolgáltatás akkor is fenntartható, ha bizonyos állomások nem működnek megfelelően egy ideig.

A GNSSnet.hu hálózatát jelenleg 54 állomás alkotja, 35 állomás működik a határokon belül és 19 állomás a szomszédos országokban közel a határhoz. Ezek az állomások 60-70 km-es sűrűségben helyezkednek el. A hálózat kiépítése 2009-ben fejeződött be.

A PENC és a PEN2 magyar állomások a IGS (International GNSS Service – Nemzetközi GNSS Szolgálat) hálózat részét is képezik, valamint a BUTE, OROS és SOPRON állomások az EUREF hálózatnak is elemei.

A GNSSnet.hu jelenleg a következő szolgáltatásokat tudja nyújtani a felhasználóknak: valós idejű adatszolgáltatás, utólagos adatszolgáltatás, transzformáció, flottakövetés és a FarmRTK szolgáltatás.



4.2. ábra GNSSnet.hu - Állomáshálózat

(Forrás: <https://docplayer.hu/5183035-Gnssnet-hu-akar-cm-es-pontossagu-muholdas-helymeghatarozas-barhol-az-oroszban-foldmeresi-es-taverzekelesi-intezet-gnss-szolgaltato-kozpont.html>)

A harmadik nagy csoport a felhasználói oldal. Ide soroljuk a GNSS vevőket, a vevőkön és a külső számítógépeken használt szoftvereket, valamint a kiegészítő rendszert működtető szoftvereket. Ebbe a csoportba tartoznak a különböző mérési módszerek is. [7][8][9][10]

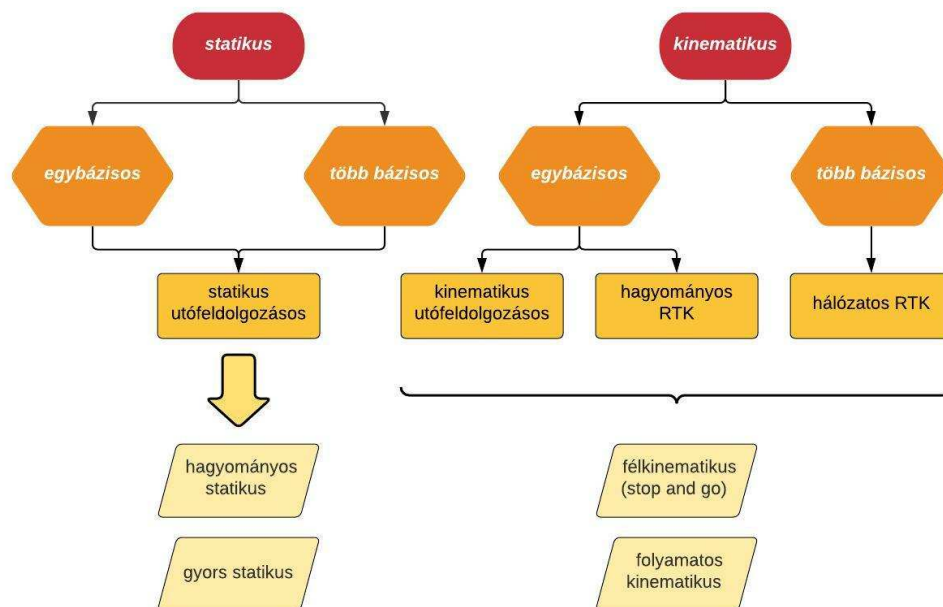
4.2. Mérési módszerek

A mesterséges hold és a földi vevő közötti távolságot kétfajta módon határozhatjuk meg: kódméréssel, vagy fázis méréssel.

A kódmérés során a vevő a műholdról érkező modulált jelet hasonlítja össze a saját referencia-jelével és csúsztatással fedésbe hozza ezt a két jelet. A kódmérés a fázisméréshez képest viszonylag kis pontosságú.

A fázismérés esetében a vevő a műholdról érkező modulált jel fázisát hasonlítja össze a saját maga által előállított referencia-jel fázisával. Az eredményül kapott szám egész része megmutatja a periódusok számát, a tört része pedig a fáziskülönbséget. Geodéziai pontosság eléréséhez fázismérési vevők szükségesek.

A GNSS elterjedésének köszönhetően többfajta mérési módszer alakult ki. Abszolút helymeghatározásról akkor beszélünk, amikor csak egy vevővel történik távolságmérés. Ha a feldolgozáshoz két olyan vevő mérési adatait használjuk, amelyek egyidejűleg végeznek mérést, akkor relatív helymeghatározást végzünk. A mérés értékelése történhet valós időben, ilyenkor valós idejű helymeghatározásról beszélünk, vagy történhet a mérés után, ezt nevezzük utólagos feldolgozásnak. Statikus mérésről akkor beszélhetünk, ha a vevők mozdulatlanok egymáshoz és a Földhöz képest, ezzel szemben a kinematikus módszernél mozog a vevő. A következő alfejezetekben ezeket a mérési módszereket fogom részletesebben ismertetni.



4.3. ábra Mérési technológiák csoportosítása
(Forrás: Saját ábra)

4.2.1. Statikus mérések

A statikus mérés esetében relatív helymeghatározásról beszélhetünk, mely során a vevők egymáshoz és a Földhöz képest is mozdulatlanok. A statikus mérések alapfeltétele a szimultán észlelés, ami azt jelenti, hogy egy időpillanatban ugyanazokat a műholdakat legalább két vevőnek észlelnie kell. A statikus mérések során a vevők közötti térbeli vektor-összetevőket fázisméréssel határozzuk meg.

Három statikus mérési módszert különböztetünk meg: a hagyományos statikus mérési módszert, a gyors statikus módszert és a visszatérési módszert.

A statikus mérések végrehajtása során háromféle mérési elrendezést alkalmazhatunk.

Radiális elrendezés esetén az egyik vevő a referenciaponton helyezkedik el, amíg a másik vevő periódusonként különböző pontokon van. Ilyenkor a referenciaponton elhelyezkedő vevőhöz képest határozzuk meg a többi pontra mutató vektort. Gyors statikus méréseknél használják leginkább ezt az elrendezést.

Hálózatszerű elrendezést akkor használunk, ha nagyobb pontosságra van szükségünk. Ennél az elrendezésnél a kiegyenlítés során nagyszámú fölös mérést használhatunk fel.

A harmadik mérési elrendezés a sokszögelésszerű elrendezés. Ebben az esetben két adott pont között úgy határozunk meg további pontokat, hogy a kapcsolópontot az egyes szomszédos periódusok között rendre az egyes sokszögpontok jelentik.

A statikus módszer inkább a GNSS mérések elterjedésekor volt használatos, időigényessége miatt átvette helyét a nagyságrendekkel gyorsabban működő kinematikus mérés.

4.2.2. Kinematikus mérések

A kinematikus mérések során a mozgó vevők helyzetét határozzuk meg a referenciaponton elhelyezett vevőhöz képest. A mozgó vevőt nevezhetjük rover-nek, vagy mobile-nak is. A kinematikus mérések legnagyobb előnye a statikus módszerekkel

szemben a mérési időtartam. A módszer pontossága nagyban függ attól, hogy az észlelés kód-méréssel, vagy fázisméréssel történik.

A fázismérésen alapuló kinematikus mérési módszerek alkalmazásakor a mérés kezdetén minden vett műholdra meg kell határozni a ciklustöbbséget (jele: N), azaz a vivőhullám egész periódusainak a számát. A mérés kezdő időpontjára vonatkozó ciklustöbbség értékeinek meghatározását nevezzük inicializálásnak. Ha megszakad egy műhold jeleinek a vétele, azt ciklus vesztésnek, vagy ciklusugrásnak nevezzük.

Inicializálásra öt lehetőség van: inicializálás gyors-statikus méréssel, inicializálás ismert ponton, báziskaros megoldás, antennacserés megoldás, vagy inicializálás mozgás közben (On The Fly, OTF).

Amikor statikus méréssel történik az inicializálás, akkor az álló vevővel határozzuk meg a mozgó műszer kiindulási pontjának helyzetét, melyet inicializáló pontnak is nevezünk. Előnye, hogy az inicializáló pont a vevőtől távolabb is lehet (maximum 15 km), hátránya pedig a hosszú mérési időtartam.

Ha az inicializálást ismert ponton végezzük, akkor elég 1-2 perces mérést végezni, viszont szükségünk van még egy ismert pontra. Ilyenkor a két pont relatív helyzethibája maximum 1-2 cm lehet.

Báziskaros megoldás esetén ismert ponton történik az inicializálás. Az előző megoldáshoz hasonlóan ebben az esetben is elegendő 1-2 perc mérés. A módszer sajátossága, hogy a referenciaponton egy tájolóval és egy báziskarral felszerelt műszertalpat használunk.

Az antennacserés megoldás 5-6 perc alatt megvalósítható, alapfeltétele, hogy a referenciavevőt a munkaterület közelében helyezzük el.

Ha az inicializálás menet közben történik, akkor a folyamat közben nem történhet jelvesztés, azonban ha ez mégis bekövetkezik, akkor a jelvesztés után újrainicializálásra van szükség. Előnye, hogy a mozgó vevőnek nem kell ismert pontból indulnia. Ez az eljárás növeli az RTK-műszerek hatékonyságát és geodéziai alkalmazási területeit.

A kinematikus mérések végrehajtására két nagyobb módszer ismert: a félkinematikus és a folyamatos kinematikus módszer.

A félkinematikus módszer másik elnevezése a Stop and go módszer. Ebben az esetben a referenciaponton elhelyezzük az álló vevőt, a mozgó vevővel pedig elvégezzük az inicializálást. Az inicializálás után adatrögzítés nélkül haladunk el a felméréndő pontok között. Ezeken a pontokon egy, vagy két epocha mérése elegendő. Fontos, hogy a mérés közben nem történhet jelvesztés. A mérést az inicializáláshoz használt ismert ponton kell befejezni. A Stop and go módszer pontossága $1\text{-}2\text{ cm} + 1\text{mm/km}$.

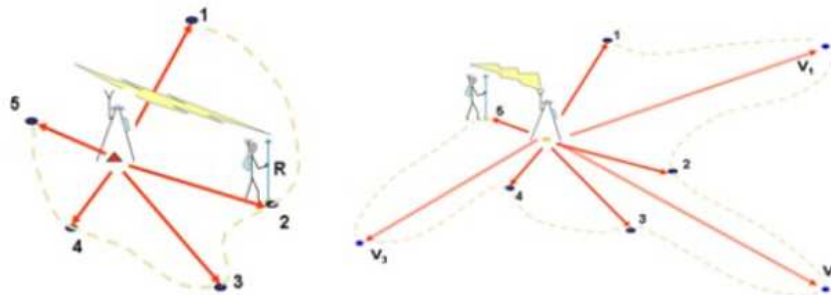
A folyamatos kinematikus mérésnél az inicializálást követően a vevő folyamatos időközönként végzi az észleléseket és rögzíti az adatokat. Ezt a mérési módszert leggyakrabban vasútvonalak felmérésére, domborzati felmérésre, vagy légifényképezőgépek helymeghatározására használják. A folyamatos kinematikus mérési módszer pontossága $1\text{-}5\text{ cm} + 1\text{mm/km}$. Hasonlóan a félkinematikus módszerhez, ez a módszer is utófeldolgozást igényel.

4.2.3. Valós idejű mérési módszerek

A valós idejű mérések is a kinematikus mérések csoportjába tartoznak. Az RTK (Real Time Kinematic) módszer előnye a többi mérési módszerrel szemben, hogy a mérés és a feldolgozás egyidőben történik.

A GPS megjelenésekor megjelent a valós idejű relatív helymeghatározás is. Az első ilyen eljárás a DGPS (Differential GPS) volt. Miután a GPS mellett elterjedt a többi alaprendszer is, az elnevezés DGNSS-re (Differential GNSS) módosult. Az eljárás során a referenciavevő egy ismert koordinátájú ponton kerül telepítésre, itt meghatározza a helyzetét és a pszeudótávolságok differenciáját. Ezek a meghatározott értékek jutnak el a mozgó vevőhöz, ami ezekkel a korrekciós értékekkel megjavítja a kódtávolságot és meghatározza a helyzetét. Differenciális helymeghatározással szubméteres pontosság érhető el.

Az RTK mérési módszer jelenleg a legelterjedtebb módszer a geodéziában. Alappontmeghatározásra, felméréshez, kitűzéshez, vagy akár mozgásvizsgálathoz is alkalmazható, cm-es pontosságot is el lehet érni vele. A módszer nagy előnye, hogy nincsen szükség utófeldolgozásra. Az előzőekben már bemutatott On The Fly módszer használatos, tehát az inicializálás menet közben történik. Nagy segítség, hogy mérés közben lehetőségünk van dönteni a mért eredmény megbízhatóságáról, felhasználásáról, ugyanis a kijelzőn láthatjuk a pontossági mérőszámokat. Az RTK technológia alapja a fázismérés. Az ismert ponton elhelyezkedő referenciaállomás fázistávolságokat és pszeudotávolságokat mér legalább 5 olyan műholdra, amelyeket a mozgó vevő is észlel. A mérési eredmények valós időben jutnak el a rover-hez.



4.4. ábra Hagyományos RTK: ismert vagy ismeretlen ponton felállított referenciával
(Forrás: Dr. Busics György, Geodéziai hálózatok 5. - 2010.)

Az RTK-méréshez két műszerre van szükségünk: referenciaállomásra és mozgó vevőre.

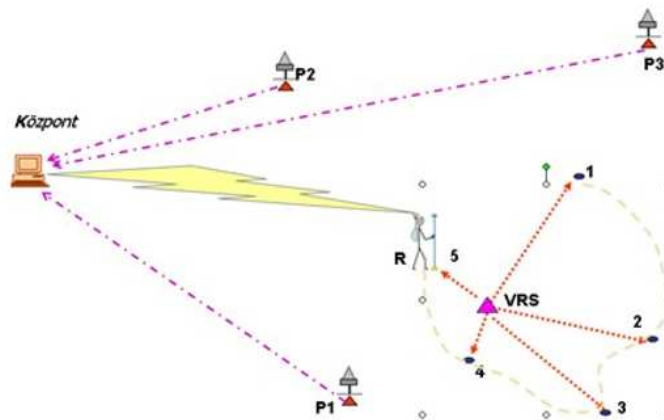
A referenciaállomás egy ismert ponton, azaz referenciaponton elhelyezett kétcsatornás GPS vevő, ami antennával van ellátva. A referenciaállomáshoz tartozó rádió-adó pár kilométeres területen képes sugározni a mérési adatokat. A rádió-adó helyett GSM telefon is használható.

A mozgó vevő szintén egy kétcsatornás műszer, rendelkezik rádió-vevővel, amin keresztül veszi a mérési eredményeket és a referenciaállomás koordinátáit. Az adatfeldolgozás gyors elvégzését a beépített számítógépegység biztosítja.

Az előzőekben bemutatott hagyományos RTK-t az infrastruktúra fejlődésének, a permanens állomások által létrehozott hálózatoknak és az új adatátviteli módszerek létrejöttének köszönhetően felváltotta a hálózatos RTK technológia.

A hálózatos RTK módszer alapja egy összehangoltan működő permanensállomások alkotta hálózat. Ezen állomások adatait egy feldolgozó központ összegyűjti és elemzi. Ez a szolgáltató központ olyan korrekciós adatokat biztosít a felhasználók számára, amelyek lehetővé teszik a geodéziai pontosságú valós idejű helymeghatározást.

A hálózatos RTK technológia használhatóságának feltétele, hogy a bázisállomásoknak és a központi szolgáltatásoknak folyamatosan működniük kell. A bázisállomások megbízható működésének ellenőrzésére különböző eljárásokat működtetnek. A megfelelő működéshez szükséges minimum egy feldolgozó központ, amely valós idejű adatokat képes szolgáltatni a felhasználók számára.



4.5. ábra Hálózatos RTK mérés; referencia: virtuális (VRS)
(Forrás: Dr. Busics György, Geodéziai hálózatok 5. - 2010.)

A magyarországi hálózat központja Pécen található a Kozmikus Geodéziai Obszervatóriumban.

Szoftveres úton eddig három koncepciót valósítottak meg a hálózatos RTK területén: VRS, FKP és MAC koncepciók.

A VRS (Virtual Reference Station) egy Lambert Wanninger által 1997-ben kifejlesztett koncepció. A VRS működési elve a következő: a rover a közelítő koordinátáit elküldi a központba, majd a központ visszaküldi a korrekciókat a rovernek.

Az FKP (Flächen-Korrektur-Parameter) működésének sajátossága, hogy a különböző permanens állomásokhoz a központ külön határozza meg a korrekciós adatokat a kiegyenlítés után.

A MAC (Master Auxiliary Concept) koncepció előnye, hogy működéséhez kisebb sáv szélességre van szükség. Ez annak köszönhető, hogy csak a főállomás nyers mérési adatai kerülnek továbbításra teljes terjedelmükben, a többi lényeges adat tömörített formában jut el a vevőhöz. ^{[11][12][13][14][15][16][17][18]}

5. Dróntechnológia

A pilóta nélküli repülő járművek (Unmanned Aerial Vehicle, UAV), azaz a drónok népszerűsége elképesztő mértékben nőtt az elmúlt években. Egyre több területen terjedt el a használatuk, a fogyasztói piac mellett különböző ipari szektorokat is meghódított. Népszerűségük elsősorban annak köszönhető, hogy azokat a feladatokat, amelyekhez eddig szakképzett munkaerőre volt szükség, a drónok rendszerint sokkal gyorsabban, olcsóbban, hatékonyabban és biztonságosabban képesek elvégezni. Teljesen új lehetőséget kínálnak a hétköznapi felhasználók, valamint a specialisták számára is.

Először katonai felhasználásra fejlesztették ki a drónokat, és várhatóan a jövőbeli drónfejlesztések mozgatórugója is a katonai dróntechnológia lesz. A katonaságban a teljesség igénye nélkül a következő feladatokra használják a drónokat: megfigyelés, felderítés, kutatás és fejlesztés, valamint támadó hadműveletek.

A katonai felhasználáson kívül számos más területen alkalmazzák a pilóta nélküli repülő járműveket. A mezőgazdaságban a termőföldek megfigyelésére, permetezésre és a haszonnövények állapotának ellenőrzésére használják. Filmkészítők, hobbi fényképészek és újságírók alkalmazzák szemléletesebb, látványosabb képek, légifelvételek készítésére. A rendvédelmi szervek többek között légi megfigyelésre, magánterületek védelmére, információszerzésre katasztrófa sújtotta területekről és eltűnt személyek keresésére használják. A földmérésben és a fotogrammetriában is egyre gyakoribb a drónok használata. A rendkívül gyors technológiai fejlődésnek köszönhetően ezeken az alkalmazási területeken kívül egyre több szakterületen bevethető a dróntechnológia.

[19][20]

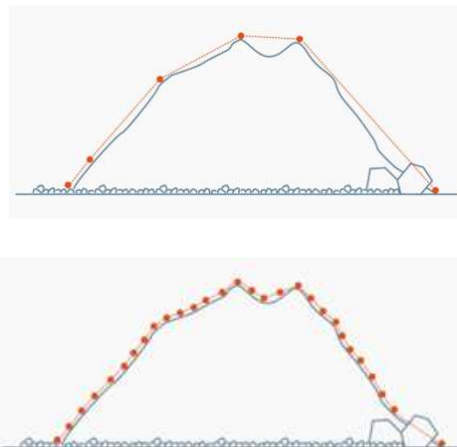
5.1. Dróntechnológia a földmérésben

A drónnal történő feltérképezés a drón-alapú szolgáltatóipar egyik legdinamikusabban fejlődő szakterülete. A felmérési, építési, ingatlanfejlesztési és infrastrukturális munkák során történő alkalmazásával tapasztalhatóak a technológia előnyei. A légi földmérést jelenleg a következő szektorok hasznosítják világszerte: mezőgazdaság, autópályák, utak és vasutak, megújuló energia és bányászat. A technológia rendkívül gyors fejlődése, és a

benne rejlő lehetőségek miatt azonban várhatóan egyre több szakterületen fog elterjedni a használata.

A drónokkal történő fotogrammetriai felmérés leggyakoribb felhasználási területe a területfelmérés. Hatalmas földterületek mérhetőek fel légi fotogrammetriai módszerrel, emellett a felmérés időtartama töredéke a hagyományos módszerekkel történő felmérés idejének. Előreláthatólag pár éven belül a drónos területfelmérés lesz az uralkodó mérési módszer a kisebb területfelmérési projektek szektorában. A nagyobb területek légifényképezésére egyelőre jobb megoldást nyújtanak a repülőgépek és a helikopterek, mivel a repülési idejük jóval nagyobb a drónokénál.

A drónok által megvalósított fotogrammetriai felmérés nagyban megkönnyíti a földtömegszámítási feladatok elvégzését is. Jelenleg ez a legköltséghatékonyabb és leggyorsabb eljárás az ilyen jellegű munkák kivitelezésére, emellett a pontossága is megfelel az elvárt igényeknek. Sokkal részletesebb adatok nyerhetőek ezzel a módszerrel a terepfelszínről, és ennek köszönhetően jóval pontosabban kiszámítható a térfogat.



5.1. ábra Hagyományos GNSS mérés és drónos felmérés összehasonlítása
(Forrás: <https://www.workdrones.hu/szolgaltatasaink/foldmeres-teruletfelmeres/>, 2021.11.16)

Bizonyos drónok alkalmasak akár kisebb belmagasságú hangárok, csarnokok belső felmérésére is ugyanolyan hatékonysággal és pontossággal, mint szabadtéren.

A drónnal történő területfelmérés során az adatok gyorsan rendelkezésre állnak ellentétben a tradicionális technológiával történő felméréssel. A terepi munka időtartama is jelentősen csökken, valamint a nehezen, vagy magas baleseti kockázattal hozzáférhető helyek is nehézségek nélkül feltérképezhetők.

A dróntechnológiával felmért területekről különböző kimenetek, megjelenítési módok készíthetők el, igazodva a megrendelő igényeihez és a felmért terület sajátosságaihoz. Ezeket mutatom be röviden a következő sorokban.

Az ortomozaik térképet úgy kapjuk, hogy a drón által készített képeket korrigáljuk, majd összeillesztjük. Minden egyes pixel rendelkezik 2 dimenziós koordinátával, ez lehetővé teszi többek között a vízszintes távolságok, vagy felületek mérését, vizsgálatát.

A 3 dimenziós pontfelhő minden pontja rendelkezik a vízszintes koordináták mellett magassággal is, valamint színes információval. A modellen könnyen és pontosan számítható ferde és vízszintes távolság, továbbá terület és térfogat is.

A digitális felületmodell (Digital Surface Model, DSM) tartalmazza a terep felszínét és a területen található mesterséges és természetes objektumokat.

A digitális terepmodell (Digital Terrain Model) annyiban tér el a digitális felületmodelltől, hogy nem tartalmazza a felmért területen található mesterséges és természetes objektumokat, csak a felszíni topográfiát jeleníti meg. Ezek a digitális felületmodellek alapján készülnek a növényzet és az ember által létrehozott elemek magassági adatainak mellőzésével. A DSM formátumból DTM formátumba történő konvertálás történhet manuális átalakítási módszerrel, vagy automatizáltan egy algoritmus által. A manuális módszer több időt vesz igénybe, viszont sokkal pontosabb végeredményt ad.

Kontúrtérképek is készíthetők digitális terepmodell, vagy digitális felületmodell felhasználásával. Ez szemléletesebbé, átláthatóbbá teszi a felmért területet.

A 3D textúrált háló jelenleg a leglátványosabb előállítható kimenet a drónos felmérések során gyűjtött adatokból, a feltérképezett terület széleinek, textúrájának és csúcsainak szemléletes leképezése. ^{[21][22]}

5.2. Drónokra vonatkozó szabályozások

Az utóbbi időben ugrásszerűen nőtt a drónok népszerűsége és megnövekedett drónfelhasználók száma, ezért időszerű volt a drónhasználat teljeskörű szabályozásának bevezetése. Magyarországon 2021.02.10-én lépett életbe a drón törvény, mely a légiközlekedésről szóló 1995. évi XCVII. törvény módosításával jött létre. A drónhasználóknak a hazai rendeleteknek és törvényeknek, valamint az EU által előírt szabályozásoknak együttesen kell megfelelniük. Ezeket a jogszabályokat a biztonságos drónhasználat érdekében tehát minden felhasználónak ismernie és alkalmaznia kell.

A drónokat különböző kategóriákba soroljuk. A legtöbb eszköz a nyílt kategóriába tartozik, ezek maximum 120 méterre távolodhatnak el a föld legközelebbi pontjától és a pilóta látótávolságán belül kell maradnia repülés közben. Embertömeg fölött nem lehet reptetni és el kell kerülni a „No Drone Zone” légtereket. A nyílt kategórián belül is van 3 alkategória, melyek a következők: A1, A2 és A3.

A speciális kategóriába tartoznak a 25 kg-ot meghaladó pilóta nélküli légijárművek. Ezek használatához bejelentést kell tenni az Innovációs és Technológiai Minisztérium felé, majd engedélyt kell kérni, szintén ettől a szervezettől.

A harmadik csoport az engedélyköteles kategória. Ide soroljuk az olyan tevékenységeket, mikor embertömeg fölött történik a reptetés, vegyi anyagok kiszórása, vagy tárgyak ledobása valósul meg. A drón által történő személy, vagy áruszállítás is ide tartozik. Az ilyen jellegű műveleteket végző pilótáknak sokkal komplexebb elméleti és gyakorlati szaktudást kell elsajátítaniuk. Az efféle tevékenységek során használt eszközöknek különféle hatósági tanúsításoknak is meg kell felelniük.

Az Innovációs és Technológiai Minisztériumnál minden olyan drónt be kell jegyezni, ami nem minősül játéknak, illetve a drónt működtető magánszemélynek, vagy jogi

személynek is regisztrálnia kell magát. Játéknak azok a pilóta nélküli légi járművek tekinthetők, melyek nem haladják meg a 120 grammot, nem rendelkeznek adatrögzítővel és a pilótától nem repülnek messzebb 100 méternél.

Azon távpilótáknak, akiknek drónjai A1, vagy A3 alkategóriákba - kivéve a CO UAS osztályú drónokat - tartoznak, egy 40 feleletválasztós kérdést tartalmazó vizsgát kell sikeresen teljesíteniük a kompetencia tanúsítvány megszerzéséhez. Az A2 alkategóriába tartozó drónok használatához a pilótáknak egy kiegészítő elméleti tananyagot is el kell sajátítaniuk, majd szükséges a sikeres vizsga letétele. Ezen kívül nyilatkozniuk kell arról, hogy megfelelő gyakorlati képesítéssel rendelkeznek.

Minden drónfelhasználónak tisztában kell lennie a légtérhasználat összetett szabályrendszerével és alkalmaznia kell azt. Fontos tudni, hogy már az is légtérhasználatnak minősül, ha a drón 1 méter magasságig felemelkedik. Lakott területen belüli reptetéshez eseti légtér igénylése szükséges. Lakott területen kívül nem szükséges, viszont figyelni kell arra, hogy elkerüljük a „No Drone Zone” légtereket. Ezek a területek két csoportba sorolhatók.

Az első kategóriába az olyan tiltott területek tartoznak, ahol kizárólag eseti légtér megléte esetén engedélyezett a repülés. Ilyen területek a kiemelten fontos létesítmények, vagy az európai és nemzeti létfontosságú rendszerelemek és nemzeti emlékhelyek környezete.

A második kategóriába tartozó területeken csak bizonyos időszakokban korlátozott a légtér használata. Az ilyen korlátozások kiváltó okai általában rendezvények, vagy balesetek szoktak lenni.

A korlátozásokról a „mydronespace” mobilalkalmazáson keresztül lehet tájékozódni. Az applikáció használata elengedhetetlen abban az esetben, amikor a reptetés lakott területen kívül, nem eseti légtérben valósul meg. A szoftver segítségével valós időben nyomon követhető a hazai légtérstruktúra aktuális állapota és láthatóak a korlátozott, vagy tiltott légterek.

Lakott terület feletti reptetéshez eseti légtér igénylése szükséges. Ez az engedély maximum 7 napra igényelhető és az igénylőnek nyilatkoznia kell arról, hogy milyen jellegű műveletet fog végezni az adott légtérben. Az eseti légtér kijelölése iránti kérelmet

a Honvédelmi Minisztérium Állami Légügyi Főosztály számára kell benyújtani legalább 30 nappal a légtér használata előtt.

A repülési szabályok megsértése esetén meglehetősen szigorú büntetések is kiszabhatóak a rendőrség és a légiközlekedési hatóság által.

A pilóta nélküli légi járművek működtetéséhez a távpilótának felelősségbiztosítással kell rendelkeznie. Ennek összege a drón felszállótömegétől függ. ^{[23][24]}

6. Terepi mérés

Ebben a fejezetben ismertetem a felhasznált mérőműszereket, ezek kiegészítőit és a terepi mérés során használt szoftvereket, ezután részletesen leírom az adatgyűjtés folyamatát.

6.1. Felhasznált műszerek bemutatása

A mérés során a Diósi Mérnöki Iroda Kft. tulajdonát képező műszereket használtam, ezek a következők: Leica TCRP 1203 robotmérőállomás, SatLab SL 500 GNSS RTK rover, DJI Phantom 4 Pro drón, és egy Leica D510 lézeres távolságmérő.

6.1.1. Leica TCRP 1203

Az első műszer, amelyet bemutatok a Leica TCRP 1203 robotmérőállomás. A szögmérés terén 3"-es pontosságra képes. Prizmára történő távolságmérés esetén 2 mm + 2 ppm pontosság érhető el. Rendelkezik PowerSearch és ATR (Automatic target recognition) funkciókkal, melyek nagyban megkönnyítik a mérést. A PowerSearch nagyon rövid idő alatt megtalálja a prizmát, az ATR pedig pontosítja az irányzást a prizma közepére. Két oldalán egy-egy nagy kontrasztú ¼ VGA LCD kijelző és alfanumerikus billentyűzet található.



6.1. ábra Leica TCRP 1203

(Forrás: <https://totalstations.co/leica-tcrp1203-total-station-tps1200-series/>, 2021.11.23.)

A műszer felső részébe egy Leica RH15 rádió van beépítve, amely egy rádió modemből és egy rádióantennából áll. Kompatibilis az általam is használt Leica CS15 kontrollerral, hatótávolsága maximum 300 méter, frekvenciatartománya pedig 2402-2452 MHz.

A Leica CS15 controller kiválóan alkalmas terepi munkavégzésre akár extrémebb körülmények között is, ugyanis kialakításának köszönhetően képes ellenállni a szélsőséges környezeti hatásoknak. Kezelése meglehetősen egyszerű és a felhasználó személyes igényeire szabható. Rendelkezik egy érintőképernyős kijelzővel, számbillentyűzettel, QWERTY billentyűzettel és egyéb gombokkal is. Sokfajta kommunikációs (bluetooth, Wi-Fi, GSM/UMTS 3.5G) és adattárolási (SD-kártya, USB-pendrive) lehetőségre képes.



6.2. ábra Leica CS15
(Forrás: <https://svajcipontosan.com/leica-cs15/>, 2021.11.23.)

A műszerre és a kezelőre a Leica SmartWorx Viva terepi szoftver volt telepítve, így a méréseket ezzel a programmal végeztem el. Használata rendkívül egyszerű volt a logikusan felépülő menüszerkezetnek és az áttekinthető grafikai elemeknek köszönhetően. Alkalmas pontok, vonalak és területek felmérésére, kódolására és kitűzésére is.

A mérőállomás egyéb felhasznált kiegészítői: háromlábú műszerállvány, Leica GRZ4 360°-os prizma, prizmatartó rúd. ^{[25][26]}

6.1.2. SatLab SL 500

A terepi mérés során a mérőállomáson kívül használt másik eszköz a SatLab SL 500 GNSS RTK rover. A svéd gyártmányú műszer nagy előnye, hogy stabilan tartja a kapcsolatot még gyenge GSM jelerősség esetén is, ezt sokszor tapasztaltam a mérés során. Bekapcsolás után automatikusan csatlakozik az internetre és 55 másodpercen belül fix pozíciót ad. A következő jelek vételére alkalmas: GPS L1, L2, L2C, L5 és Glonass L1, L2.

A Getac PS336 kezelőre a Carlson Inc. amerikai szoftverfejlesztő cég által létrehozott Carlson SurvCE vezérlő szoftver került telepítésre. Legnagyobb előnye, hogy rendszerfüggetlen, tehát szinte bármely műszergyártó bármely termékén használható. A grafikus kezelőfelület magyar nyelvű, az adatmegjelenítés és kezelés pedig AutoCAD alapon szervezett. Sok hasznos funkcióval rendelkezik a bemérés és a kitűzés terén, az alap funkciókon kívül többek között képes külpontos mérésre, folyamatos mérésre, vonal kitűzésére, vonalbaállásra, vagy akár egy behívott DXF/DWG állomány bármely pontjának kitűzésére. A koordináta geometria menün belül a következő funkciók találhatóak: irányszög és távolság számítás, metszéspont számítás, ortogonálisan bemért pont számítása, területszámítás, koordináta transzformáció, talppont számítása, valamint alapműveletes és tudományos számológép.

A GPS-es mérés során használt egyéb eszközök: rover tartórúdja, háromlábú tartóállvány (tripód).^[27]



6.3. ábra SatLab SL 500
(Forrás: http://geomarindo.com/positioning_page2/, 2021.11.21.)

6.1.3. DJI Phantom 4 Pro

A drónnal történő felmérést a DJI cég Phantom 4 Pro nevű drónjával készítettük. Az eszközt 2016-ban kezdték el forgalmazni a Phantom 4 továbbfejlesztett változataként. Repülési ideje 30 perc, amit a 6000 mAh teljesítményű akkumulátor biztosít. Ez a repülési idő ideális körülmények között értendő, széles időben, vagy Sport üzemmódban használva nem képes 30 perces repülésre. Súlya 1388 gramm, 8 grammal nehezebb elődjénél. Újabb kialakítású, csapott végű propellerekkel lett felszerelve a halkabb és stabilabb repülés érdekében. A kamerája képes 4K-s felvételek rögzítésére 60 fps-ben fejlett tömörítéssel és széles dinamikatartománnyal. A videókhoz hasonló kiváló minőségű fényképek készítésére alkalmas a mechanikus zárnak és a 20 megapixeles kamerának köszönhetően. A nagyobb védelem érdekében öt irányban képes akadályérzékelésre a beépített szenzorok által. A hazatérés (RTH) funkció segítségével a drón elvesztés után az akadályokat kikerülve az eredeti repülési útvonalon elindul vissza az utolsó rögzített kiindulópont felé, amíg vissza nem kapja a jelet.

Háromféle repülési üzemmód közül választhatunk: P, S és A. A P (Pozicionálás) mód során a drón a vizuális rendszer és a GPS segítségével végzi el a manővereket. P üzemmódban használhatóak az intelligens repülési módok (pl.: ActiveTrack, TapFly, QuickShot). S (Sport) módban ki vannak kapcsolva az érzékelők és a drón nagyobb

repülési sebességre képes. A (ATTI) módra akkor vált át a drón, amikor a gyenge a gps jel és a vizuális rendszer számára nem megfelelőek a fényviszonyok. Ilyenkor kizárólag a barométert használja a tájékozódáshoz.

A drón kontrolleréhez egy Apple iPad-et csatlakoztattunk, ezt használtuk az adatok megjelenítésére. Erre telepítettük a DroneDeploy nevű szoftvert, amelynek segítségével irányítottuk a repülést és az adatgyűjtést.



6.4. ábra DJI Phantom 4 Pro
(Forrás: <https://www.dji.com/hu/phantom-4-pro>, 2021.11.24.)

6.1.4. Leica Disto D510

A Leica Disto D510 lézeres távolságmérő 200 méter távolságon belül 1 milliméter pontosságú mérésre képes 360 fokban. A készülék háza por- és vízálló. A műszer memóriája 30 mérést képes eltárolni. A mérési eredményeket bluetooth kapcsolaton keresztül meg tudja osztani bármilyen iOS, Android, vagy Windows operációs rendszerű készülékkel. A pontos és gyors célzást elősegíti a beépített négyszeres nagyítású célkereső kamera. Ennek használata leginkább kültéri mérés során erős napsütésben nyújt nagy segítséget, amikor nem látjuk a lézerfényt.

A műszer a beépített dőlésérzékelőnek köszönhetően sok új mérési funkciót tartalmaz az elődjeihez képest, melyek sok esetben megkönnyítik a munkánkat. Ilyen funkciók többek között a következők: szögmérés, vízszintes távolság, ferde távolság, vetített függőleges

magasság, dőlés, indirekt magasságmérés. A Leica Sketch program használatával már a felmérés ideje alatt pontos vázlatrajzok készíthetők.

A sok funkció ellenére is letisztult felhasználói felület és menürendszer egyszerű kezelést biztosít. Használata nagyban megkönnyítette a terepi mérést. [28]



6.5. ábra Leica Disto D510
(Forrás: saját kép)

6.2. Terepi mérés leírása

A munkát építési engedélyezési tervdokumentáció céljára történő felhasználásra készítettem, a meglévő épületek átalakításához és új épületek tervezéséhez. A tervezési alaptérkép megrendelését követően földhivatali adatigénylést kezdeményeztünk. Az adatszolgáltatás során a kérdéses ingatlanról és a szomszédságáról megkaptuk a földhivatali adatokat.

Érdekesség, hogy Veszprém megye az egyetlen, ahol minden földmérési irat szkennelésre és adatbázisban tárolásra is került 2008-ban. Az adatigénylés és az adatszolgáltatási díj megfizetését követően automatikusan leválogatásra kerül minden rendelkezésre álló anyag. Esetünkben ez 220 MB adat volt, amely FTP szerveren az adatigénylővel megosztott mappába került feltöltésre.

A terepi mérés első napja 2021. június 21-én volt. Úgy gondoltam, hogy a terepi munkára a drónos mérést leszámítva elég lesz három nap. Ez a rendkívül nagy hőségnek és a viszonylag sok utazásnak köszönhetően nem valósult meg. Június 21.-től 23.-ig tartott a GPS-es mérés. A mérőállomásos mérésre 2021. július 6-án került sor a drónfelméréssel egybekötve.

A mérést megelőző este gondoskodtam a műszerek akkumulátorainak töltéséről. Előzetesen műholdképen és utcaképen már tájékozódtam a felméréendő ingatlan jellegéről, elhelyezkedéséről és a mérés során esetlegesen felmerülő nehézségekről.

A helyszínre kiérve először terepszemlét tartottam, bejártam a területet és megterveztem a mérést. Világossá vált számomra, hogy a terület nagy része GPS-el meghatározható, ezért ezzel kezdtem a mérést.

A tartórúdon elhelyeztem a vevőt 2 méter magasságban, majd megvártam, amíg a rover bluetooth segítségével kapcsolódik a Getac PS336 kontrollerhez. A kezelőn a SurvCE programot elindítva létrehoztam egy új munkát. Bluetooth kapcsolattal átküldtem a telefonomról a műszerre egy .dxf állományt, amely a földrészlet határait tartalmazta. A térkép nézetet kiválasztva ezt beimportáltam a frissen létrehozott job-ba. Ez nagyban megkönnyítette az ingatlan határainak a beazonosítását, ugyanis egyik birtokhatáron sem húzódtott kerítés. A kijelzőt figyelve így mindig tudtam, hogy meddig kell méréseket végezni. A telekhatárokon túl 1-2 méterre is mértem részletpontokat, hogy a végtermékként előállított szintvonalas térkép még esztétikusabban tükrözze a terepi viszonyokat.

A területen található minden tereptárgyat, objektumot mérnem kellett. A részletpontok meghatározását pontkódolással hajtottam végre, ezért nem volt szükség manuálé, azaz mérési jegyzet készítésére, ezzel tudtam csökkenteni a mérés időtartamát. A pontkódolás azt jelenti, hogy minden terepi objektumcsoporthoz rendelünk egy azonosítót. Ez történhet betűkkel és számokkal is. Én az általam régebb óta használt számkódokat alkalmaztam. Ezek láthatóak az alábbi táblázatban.

Terepi objektum	Pontkód
tereppont	0
szőlősor	22
egyedülálló fa	27 + törzsátmérő
fás-bokros terület	2700
padlószint	100
ereszmagasság	301
gerincmagasság	302
épület	30
g. épület	31
falsík	300
lépcső	36 + fokok száma
támfal	40
korlát	41
részű alja	411
részű teteje	412
beton burkolat	451
kő burkolat	550
viacolor burkolat	650
burkolatlan út	801

A részletpontok bemérése 3 epochával történt. Mivel a műszer nem rendelkezik dőléskompENZÁTORRAL, ezért a részletpontok meghatározását úgy végeztem, hogy a libella megfelelő pozíciójának a megtartására rendkívül nagy hangsúlyt fektettem. A koordináták meghatározása után a kezelőn definiáltam a mérési eredmény pontszámát, pontkódját és a tartórúdon elhelyezett rover magasságát a talajtól. A növekmény beállításának következményeként a pontszám minden pont meghatározása után nőtt eggyel. A vevő magassága változatlanul 2 méter maradt, így ezeket az adatokat csak az első mérést követően kellett megadnom. A továbbiakban csak a pontkódokat kellett módosítanom annak megfelelően, hogy éppen milyen tereptárgyat határoztam meg. Beállítottam azt is, hogy a kijelzőn a felmért pontok pontkódjai legyenek megjelenítve, így elkerülve azt, hogy valamilyen tereptárgynak kétszer is meghatározzam a helyzetét.

A felmérést a terület nyugati oldalán kezdtem az itt található viacolor burkolatú járdával és a köves úttal. A járda meghatározása során a két szélén vettem fel részletpontokat, az útnál azonban a széleken kívül szükséges volt mérnem az úttengelyt is.

A különálló fák és bokrok helyzetét is meg kellett határoznom. A fának a törzsátmérőjének a meghatározása is szükséges volt, ezeket a Leica Disto D510 lézeres távolságmérővel mértem meg, majd pontkódként tároltam. A földrészleten előfordultak nagyobb egybefüggő fás és bokros területek is. Itt nem volt szükséges feltüntetnem külön-külön minden növényt, hanem a széleken mért pontokkal határoltam le ezeket a területeket.

A szőlősorok felmérésére is szükség volt. A sorok mentén haladva átlagosan 13 méterenként felvettem egy-egy pontot a szőlő vonalában. Ezeket a pontokat később a szintvonalas térkép készítéséhez is felhasználtam, így nem kellett külön tereppontokat mérnem.



6.6. ábra Felmérendő szőlősorok
(Forrás: saját kép)

A földrészleten a teraszos kialakítás következményeképpen számos rézsű helyezkedik el. A rézsűket is fel kellett tüntetnem a térképen, ezért ezek alján és tetején is mértem részletpontokat.

A területen található közművekhez tartozó tereptárgyak helyzetét is meghatároztam (aknák, villanyoszlop).

Az épületek jellemző sarokpontjait is megmértem, bár ezeket később csak ellenőrzés szintjén használtam fel a mérőállomások mérés szerkesztésekor. A rovert az oldalirányú kiterjedése miatt nem tudtam pontosan az épület sarokpontjához függőlegesen

odahelyezni, ezért a következő módon oldottam meg a mérést. A sarokpontok meghatározásához két ponton végeztem méréseket a falsíkok kihosszabbításában. Ezekről a pontokról a lézeres távolságmérő segítségével végeztem méréseket a sarokpontra, melyeknek eredményét pontkódként tároltam el. Így később a szerkesztés folyamán az ívmetszés módszerével kiszerkeszthetők voltak a sarokpontok. GPS-el azért sem tanácsos méréseket végezni, épületek vagy magasabb tereptárgyak (pl.: fák, oszlopok) közvetlen környezetében, mert ezek akadályozzák a műholdjelek vételét.

A terepi felmérés után az irodába visszaérve kiolvastam a Getac PS336 kezelőből a mért pontok koordinátalistáját, valamint a mérési jegyzőkönyvet.

A kivett rendezvényház és vendégház, valamint a gazdasági épület és az ezekhez tartozó lépcsők mérőállomással lettek meghatározva 2021. július 6-án. Részben GPS segítségével is fel lehetett volna mérni, ám a mérőállomás használatával sokkal pontosabb eredményt kapunk. Ezen felül szükség volt a padlószint, az ereszek és az épületgerincek magasságára is, melyek meghatározása GPS-el kivitelezhetetlen.

Első lépésben megterveztem a mérés folyamatát. Ki kellett találnom, hogy hol létesítsek álláspontokat, ahonnan a legnagyobb hatékonysággal tudom megirányozni az épületek töréspontjait. Ezután állandósítottam az alappontokat, amelyeket úgy helyeztem el, hogy az álláspontokról megfelelően el tudjam végezni a tájékozásokat. Figyeltem arra, hogy a tájékozó irányok nagyobb távolságban helyezkedjenek el az állásponttól, mint a meghatározandó részletpontok. Az állandósítás hilti szegekkel történt. Az egyértelműség kedvéért a pontszámokat filccel felírtam a pontok mellé. Az alappontok vízszintes és magassági koordinátáit GPS segítségével határoztam meg, melyet egy háromlábú állvány segítségével rögzítettem a leütött szeg fölött. A meghatározás 3 x 60 epochával történt és a mérések között 120°-kal elforgattam a tartórudat, ezzel kiküszöbölve az esetleges ferdeségét. A műszer a mérések után minden egyes alappontra a számtani középérték képlete alapján közepelt koordinátákat számított. Az alappontok végleges koordinátáit kiexportáltam egy .txt fájlba, és átmásoltam a kontrollerhez csatlakoztatott pendrive-ra.

A mérőállomást felállítottam az első állásponton. A műszerlábát gondosan letapostam, bekapcsoltam a műszert, majd elindítottam a SmartWorx Viva terepi szoftvert. A digitális szelencés libella beállításával függőleges helyzetbe állítottam a mérőállomás

állótengelyét. Létrehoztam egy új job-ot, amelynek a pontlistájába beimportáltam az alappontok koordinátáit a pendrive-ról. Kiválasztottam, hogy milyen felületre fogom elvégezni a mérést. Ez jelen esetben a Leica GRZ4 360°-os prizma volt, melynek prizmaállandója: +23.1 mm.

A tájékozásokat két távcsőállásban végeztem el a nagyobb pontosság elérése érdekében. Ezzel a módszerrel kiküszöbölhető a kollimációs hiba.

Az épületek sarokpontjai mellett a falsíkokra is végeztem méréseket ellenőrzés gyanánt. Ilyenkor a programban át kellett állítanom az irányzott célpont típusát prizmáról felületre.



6.7. ábra Épület felmérése
(Forrás: saját kép)

Az épületekhez tartozó lépcsőket is fel kellett tüntetnem. Lépcsők mérése során nem határoztam meg minden lépcsőfok pozícióját külön-külön, hanem csak a tetején és az alján vettem fel részletpontokat és pontkódként eltároltam a fokok számát. A szerkesztésnél a kódok és a fényképek alapján tudtam, hogy hány fokot kell megszerkesztenem.



6.8. ábra Felmérendő lépcsők
(Forrás: saját kép)

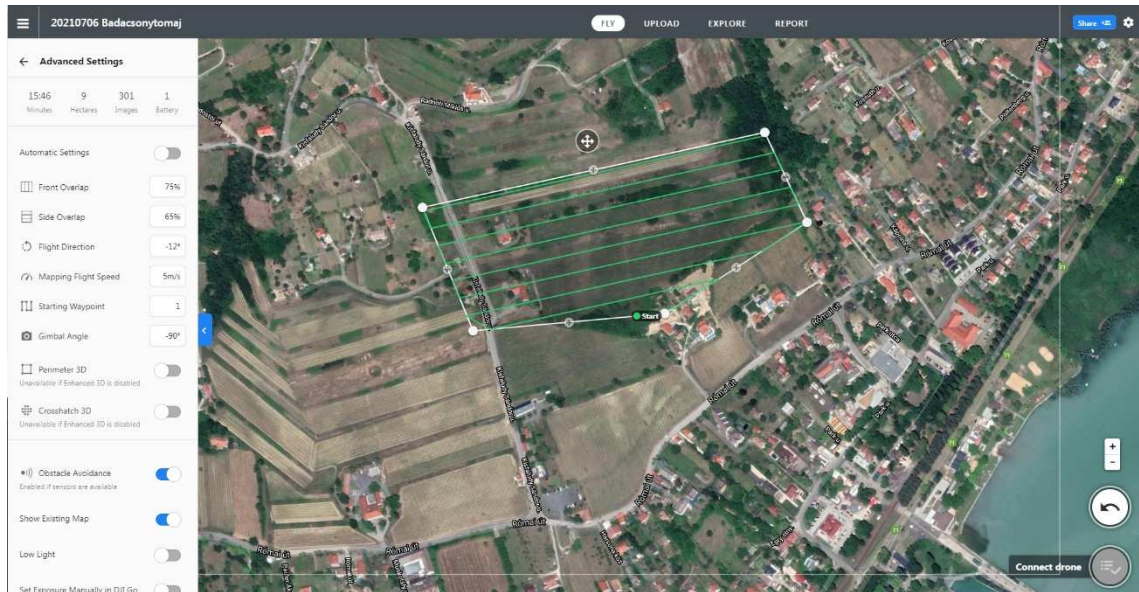
Miután a mérőállomással megmértem a két épületet, ellenőrzésképpen a Leica Disto D510 lézeres távmérővel is körbemértem azokat. Így a szerkesztésnél össze tudtam hasonlítani ezeket az értékeket a mérőállomás által meghatározott sarokpontok közötti távolságokkal.

A drónos felmérésre is ezen a napon, 2021. július 6-án került sor. Mivel én még nem rendelkezem drón jogosítvánnyal, ezért egy kollegám volt a segítségemre ebben a feladatban. A repülést a „6.2. Drónokra vonatkozó szabályozások” fejezetben ismertetett törvények betartásával végeztük el. A repülés napjának kiválasztásakor a legfontosabb szempont az volt, hogy az időjárás megfelelő legyen, tehát ne essen az eső és lehetőleg szélcsend legyen.

Az ortofotó előállítására gondos irodai és terepi előkészítést igényelt. Az általunk használt DJI Phantom 4 Pro drón 20 megapixeles kamerája lehetővé tette, hogy 60 méter magasságból olyan ortofotót állíthassunk elő, amely viszonylag komoly részletességgel adja vissza számunkra a munkaterületen elhelyezkedő egyes objektumok alakját és méretét.

Az előkészítések során egy repülési tervet készítettem a DroneDeploy alkalmazással. A programban egy új projekt létrehozását követően lehatároltam a repüléssel érintett munkaterületet. Ezután a következő paramétereket kellett beállítanom: repülés

magassága, iránya, egyes képek közötti átfedés mértéke, drón repülési sebessége. Ezekből az adatokból a szoftver automatikusan megbecsülte a repülésre szánt időt, a fényképek számát és az előállítandó fényképek minőségét cm/pixel értékkel.



6.9. ábra Repülési terv
(Forrás: saját kép)

A terepi előkészítés során 18 darab illesztőpontot helyeztünk el a munkaterületen. Az illesztőpontok helyét úgy választottuk meg, hogy az egész földrészletet lefedjék és lehetőleg ne takarja ki azokat a fényképezés pillanatában a pont környezetében található tereptárgy. Ezeket úgy jelöltük meg festékekkel, hogy majd a légifényképeken könnyen azonosíthatóak legyenek. A koordinátaikat GPS segítségével mértük meg. Minden illesztőponton 6 epochával történt a meghatározás.



6.10. ábra 10-es számú illesztőpont
(Forrás: saját kép)



6.11. ábra Illesztőpontok elhelyezkedése a munkaterületen
(Forrás: saját kép)

Az illesztőpontok létesítése és koordinátáinak meghatározása után következett a DJI Phantom 4 Pro drón összeszerelése. Felhelyeztük a 4 propellert a megfelelő helyekre és eltávolítottuk a gimballt rögzítő szilikont, majd elhelyeztük az előzetesen feltöltött akkumulátort a műszerben. A távirányító tablettartójában elhelyeztük az iPad-et, majd USB kábellel csatlakoztattuk a controllerhez.

A drón bekapcsolása után az első feladatunk az iránytű kalibrációja volt. Először vízszintesen, majd oldalra döntött állapotban kellett 360°-ban elforgatni. Ezután elhelyeztük a drónt a kiválasztott „Home point”-on. A „Home point” definiálásakor fontos volt, hogy semmilyen magasabb tereptárgy, valamint légvezeték ne legyen a közvetlen közelében, ami zavarhatja a fel- és leszállást. A felszállás után a drón végrehajtotta a repülést az előre meghatározott útvonalon. Egy akkumulátor elegendő volt a felmérés elvégzéséhez.

Miután minden terepi méréssel végeztem, még egyszer körbejártam a területet és fényképeket készítettem, különös tekintettel az épületekre. Ez a későbbiekben a szerkesztés folyamán nagy segítséget tud nyújtani.

7. Feldolgozás

Ebben a fejezetben ismertetem a feldolgozás során használt szoftvereket: az ITR6-ot és az Agisoft Metashape Pro-t. Ezt követően kifejtem, hogy az előbb említett szoftverek segítségével hogyan hajtottam végre a feldolgozást.

7.1. Felhasznált szoftverek bemutatása

A tervezési alaptérképet az ITR6 szoftverrel készítettem el, a szintvonalas térkép kivételével. Ennek megszerkesztéséhez az AutoCAD Civil 3D 2016-ot használtam. A drónos mérés kiértékelését, a digitális terepmodell (DEM – Digital Elevation Modell) és az ortofotó létrehozását az Agisoft Metashape Pro program segítségével végeztem el.

7.1.1. ITR-6

A Diósi Mérnöki Iroda Kft. által lefedett profilok jelentős része sajátos célú földmérési munkákból áll, amelyek elvégzésére az ITR-6 bizonyult a legmegfelelőbbnek. A cégnél minden kolléga ennek a szoftvernek a teljes kiépítésű változatát használja, ezért jelen esetben is ezzel történt a feldolgozás.

A CAD (Computer Aided Design – számítógéppel támogatott tervezés) rendszerek a mérnöki rajzok szerkesztésére szolgáló szoftverek összefoglaló elnevezése. A tervezési alaptérkép szerkesztését a legfrissebb verzióval, az ITR-6 szoftverrel végeztem. Az ITR (Interaktív Térképszerkesztő Szoftver) egy magyar cég, a DIGIKART Kft. által fejlesztett szoftver. A program első verzióit az 1980-as évek vége óta használják. A program elsődleges alkalmazási területe a nagyméretarányú digitális földmérési alaptérképek szerkesztése, kezelése. Ezen felül természetesen alkalmazhatóak más feladatokra is. Akármennyi vektoros térképet, vagy raszterképet nyithatunk meg egyszerre, valamint a felhasználható rétegek, feliratok és vonaltípusok száma sincsen korlátozva. Egyik előnye, hogy nincsen nagy hardverigénye. Az alapértelmezett adatállománya az „.ibn” formátumú vektortérkép. ^[29]

7.1.2. Agisoft Metashape Pro

Az Agisoft Metashape pro egy fotogrammetriai képfeldolgozó szoftver. Alkalmazható fényképek feldolgozására, valamint digitális ortofotó és háromdimenziós modell előállítására is. A legfontosabb funkciói a következők: Fotogrammetriai háromszögelés, 3D modell generálás, Pontfelhő előállítása, DEM generálás, Távolság, terület és térfogatmérés, Multispektrális képfeldolgozás.

A programmal a jelenlegi munka feldolgozása előtt még nem volt lehetőségem dolgozni. A kezelését viszonylag hamar megszoktam. A menürendszer logikusan van felépítve és könnyen megtalálhatóak a használni kívánt funkciók. ^[30]

7.2. Feldolgozás leírása

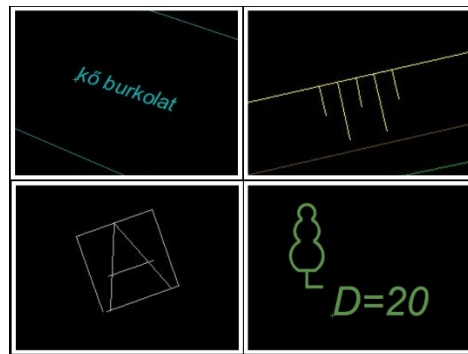
Az irodai feldolgozást a GPS-es mérés megszerkesztésével kezdtem. A feladatot a korábban már bemutatott ITR6 szoftverrel végeztem el. A Diósi Mérnöki Iroda Kft. rétegekiosztását és jelkulcsait használtam. Megnyitottam az alapállományt, majd elmentettem másként. A szerkesztéseket ebben az állományban folytattam.

Először beimportáltam a koordinátajegyzéket tartalmazó .txt fájlt. A megjelenítési jellemzők menüpontban beállítottam, hogy a pontkódok legyenek láthatóak. Így könnyen be tudtam azonosítani, hogy az adott pont milyen tereptárgyat jelöl.

A munkát a vonalas létesítmények részletpontjainak összekötésével kezdtem (utak, járda), majd a rézsűket szerkesztettem meg. Ezután a szőlősorok feltüntetése következett. Mivel ilyen réteget nem találtam a rétegválasztóban, ezért egy új fóliát hoztam létre „Szőlősor” néven és ezt alkalmazva ábrázoltam a sorokat.

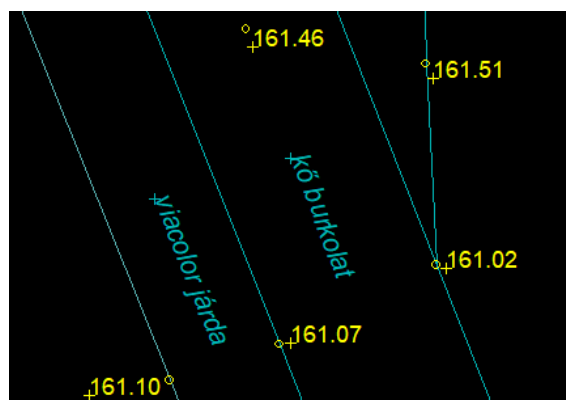
A vonalas létesítmények megszerkesztése után a jelkulcsok elhelyezésével folytattam a feladatot. Fákat és közmű tereptárgyakat (aknafedelelek, villanyoszlopok), valamint a rézsűk esésének irányát illusztráltam jelkulcsokkal.

A tervezési alaptérkép teljességéhez szükség volt feliratok elhelyezésére is a megfelelő rétegekben. A fák mellé megírtam a törzsátmérőjüket, az utaknál pedig a burkolat típusát tüntettem fel.



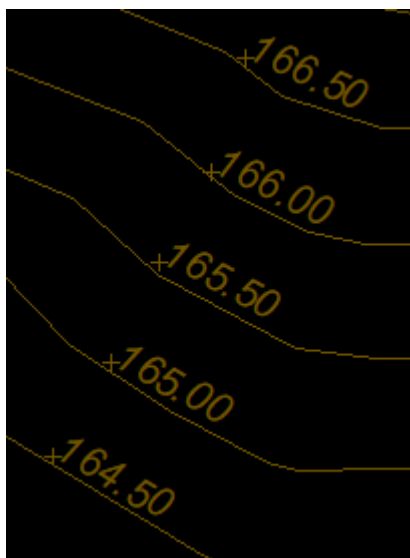
7.1. ábra Feliratok, jelkulcsi ábrázolás ITR6-ban
(Forrás: saját kép)

A lista műveletek közül kiválasztottam a „Listák bővítése ablakkal” lehetőséget és felgyűjtöttem az összes pontot. Ezeken nullkör jelkulcsokat helyeztem el „Magasság megírások” rétegben. A „Pontmegírás” funkcióval a megfelelő beállításokat elvégezve a program feliratokat hozott létre a pontok magasságával. Akadtak olyan területek, ahol nagyon sűrűn helyezkedtek el a felmért részletpontok. Ezekben az esetekben az esztétikus megjelenítés érdekében néhány pontnak nem jelenítettem meg a magassági értékét. Ez azért sem jelentett problémát, mivel olyan közel helyezkedtek el egymáshoz, hogy a magasságbeli különbségek nem voltak mérvadóak.



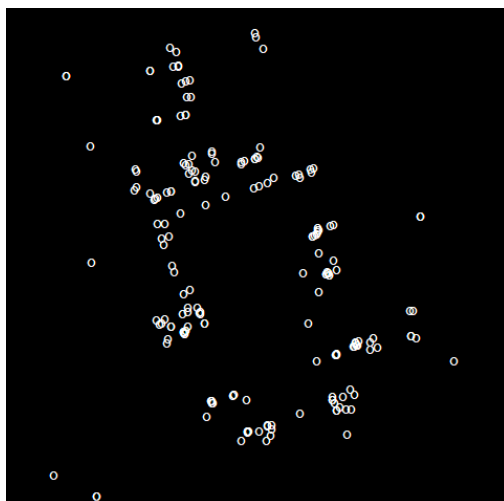
7.2. ábra Feliratok, magasságmegjelenítés ITR6-ban
(Forrás: saját kép)

A tervezési alaptérképhez szükség volt szintvonalas térkép készítésére is. Ezen ábrázolásmód jól kifejezi a felszíni viszonyokat. Elhelyezkedésük sűrűsége a terep meredekségétől és a beállított alapszintköztől függ. Jelen esetben főszintvonalak (alapszintvonalak) és felezőszintvonalak (segédszintvonalak) segítségével ábrázoltam a terep lejtésviszonyait 1 méteres alapszintközzel. Az interpolációt az AutoCAD Civil 3D 2016 szoftverben készítettem el, majd ezt az állományt behívtam ITR6-ba. A főszintvonalakat és a felezőszintvonalakat két különböző fólián jelenítettem meg. Hasonlóképpen jártam el a magassági értékeket megjelenítő feliratok létrehozásánál is. Ezeket úgy helyeztem el, hogy a magassági számok talpa mindig a lejtő irányába mutasson.



7.3. ábra Szintvonalak és magasságaik ITR6 szoftverben
(Forrás: saját kép)

Ezután következett a mérőállomással történő mérés feldolgozása, melyet egy külön .ibn állományban végeztem el, értelemszerűen ugyanazt a rétegkiosztást használva. Beolvastam a koordinátajegyzéket, majd a program megjelenítette a felmért pontokat.



7.4. ábra Mérőállomással meghatározott pontok
(Forrás: saját kép)

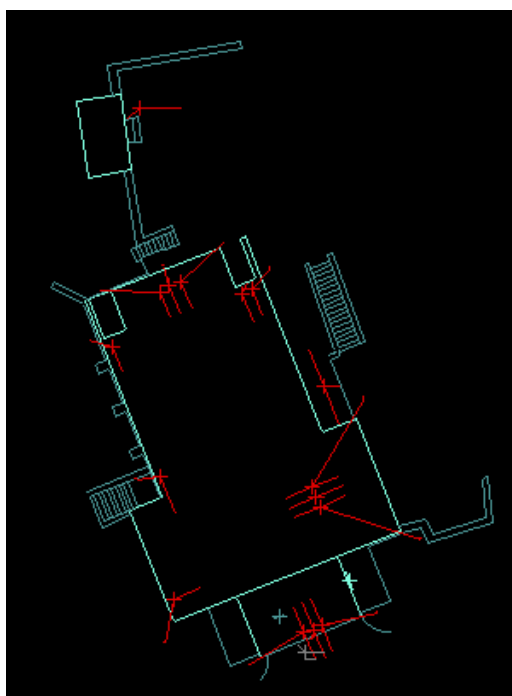
A szerkesztést a falsíkok megrajzolásával kezdtem. Bizonyos esetekben nagy segítségnek bizonyultak a helyszínen készült fényképek és a lézeres távmérővel mért távolságok.

A szerkesztés során külön rétegekkel jelenítettem meg a falsíkokat (Épület), a támfalakat (Támfal) és a lépcsőket, valamint a teraszt (Épület tartozék).

A meghatározott jellemző magassági pontokon (ereszmagasság, gerincmagasság, küszöbmagasság) nullkör jelkulcsokat helyeztem el, majd a mért értékeket zászlózott feliratokkal jelenítettem meg.

A lépcsők felszerkesztésénél összekötöttem az alján mért pontokat a tetején meghatározott pontokkal. A „Felosztás 'n' egyenlő részre” parancsot alkalmazva annyi részre osztottam fel az egyeneseket, ahány fok volt az adott lépcsőn. Ez a funkció azért is hasznos, mert a felosztás során kiszámítja minden lépcsőfok magasságát és magassági koordinátákkal generálja le az új pontokat.

A tervezési térképen minden pont magassági értékének a valós terepi viszonyokat kell tükröznie, ezért néhány értéket módosítanom kellett. Ezek voltak azok a pontok, amelyeket a mérőállomással a falsíkokra, törés- és sarokpontokra történő méréssel határoztam meg. Az említett részletpontok valós magasságát az épületek mellett végzett mérésekből származtattam.



7.5. ábra Megszerkesztett épületek, lépcsők, támfalak
(Forrás: saját kép)

Végül felgyűjtöttem listába az összes pontot és – csakúgy, mint a GPS-es mérés feldolgozása során - nullkör jelkulcsokat, valamint magasságmegírásokat helyeztem el. A pontok sűrűsége miatt itt sem jelenítettem meg minden feliratot.

Miután elkészültem a GPS-es és a mérőállomásos felmérések szerkesztésével, az „Összemásolás” paranccsal összefésültem a két fájlt egy állományba. Szintén az előző funkció segítségével behívtam a földhivatali alaptérképet is. Végül elhelyeztem az észak jelet és a készítő cég, valamint az aktuális munka adatait tartalmazó feliratot. Az elkészült tervezési térképet elmentettem .pdf formátumban, majd kiexportáltam .dxf formátumba. Ezt a fájlt megnyitottam AutoCAD-ben és elmentettem .dwg-ként.

A tervezési alaptérkép elkészítése után az ortofotó előállításával folytattam a munkát. A drónfelmérés feldolgozását az alábbi paraméterekkel rendelkező PC-n végeztem el:

- CPU: Intel Core i7-8700
- RAM: Kingston 16GB (2x8GB) DDR4 2133MHz
- VGA: KFA2 GTX 1070 8GB GDDR5 256bit PCIe
- SSD: Samsung PM981 256GB M.2 2280 PCIe NVMe SSD
- HDD: Seagate 2TB 64MB 7200rpm 64MB SATA3

A drón által készített fényképek sokaságából (303 kép) az ortofotót az Agisoft Metashape Professional nevű szoftverrel állítottam elő. A programot megnyitva létrehoztam egy új projektet, amelybe behívtam a képeket. Megadtam a térképezés vetületi rendszerét (HD72/EOV), majd elindítottam a képek tájékozását.

Az „Align Photos” menüpontban a pontosság beállítását követően (Lowest, Low, Medium, High, Highest választási lehetőségek állnak rendelkezésünkre) elvégeztem a képek tájékozását. Ez egy pár perces művelet, melyet – amennyiben metrikus adatnyerés a célunk – érdemes a legjobb minőségben elkészíteni. A feldolgozás során a legjobb, azaz a „Highest” paramétert alkalmaztam. Ilyenkor a szoftver az eredeti felbontású képeken végzi el a tájékozást. Ez a folyamat körülbelül 5 percet vett igénybe.

A szoftver előállított egy modellt a tájékozás végrehajtásával, egy modell koordinátarendszerben. Célunk az, hogy megteremtsük ezen rendszer és az országos vetületi rendszer közötti kapcsolatot. Ezt a terepi felmérés során meghatározott illesztőpontok beolvasását követően tehetjük meg a programban. Minden egyes illesztőpont helyét meg kell jelölnünk az összes olyan képen, ahol azok leképződtek, ugyanis értelemszerűen minél több képen mutatjuk meg az illesztőpont helyét a szoftvernek, annál megbízhatóbb modellt kapunk.

✓	1	532052.318800	162008.605200	161.073700	0.005000	0.012071	14	0.672
✓	2	532141.861000	162032.820400	160.481700	0.005000	0.006659	14	0.491
✓	3	532176.372200	161994.900100	149.228500	0.005000	0.013377	18	0.530
✓	4	532087.042900	161942.741400	147.615300	0.005000	0.004283	20	0.461
✓	5	532029.875300	161905.209300	147.015300	0.005000	0.016668	21	0.473
✓	6	531983.758600	161881.567300	145.309100	0.005000	0.000957	16	0.734
✓	7	531899.994500	161866.061500	146.523600	0.005000	0.012624	12	0.659
✓	8	531782.928100	161863.723000	150.126200	0.005000	0.012625	13	0.781
✓	9	531762.357200	161964.494900	162.829900	0.005000	0.006732	13	0.793
✓	10	531744.866100	161997.190600	167.897000	0.005000	0.012637	11	0.972
✓	11	531891.773300	162023.762100	167.593800	0.005000	0.009630	11	0.391
✓	12	532072.650400	162061.482400	167.205800	0.005000	0.002920	14	0.497
✓	13	532131.006200	162070.266400	167.345500	0.005000	0.013927	11	0.425
✓	14	531956.334900	161995.707800	161.050700	0.005000	0.021927	13	0.823
✓	15	531909.472400	161977.055000	161.493100	0.005000	0.016746	12	0.816
✓	16	531822.037000	161948.622400	159.253200	0.005000	0.004343	14	0.779
✓	17	531882.611700	161958.849700	157.514600	0.005000	0.028245	18	0.695
✓	18	531978.571800	161977.020500	155.939200	0.005000	0.031998	19	0.931
Total Error								
Control points						0.015068	0.679	
Check points								

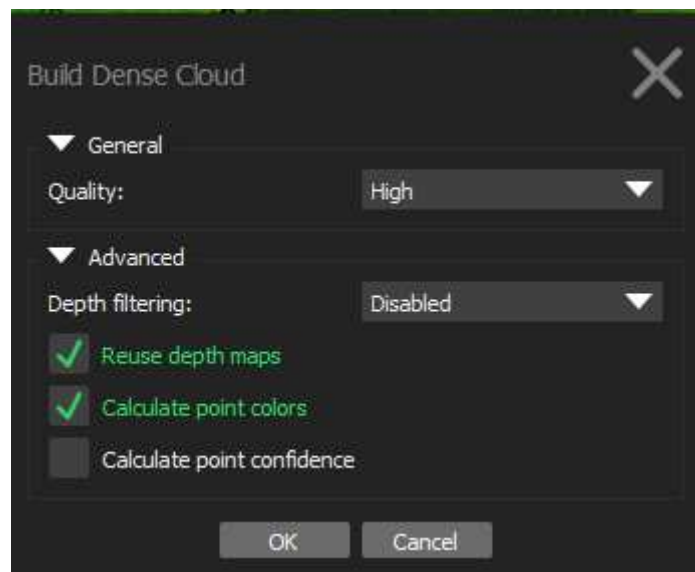
7.6. ábra Illesztőpontok koordinátái
(Forrás: saját kép)

Az Agisoft Metashape Pro sugárnyaláb kiegyenlítéses légi háromszögelési eljárást alkalmaz. Ennél a módszernél a szoftver minden egyes projektbeli képre egyidejűleg nyújt megoldást. Az összes felvétel külső tájékozási paramétereit, a terepen létesített illesztőpontok kiegyenlített értékeit, valamint a kapcsoló pontok X, Y, és Z koordinátáit egyszerre számítja.

Az illesztőpontok megjelölését követően elvégeztem a kamera optimalizálását – a szoftver a fenti eljárást alkalmazva kiegyenlítette a maradék ellentmondásokat a

modellünkben - és megkaptam a modell végleges megbízhatóságát, melynek értéke 0.015 méternek, 0.679 pixelnek adódott. Kamerakalibráció elvégzésével ez az érték jobb is lehetett volna, de esetünkben ez a pontosság is elegendő volt. A kamerakalibrációra a „Tools” eszköztárban a „Camera calibration” parancsot kiválasztva van lehetőség

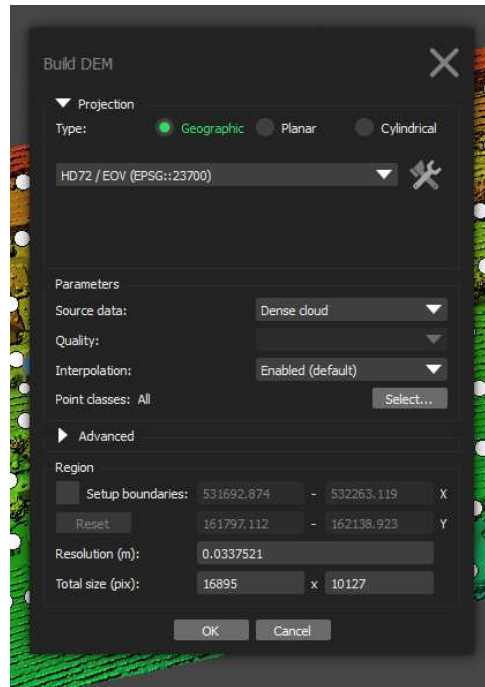
Ezt követően a „Build Dense Cloud” menüpont alkalmazásával már nem volt más dolgom, mint előállítani a pontfelhőt, kiválasztva annak minőségét (Lowest, Low, Medium, High, Ultra High) és a különböző filterek (Disabled, Mild, Moderate, Aggressive) közül lehetőséget. Itt lehet beállítani a felületek közötti élek, átmenetek jellegét. A modell előállítása során a „High” paramétert használtam és filtert nem alkalmaztam.



7.7. ábra Pontfelhő készítésének beállításai
(Forrás: saját kép)

Az előállt modell 173 586 097 pontot tartalmazott. Az eljárás körülbelül 45 percet vett igénybe. A 3 dimenziós pontfelhő modelljében könnyedén elvégezhetőek a következő feladatok: távolság-, terület- és térfogatszámítás.

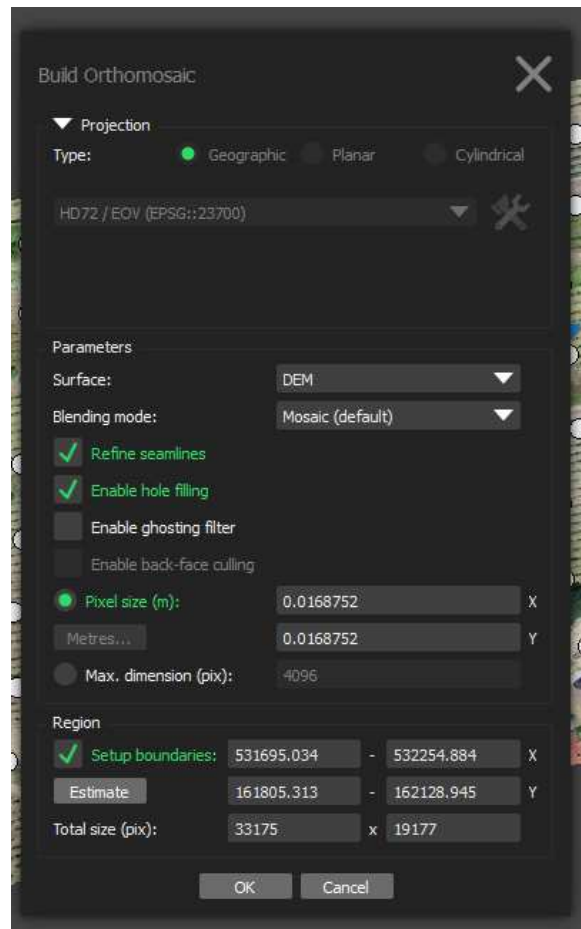
A pontfelhő elkészítését követően létrehoztam a DEM-et (Digital Elevation Modell). Itt különböző paramétereket kellett megadnom a szoftvernek. Többek között kiválasztottam a vetületi rendszert, az interpoláció módját és a felbontást.



7.8. ábra DEM létrehozásának beállításai
(Forrás: saját kép)

A 3.38 cm/pixel felbontású digitális felszínmodell a program 2 perc alatt előállította.

Következő lépésben az ortofotót készítettem el. A programban beállítottam a megfelelő paramétereket. Az ortofotó előállítása 21 percig tartott, felbontása 1.69 cm/pixel lett.



7.9. ábra Ortofotó előállításának beállításai
(Forrás: saját kép)

Ezt követően kiexportáltam az elkészült ortofotót. Itt lehetőség van a kép felbontásán csökkenteni (10 cm/ pixel), így egy könnyebben kezelhető és minőségét tekintve még mindig jónak mondható ortofotót kapunk.

A tervezési alaptérkép megrendelőjének a következő dokumentumokat küldtük el:

- Tervezési alaptérkép .dxf, .dwg, .pdf formátumban
- Felmért pontok koordinátajegyzékét tartalmazó .txt formátumú fájl
- Ortofotó ^[31]

8. Összegzés

Szakdolgozatomban Badacsonytomaj település 041/36 helyrajzi számú földrészletéhez készített tervezési alaptérkép előállításának folyamatát mutattam be. Ismertettem a mérés során alkalmazott technológiákat (GNSS és Dróntechnológia) és a felhasznált műszereket, valamint a feldolgozószoftvereket is.

Mind a terepi, mind az irodai munkarészek során számos új dolgot tapasztaltam meg a szakmával kapcsolatosan, különös tekintettel a drónfelmérésre és annak kiértékelésére, az ortofotó elkészítésére. A tervezési alaptérkép elkészítése során különösebb nehézségekbe nem ütköztem, köszönhetően annak, hogy Diósi Mérnöki Iroda Kft.-nél töltött idő alatt számos hasonló tervezési munkában vettem részt. A műszereket jól ismertem, mivel ezeket használtam már az előző munkáim során is. A feldolgozást is a megszokott módon végeztem el, az ITR-6 szoftver használatával.

A drónfelmérés és az ortofotó elkészítése viszont újdonság volt számomra, ugyanis ilyen jellegű munkában eddig még nem volt lehetőségem részt venni. Az egyetemen elméleti szinten már tanultam erről a témakörrel, most a gyakorlati részével is megismerkedhettem. A repülés megtervezése során meg kellett tanulnom a DroneDeploy alkalmazás használatát, majd a feldolgozás során az Agisoft Metashape Pro kezelését. Véleményem szerint mindkét szoftver használata könnyen elsajátítható.

A tervezési alaptérkép elkészítéséhez szükséges terepi adatgyűjtés előtt az alkalmazott technológia kiválasztásakor figyelembe kell venni a megrendelő által elvárt igényeket (pontosság, végtermék típusa) és a terep sajátosságait is. A jelenlegi munka során az előbb említett két szempont alapján a hagyományos felmérésre esett a választás. A GPS és a mérőállomás segítségével tudtam előállítani az elvárt minőséget. A drónfelmérésre ebben az esetben csak az ortofotó előállítása végett volt szükség.

A felmérés során használt műszerek és rajtuk lévő terepi szoftverek korukból adódóan nem tartalmazzák a legmodernebb fejlesztéseket. A technológia fejlődésének köszönhetően az újabb műszerek egyre nagyobb pontosság elérésére képesek. Az új funkciók megjelenése is nagy mértékben megkönnyíti a felmérő személy munkáját. A legfrissebb adatgyűjtő szoftverek is egyre több hasznos funkcióval bővülnek.

A dróntechnológia előreláthatólag - rohamos fejlődésének köszönhetően - a földmérés és a fotogrammetria terén is egyre jobban el fog terjedni. Legnagyobb előnye a hagyományos terepi módszerekkel szemben az adatgyűjtés rendkívül rövid időtartama. Természetesen árnyoldalai is vannak a technológiának, például bizonyos terepi viszonyok esetén korlátozottak a lehetőségek.

A jelenlegi munka esetében sikerült elkészíteni az elvárt minőségű tervezési alaptérképet és az ortofotót.

9. Summary

In my dissertation I presented the process of producing a planning map for the land part of Badacsonytomaj with the land registry ID 041/36. I also described the technologies used in the measurement (GNSS and Drone Technology) and the instruments used, as well as the processing software.

During both the field and office work, I experienced a number of new things about the profession, especially the drone survey and its evaluation, and the preparation of the orthophoto. I did not encounter any great difficulties during the preparation of the basic design map, due to the fact that I participated in many similar design works during my time at Diósi Mérnöki Iroda Kft. I was well acquainted with the instruments, as I had used them during my previous work. I also did the processing as usual, using the ITR-6 software.

However, the drone survey and the preparation of the orthophoto were new to me, as I have not yet had the opportunity to take part in this type of work. I had already learned about this topic at a theoretical level at university, now I was able to get to know the practical part as well. I had to learn how to use DroneDeploy during flight planning and then how to handle Agisoft Metashape Pro during processing. In my opinion, both softwares were easy to learn.

Before selecting the field data required for the preparation of the planning map, the needs of the customer (accuracy, type of end product) and the characteristics of the field must be taken into account when selecting the applied technology. In the course of the current work, the traditional survey was chosen based on the former two aspects. I was able to produce the expected quality with the GPS and the total station. The drone survey was needed in this case only to produce an orthophoto.

The instruments used in the survey and the field software on them do not include state-of-the-art developments due to their age. Thanks to advances in technology, newer instruments are able to achieve increasing accuracy. The emergence of new features also makes the job of the surveyor much easier. The latest data collection software is also expanding with more and more useful features.

Drone technology is expected to become more widespread in surveying and photogrammetry due to its rapid development. Its biggest advantage over traditional field methods is the extremely short duration of data collection. Of course, there are downsides to the technology, for example, the possibilities are limited in certain field conditions.

In the case of the current work, the required quality design planning map and orthophoto were created.

10. Mellékletek

Digitális formában leadott mellékletek:

- Mérési jegyzőkönyv
- Részletpontok koordinátajegyzéke
- Illesztőpontok koordinátajegyzéke
- Ortofotó
- Tervezési alaptérkép (.ibn)

11. Irodalomjegyzék

-
- [1] Dr. Ágfalvi Mihály, Mérnökgeodézia 2. jegyzet (2010)
- [2] <http://geodeziakft.hu/tevekenysegek/tervezesi-alapterkep-keszites/> Geodézia Kft. (2021.05.08.)
- [3] <http://www.foldetmerunk.hu/tervezesi-alapterkep-keszites> Szládik Illés e.v. földmérő (2021.05.08.)
- [4] <http://www.foldhivatal.hu/content/view/72/118/> Földhivatali portál (2021.05.09.)
- [5] http://tsurvey.hu/szolgáltatások/?gclid=CjwKCAjw7diEBhBEiwAskVi1luz9t5TYKjplc_fwzcB86fftZb_3JQaliNKtdrFOKjeov99BsQVGxoC4osQAvD_BwE#mérnökgeo T-SURVEY Földmérési és Mérnöki Kft. (2021.05.09.)
- [6] https://hu.wikipedia.org/wiki/Badacsonyi_borvidék Wikipédia (2021.11.21)
- [7] http://www.urvilag.hu/india_a_vilagurben/20160429_kesz_az_indiai_navigacios_muholdrendszer Űrvilág űrkutatási hírportál (2021.05.10.)
- [8] <https://newtechnology.hu/gnss-global-navigation-satellite-system-vevo-egysegek-es-hasznalatuk/> NEW technology (2021.05.08)
- [9] <https://www.gnssnet.hu> GNSS Szolgáltató Központ (2021.05.09.)
- [10] <http://lechnerkozpont.hu/oldal/gnss> Lechner Tudásközpont (2021.05.09.)
- [11] Dr. Busics György, Műholdas helymeghatározás jegyzet (2010)
- [12] Ádám J. – Rózsa Sz. – Takács B.: GNSS elmélete és alkalmazása (2012)
- [13] Heilmann János, Globális helymeghatározó rendszerrel történő vízszintes alappontsűrítés
- [14] Dr. Busics György, Geodéziai hálózatok 5. jegyzet (2010)
- [15] https://www.sgo-penc.hu/geo_halozatok.php Kozmikus Geodéziai Observatórium (2021.05.10.)
- [16] <https://edu.epito.bme.hu/local/coursepublicity/mod/resource/view.php?id=57066> Ádám J. – Rózsa Sz. – Takács B.: GNSS elmélete és alkalmazása (2021.05.05.)
- [17] https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_MHM1/ch01s02.html Műholdas helymeghatározás 1. - Dr. Busics György (2021.05.05.)
- [18] https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_INF13/ch01s02.html (2021.05.06.)
- [19] <https://www.droneexpert.hu/drontechnologia-2020.html> DroneXpert (2021.11.15.)
- [20] <https://www.djiars.hu/termek/phantom-4-rtk> DJI ARS Budapest (2021.11.15.)
- [21] <https://www.workdrones.hu/szolgáltatásaink/foldmeres-teruletfelmeres/> Work Drone Solutions (2021.11.16.)
- [22] <http://www.rsgis.hu/digitalisterepmodell.html> RS&GIS (2021.11.16)
- [23] <https://legter.hu/blog/dron-torveny-2021-erthetoen-szakertoktol/> Légtér.hu (2021.11.17)
- [24] <https://mydronespace.hu/applikacio> Mydronespace (2021.11.18.)
- [25] <https://leica-geosystems.com/hu-hu/products/total-stations/software/leica-smartworx-viva> Leica Geosystems (2021.11.22.)
- [26] <https://leica-geosystems.com/hu-hu/products/gnss-systems/controllers/leica-viva-cs15-and-cs10> Leica Geosystems (2021.11.23.)
- [27] <http://geomentor.hu/SatLab%20SL500%20RTK%20GPS%20rover%20vevő> GeoMentor (2021.11.21.)

-
- [28] http://www.meromuszerek.hu/product_info.php?products_id=279&gclid=CjwKCAiAv_KMBhAzEiwAs-rX1E_UU5DcfX2xg_QtUxyvyDlhe82MQTZs4x2M8Mo_EAv9lPrl-0dibBoCjSMQAvD_BwE meromuszerek.hu (2021.11.23.)
- [29] <http://www.digicart.hu/itr.html> Digikart Kft. (2021.05.05.)
- [30] http://datakart.hu/index.php?option=com_content&view=category&id=12&Itemid=101&lang=hu Datakart Kft. (2021.11.07.)
- [31] <http://users.atw.hu/norbi0318/10.T%C3%A1j%C3%A9koz%C3%A1s.html> Dr. habil. Mucsi László, Dr. Kovács Ferenc, Dr. Szatmári József, Dr. habil. Nagyvárad László - Geoinformatika alapjai (2021.12.06.)