



ÓBUDAI EGYETEM

**Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet**

SZAKDOLGOZAT

**Korszerű mérés technika a tervezési alaptérképek
készítésénél**

**OE-AMK
2015.**

Hallgató neve: **Péter Tamás**
Hallgató törzskönyvi száma: **T004659/FI21120/N**

Tartalom

1	Bevezetés.....	6
2	Tervezési alaptérképekről általánosságban.....	7
2.1	Szerepük.....	7
2.2	Készítésükhöz alkalmazott korábbi technológiák.....	8
3	A balatonkeresztúri munkaterület bemutatása.....	9
4	A GNSS.....	11
4.1	A GNSS technológia rövid ismertetése	11
4.1.1	Az alapelv.....	11
4.1.2	A nyers mérési adatok és továbbításuk	11
4.1.3	Abszolút és relatív helymeghatározás	12
4.1.4	Valós idejű és utólagos feldolgozás	13
4.2	A hálózatos RTK technológia	13
4.2.1	A technológia működési elve	13
4.2.2	A VITEL szoftver	15
4.2.3	Hálózatos RTK-val alkalmazható koncepciók	16
4.2.4	A GNSS-szel mért magasságok problémája.....	18
5	Mérés folyamata	19
5.1	Alappontsűrítés	19
5.1.1	Irodai előkészítés	19
5.1.2	Terepi előkészítés	21
5.1.3	Alappontok vízszintes koordinátáinak meghatározása.....	22
5.1.4	Alappontok Balti magasságának meghatározása	27
5.2	Részletmérés	29
5.2.1	Irodai előkészítés	29
5.2.2	Terepi felmérés előkészítése.....	32
5.2.3	Terepi felmérés végrehajtása	33
6	Adatok átvétele és előkészítése a feldolgozáshoz	42
7	Mérés feldolgozása	44
7.1	Helyszínrajz	44
7.1.1	Pontok importálása.....	44

7.1.2	A szerkesztés menete	46
7.2	Felületek létrehozása.....	48
7.2.1	A felületképzés során felmerült problémák.....	50
7.3	Keresztszelvények elkészítése.....	53
7.4	Hossz-szelvény.....	55
8	A hálózatos RTK magassági megbízhatóságának vizsgálata	57
8.1	A vizsgálat célja.....	57
8.2	Referencia-magasságok meghatározása.....	58
8.3	Hálózatos RTK mérések végrehajtása különböző konfigurációs beállításokkal	60
8.4	A tesztmérésből levonható következtetések	62
9	Javaslatok méréstechnológiák alkalmazására	64
9.1	Alappontsűrítés és felmérés GNSS technikával.....	64
9.2	Egy- és kétemberes mérési módszerrel szerzett tapasztalatok	66
10	Köszönetnyilvánítás.....	68
11	Irodalomjegyzék.....	69

1 Bevezetés

Szakdolgozatomban a tervezési alaptérképek készítésének munkafolyamatát mutatom be egy már 2011-ben megvalósult projekt alapján. Lakóhelyemen, Balatonkeresztúron Európai Unió pályázat keretében felújításra került a csapadékvízvezető-hálózat árokrendszere, melyhez tervezési alaptérkép készítésére volt szükség. A felújítás indokolt volt, mert az utóbbi évek esős időjárása sokszor problémákat okozott, a víz megállt az árkokban, alkalmanként – a csekély magasságkülönbségek miatt – az utcákat, családi házak, nyaralók udvarait is elöntötte.

A műszaki fejlettség több megoldást is alkalmassá tesz tervezési alaptérkép-készítéshez, mint például az alappontokra támaszkodó mérőállomással végzett felmérést, GNSS technológiát, e kettő kombinációját, valamint az egyre nagyobb tért hódító, azonban jelenleg a legtöbb kisvállalkozás számára magas anyagi költségei miatt még nehezen elérhető mobil lézerszkennerrel történő felmérést. Dolgozatomban a GNSS-szel és mérőállomással kombinált felmérést mutatom be. A felmérés elvégzésére az „egy- és kétemberes”, avagy a hagyományos és robot mérőállomással végzett módszert is bemutatom, valamint e mérések feldolgozásának mentét háromdimenziós feldolgozószoftverrel, valamint egy ilyen jellegű munkához készítendő munkarészeket (helyszínrajz, hossz- és keresztshelvények).

Emellett részét képezi dolgozatomnak a GNSS mérések magassági megbízhatóságának vizsgálata is. A magasságok nagy szerepet játszanak egy vízvezetésre szolgáló tervezési alaptérképkészítés során, melyhez a hazai és nemzetközi gyakorlatban is a legtöbbször GNSS technológiát alkalmaznak, azonban ennek magassági megbízhatósága elmarad a vízszintes koordináták centiméteres megbízhatóságától. Vizsgálatom célja a megbízhatósági mértékének felderítésére irányult, valamint arra, hogy elegendő-e a GNSS rendszer magassági pontossága ilyen jellegű munkák végzésére.

2 Tervezési alaptérképekről általánosságban

2.1 Szerepük

Új építmények, szerelvények létrehozása vagy átépítése esetében a tervezők számára szükség van a leendő munkálatok helyszínét ábrázoló térképre, amelyet tervezési alaptérképnek hívunk. A térkép célja az, hogy vízszintes és magassági értelemben ábrázolja a terepen található objektumok elhelyezkedését. Az elkészítésére napjainkban többféle mérőeszköz is rendelkezésünkre áll: mérőállomás, geodéziai GNSS vevő, GNSS és mérőállomás kombinációja, lézerszkennerek és ezen eszközökkel kialakítható technológiák.

Azért van szükség tervezési alaptérképek készítésére, mert az ingatlannyilvántartási alaptérkép csak állami alapadat-tartalommal készülhet, ami azonban a tervezők számára nem tartalmaz elegendő információt, valamint a földhivatali térkép megbízhatósága sokszor nem megfelelő a tervezési alaptérkép készítéséhez.

A tervezési alaptérképnek tartalmaznia kell – a tervezési igényeknek megfelelően – a tervezési területen és annak közvetlen környezetében lévő építményeket, tereptárgyakat, közműszerelvényeket (tűzcsapot, gázszaglót, telefonaknát, stb.), kerítést, burkolatot, szegélyt, támfalat, árkot és a növényzetet (fákat, fasorokat, bokrokat) is. Igény esetén a meglévő közműhálózat is rákerül a térképre, melynek rajzi munkarészeit a közműszolgáltatóktól szerezhetjük be. Adott esetben, ha ezt a megrendelő kéri, vagy 10%-nál nagyobb lejtésű a terület, szükség lehet a terepfelszín szintvonalas ábrázolására is.

Vonalas létesítmények (csatornák, utak, stb.) építésénél a tervezési alaptérképekhez hossz- és keresztshelvényeket kell készíteni. A keresztshelvények sűrűségéről (távolságáról) mindig egyeztetni szükséges a tervezővel. Ezt már a felmérés során is figyelembe kell vennünk, és a megbeszélrt távolságok alapján kell a keresztshelvények felmérését elvégezni. A hossz-shelvények általában utcánként készülnek.

A mérések feldolgozása manapság 3D-s térképszerkesztő programmal történik. Először egy helyszínrajzot készül a mért adatokból, amelyen folyamatos térbeli vonalakkal ábrázolják a vonalas létesítményeket és jelkulcsokkal a pontszerű objektumokat. A

hossz- és keresztmetszelvények erre a munkarészre épülve készülnek. Az elkészült munkarészek megjelenítése nyomtatott és digitális formában is történhet, attól függően, hogy a megrendelő és a tervező hogyan kéri azokat.

2.2 Készítésükhöz alkalmazott korábbi technológiák

A „teodolitok és szögprizmák korában”, amikor még GNSS készülékek, sőt mérőállomások sem voltak egy tervezési alaptérkép készítése teljesen másképp történt, mint manapság. Az elektronikus távmérők megjelenése előtt szintezőfelszereléssel (optikai szintezőműszerrel, szintezőléccel) és mérőszalaggal végezték az ilyen munkákat. A tervezési térkép az ingatlannyilvántartási térképen készült, azaz kiegészítették azt plusz adatokkal. Ehhez szükség volt magassági alappontokra, vagy térkép-terepazonos pontokra, melyekről elindulva szintezési vonalat vezettek és a nyilvántartási térképen előre kijelölt helyeken keresztmetszelvényeket vettek fel. Az ilyen helyek kijelölésére, és terepi beazonosíthatóságához belterületen két szemközti birtokhatárpont alkalmas volt. A terepen e két pont között kihúzták a mérőszalagot, megmérték a távolságukat, majd ezt leellenőrizték a térképi mérettel és, ha az hibahatáron belül tért el attól, akkor a szalag által kijelölt irányon felálltak szintezőműszerrel, és a két birtokhatárpont irányában mértek pontokat, melyek magasságát a szintezőlécről, távolságát a mérőszalagról olvasták le. A mért adatokat, valamint az álláspont birtokhatárpontoktól mért távolságát jegyzőkönyvbe vezették és irodában felszerkesztették az alaptérképre.

Az optikai távmérők megjelenésével már lehetőség nyílt szalag nélküli poláris mérésre, mellyel vízszintes és magassági szöget, valamint ferde távolságot olvastak le. A pontok vízszintes és magassági koordinátáinak számításához előbb a ferde távolságokat átszámították vetületi távolságokká, majd ezt követően az ingatlannyilvántartási térkép másolatára, vagy annak felhasználásával készítették el a tervezési alaptérképet.

3 A balatonkeresztúri munkaterület bemutatása

Lakóhelyem, Balatonkeresztúr 2011-ben Európai Unió pályázaton nyert támogatást a csapadékvízvezető-hálózatának felújításához, melyhez tervezési alaptérképre volt szükség.



3.1. ábra. Egy felújítást igénylő árok

Az akkori árkok egy-egy nagyobb esőzés, vagy csapadékosabb időszakokban nem voltak képesek elvezetni a csapadékvizet, így azok felteltek vízzel, és a víz csak párolgás, valamint a talajba történő elszivárgás után tűnt el belőlük. A vízvezető rendszer tehát rászorult a felújításra, így a község önkormányzata benyújtotta pályázati kérelmét, melyhez csatolni kellett felújítási munkálatokhoz szükséges tervezési alaptérképet is. A pályázatot az önkormányzat sikeresen megnyerte, így Európai Unió anyagi támogatással megtörtént az árokrendszer felújítása (3.2. ábra).



3.2. ábra. Felújított árok

Akkor másodéves hallgatóként, már rendelkeztem elegendő geodéziai alapismeretekkel, ahhoz, hogy a felmérés menetét megértsem, emellett nyári diákmunkák alkalmával is földmérő cégnél dolgoztam figuránsként, így lehetőségem volt részt venni a munkában.

Szakdolgozatomban a munkaterület egy kiválasztott szakaszán keresztül szeretném bemutatni a község csapadékvízvezető-hálózatának felújításához készült tervezési alaptérkép készítésének folyamatát. E mintaterület mintegy 1 kilométer hosszúságú, nagyrészt egyenes szakasz. Azért esett erre a területre a választásom, mivel itt található két EOMA magassági alappont, melyeket felhasználtam a szakdolgozat elkészítéséhez, valamint a terep csekély magasságkülönbségei miatt speciálisnak mondható a terep tervezési alaptérképkészítés szempontjából. Az alacsony magasságkülönbségek miatt a meglévő árkok esése is minimális, a kapubejárók alatt található átereszek zöme el van iszapolódva. A munkaterületen található közművek, burkolatok, árkok, fák, fasorok gondos felmérése elengedhetetlen, ugyanis ezek fontos információk a tervező számára.

4 A GNSS

Szakdolgozatomban az egyre jobban tért hódító hálózatos RTK-val történő GNSS-szes alappontmeghatározást végeztem, ezért a 4. fejezet szeretném a technológiát röviden bemutatni. A GNSS mozaikszó a *Global Navigational Satellite System*, vagyis globális navigációs műholdrendszer rövidítése. A GNSS rendszer a hely-, navigáció és a pontos időmeghatározás feladatát oldja meg műholdak segítségével, mely az úgynevezett PNT-szolgáltatás (*Positioning, Navigation, Timing*).

4.1 A GNSS technológia rövid ismertetése

4.1.1 Az alapelv

A technológia alapja, hogy a műholdak pillanatnyi helyzete ismert egy adott vonatkoztatási rendszerben, mert a pályadataikat ismert helyzetű földi követő állomásokon meghatározzák. Ezeket nevezzük navigációs adatoknak, melyeket a műholdak sugároznak. Amikor méréseket végzünk a terepen, a GNSS vevőnk meghatározza a távolságát az észlelhető műholdaktól (kódösszehasonlítás és fázismérés alapján). A vevő pozíciójának a helyzete ekkor már számítható egy adott vonatkoztatási rendszerben, mert a műholdak pozíciói ismertek, és a vevőnkől való távolságukat meghatároztuk. Így tulajdonképpen egy térbeli ív-hátrametszéssel határozzák meg a vevő úgynevezett abszolút koordinátáit, melyhez legalább négy műholdról kell adatokat fogadnunk. Geometriai szempontból a térbeli koordináták meghatározásához elegendő lenne 3 ismert pont (ebben az esetben műhold) is, azonban a távolságok meghatározásához az időt is felhasználják azzal a feltételezéssel, hogy a műholdra és a vevő-óra szinkronizált. A negyedik műholdra a műholdon és a vevőben található óra eltérése illetve annak kiküszöbölése miatt van szükség.

4.1.2 A nyers mérési adatok és továbbításuk

A mai GNSS vevők a műhold és a vevő közötti távolság meghatározásához fázismérést alkalmaznak. Ennek lényege, hogy a műhold kibocsát egy vivőjelet, a vevő pedig ezt összehasonlítja az általa előállított referenciajellel és meghatározza a két jel közötti fáziskülönbséget. A fázismérés eredménye azonban csak a periódusok számának törtrészét tartalmazza, az egész részt számítással kell meghatározni. A vevők kódmerést

is használnak a bekapcsolásuk utáni térbeli pozíciójuk közelítő meghatározásához és a későbbi feldolgozáshoz is. A kódérés pontossága alacsonyabb a fázismérésénél, azonban ezekhez a feladatokhoz elegendő.

A GNSS technológia hatékony alkalmazásához szükség van arra, hogy a mérések eredményét ne csak az alkalmazott műszer gyártójának a saját feldolgozó programjával tudjuk számítani, hanem egy olyan mérési fájl tudjunk belőle kiolvasni, amit több program is kezelni tud. A RINEX formátum definiálásával, szabványosításával (és folyamatos megújításával) a feldolgozáshoz gyártótól független mérési fájl hoztak létre. Ez egy egyszerű szöveges fájl, mely egy fejlécből és a nyers mérési adatokat tartalmazó listából áll. Az adatok elhelyezkedése szigorúan kötött, mert csak így biztosítható, hogy a különböző programok tudják, hol kell keresni a szükséges adatokat.

Az RTK adatok szabványosítása az RTCM formátummal valósult meg. Az RTCM valójában egy amerikai bizottságnak a neve (*Radio Technical Commission for Maritime Services*), amely tengerészeti rádiónavigációs szolgáltatásokat látott el. Az RTCM bizottság a technika fejlődésével a DGPS és RTK módszer korrekciós jeleinek az egységesítését is felvállalta. Az RTCM szabványok követik a GNSS technológia fejlődését, és egyre fontosabb a szerepük a valós idejű technológiák bevezetésében, alkalmazásában. A www.gnssnet.hu weboldaltól, illetve a központi szerverről (NTRIP) ilyen RTCM formátumban továbbítják az adatokat interneten keresztül.

A hálózatos RTK mérésekhez szükséges referencia-adatokat és korrekciós adatokat az *NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol)* szerver szolgáltatja. Az NTRIP mozaikszó az internet és a RTCM összekapcsolásával jött létre, mivel az internet bizonyult a leghatékonyabb adatátviteli módszernek. A korrekciós adatokat a vevő mobilinternetes kapcsolaton keresztül töltheti le a szerverről.

4.1.3 Abszolút és relatív helymeghatározás

Abszolút helymeghatározásról (*Single Point Positioning*) akkor beszélünk, ha csak egyetlen vevővel végzett, kódérésből származó eredményeket használunk. Ennek megbízhatósága a geodéziai pontosságot nem éri el, ezért szükség van arra, hogy egy időben (szinkronban), egyszerre több vevővel mérjünk, és azt együttesen dolgozzuk fel. Ha az új pontok helyzetét egy vagy több adott ponthoz viszonyítva adjuk meg, akkor

relatív helymeghatározásról beszélünk. Ekkor két lehetőségünk van az új pont meghatározására. Vagy meghatározzuk a két vevő közötti vektor összetevőit vagy az ismert helyzetű ponton mérő vevő adataiból számítjuk a korrekciókat, melyeket figyelembe veszünk az új pont koordinátájának meghatározásakor.

4.1.4 Valós idejű és utólagos feldolgozás

Akkor beszélünk valós idejű (*real-time*) feldolgozásról, ha a két vevő adatát a méréssel egy időben dolgozzuk fel, vagyis a vektor-számítást a terepen végzi el a szoftver, és akár a pontok helyi rendszerbe transzformált koordinátáit is tárolhatjuk. Ez nem volt mindig elérhető, mivel ennek feltétele, hogy a referenciaállomások adatai azonnal továbbításra kerüljenek a vevőhöz. Manapság valós idejű feldolgozást a hálózatos RTK módszer alkalmazásakor használunk, ahol az NTRIP szerverhez mobilinterneten keresztül csatlakozva kaphatjuk meg a referenciavevők aktuális pozíciójára vonatkozó korrekciós adatokat. Utólagos feldolgozás esetén, a terepen csak méréseket végzünk, majd azok kiértékelését (a korrekciók számítását) az irodában végezzük el. Korábban csak ez a módszer állt rendelkezésre. Manapság a valós idejű adatfeldolgozást lehetővé tevő RTK módszerek a legelterjedtebbek, melyek bár kisebb megbízhatóságú, de sokkal gyorsabb adatrögzítést tesznek lehetővé. Az utófeldolgozós módszert statikus mérés esetén használjuk, ha nagy pontossággal kell meghatároznunk a pont koordinátáit.

4.2 A hálózatos RTK technológia

Ebben a pontban bemutatom, milyen koncepciók állnak rendelkezésre a hálózatos RTK módszer alkalmazása esetén, hogyan lehetséges terepen a mért adatok egyből EOVS koordinátákkal EOMA magasságokkal történő rögzítése, valamint összefoglalom a mérési koncepciók működési elvét.

4.2.1 A technológia működési elve

Sok szó esett már a hálózatos RTK technológiáról, ezért most nézzük meg részletesebben ennek működési elvét.

„A hálózatos RTK egy nagyobb földrajzi térségben összehangoltan működő permanens GNSS-állomásokat jelent, amelyek adatait feldolgozó központ gyűjti és elemzi abból a célból, hogy a méréseket befolyásoló tényezőket modellezze, és szolgáltatásai révén lehetővé tegye a térségben tevékenykedő felhasználók igényeinek kielégítését a

nagypontosságú, megbízható és hatékony valós idejű helymeghatározás érdekében.”
(Busics, 2011)

A meghatározás szerint a bázisállomásoknak a nap 24 órájában üzemelniük kell, és garantálniuk kell a megbízható adatszolgáltatást a mért adatok folyamatos ellenőrzésével. Szükség van egy feldolgozó központra, ami a valós idejű adatokat szolgáltatja a felhasználóknak.

Fontosnak tartok néhány alapfogalom tisztázását, melyek elengedhetetlenek a technológia működésének megértéséhez. Ezeket a hatályos 15/2013. (III. 11.) VM rendelet a következőképpen írja le:

„permanens állomás: ismert alapponton folyamatosan észlelő GNSS vevőberendezés;

referencia állomás: hitelesített és minőségbiztosítással ellátott, az aktív GNSS hálózat részét képező permanens állomás;

ciklus-többsértelműség: a GNSS vevő és a műhold közötti távolságra eső vivőhullám egész ciklusai számának bizonytalansága.”

Azáltal, hogy a referenciavevők ismert helyzetű pontokon folyamatosan végeznek méréseket az állomások közötti ciklustöbbsértelműség, a műhold pályahibák és a légköri hibahatások számíthatók. Ezekből korrekciókat számítva továbbítja a központ ezt a felhasználóknak. Az egyes permanens állomásokról a központba beérkező adatok feldolgozásának a folyamata három fő részre osztható:

1. Az adatok valós idejű előfeldolgozása a központban
2. A korrekciós modell paramétereinek számítás
3. Referencia-adatok és modellparaméterek meghatározása

Az első lépésnél a legfontosabb dolog a ciklus-többsértelműség feloldása, mely nélkül nem lenne folytatható a számítás. A második pontban foglaltaknak a célja az, hogy a GNSS hálózat által lefedett területen megbecsülje a hibaforrásokat. Erre többféle modellező és interpolációs eljárás létezik. Ha már előállítottuk a korrekciós adatokat, akkor azokból csak azokat kell eljuttatni az egyes felhasználókhoz, amelyek számukra

lényegesek, vagyis csak a földrajzi környezetükre érvényeseket. A harmadik lépésben ezen adatok kiválasztása történik.

A hálózatos RTK számos előnnyel rendelkezik a hagyományos RTK-val szemben. Az előbb említett hibahatások valós időben modellezhetők, sőt előre is jelezhetők, mely akkor sem hiúsul meg, ha netán egy vagy több állomás meghibásodik. Növelhető a bázisállomások közötti távolság (egy bizonyos határig) anélkül, hogy a pontosság csökkenne. Ezeknek az előnyöknek köszönhetően egy vevővel is végezhetünk centiméteres pontosságú GNSS méréseket. A technológia hátránya, hogy az infrastruktúra minden elemének folyamatosan és hibátlanul kell működnie.

4.2.2 A VITEL szoftver

A VITEL egy Valós Idejű GNSS helymeghatározásnál használatos Terepi transzformációs ELjárás, melyet a FÖMI fejlesztett ki. Használata nem ingyenes. A program segítségével végezhető el terepen a GNSS mérések EOVS rendszerbe történő transzformációja. A transzformációt a következő elv szerint hajtja végre.

A GNSS mérésből származó WGS84 rendszerbeli X , Y , Z térbeli derékszögű koordinátákat térbeli hasonlósági modell alapján és országos paraméterekkel átszámolja a helyi ellipszoidra (GRS67) vonatkozó X , Y , Z koordinátákká. Ezután a térbeli derékszögű koordinátákat átalakítja ellipszoidi földrajzi koordinátákká és magasságokká (φ, λ, h), majd a vetületi egyenletek segítségével síkkoordinátákat és Balti magasságot (y', x', M') számol a program. Ezeket az EOVS koordinátákat azután meg kell javítani az országos és lokális transzformációval kapható eredmények különbségével (dy , dx , dM). Ezeket a javítási értékeket, más néven maradék hibáknak hívjuk, és a következőképpen számítja a program.

Az ország területét először 5×5 , majd később ezt tovább finomítva 2×2 kilométeres rácshálóra felosztották az EOVS rendszerben. Ezeket a pontokat átszámították országos paraméterekkel ETRS89 rendszerbe, majd visszaszámították az EHT szoftverrel EOVS rendszerbe. Az EHT szoftverről tudni kell, hogy keresősugaras megoldással egy lokális transzformációt hajt végre. Ennek köszönhetően nem ugyanazokat a koordinátákat és magasságokat kapták vissza. A két eredmény eltérése az országos és lokális

transzformációval kapható különbség az aktuális rácspontban (ezek az említett dy , dx , dM értékek). A megfelelő értéket hozzárendelték minden rácsponthoz és egy adatbázisba foglalták. A szoftver ezeket fogja az előzetes koordinátákhoz mint javítást felhasználni.

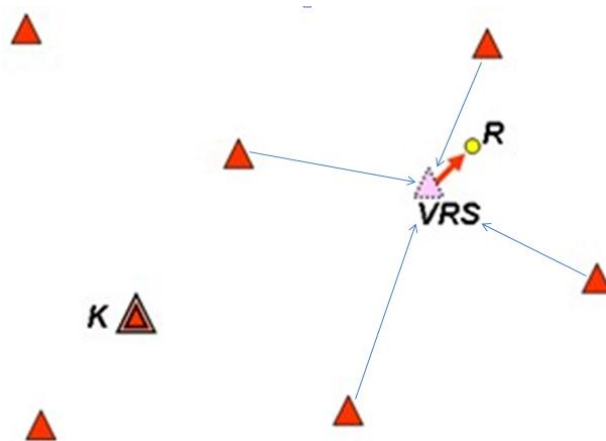
Ha a VITEL programot telepítjük a GNSS készülékünkre, akkor a mért pontjainkat hálózatos RTK módszer alkalmazásával egyből EOVS koordinátákkal és EOMA magasságokkal rögzíthetjük.

4.2.3 Hálózatos RTK-val alkalmazható koncepciók

Az eddigi gyakorlatban 3 elméleti elgondolást sikerült a gyakorlatban is megvalósítani. Ezek a MAC, VRS és FKP koncepciók. Az alappontsűrítési munkálatok során az első kettő koncepciót használtam, ezért csak ezeket részletezem.

A VRS koncepció

Az elnevezés a *Virtual Reference Station* angol megnevezésből származik, amelyet Lambert Wanninger dolgozott ki 1997-ben. A működési elv szerint a VRS olyan, mint egy közelben lévő referenciaállomás, melyekre a környező referencia-állomásokról határozzák meg a korrekciós értékeket.



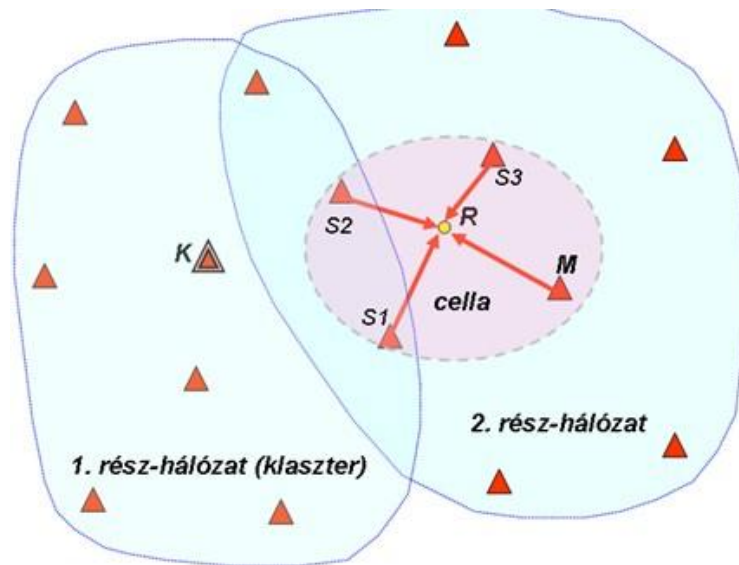
4.1. ábra. A VRS koncepció működési elve (Busics 2011, szerk.: szerző)

A mozgó vevő elküldi a központnak a közelítő földrajzi koordinátáit, majd az, erre a pontra korrekciókat számít, és visszaküldi a vevőnek. A kezdeti elgondolás szerint a korrekciók mindig a vevő kezdeti pozíciójára vonatkoznak, így, ha a vevő több km-re eltávolodott ettől a ponttól, akkor nem elhanyagolható hibák léphetnek fel. Azonban az se előnyös, ha a referenciaponthoz a vevő túl közel kerül, mert az nem tudja

megkülönböztetni, hogy az mesterséges vagy valódi állomásról kapja a korrekciókat, ezért előfordulhat ilyen esetben, hogy a vevő átvált egyfrekvenciás mérésre, ami szintén hibákkal járhat. Ezt a problémát a legtöbb szoftvernél sikerült úgy kiküszöbölni, hogy a virtuális referenciapontot eleve pár kilométerrel eltolják a vevő kezdeti pozíciójától. Ennek alkalmazásánál eldönthetjük, hogy 2 vagy 4 kilométer legyen a referenciatávolság. Ezt az eljárást PRS-módnak (*Pseudo Reference Station*) nevezzük, és a német Geo++ cég dolgozta ki. Ha a korrekciók egy előre meghatározott négyzetrácsáló sarokpontjaira vannak generálva, melyből a vevő a hozzá legközelebbihez csatlakozik, akkor beszélünk VRS-módról.

MAC koncepció

A MAC (*Master Auxiliary Concept*) koncepciót a Leica cég fejlesztette ki. Célja, hogy csökkentse az adatméretet, de mégis minden adat (nyers mérési eredmény és korrekció) rendelkezésre álljon. Ahhoz, hogy megértsük, hogyan tudják az adatok méretét csökkenteni, meg kell ismerkednünk két fogalommal, a főállomással és a segédállomással. A hálózattól a MAC koncepció csak néhány referenciaállomást von be a számításba, melyek közül egyet főállomásnak kiválaszt. A felhasználó teljes terjedelemben csak ennek az állomásnak a nyers mérési adatit kapja meg, míg a többi segédállomás adatait a főállomáshoz viszonyított korrekció-különbségeként. A felhasználó ezekből a különbségekből már elő tudja állítani a segédállomások nyers méréseit. Ezáltal lehetőség nyílik a felhasználói oldalon hálózatkiegyenlítést, vagy egyedi modellezést végezni.



4.2. ábra. A MAC koncepció hálózat felépítése (Busics 2011)

A MAC koncepcióban a teljes hálózatot klaszterekre és cellákra osztják. A klaszter egy olyan része a teljes hálózatnak, amelyben a ciklustöbbsértelműség-értékek azonosak. Ezáltal a szomszédos klasztereknek vannak közös pontjaik. A cella a klaszternek egy részhalmaza, melyet a mozgó vevő felhasznál a helymeghatározásra. A központ állítja elő a rovernek legmegfelelőbb cellát és kijelöli benne a főállomást és a segédállomásokat.

4.2.4 A GNSS-szel mért magasságok problémája

Tegyük fel, hogy a GNSS-szel végzett magasságméréseink hibátlanok, vagy azokat durva hibák nem terhelik, azonban ezeket áttanszformálva a helyi magassági rendszerbe mégsem fogunk hibátlan eredményeket kapni, mert a pontjainkat transzformációs hiba fogja terhelni. Ennek oka, hogy az átszámításhoz leggyakrabban használt EHT és VITEL szoftverek transzformációs közös pontjaik az OGPSH-n alapszanak. A probléma ezzel az, hogy az OGPSH pontok kétharmadának Balti magassága nem szintezésből származik, hanem ellipszoidi magasságokból transzformációval lettek előállítva. Emellett probléma az is, hogy a pontok egy részének magasságát Bendefy-hálózatból, másik részét EOMA-ból vezették le. Ezen okok miatt a VITEL2009 verzióval végzett transzformáció több centiméteres magassági hibát vihet az átszámításba. Ennek a problémának a megoldására készül egy új verziója a VITEL programnak, melyben pontosították a közös pontok alapadatait, így azzal a korábbi verzióhoz képest jobb eredményeket kaphatunk. (Busics 2014)

5 Mérés folyamata

Ezen pont Balatonkeresztúr község Akácfa utca 1 és 75-ös házszám közötti csapadékvíz elvezetésére szolgáló árkanak a felújításához készült tervezési alaptérkép terepi mérési folyamatát mutatja be. A felmérésben annak idején magam is aktívan részt vettem, azonban szükség volt az alappontok újbóli meghatározására, hogy a munka megfeleljen a 25/2013-as VM rendeletnek, valamint az alappontok magasságát szintezéssel is meghatároztam. Az újból meghatározott alappont-koordinátákkal átszámítottam a mért részletpontok koordinátáit, és ezeket használtam fel a feldolgozás során.

5.1 Alappontsűrítés

A felmérési területen nem találhatók vízszintes alappontok, nem látszanak tájékozó irányok sem, viszont van két magassági alappont (04051127-1 és 04051128-1) EOMA magasságokkal. E két pont nagyjából a felmért szakasz két végpontján helyezkedik el.

Mivel a felmérést mérőállomással történt, mindenképpen szükség volt vízszintes alappontokra az álláspontok meghatározására és azok tájékozására. Nem volt lehetőség egy helyi hálózat kialakítására sem, mert a munka végeredményét a tervező EOV vízszintes koordinátákkal és EOMA magasságokkal kérte. A GNSS rendszerek magas fokú fejlettsége lehetővé tette ezek alkalmazását ennél a munkánál is.

5.1.1 Irodai előkészítés

Az irodai előkészítés nincs szükség az alappontok előzetes helyének megtervezésére, mivel ezek koordinátái hálózatos RTK módszerrel kerülnek meghatározásra, mellyel gyorsan, nagy mennyiségű alappont elhelyezhető. Fontos azonban, hogy előkészítsük a műszerünket az alkalmazni kívánt mérési módszerekre, feltöltsük a használni kívánt kódtáblázatot, valamint az eszközök libelláinak kiigazításáról se feledkezzünk el.

15/2013. (III. 11.) VM rendelet 54. § (1) pontja szerint a valós időben végezett alappont-meghatározás során „a rövid periódusú hibahatások csökkentése érdekében a meghatározandó ponton a mérést az RTK fix megoldás elérése után - másodpercenkénti beállítással - legkevesebb 120 másodpercen keresztül kell folytatni.”

15/2013. (III. 11.) VM rendelet 60. § (2) c) pontja szerint a valós időben végzett GNSS alappont-meghatározás ellenőrzését hálózati RTK módszer esetén az első méréstől eltérő hálózati RTK koncepció alkalmazásával kell elvégezni.

E szerint legalább két különböző GNSS mérési koncepcióra lesz szükségünk a terepi munka során. Ha nincsen a vevőkészülékünkben kettő darab, a feltételeknek megfelelő koncepció, akkor érdemes ezeket még a mérés megkezdése előtt létrehozni, illetve a meglévő koncepciókat úgy módosítani, hogy azok megfeleljenek az elvárásoknak.

Ezek beállítását a műszer *Kezelés/Konfigurációk* menüjében állíthatjuk be. Belépve láthatjuk a már létrehozott, és az alapértelmezett konfigurációkat. Ha már van a létrehozni kívánt konfigurációhoz hasonló, akkor érdemes azt módosítani, ugyanis az új konfiguráció ennek a beállításait fogja örökölni, melyeket mi tudunk a saját igényeinkhez átállítani.

A beállításokhoz a kontrollerhez csatlakoztatni kell a GSM egységet, valamint csatlakoznunk kell az internethez a készülékkel, mert egyes adatokat az internetről tölthetők le. A következő lépések az általam létrehozott konfiguráció beállításainak fontosabb mozzanatait írják le:

- **Real-Time mód:** hálózatos RTK módszer alkalmazásához a *R-Time* mezőnél a *Rover*, valamint az *RTCM v3.1*-et kell beállítani. Így tudjuk az újabb hálózatos RTK streameket is használni. A képernyő alján található *Rover* gombot megnyomva egy új ablak nyílik meg, ahol az *Oldal* gombbal egyet lapozva az *NTRIP* fülre jutunk. Az *NTRIP hasz*-t igenre állítva tudunk csatlakozni az *NTRIP* szerverhez, amelyről a korrekciós adatokat fogjuk kapni. A *User ID* és *Jelszó* mezőknél állíthatjuk be a szerverhez történő csatlakozáshoz elengedhetetlen felhasználónevünket és jelszavunkat. Ezeket a FÖMI-től kérhetjük. A *Mountpnt* (Mount point) mezőnél választhatjuk ki az alkalmazni kívánt konfiguráció típusát, amelyek esetében a következők voltak: *SGO_VRS-RTCM3.1*, *SGO_MAC-RTCM3.1*.
- **Antenna és antenna magasságok:** az antenna típusa *ATX1230 GG* rúd, alapértelmezett magasság 2.000 m.

- **Pont-mérés beállítás:** az *Auto MÉRÉS*-t *Nem-re*, a *STOP Feltételt*-t *Pontosságra* állítottam, majd a *Param* (paraméterek) áttérve megadtam a jogszabály által előírt 120 másodperces mérési időtartamot, valamint a pozíció és magasság minőségét (megbízhatóságát). Ha az itt megadott értékeket túllépjük, a műszer az automatikus tárolás előtt erre figyelmeztetni fog minket és rákérdez, hogy szeretnénk-e menteni az adatokat.
- **Műhold beállítások:** beállíthatjuk, hogy a GNSS vevőnk fogadjon-e GLONASS holdakról adatokat vagy csak a GPS holdak jeleivel számoljon. Megadhatjuk a kitakarás szögét, mellyel azt állíthatjuk be, hogy készülékünk mekkora látószög alá eső műholdak adatait már ne vegye figyelembe a számításokhoz. Én GPS és GLONASS holdakat is felhasználtam a biztosabb pozíció érdekében, mivel mérnem kellett olyan helyeken is, ahol nem volt teljesen zavartalan rálátás az égboltra. A látószöget 10°-ra állítottam a jobb magassági meghatározás érdekében (Schmitz, M, Wübbema, G 2007). Az alappontok Balti magasságát nem GNSS mérésből vettem, de végeztem ezekre egy megbízhatósági vizsgálatot, melyről a 8. fejezetben írok.

5.1.2 Terepi előkészítés

E munkafolyamat során célszerű először a munkaterületet körbejárni. Mivel GPS-szel fogjuk az alappontsűrítést elvégezni, kerüljük az olyan helyeket, ahol a mérést nem tudnánk zavartalanul végrehajtani. Ne kerüljenek az alappontok például magasabb létesítmények közelébe, magasfeszültségű felsővezeték, vagy fa alá. Továbbá törekedjünk arra, hogy a nyitott égboltra minél nagyobb szögben legyen rálátásunk, ezzel is elősegítve, a lehető legtöbb műhold észlelését. Ezek mellett elengedhetetlen feltétel az alappontok helyének olyan megválasztása, ahol fennmaradásuk a munka végéig, de lehetőleg azután is biztosított legyen. Az állandósítás során biztosítanunk kell, hogy a pontot vízszintesen és magasságilag is egyértelműen meg tudjuk határozni, majd a felmérés során ugyanígy el tudjuk rajta végezni a pontraállást. Alappontok sűrűségénél mindig a terepviszonyokat, és a felmérés technikáját is vegyük figyelembe. Esetemben robotmérőállomással is végeztem méréseket, így az alappontok távolsága nem haladhatta meg a 250 métert, hogy még a robotmérőállomás hatótávolságán belül el tudjam majd végezni a tájékozást. Természetesen fontos szempont az is, hogy olyan

helyen helyezzük el a leendő tájékozó pontokat, hogy azokra minél több helyről láthatóak legyenek.

Ezeket a feltételeket kielégítve az alappontok az útburkolatban található szennyvízagnak, és egy ivóvízagnak fedőlapjának középpontjaik lettek jelölőspray-vel megjelölve. Mivel a fedőlapok rácsos szerkezetűek, így a középpontjuk a rácsba esik. Azonban, hogy a pontokat vízszintesen és magasságilag (szintezve) is egyértelműen lehessen meghatározni, nem ezt a pont választottam ponthelynek, hanem minden esetben az ehhez a ponthoz legközelebb eső négyzetrács egyikét. Ezt a rácselemet jelölőspray-vel megfújva, köré egy kört rajzolva és felírva az alappont számát biztosítottam a pontok egyértelmű megjelölését és azokon az egyértelmű pontraállítás lehetőségét.

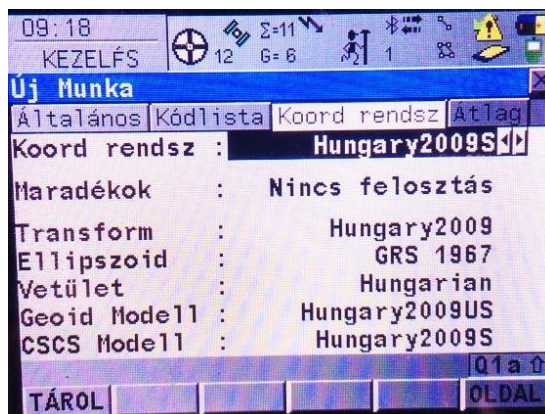
5.1.3 Alappontok vízszintes koordinátáinak meghatározása

A vízszintes alappontok koordinátáinak meghatározására a Leica cég System 1200 GNSS készülékét használtam. A műszer részei: 2 méteres teleszkópos rúd, ennek tetején található a GNSS vevő, markolati részénél egy szelencés libella, alatta a kontroller és a hozzá csatlakoztatott GSM egység. A kontroller Bluetooth-on keresztül kommunikál a GNSS vevővel. A pontraállítás mozdulatlanságának biztosítása érdekében egy háromlábú vasállvány segítségével helyeztem a műszert a felméréendő pont fölé.

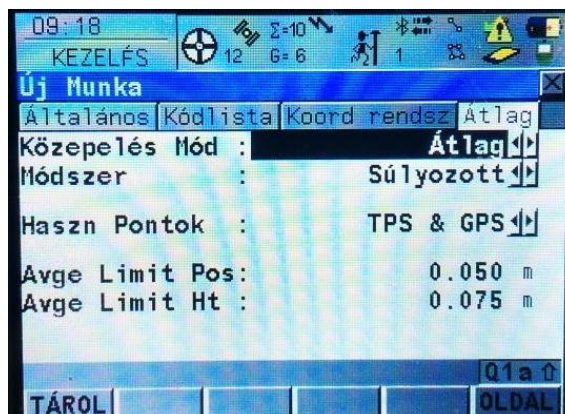


5.1. ábra. A pontraállítás módja

A készüléket elindítva a kezdő képernyőn a GPS üzemmód kiválasztása után a *Kezelés/Munkák* menüpont alatt létrehoztam egy új munkaterületet. A munkaterület nevének célszerű olyan nevet választani, ami nem túl hosszú, de lehetővé teszi a munka gyors és egyszerű beazonosíthatóságát, tartalmazza annak jellegét, célját. Célszerű rövidítéseket használni. A munkaterülethez megadhatunk egy leírást, valamint a munkavégző nevét. A készítő alatt található *Eszköz* rovatban láthatjuk, hogy a létrehozni kívánt munkaállomány a kontrollerben található CF kártyára lesz tárolva. Az *Oldal* gombbal további fülek között tudunk lapozni: *Kódlista*, *Koord rendsz* (koordináta-rendszer) és *Átlag*.



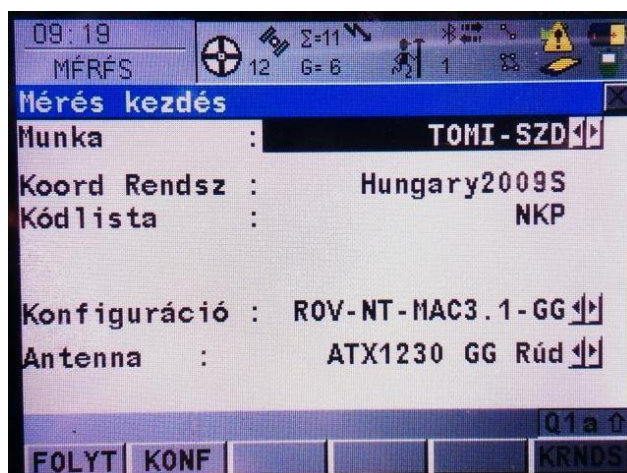
5.2. ábra. Átlag fül



5.3. ábra. Koordináta rendszer fül

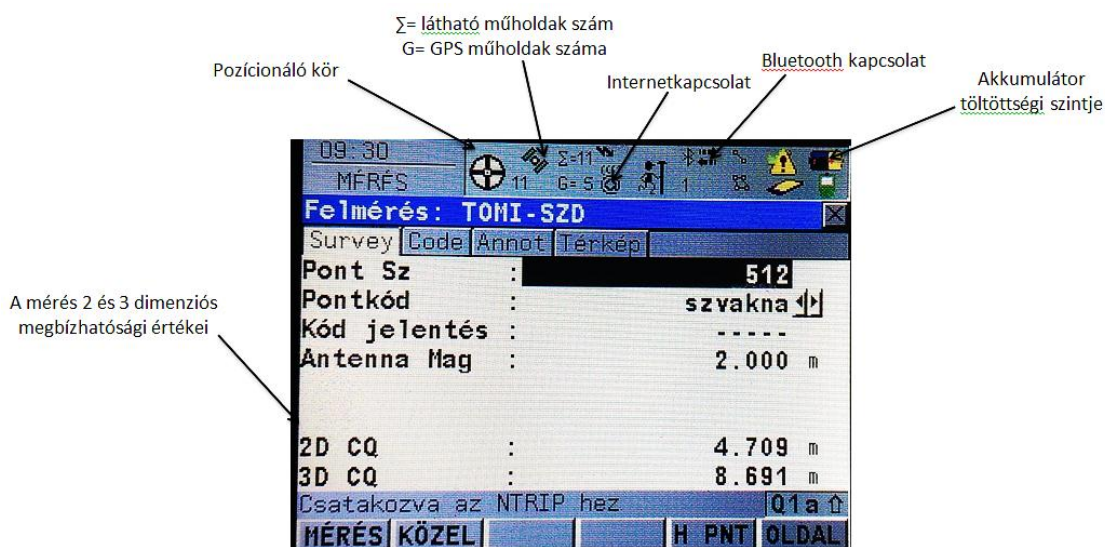
A kódlista fül alatt lehetőség van hozzárendelni a munkaterülethez egy előre elkészített kódtáblát. A koordináta rendszer fül alatt a mérés beállításai találhatók. Beállíthatjuk a használni kívánt koordináta rendszert (*Hungary2009s*, más néven *VITEL*), és a hozzá tartozó beállítási lehetőségeket: a transzformáció típusát, melyik ellipszoidot szeretnénk a GNSS mérés alapfelületeként használni, az alkalmazni kívánt vetületet, geoid modellt, és a CPCS modellt. Így a mérés során a GNSS vevő által fogadott WGS koordináták transzformációja valós időben megtörténik, és a számunkra szükséges EOV koordinátákkal kerülnek a pontok rögzítésre. Az átlag fülnél látható (5.3. ábra) *Közepelés Mód* és *Módszer*-nél választhatjuk ki, hogy a mérési idő alatt rögzített koordinátákból milyen módszerrel kapjuk meg a végleges, rögzítésre kerülő koordinátát.

A *Felmérés* programot elindítva a *Mérés kezdés* ablak jelenik meg a képernyőn.



5.4. ábra. Méréskezdés ablak

Munkaterület, koordináta-rendszer, kódlista, konfiguráció (MAC) és antennatípus kiválasztása után a *Folyt* gomb megnyomásával indíthatjuk a felmérés programot.



5.5. ábra. A felmérés program képernyőképe

Az alappontokat úgy célszerű pontszámozni, hogy azok ne legyenek összekeverhetők a későbbi felmérési álláspontokkal és részletpontokkal. Az alappontok száma lehetőleg ne álljon túl sok karakterből, azonosításuk legyen gyors és egyszerű. Mivel a szakdolgozat témája egy korábbi, már elkészült munka kiválasztott szakaszának átdolgozása, ezért az eredeti munka, e szakaszára eső pontszámokat nem módosítva az újból lemért 6 munkaterületre eső alappont számozása 512-től indul.

A mérés megkezdéséhez meg kell várni amíg, megjelenik a kijelző felső sávjában a „@” jel. Ez azt jelenti, hogy már van internetkapcsolatunk és kapcsolódhatunk az

NTRIP szerverhez. Ezt a *Shift/Kapcs* gomb megnyomásával tehetjük meg. Sikeres kapcsolódás esetén megjelenik a képernyő alján a „*Csatlakozva az NTRIP hez*” felirat, és az internetkapcsolatot jelző „@” jel feletti nyíl elkezd mozogni. Ez azt jelenti, hogy a műszer fogadja a korrekciós adatokat a szervertől.

Ezután eltelik pár másodperc a megfelelő pozíció eléréséig. Ez alatt az idő alatt megadhatjuk a jelmagasságot és pontkódot. Ha a pozicionáló kör helyén egy kereszt jelenik meg, az azt jelenti, hogy a mérés 3 dimenziós megbízhatósága $\pm 2-3$ centiméter. Ekkor a *Mérés* gomb megnyomásával indíthatjuk el egy-egy pont mérését. Ezután egy számláló jelenik meg a kijelzőn, mely mutatja, hogy hány másodperce, vagyis mennyi EPOCA-val történik az adatok rögzítése. Az előre beállított 120 másodperces rögzítési idő elérésevel az adatokat automatikusan menti a műszer a belső memóriájába. A következő méréshez a műszer a pontszámot automatikusan megnöveli eggyel. A jelmagasságot és a pontkódot változatlanul hagyja.

Mivel a 15/2013. (III. 11.) VM rendelet 60. § (2) bekezdése előírja, hogy a valós időben végzett GNSS alappont-meghatározáskor ellenőrzőmérést kell végezni, melyben vízszintes értelemben legfeljebb ± 3 centiméter eltérés lehet az eredeti méréshez képest. A rendelet szerint többféle megoldás is elfogadható ellenőrzésként, ezeket az 1. számú melléklet tartalmazza. Én egy az eredetitől eltérő mérési konfigurációval (VRS-sel) végeztem el ezt, melynek beállítási paraméterei megegyeztek a MAC konfigurációéval. Ezt elvégezve minden alapponton, odafigyelve a helyes pontszám, pontkód és műszermagasság megadására, felmértem az alappontokat.

Ahhoz, hogy a rögzített adatokat a későbbi feldolgozáshoz fel tudjam használni, ki kellett olvasni azokat a belső memóriából a műszerben található CF kártyára. Ezt a *Konvert* menüpontban található *Adat export*-tal hajthatjuk végre. Az adatokat *ASCII* formátumban *EOV* koordinátákkal és *Balti* magasságokkal olvastam ki. Emellett lehetőség van *DXF* vagy *LandXML* formátumban nyers mérési eredmények és, derékszögű vagy földrajzi WGS84 koordináták kiolvasására is.

Fájlnev	Dátum
MJK_EOV.FRT	27.09.09
P-XYZ_CQ_WGS.FRT	27.09.09
P-YXh_Code_EOV.FRT	28.07.14
RTK_EOV_MJK_2010.FRT	13.07.10
RTK_EOV_mjk.FRT	27.09.09
RTK_V2009S_MJK_2010.	13.07.10
RészletesMJK_1200.FR	28.07.14
T_MJK_tajekozasok.FR	10.11.09

5.6. ábra. A kiolvasási formátfájlok

A pontszámok, EOV YX koordináták, Balti magasságok és pontkódok mellett kiolvastam egy „munkaállomány neve”.vit kiterjesztésű fájlba a mért pontok megbízhatósági értékeit tartalmazó adatokat, valamint a mérési jegyzőkönyvet. Számítógépen a CF kártyáról még át tudjuk másolni a munkaterülethez tartozó DBX fájlokat, melyben a mérések összes adata megtalálható. Ez később visszamásolható a CF kártyára és akár új méréseket adhatunk hozzá a már meglévő munkaterületünkhöz.

5.1.4 Alappontok Balti magasságának meghatározása

Mivel a GPS-szel mért pontok 3 dimenziós mérési megbízhatósága legfeljebb $\pm 2-3$ centiméter, valamint a 4.2.2-es fejezetben vázolt okok miatt ez nagyobb is lehet, ezért a felhasználandó alappontok EOMA magasságát a munkaterületen található két magassági alappont (0405127-1 és 0405128-1) felhasználásával, szintezéssel állapítottam meg.

Ehhez egy digitális szintezőműszert, a Leica Sprinter 100 m-et és bárkódos osztású szintezőlécet használtam. Tekintsük át, hogyan történik a leolvasás digitális szintezőműszer és bárkódos osztású szintezőléc segítségével.

Digitális leolvasás a bárkódos szintezőlécen

A mérés folyamata négy részre osztható:

1. Léckivágat képének rögzítése egy CCD (Charg Coupled Device) érzékelőn
2. A leképződött kép analóg-digitális átalakítása

3. A digitálissá átalakított kép kiértékelése különböző módszerekkel (jelnégyzetelés, kód-korreláció)
4. Eredmény megjelenítése a kijelzőn (vízszintes távolság, magasságkülönbség)

A lécsparánycsavarral történő megirányzása után a látómezőben megjelenik a léckivágat, mely a szintezőlécsnek egy szakasza. Ezt a műszer egy CCD érzékelővel képezi le. Ezen a szakaszon kell a vízszintes irányvonal dőfspontját meghatározni. A vízszintes irányvonalhoz tartozik egy olyan leolvasás, amelyet a szátkereszt helyett egy kalibrálási eljárással meghatározott cellához rendelnek.

Mivel a bárkódos szintezőlécs fekete-fehér osztásokból áll, így a CCD érzékelőn a beérkezett fényintenzitások képződnek le. Ezeket az intenzitási értékeket egy analóg-digitális jelátalakító a jelnégyzetelés módszerével bináris számokká, vagyis 0 és 1 számjegyekké átalakítja. Így tulajdonképpen egy 0 és 1 számjegyekből álló kódsorozat lesz a léckivágat képéből, melyet a műszer egy előre létrehozott referencia jelsorozattal hasonlít össze. Ha értelmezni tudjuk ezeket a léckódokat, akkor meghatározhatjuk a vízszintes irányvonalhoz tartozó lécleolvasást. Eredményül a vízszintes lécs-műszer távolságot és a mért magasságkülönbséget kapjuk.

Az ötödrendű vonalszintezés

A munka elvégzésére egy derült, szélcsendes napon, a délelőtti órákban került sor. A mérés folyamata a következőképpen zajlott.

A műszerben lehetőség van többféle mérési módszer választására, mint például egyszerű mérési vonal hátra és előre leolvasásokkal, valamint mérési vonal közbenső leolvasásokkal (*BIF*, Back-Interstitial-Front). Ez utóbbit alkalmazva egy mérési vonalat vezettem kötőpontok segítségével a két magassági alappontok között, de a meghatározni kívánt pontok (aknafedlapok) nem vonalpontként, hanem az aktuális álláspontról egy közbenső leolvasással kerültek rögzítésre.

Mivel ötödrendű vonalszintezést végeztem, a műszer-lécs távolságokat lépéssel kerültek meghatározásra nagyjából egyformára az előre és hátra leolvasások között. A műszerbe a mérés megkezdése előtt megadtam a kezdő magassági alappont EOMA magasságát, ebből számította a mért pontok magasságát. A mérést terhelő hibákból adódó záróhibát

azonban nem tudja a műszer a pontokra ráosztani, ezért az adatok kiolvasása után a mérést még ki kellett egyenlíteni. A záróhiba értéke nem lett nagy, csupán -1 milliméter. Az alappontok magasságának számítási jegyzőkönyvét a 4. számú melléklet tartalmazza.

Mivel GNSS-szel mért vízszintes koordináták utófeldolgozás nélkül felhasználhatók, és az ellenőrző mérésből kiderült, hogy jónak tekinthetők, ezért összeállítottam az alappontok végleges koordináta-jegyzékét, melyet az alábbi 5.1. táblázat tartalmaz.

5.1. táblázat. Alappontok koordináta-jegyzéke

Koordináta-jegyzék EOV Rendszer 2014. évben felhasznált alappontok koordinátái					
Pontszám	Megjelölés	Vízszintes koordináták		Balti magasság	Jegyzet
		Y	X	M	
512	festés	524867,96	151916,90	106,020	vízakna
513	festés	524946,99	151964,32	106,170	szennyvízakna
514	festés	525183,46	151992,54	106,143	szennyvízakna
515	festés	525357,55	152010,97	106,015	szennyvízakna
516	festés	525574,90	152031,99	106,034	szennyvízakna
517	festés	525772,46	152051,90	105,966	szennyvízakna

5.2 Részletmérés

Ebben a pontban bemutatom a csapadékvízelvezető-rendszer tervezési alaptérképkészítés részletmérési feladatait, lépéseit, sajátosságait.

5.2.1 Irodai előkészítés

A végleges koordináta-jegyzéket egy „txt” kiterjesztésű fájlban feltöltöttem a műszer CF kártyájára, hogy a terepen majd ezt az állományt a munkaterületbe beimportálva valós idejű koordinátaszámítást végezhessek. Értem ez alatt az álláspontok tájékoztatását és a részletpontok koordinátáink számítását. Ha látszanak a munkaterületről egyéb országos vízszintes alappontok, például templomtornyok, antennák, kémények, melyek EOV koordinátái ismertek, célszerű ezeket az adatokat is a CF kártyára feltölteni. Ezek távoli tájékozó irányként, a magassági meghatározásból kivéve őket, javíthatják a

vízszintes helymeghatározást, illetve a tájékozást. Esetemben azonban ilyen tájékozó irányok nem látszanak a munkaterületről.

Emellett szükség volt egy előre elkészített kódtáblára is, mellyel a bemért részletpontok azonosításra kerülnek. Ehhez a munkához a korábbi projektek alkalmával sikeresen alkalmazott UTIBER Kft.-től származó kódtáblázatot használtam. E munkaszakaszban eldönteni – a tervezővel egyeztetve – azt is, hogy hány méterenként fogunk keresztoszelveket felvenni.

Gondoskodnunk kell a használni kívánt mérőfelszerelés megfelelő összeállításáról, esetleg azok kalibrálásáról, libellák kiigazításáról. Ez a munkafolyamat is valós idejű feldolgozással történik, ezért ellenőrizzük le, hogy a mérőállomásba be vannak-e állítva a prizmaállandó értékek. Ezek hiányosságát okvetlenül pótlendő, illetve korrigálandó pontatlanságuk, mivel rontaná a prizma távmérés eredményét.

A kódtábla

Pontkódolásra számkódokat használtam, amelyben jelleg, illetve közmű szakágak szerint vannak szétválasztva a pontkódok. A kód végi „0” a vonalas létesítmény végét, átereszt esetében annak eltömődöttségét jelöli, illetve egyes szakágaknál speciális objektumot jelöl. A csatorna közmű szakág például 91-el kezdődik. A 91-es szám már egy terepi objektum kódja, ami jelen esetben a szennyvízakna kör alakú fedőlapját jelenti. A további, ebbe a szakágba eső objektumok kódjai folyamatos kifejtéssel, 91|1, 91|2, kerülnek kódolásra. Egyes kódoknál a kód végén található „9” is valamilyen egyediségre utal. A példánál maradva 919-el a csatorna közmű egyéb létesítményei kerülnek kódolásra. Ezt akkor használhatjuk, ha esetleg a kódtáblánk nem tartalmazza a terepen található objektumot, vagy azt nem tudjuk beazonosítani. A teljes kódtáblázatot az 5. számú melléklet tartalmazza. A teljesség igénye nélkül, néhány példa a könnyebb megértés kedvéért.

5.2. táblázat. Pontkódok és jelentésük

KÓD	TÍPUS	JELLEMZŐ
11	aszfaltburkolat	vonala
110	aszfaltburkolat	vége
32	aszfalt járda	vonala
320	aszfalt járda	vége
61	fa	d<30 cm
62	fa	d>30 cm
63	fasor	vonala
630	fasor	vége
71	drót, lécek kerítés	vonala
710	drót, lécek kerítés	vége
711	drót, lécek kerítés	sarok
91	csatorna közmű	akna fedlap kör
911	csatorna közmű	akna fedlap négyzet
913	csatorna közmű	víznyelő felülbeömlésű
915	csatorna közmű	tisztítóakna fedlap
919	csatorna közmű	egyéb
92	elektromos légvezeték	vezeték befogás
921	elektromos légvezeték	faoszlop
9210	elektromos légvezeték	faoszlop trafóval

Az átereszek kódolásánál különbséget teszünk kör, békaszáj (ovális) és négyzet, téglalap keresztmetszetű átereszek között. Utóbbit két szélső pontjával, míg az ezt megelőző kettőt csak a folyásfenekükkel rögzítettem. Emellett fontos az áteresz anyaga (műanyag, fém vagy beton) és átmérője is. Ezen jellemzők alapján kapnak az átereszek különböző kódokat, melyek egységesen mindig „8”-cal kezdődnek. Egy áteresz kódja mindig egyértelműen jelzi kör és békaszáj keresztmetszet esetében annak átmérőjét. Ez fontos tényező a tervezésnél, mert a túl kicsi keresztmetszetű átereszeket ki kell cserélni nagyobbakra, ha azt a terepviszonyok indokolják. Lássunk néhány példát ezekre is!

5.3. táblázat. Átereszpontkódok

Kód	8	1	1	3	(kimarad)
Jelentés	áteresz	anyag (beton)	alak (kör)	átmérő (30 cm)	szabad
Kód	8	1	2	4	0
Jelentés	áteresz	anyag (beton)	alak (békaszáj)	átmérő (40 cm)	eltömődött
Kód	8	1	3	(kimarad)	0
Jelentés	áteresz	anyag (beton)	alak (keret)		eltömődött
Kód	8	2	1	4	0
Jelentés	áteresz	anyag (fém)	alak (kör)	átmérő (40 cm)	eltömődött
Kód	8	3	(kimarad)	5	0
Jelentés	áteresz	anyag (műanyag)	alak (kör)	átmérő (50 cm)	eltömődött

Jól látszik, hogy különböző hosszúságúak lehetnek a kódok. Ez az átereszek sajátosságaitól függ. Például a műanyag átereszeknél nincs külön kifejtve, hogy kör a keresztmetszetük, mivel ezekből nem létezik ettől eltérő. A „keret”(négyzet vagy téglalap) alakú átereszeknél nincs kódolva azok átmérője, mert ezeket minden esetben két szélső pontjával kell felmérni. Átereszeknél a kódvégi „0” minden esetben az eltömődöttségre utal, nincs más speciális jelentése.

5.2.2 Terepi felmérés előkészítése

A részletmérés megkezdése előtt érdemes ismét végig járni az adott munkanapra betervezett felmérendő szakaszt. A nem egyértelmű telekhatárokat érdemes ekkor elhatárolni és megjelölni, hogy később ezzel már ne kelljen bajlódniuk. Kijelölhetjük a keretszelvények helyét is. Mivel ez esetben a megrendelő által nem volt megkötve, hogy pontosan hány méterenként kell elhelyezkedniük a keretszelvényeknek, csupán egyenletesen fedjék le a munkaterületet és ne legyenek túl nagy távolságra egymástól, így a megjelölést elhagyva, minden második telekhatárnál lett keretszelvény mérve. Ez alól természetesen a többihez képest nagyon széles vagy keskeny utcafronti telekhatárok kivételt képeztek. A terepbejárás alatt keressük fel újra az alappontokat is, és gondoljuk végig, hogy nagyjából mekkora szakaszokat tudunk majd egy állásponttól felmérni.

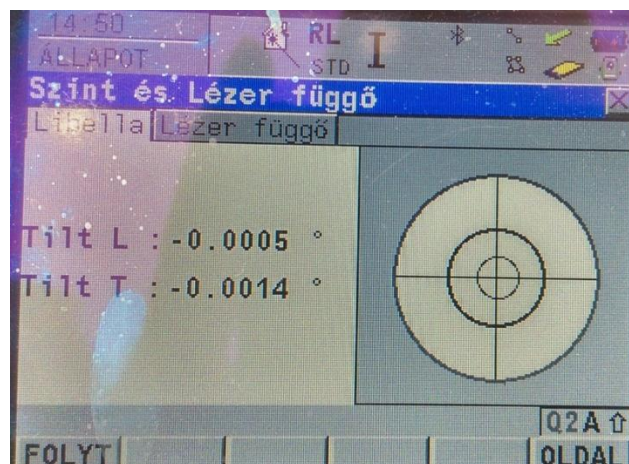
5.2.3 Terepi felmérés végrehajtása

A részletméréshez a Leica TCRA1203+ robot mérőállomást használtam.

Álláspont létrehozás, tájékozása

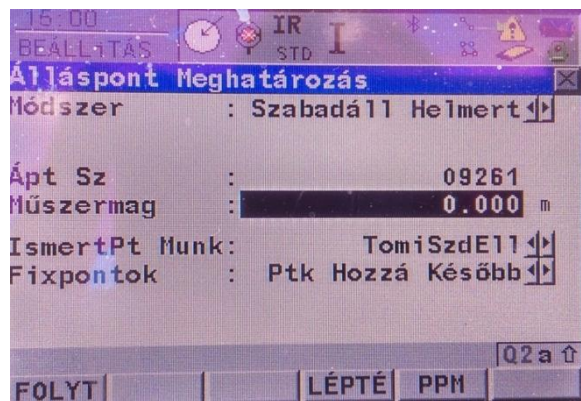
Műszerálláspontokat úgy létesítettem, hogy arról legalább két felmérési alappontra tájékozni tudjak, valamint a közelben lévő részletpontokból minél több látható legyen. Általában az útburkolat mellett, esetleg annak a szélén úgy, hogy ne akadályozzuk azon a közlekedést, célszerű álláspontot létesíteni ilyen jellegű felmérésnél, mert az alappontok az útburkolatban találhatók és az utca mindkét oldalán lévő objektumokat fel kell mérni.

A mérőállomás állótengelyének függőlegessé tételéhez – miután a műszerállásnak egy ideális helyet választottunk – elektronikus libella is található a műszerben, mellyel ez könnyedén elvégezhető. Emellett a beépített kompenzátor egy adott tartományon belül megjavítja a mérési eredményeket.



5.7. ábra. Elektronikus libella

Új munkaterület létrehozás az 5.1.3-as fejezetben leírtakhoz hasonlóan történik. Ez után a munkaterülethez hozzárendeltem az irodai előkészítés során a CF kártyára feltöltött alappontok koordináta-jegyzékét, hogy a tájékozást és a részletmérést valós időben végezhessem. Nagyobb munkák esetében létrehozhatunk egy olyan munkaállományt, melybe csak az ismert pontok koordinátáit visszük fel, akkor nem szükséges az ismert pontjainkat minden munkaállományba beimportálni, mert az *IsmertPT Munk* rovatban (5.8. ábra) megadhatjuk, hogy mely munkaállományból vegye a műszer az alappontok adatait.

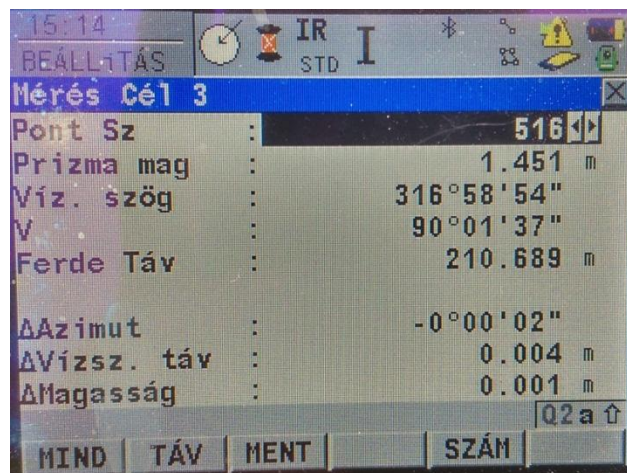


5.8. ábra. Álláspont-meghatározás beállítási lehetőségei

Ezután a felmérés programot elindítva kiválasztjuk a létrehozott munkaterületet, koordinátarendszert, kódlistát, valamint a használni kívánt prizma típusát. A prizmatípust természetesen a mérés ideje alatt is tudjuk változtatni, ha lecserélnénk prizmánkat. Ezt, a kijelző felső részén található prizmaikont megérintve egyszerűen megtehetjük (5.8., 5.9. ábra). A koordinátarendszer beállításával tudjuk szabályozni, hogy milyen rendszerben szeretnénk megkapni a koordinátákat. Ez esetemben a Hungary2009S, amellyel EOVS vízszintes koordinátákat és Balti magasságokat rögzítettem. Álláspont-meghatározáshoz a *Szabadáll Helmert* módszert használtam, mivel ezzel lehetőség van tájékozás során irányok és távolságok rögzítésére is, melyre szükség volt mivel prizma végeztem a tájékozást minden esetben.

A *Fixpontok* rovatnál a pontok hozzáadása később beállítást célszerű választani, mert így a felmérés során bármikor hozzáadhatunk egy új tájékozási irányt az állásponthoz. Ekkor a műszer újraszámolja a tájékozási értékeket, és a kapott eredménnyel megjavítja a már bemért pontok koordinátáit is. Ezt olyan esetben tudjuk jól kihasználni, ha az ismert pontok jegyzéke nem csak a felmérési alappontokat tartalmazza, hanem a környék országos alappontjait is, és lehetőség nyílik egy ilyen pontra történő mérésre.

Az álláspont-meghatározás beállítási paramétereinek megadása után következhetett a tájékozás. Ekkor az 5.9. ábrán látható tartalom jelenik meg a kijelzőn.



5.9. ábra. Tájékozás közbeni kezelőfelület

Mit látunk a kijelző felső sávjában? Ha az idő és beállítások mellett egy fehér karika rajta egy nyíllal látható, ez azt jelenti, hogy az ATR be van kapcsolva. Ebben az esetben, ha a durva irányzóval megirányozzuk a prizmát és elindítjuk a mérést, akkor a műszer automatikusan megirányozza a prizmát és elvégzi a mérést. Az álláspontok meghatározásánál és a részletmérés közben is használtam az ATR-t, mert gyorsítja a mérés folyamatát. A megirányzás módját jelölő ikontól továbbhaladva jobbra egy prizmaikont látunk, mely az alkalmazott prizmatípust hivatott szimbolizálni. Az *IR* felirat alatt látható *STD* vagy *FAST* felirat a távmérést befolyásolják. Ez azt jelenti, hogy standard, vagyis normál, vagy gyors mérésre állítjuk a távmérést. A különbség e két opció között, hogy míg a gyors módban csak egy távmérést hajt végre a műszer, addig a standard üzemmódban többször is megméri a távolságot, és eredményül a mért értékek átlagát kapjuk. Alappontra történő mérésakor a standardot célszerű használni, míg a részletmérésnél elegendő a gyors üzemmód is. Ezek mellett látható római egyes szám azt jelenti, hogy első távcsőállásban van a műszer.

Tájékozáshoz meg kell adni a tájékozópont számát és a jelmagasságot. Tájékozásnál a távolságot minden esetben kétszer megmérem, majd csak ez után a *Ment* gombbal rögzítettem a mérést. A második alappontra történő szög és távmérés eredményének rögzítése után, egyik alappontra történő újbóli távolságméréssel már megjelennek a kijelzőn a szög-, vízszintes távolság-, és magasságeltérések (5.9. ábra). Így azonnal ellenőrzést kapunk a méréseinkre. Tájékozóirányok mérése után számíttattam a műszerrel tájékozás eredményét (5.10.).

Áll. koord	Sigma	Áll. kód	Térkép
σ Keleti ir. :	0.021		m
σ Északi ir. :	0.003		m
σ Magasság :	0.007		m
σ Hz tájékoz.:	0°00'01"		

Aktuális Lépt: 1.000000000000

ÁllPt INFO KÉSZ OLDAL

5.10. ábra. Tájékozás eredménye

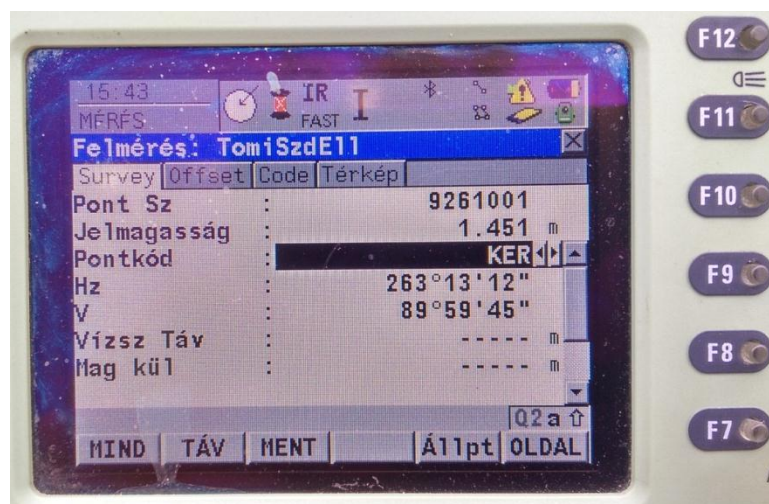
Az *INFO* gombbal részletesebb adatokat is lekérhetünk, vagy kivehetünk mérési adatokat a számításból. Erre a fölös mérések miatt van lehetőségünk.

A mérés folyamán bármikor lehetőségünk van új meghatározó irány megadására. Ekkor a már rögzített pontok koordinátái is módosulni fognak.

Ennél a műszernél lehetőségünk van arra, hogy már a tájékozás folyamata alatt elkezdjük a részletmérést. Ennek akkor van gyakorlati jelentősége és haszna, ha az alappontok távol esnek egymástól. Tegyük fel mértünk egy tájékozási irányt, és a következő alappontig vannak bemérhető részletpontok. Ekkor a *KÉSZ* gomb megnyomásával a műszer kilép a felmérés menübe, és kezdhetjük a részletmérést. Ebben az esetben a részletpontok egy előzetes koordinátát kapnak. A figuráns odaérve az alapponthoz ezt jelzi a műszerkezelőnek, aki az *ÁLLPt* gombbal visszalép a tájékozás menübe és mér egy újabb tájékozási irányt. Amennyiben ez elegendő a tájékozáshoz az előzőekben leírtakhoz hasonlóan számoltathatjuk az eredményeket, melyekkel a műszer az ideiglenes koordinátákkal rögzített pontokat megjavítja. Ha még további tájékozási irányokra van szükségünk, akkor ismét *KÉSZ* gombot nyomva folytathatjuk a részletmérést.

Részletmérés hagyományos (2 emberes módszerrel)

Ha a tájékozást elvégeztük, vagy a *KÉSZ* gombot alkalmazva elkezdtük a részletmérést a felmérés ablak jelenik meg a kijelzőn.



5.11. ábra. A felmérés közbeni képernyő

A távméréshez itt már a gyors üzemmódot használtam. Ezt, a prizmatípust, valamint az ATR, célkövető ki-be kapcsolását a képernyőn látható ikonok megérintésével egyszerűen megtehetjük, vagy a kijelzőtől balra található funkció gombok segítségével.

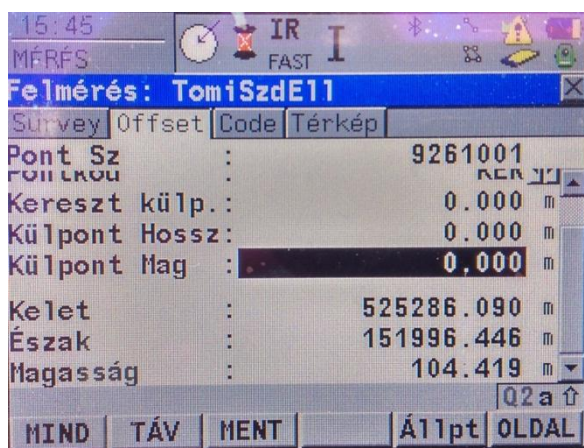
A részletpontokat úgy számoztam, hogy azok elkülönüljenek a többi ponttól, semmiképpen ne legyenek az alappontok vagy az álláspontok folytatása.

A részletmérés során nagyjából két telkenként teljes keresztshelvények lettek mérve. Ez a következő pontokból állt: kerítés, járda két széle, fasor, árokszel, árok fenék két ponttal, árokszel, útburkolat széle, útburkolat tengelye, majd ugyan ez a másik oldalon. Keresztshelvény mérésénél közművekre nem mértem.

Az egyes keresztshelvények között mérni kellett az egyéb részletpontokat, melyek a következők: átereszek, közművek (villany, gáz, víz, telefon), burkolat, árok, fasor, egyedül álló fa, bokor és földrészlethatár törések.

A részletpontokat valamilyen szisztéma alapján lettek felkeresve és bemérve. A lényeg, hogy ne maradjon ki pont, valamint ezek megfelelő pontkóddal, de ami még fontosabb, hogy jó jelmagassággal kerüljenek rögzítésre, ezért mind a prizmas mind a műszer kezelőjének figyelnie kell a mérés folyamán. A mérőállomás grafikus képernyőjén ellenőrizni lehet a bemért pontokat. Bizonytalanság esetén a prizmára történő távméréssel lehet ellenőrizni a részletpont meglétét.

A felmérés közben gyakran használt és nagyon praktikus megoldás, hogy a rögzítendő részletponthoz kereszt- és hosszirányú, valamint magassági külpontossági értékeket adhatunk meg.



5.12. ábra. Külpontos rögzítés lehetőségei

Ennek akkor vettem hasznát, ha egy részletpont olyan helyre esett, amit a mérőállomástól nem lehetett látni, azonban a ponttól a prizmat nem messze elhelyezve az már külpontosan mérhető volt. A prizmat célszerű úgy elhelyezni, hogy egyszerre csak egy külpontossági tényező legyen a mérésben.

Keresztirányú külpontosság esetén, lehetőségünk van egy gyorsabb és egyszerűbb megoldásra is. A prizmat helyezzük a mérendő pont mellé úgy, hogy az a mérőállomás és a prizma vonalára merőlegesen helyezkedjen el, majd a prizmára történő távolságrögzítés után a műszer ráforgatjuk a részletpontra úgy, hogy a magassági szögön nem módosítunk.

Az átereszek mérésekor azok átmérőjének gyors meghatározására a prizmarúdra 30-tól 80 centiméterig terjedő, 10 centiméterenkénti festések nyújtottak segítséget. Átereszek mérésekor fontos volt, hogy mindkét végük a fenékpontjukkal legyen felmérve. Tehát eliszapolódott áteresz esetében nem „iszapfelszín” tetejét, hanem az áteresz egykori folyásfenekét kellett felmérni.

Közműveket, mint például gázszagló, tűzcsap, szennyvízakna, mindig középpontjukkal lettek bemérve. Ez elegendő, hiszen a lényeg az, hogy a tervező lássa, hogy ezek hol helyezkednek el. Ez alól egyedül a vízakna képez kivételt. Ezt legalább három pontjával

kellett megmérni. Dupla villanyoszlopok esetén mindkét oszlopot, fa villanyoszlop esetén a földdel érintkező betongyám helye került rögzítésre. Vonalas létesítményeknél a töréspontokat, a létesítmény teljes keresztmetszetében mérve lettek.

Ha egy olyan helyre értünk a részletmérés folyamán, ahol nem akadályozta semmi a prizma zavartalan észlelését és előreláthatólag több részletpont is volt a környéken, a célkövető bekapcsolásával ezeket gyorsabban lehetett felmérni. Így nem kellett a prizmat minden pont megmérése után megirányozni, mert az automatikusan követte azt.

Mivel egy állásponttól legtöbbször sok részletpont bemérése szükséges, különösen, ha törések vannak a vonalas létesítményekben, ezért a pontok felmérést célszerű valamilyen szisztéma szerint elvégezni. Első körben a figuráns felméri az álláspontból látható közműveket az utca mindkét oldalán. Ezután a következő körben rámér a vonalas létesítmények és a földrészlethatárok utcafronti töréspontjaira, valamint az átereszekre. A keresztmetszelvek méréseire célszerű egy külön kört szánni.

Az állásponttól túl messzire nem érdemes elvinni a részletmérést, inkább álljunk át és létesítsünk egy új álláspontot. Ehhez egy kis előrelátás szükséges, mert tudnunk kell azt, hogy lehetőség lesz-e szabadálláspont létesítésére a következő állásponton. Ha ez a feltétel nem valósítható meg, akkor az új álláspont helyére egy műszerlábon elhelyezett prizmat rakunk ki, mely központosan cserélhető a mérőállomással. Ennek a pontnak poláris pontként meghatározzuk a vízszintes koordinátáit és magasságát. A következő álláspont létesítésénél a mérőállomás és az kihelyezett prizma helyet cserél. Az álláspont létesítés módszerénél az *irány + magasságátvitelt* választva az újonnan létesítendő álláspont vízszintes koordinátái és magassága az előző álláspontból rögzített ponté lesz, valamint a limbusz kör tájékozását is, mivel alappontokra nincsen rálátásunk, az előző álláspontunkra tudjuk elvégezni. Ez feltehetően egy közeli pont lesz, ezért a tájékozás pontossága is elmarad az alappontból történő tájékozás pontosságától.

A mért adatokat kiolvasása megegyezik az alappontsűrítésnél (5.1.3. fejezetben) leírt lépésekkel.

Részletmérés egy emberes módszerrel

Ehhez a módszerhez elengedhetetlen, hogy olyan műszerrel rendelkezünk, ami tud ilyen üzemmódban is működni. Ezen kívül szükség van egy controllerre, amivel irányíthatjuk a mérést és egy 360°-os prizmára, valamint egy prizmarúdra, amire mindez ráerősíthető.

A módszer lényege, hogy csupán egy ember képes elvégezni a felmérés teljes folyamatát. Ez időben lassabb, mint a hagyományos módszer esetében, azonban költséghatékonyabb, mivel egy ember képes ellátni a figuráns és a műszerkezelő feladatát is. Ez úgy valósítható meg, hogy a mérőállomást a prizmarúdra erősített kontrollerről irányítjuk rádiós adó-vevő segítségével.

Részletméréshez megfelelő helyen felállítjuk a mérőállomást, majd azt bekapcsolva az elektronikus libella segítségével függőlegessé tesszük az állótengelyt. Fontos, hogy az állótengely függőlegességét még a controller elindítása előtt elvégezzük, mert a TPS mód kiválasztása után a műszer kijelzőjéről már nem tudunk parancsokat adni, csak a kontrollerről. Az ezt követő lépések teljesen megegyeznek a hagyományos módszernél leírtakkal, tehát új munkaállomány létrehozása, alappontok importálása, tájékozás és az állaspont koordinátáinak meghatározása után elvégezzük részletmérést és a mérés eredményeit kiolvassuk a CF kártyára.

Ahhoz hogy egy mérést el tudjunk indítani a mérőállomásról a nálunk lévő prizmára először be kell kapcsolnunk az ATR-t és a célkövetőt, majd a mérőállomást a prizmára irányítani és egy távolság mérést végezni. Ekkor elindul a folyamatos célkövetés, azaz a prizmával mozogva a mérőállomás automatikusan követni fog minket. Ahhoz hogy a mérőállomás távcsövét a nálunk lévő prizmára forgassuk a *SHIFT/JOYSTICK* gomb megnyomásakor megjelenő nyilak segítségével van lehetőség. Ahhoz, hogy messzebből is láthassuk, hogy pontosan merre néz a mérőállomás távcsöve, célszerű bekapcsolni a kitűzőfényt, aminek a segítségével már annyira meg tudjuk irányozni a nálunk lévő prizmát, hogy azt az ATR megtalálja.

A prizmánkat olyan magasra állítsuk, hogy az a fejünknel magasabban legyen, így akkor is látható marad a műszer számára, ha annak háttal állunk. Az alappontokra

történő mérésnél célszerű a prizmamagasságot a lehető legalacsonyabbra állítani, hogy a pontraállítás hibáját ezzel csökkentsük.

A rendszer hatótávolsága 150-200 méter között van, melyet az időjárási körülmények is befolyásolnak. Ennek az álláspontlétesítésnél van nagyobb jelentősége. Ha netán nem található legalább két alappont ekkora távolságon belül, akkor a prizmarudat egy háromlábú vasállvány segítségével tudjuk az alapponton fixen függőlegessé tenni, majd a kontrollert a rúdról levéve addig közelítünk a mérőállomás felé, míg az már újra fogja annak jeleit. A részletmérés során ez a hatótávolság nem okozott gondot, hiszen az utcaszakasznak mindkét felét fel kellett mérni, melyen fák, bokrok is találhatóak. Kisebb objektumok nem szakítják meg a folyamatos célkövetést, mert, ha érzékeli a műszer, hogy már nem látható a prizma, akkor sem áll le, hanem a haladási tempónknak megfelelően halad tovább, azt feltételezve, hogy hamarosan újra fel fog tűnni a prizma ezen az útvonalon. Ez természetesen nem minden esetben sikerül megvalósítani, ilyenkor a joystick gombok segítségével tudjuk a mérőállomást újra a helyes irányba fordítani.

Az egy emberes módszer lassabb felmérést tesz lehetővé, viszont csökkenti a terepi munkarész költségét, azzal, hogy csak egy emberre van hozzá szükség. A felmérés gyorsítása, az eszközzel szerzett nagyobb munkatapasztalattal növelhető.

6 Adatok átvétele és előkészítése a feldolgozáshoz

6.1 Részletpontok koordinátáinak újraszámítása

Mint azt már említettem szakdolgozatom egy korábbi projektnek egy szakaszán mutatja be a munka folyamatát. Az ezen a szakaszon felhasznált alappontok vízszintes koordinátáit újból meghatároztam GNSS-szel, valamint Balti magasságait szintezéssel. Erre, azért volt szükség, hogy munkám megfeleljen a hatályos 15/2013. (III. 11.) VM rendelet előírásainak. A szintezett magasságokra a GNSS-szes magasságmérés megbízhatatlansága miatt volt szükség, valamint a kiválasztott munkaterület kis szintkülönbségei miatt éreztem szükségességét. A részletmérést nem végeztem el újra, hanem az eredeti mérést használtam fel. Mivel az alappontjaim koordinátáit újból meghatároztam, azok új koordinátákat kaptak, ezért a részletpontokat ezekkel az új koordinátákkal át kellett számolni. Erre a feladatra a Leica Geo Office szoftvert használtam.

Hogy dolgozni tudjunk, a szoftverben egy projektet kell létrehozni, mely koordináta-rendszerének a terepi mérések során használt Hungary2009s-t választottam. A részletmérés beimportálása után az alappontok régi koordinátáit és magasságait átjavítottam az újonnan mértekre. Mivel azt a szakaszt, amin keresztül bemutatom a munkát nem mérési naponként, hanem térképen kijelölve választottam ki, ezért több álláspontot is tartalmaz a szükségesnél az állomány, ezért a számomra feleslegeseket kitöröltem. Ezután az egyes álláspontok jobb egérgomb, tulajdonságokra (*Properties*) kattintva megjelenik az *Observations* ablak. Itt láthatjuk, mely alappontok vesznek részt a számításban. Több olyan alappontot is tartalmazott még az állomány, melyeknek nem lettek a koordinátáik újból meghatározva, így ezért ezek rontanák a számítási eredményeket. Ezeket a pontokat nem vettem bele a számításba. A számítás elvégzése után tabulátorral tagolt szöveges txt fájlba exportáltam ki az átszámított részletpontok koordinátáit.

6.2 Pontcsoportok létrehozása

Az újraszámított részletpontokat pontkódjaik alapján több pontcsoportba bontottam szét, hogy a későbbi szerkesztés folyamán az egyes pontcsoportokat egyesével beolvasva egyszerűbben és gyorsabban szerkeszthessek. Ehhez a Microsoft Excel

programba beolvastam az összes pontot majd ezt követően pontkód szerint sorba rendeztem őket, így a különböző jellegű pontok egymás alá kerültek és szétválogattam őket pontkódjaik alapján. A megfelelő pontok kiválasztása után azokat egy új munkalapra átmásoltam és csv formátumban, pontosvesszővel tagolva elmentettem. Az általam használt AutoCAD Civil 3D (2013) szoftver azonban csak szóközzel vagy vesszővel tagolt koordináta-jegyzéket tud beolvasni, ezért ezt még módosítani kellett. Az alábbi pontcsoportokba rendeztem az újraszámított részletpontokat:

- alappont
- átereszt
- árok
- birtokhatár
- épület
- burkolatok (aszfalt, zúzott kő, járda, kiemelt szegély, kapubejáró)
- közművek (gáz, ivóvíz, szennyvíz, elektromos, távközlési)
- növényzet
- tereppont

7 Mérés feldolgozása

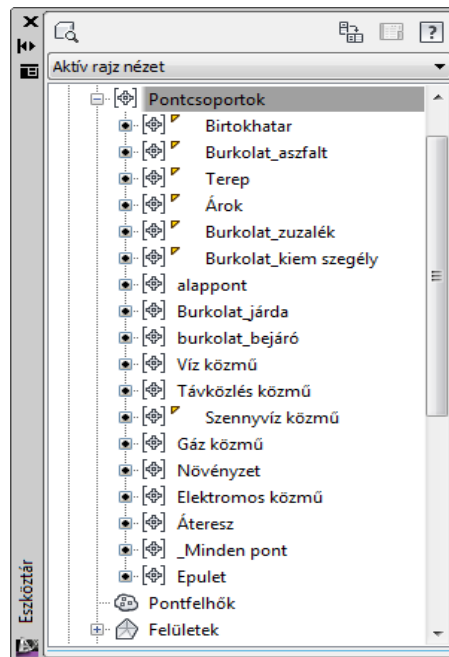
A munkához szükséges rajzok (helyszínrajz, hossz- és keresztshelvények) elkészítéséhez az AutoCAD Civil 3D térképező szoftver 2013-as verzióját használtam. A program e modulja (Civil 3D) földmérési és tervezési feladatok megoldására lett kifejlesztve, mely széleskörű alkalmazhatóságával többféle feladatot megoldhatunk. Éppen ezért összetett a felépítése. A feldolgozás során először elkészítettem a helyszínrajzot, majd erre felületeket építettem, és azok alapján megszerkesztettem előbb keresztshelvényeket, majd végül a hossz-shelvényeket.

7.1 Helyszínrajz

A munkához szükséges három rajzi állomány közül először a helyszínrajzot készítettem el, mert a további rajzok (hossz- és keresztshelvények) erre épülnek.

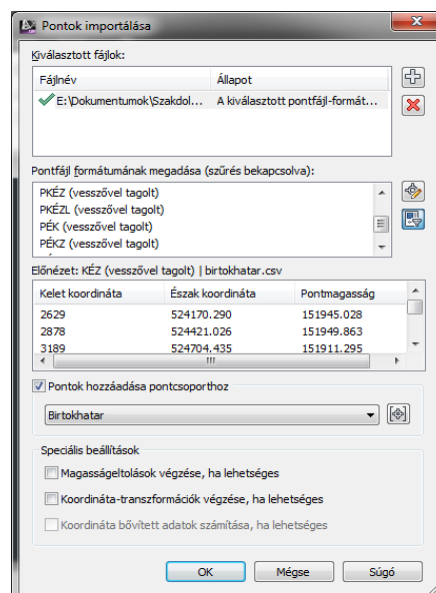
7.1.1 Pontok importálása

A program lehetőséget ad arra, hogy az adatbázisában lévő pontokat, azok jellege szerint különböző pontcsoportokba rendezve tároljuk. Így a későbbi műveletek e pontcsoportok szerint tudjuk kezelni. Első lépésként a különböző pontjellegek szerint csoportosított pontoknak megfelelően létrehoztam a szoftverben is ezeket a pontcsoportokat. Ez a 7.1. ábrán látható.



7.1. ábra. Pontcsoportok

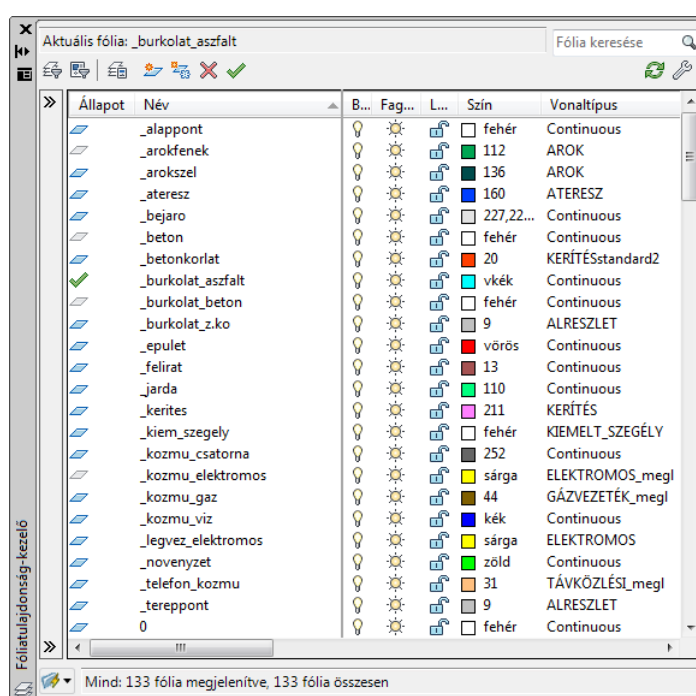
A pontcsoport neve melletti sárga háromszögek azt jelölik, hogy a benne található pontokat valamely felület használja. A kis kék szegélyű négyzetek közepén fekete pöttyel akkor jelennek meg, ha már hozzárendeltünk pontokat az adott csoporthoz. Ezt a *Pontok/Pontok importálása* menüpontban tehetjük meg.



7.2. ábra. Pontok importálása

Itt megfelelő állomány kiválasztása után meg kell adnunk, hogy milyen adatokat tartalmaz az állomány, azok sorrendjét és az elválasztó elemek fajtáját. Ez utóbbi vessző

vagy szóköz lehet. Ezek egyszerűbb kiválasztásához néhány pontot is felkínál a szoftver. Közvetlenül ezek alatt állíthatjuk be, ha a beolvasandó pontokat egy már meglévő vagy új pontcsoporthoz szeretnénk hozzárendelni. Ezt az összes pontomnál elvégeztem. Az így beolvasott pontokat az aktuális föliához fogja hozzárendelni a program. Ezt később még tudjuk módosítani, de célszerűbb előbb létrehozni az ehhez szükséges föliákat, és minden egyes pontcsoport beolvasása előtt a megfelelőt aktuálissá tenni.



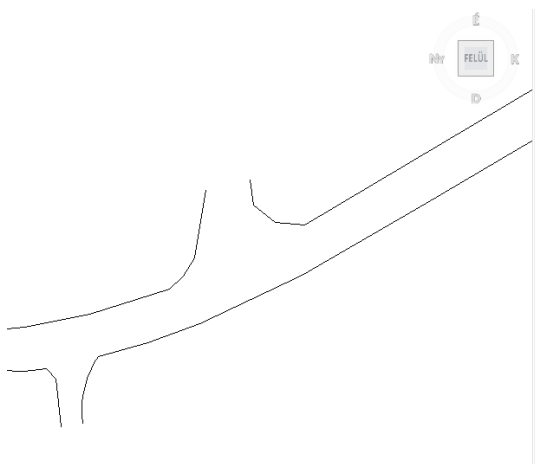
7.3. ábra. A mért pontok föliái

A 7.3. ábrán látható föliákat hoztam létre a pontok beolvasásához, valamint továbbiakat a szerkesztésekhez. Emellett még több alapértelmezett föliát is tartalmaz az állomány. Ezeket alapértelmezésben tartalmaz minden Civil 3D-s állomány, ezért nem is törölhetők. Az állapot nevű oszlopban zöld pipával van jelölve az aktuális föliá.

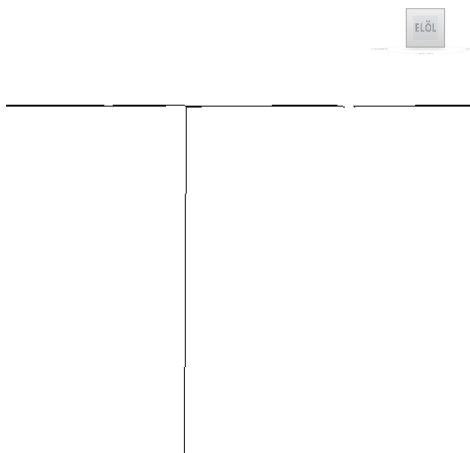
7.1.2 A szerkesztés menete

A pontcsoportok létrehozásának hasznosságát már a helyszínrajz szerkesztésénél megtapasztaltam. Mivel meglehetősen sűrűn helyezkednek el a mért pontok egymáshoz képest, ezért a vonalak szerkesztésekor a megfelelő pontok kiválasztásához rá kell közelíteni egy-egy kisebb területre. Ennek elkerülése érdekében mindig csak egy adott jellegű pontcsoport pontjait jelenítettem meg a kijelzőn, így azok már ritkábban

helyezkedtek el és a szerkesztés könnyebben elvégezhetővé vált. A vonalakat 3D-s vonallánccal húztam meg, melyek ezáltal minden töréspontban felvették a mért pontok magasságát. Ez elengedhetetlen volt, mivel a hossz- és keresztmetszvények elkészítéséhez felületeket kellett generálni, ahhoz pedig fontos, hogy a pontokra húzott vonalak azonos magasságban legyenek az egyes pontokkal.



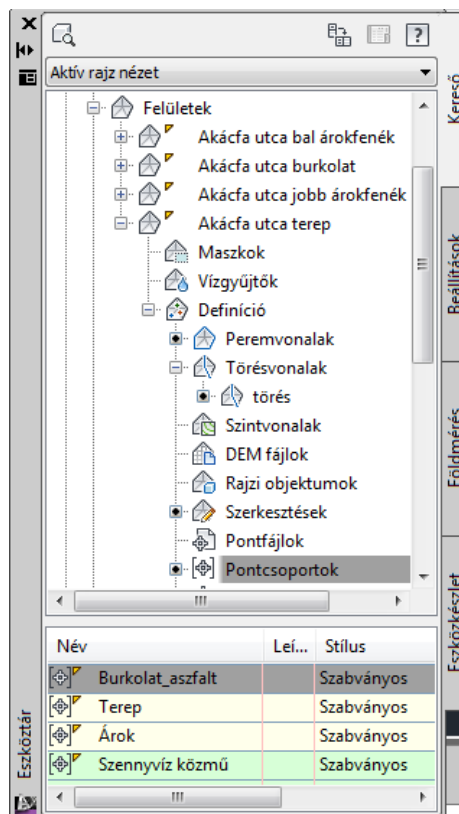
7.4. ábra. Szerkesztési hiba felülnézetből



7.5. ábra. Szerkesztési hiba oldalnézetből

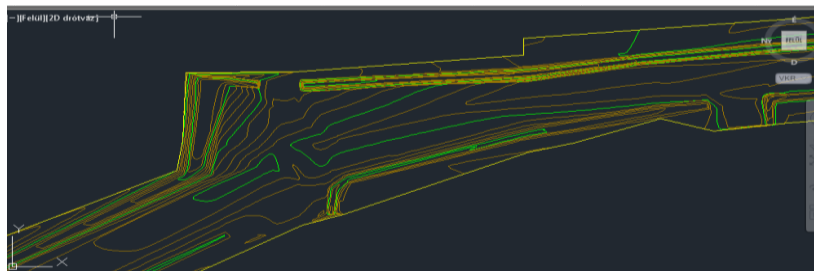
A 7.4. és 7.5. ábrákon az útburkolat egy részletéről látható kivágat felül és oldalnézetből. A 7.5. ábrán látható, hogy az egyik vonal végpontja rosszul, nem a mért pontra, lett bekötve. Az ilyen fajta szerkesztési hibákat a rajz oldalnézetbe történő állításával szűrhetjük ki a legegyszerűbben.

található *Menüsor/Általános* fül alatt tehetjük meg. Elsőként az Akácfa utca terepfelületét hoztam létre, melyhez felhasználtam a háromdimenziós vonalláncokat – kivéve a járdák, épületek, kapubejárók, fasorok vonalait, mert egymást metsző vonalaknál nem tud a szoftver felületet képezni –, valamint a tereppontokat, árkok, szennyvíz közmű (szennyvízakna-fedlapok) és az aszfaltburkolat pontjait, mivel ezek között vannak olyan pontok, melyek nem lettek 3D vonallánccal összekötve. Ilyenek a burkolat esetében a tengelypontok és szennyvízaknákra mért pontok. Abba az esetben, ha csak a 3D vonalláncokat használtam volna fel, akkor a keresztshelvényekből nem lehetne kiolvasni azt, hogy milyen az út keresztmetszete (bogárhátú e vagy egy irányba lejt), mivel a burkolat csak a két szélső pontjával lenne leképezve. Ez az egyik oka annak, amiért épített felületeket használtam a keresztshelvények készítéséhez.

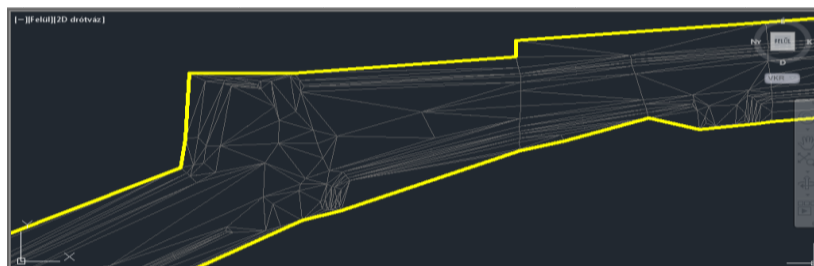


7.7. ábra. Akácfa utca terepfelületének építőelemei

Miután a terepfelületet létrehoztam ehhez hozzárendeltem **törésvonalakat**, melyek a felületképzés során felhasznált 3D vonalláncok voltak. Ezután szükség volt egy peremre, melyen belül kerül kirajzolásra a felület. Ehhez egy 2 dimenziós vonalláncot húztam a birtokhatár-töréspontokkal párhuzamosan a felmérési terület köré.



7.8. ábra. Felületábrázolás szintvonalakkal



7.9. ábra. Felületábrázolás TIN-háromszögekkel

Az így kapott felület látható a 7.8. és 7.9. ábrákon szintvonalas (10 centiméteres alapszintközzel (barna színnel) és 25 centiméterenként főszintvonalakkal (zöld színnel)) és háromszöglapos megjelenítésben.

A további három felületet hasonló szisztéma alapján hoztam létre.

A különböző beállítások megtétele kevésbé mondható minden esetben felhasználóbarátnak és egyszerűnek, mivel a szoftver sokrétű alkalmazhatósága miatt széleskörű beállítási paraméterekkel rendelkezik. Ezek kezelése gyakorlatot és tapasztalatot igényel. Ezen okok miatt a későbbiekben csak a munka fontosabb mozzanatait részletezem.

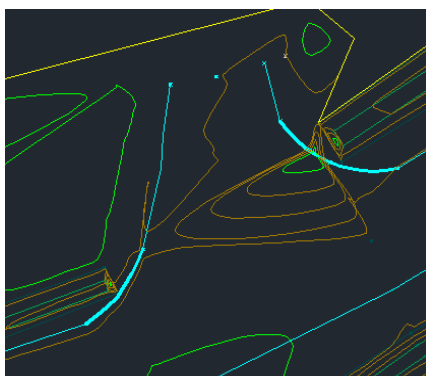
7.2.1 A felületképzés során felmerült problémák

7.1.2. fejezetben szó esett arról, hogy a 3D szerkesztések durva hibái kiszűrhetők, ha arra egy felületet generálunk. A 7.5. ábrán bemutatott hiba egy felületen az alábbi 7.10 ábrán látható módon jelenik meg.

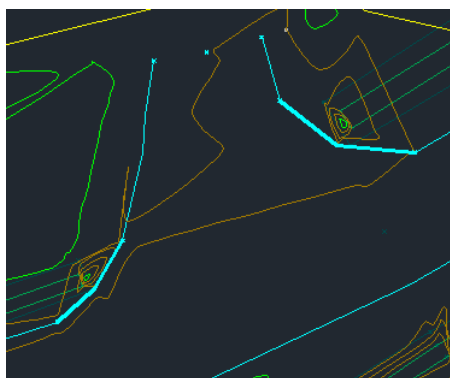


7.10. ábra. Felülethiba

Valójában ez nem egy folt, mint ahogy a képen látszik, hanem szintvonalak sokasága. A hiba oka az, hogy az egyik végpont nem a mért pontra lett bekötve, hanem az mellé, így a vonallánc a 0 méteres magasságot vette fel, míg a pont magassága megközelítőleg 106 méter.



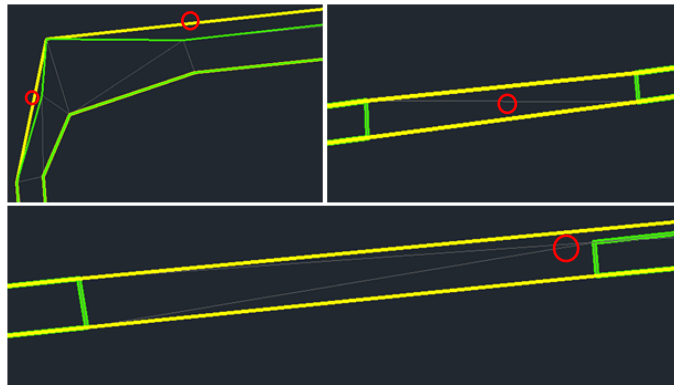
7.11. ábra. Felülethiba 3D-s ívek mentén



7.12. ábra. Javított felület, 3D-vonallánccal szerkesztve

Probléma jelentkezett a felületképzés során az ívek mentén, melyet a 7.11. ábra szemléltet, ezért helyettük háromdimenziós vonalláncot használtam (7.12. ábra). A képeken egy utcakereszteződés látható, melyet, ha háromdimenziós ívvel rajzoltam meg, akkor a több 10 centiméteres magasságkülönbséget helyezett el a szoftver az útburkolaton. Háromdimenziós vonalláncot használva már valósághűbb a felületképzés (7.12. ábra).

A jobb és baloldali árokfenék felületeinek leképezését is tökéletesíteni kellett manuális beavatkozással. Ehhez először az elemek elkülönítésével csak az árokfenék objektumokat tettem láthatóvá, majd létrehoztam az egyik oldali felületet és a töréspontok kijelölésénél csak a megfelelő oldal törésvonalait választottam ki. Peremvonalat itt nem adtam hozzá a felülethez, mivel az árkok átereszeknél nem folytatódnak, ezért tulajdonképpen sokszögoldalú alakzatok, melyek köré egyesével kellene peremet rajzolni. Egyszerűbb megoldás lenne, ha maga az árok széle, mely egyben törésvonal is, lenne a peremvonal, azonban ez nem állítható be, mivel a peremvonal nem lehet 3 dimenziós objektum.



7.13. ábra. Felületszerkesztés

Mivel a szoftverrel lehetséges a háromszögalapú felülethez további pontokat, vonalakat hozzáadni vagy elvenni, ezért kirajzoltattam a felületet peremvonal nélkül, és az árok fenékvonalán kívüli vonalakat kitöröltem. Ezt a 7.13. ábra – zölddel az árokfenékét, sárgával a felület szélét, szürkével a háromszöglapok éleit, pirossal a törölt elemeket – szemlélteti.

7.3 Keresztszelvények elkészítése

Ahhoz, hogy keresztmetszvényeket tudjunk létrehozni az AutoCAD Civil 3D programban először **nyomvonalat** kell definiálni, melyre merőlegesen felvehetjük a keresztmetszvények úgynevezett mintavonalait. A keresztmetszvények egyes pontjai ezen a mintavonalak mentén fognak leképeződni.

Nyomvonal létrehozására két lehetőség is adott. Egy általunk rajzolt 2Dvonalláncból hozhatunk létre nyomvonalat, ha a *nyomvonal létrehozása objektumból* opciót választjuk, ekkor a program automatikusan elvégzi a vonallánc töréspontjainak ívekkel történő helyettesítését a megadott paraméterek alapján. Ez azonban nem biztos, hogy minden esetben az elvárásoknak megfelelően sikerül, ezért én a nyomvonal létrehozása tervezéssel parancsot választva saját magam terveztem meg, hogy hol helyezkedjen el a nyomvonal, hol és milyen sugarú ívek legyenek az egyenes szakaszok között. Az Akácfa utca úttengelyében helyeztem el az Akácfa utca névre keresztelt nyomvonalat. E tengely típusú nyomvonal létrehozásánál meg kellett adni annak irányát is, mellyel a keresztmetszvények szelvényszámainak növekedési irányát határoztam meg.

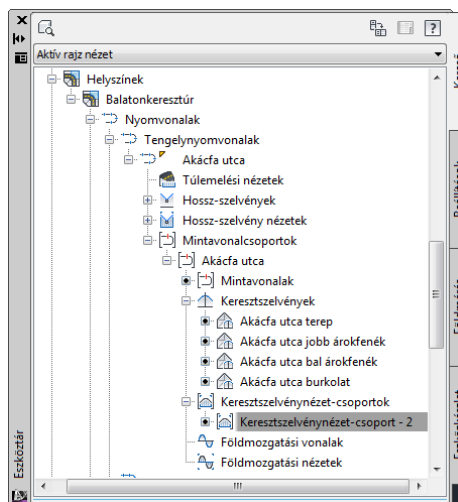
Mintavonalak létrehozására a *Keresztszelvények* menüpont alatt van lehetőség. Itt is automatizálhatjuk a folyamatot, megadható, hogy hol kezdődjön és érjen véget a

szelvényezés, a bal és jobb oldali mintavételi szélesség és a mintavételi lépésközök. Itt szintén nem az automatizált módszert választottam, mivel a mintavonalaimat minden csatlakozó utca két oldalán vettem fel, mert ezeken a pontokon megszakadnak az árkok. A tervezők a keresztshelvényekből így láthatják az árkok keresztmetszeti felépítését, valamint a hossz-szelvényen ezek hosszirányú magassági változásait. Két utca között már további mintavonalakra nem volt szükség. A mintavonalak végén azok szelvény száma olvasható.



7.14. ábra. Az Akácfa utca nyomvonala (egyenesek kézzel, ívek pirossal) és a mintavonalak (szürkével)

Ezek után létrehoztam a keresztshelvényeket, melyeket a nyomvonalakhoz hasonlóan Balatonkeresztúr nevű helyszínen belül definiáltam. Ezek beállításait stílusok alapján lehet módosítani, melyet az eszköztárakon belül a keresztshelvény nézet-csoport tulajdonságaiban tehetünk meg.



7.15. ábra. Keresztszelvénynézet-csoport beállításainak elérési útvonala

A kereszt-szelvények testre szabására az alapértelmezett szabványos stílust, vagy korábbi munkák alakalmával használt stílusokat alkalmaztam. Ezeket a jelen munka elvárásainak megfelelően módosítottam, vagy új stílust hoztam létre. Miután létrehoztam az Akácfa utca szelvényeit a mintavonalcsoportok tulajdonságainál hozzáadtam a létrehozott felületeket, és így már a kereszt-szelvények is láthatóvá váltak. Ötszörös magassági torzítást alkalmaztam, hogy a magasságviszonyok szemléletesebben látszódjanak. Láblécben elhelyeztem a terep és a burkolat magasságait, valamint távolságadatait. A szelvény tetején látható a kereszt-szelvény száma, valamint bal oldalt a megnevezése (Akácfa utca) és a vízszintes (1:500) és a magassági (1:100) méretaránya. A jobb és bal oldali árokfenék keresztmetszetére elhelyeztem ezek magasságát, mert a munka szempontjából ezek fontosak. A kereszt-szelvények a kereszt-szelvény.dwg állományban digitálisan megtekinthetők, valamint 3 darab, a munkaterületre jellemző szelvényt, a 11. számú mellékletben kinyomtatott formában is mellékeltem.

7.4 Hossz-szelvény

A munka során szükség volt hossz-szelvény készítésére is, melyen látni lehet az útburkolatot, valamint a kétoldali árkok lejtésirányát. Ebből kiderül, hogy melyik irányba vezetnek el az árkok a lehullott esővizet. Két hossz-szelvényt készítettem, melyeken megjelenítettem az útburkolatot, a bal és jobb oldali árkok folyásfenekét, valamint az átereszeket. Ez utóbbira azért volt szükség, hogy látni lehessen ezek vertikális elhelyezkedését, hogy azok az árkok folyásfenekéhez képest magassági értelemben

hogyan helyezkednek el. A 12 számú melléklet tartalmazza e két hossz-szelvényt. Ideális esetben az átereszeknek egy vonalba kellene esniük az árok folyásfenekével, de mivel ezek az árkok régóta nem voltak karbantartva, így a medrük feliszapolódott, ezért a folyásfenék magasabban helyezkedik el, mint az átereszek. A felmérés során az 5.2.3. fejezetben említettem annak fontosságát, hogy minden esetben az áteresz fenekét kellett bemérni, akkor is, ha eliszapolódott volt, a tervező a hossz-szelvényből látja, hogy mely áteresz szorulnak tisztításra.

A hossz-szelvények elkészítéséhez, a kereszt-szelvényekhez hasonlóan, szintén felületeket használtam, melyek az Akácfa utca jobb és bal oldali árokfenék, valamint az Akácfa utca burkolat nevű felületek néven szerepelnek a *hossz-szelvény.dwg* digitális állományban. A hossz-szelvényt testre szabását, megjelenítési beállításait (például, hogy milyen osztásközhöz jelenjenek meg a tengelyfeliratok, a szelvény magassági és vízszintes értelmű torzítását, fej és láblécek elhelyezését és formátumát) a kereszt-szelvényekhez hasonlóan itt is stílusok szerint lehet beállítani. Ennek az előnye, hogy létrehozhatunk különböző elrendezésű, megjelenítésű stíluskészleteket, és mindig az adott feladathoz legmegfelelőbbet választhatjuk ki.

8 A hálózatos RTK magassági megbízhatóságának vizsgálata

A felmérési alappontjaim magassági meghatározásához nem a GNSS mérésből származó magasságot használtam fel, hanem az ötödrendű szintezésből származó magasságokat. Azért az utóbbi módszerrel kapott magasságokkal dolgoztam, mivel ezek megbízhatósága néhány centiméter körül mozog, melyet túl pontatlannak éreztem a feladat elvégzéséhez a mintaterület csekély magasságkülönbségei miatt. Azért, hogy pontos választ kapjak a munkaterületen e magassági értékek megbízhatóságára az 513-as számú alapponton tesztméréseket végeztem.



8.1. ábra. A GNSS-szel mért magasságok megbízhatóságának tesztelésére kiválasztott 513-as alappont

A vizsgálat azért nem terjed ki a vízszintes koordináták megbízhatóságára is, mivel a geodéziai vevők segítségével vízszintes értelemben olyan pontosságú koordinátákat kaphatunk, melyek a tervezési alaptérképek készítéséhez szükséges pontosságot kielégítik. A magasság tekintetében azonban ezt nem jelenthetjük ki teljes bizonyossággal a 4.2.4. fejezetben ismertetett okok miatt.

8.1 A vizsgálat célja

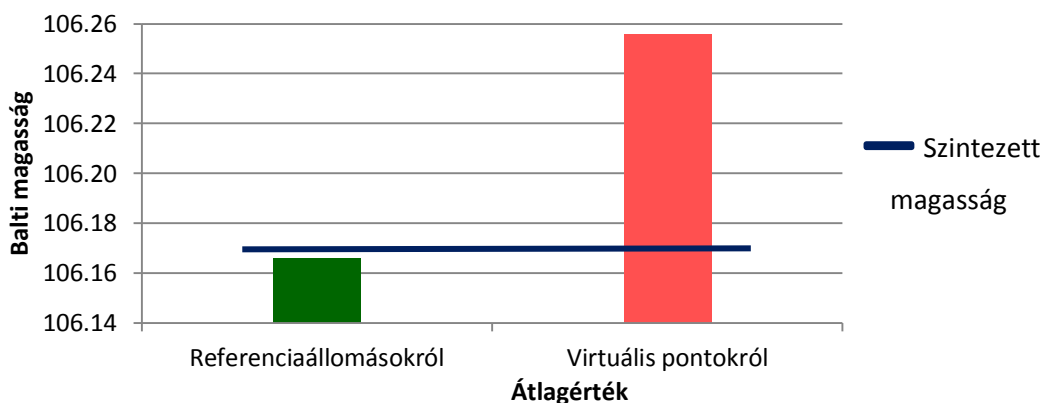
A GNSS készülékek használata egyszerű és könnyen elsajátítható. Ha geodéziai pontosságú GNSS vevővel rendelkezünk, a pontok rögzítését már kint a terepen abban a koordináta-rendszerben elvégezhetjük, melyben szeretnénk megkapni az eredményeket. Azt a kérdést azonban, hogy ezeknek a pontoknak a koordinátáit milyen mérési konfigurációval, valamint milyen hosszú rögzítési idővel határozzuk meg, már a mi

feladatunk eldönteni. Ehhez elengedhetetlen leegyeztetni a megrendelővel, hogy mihez szeretné a mérés eredményét felhasználni és milyen pontosságú adatokra van szüksége. Ezek ismeretében választjuk ki a mérés módszerét. A vizsgálat célja, a hálózatos RTK-val végezhető különböző mérési módszerek és konfigurációk közötti eltérés kimutatása és az optimálisnak vélt eljárás kiválasztása.

8.2 Referencia-magasságok meghatározása

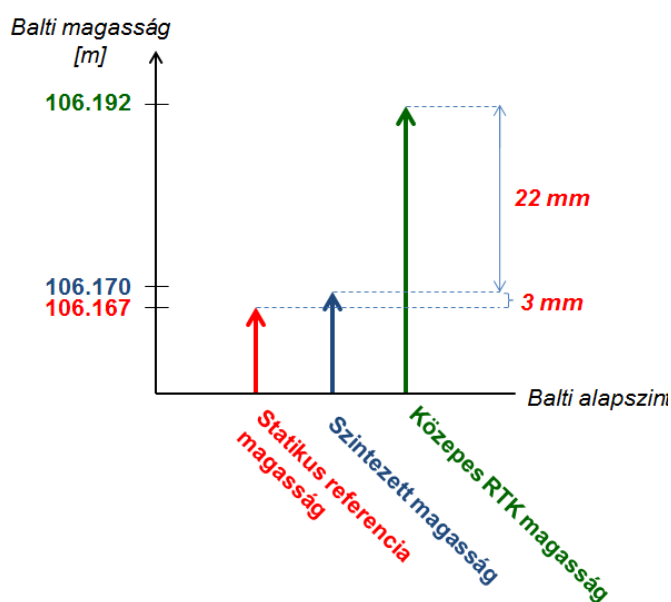
A vizsgálathoz szintezésből, többféle hálózatos RTK konfigurációból közepeléssel nyert, valamint statikus mérésekből származó eredményeket használtam fel. Ezek alapján három viszonyítási alapot, három referencia magasságot hoztam, melyeket összehasonlítottam az RTK mérésből származó magasságokkal.

Két, egy óránál hosszabb időtartamú statikus mérést végeztem két különböző időpontban a kiválasztott 513-as tesztponton. A mérésekre két napon került sor, mely során először 2 órán keresztül, második esetben 1 órán át történt az adatok rögzítése GPS és GLONASS holdakra egyaránt. A pontraállítás mozdulatlanságának biztosítása érdekében egy háromlábú vasállvány segítségével helyeztem a műszert a pont fölé. Az adatok feldolgozása során mind a környező permanens állomásokról, valamint a mérés helyszínétől néhány kilométerre elhelyezett virtuális állomásokról is meghatároztam a tesztpont magasságát. Az így kapott eredményeket átlagolva a 8.1. diagramon látható, hogy a virtuális állomásról meghatározott magasságok több centiméterre eltérnek a permanens állomásokról (melyek, mint referenciaállomások vettek részt a vektorszámításban) kapott eredményektől, ezért statikus mérésekből származó referencia-magasságnak mindkét mérési nap eredményeit kiegyenlítve, GPS és GLONASS holdakat is felhasználva 5 referenciaállomásról kapott magasság kiegyenlített eredményét fogadtam el.



8.1. diagram. A referenciaállomásokról és virtuális pontokról kapott magasságok átlaga

Képeztem a hálózatos RTK mérésekből származó eredmények átlagértékét is, mellyel a közepes RTK viszonyítási magasságot hoztam létre. Az így kapott három (szintezésből, statikus és hálózatos RTK mérésekből származó) referencia-magasságokat, és a köztük lévő magasságkülönbségeket a 8.2. diagram szemlélteti.



8.2. ábra. A három referencia-magasság közötti eltérések

A hálózatos RTK-val kapott eredményeket ezekkel az értékekkel hasonlítottam össze. Látható, hogy a szintezett és statikus magasságok között nincs számottevő eltérés, ez azonban lehetne néhány centiméter is a 2014 előtti VITEL szoftver transzformációs hibája miatt. Ez egy területfüggő hiba, mely ez esetben minimális. Figyelemreméltó a statikus mérések és az RTK mérésekből származó eredmények közötti 2,5 centiméteres eltérés, mely később az összehasonlítások alkalmával is megmutatkozott. A hálózatos

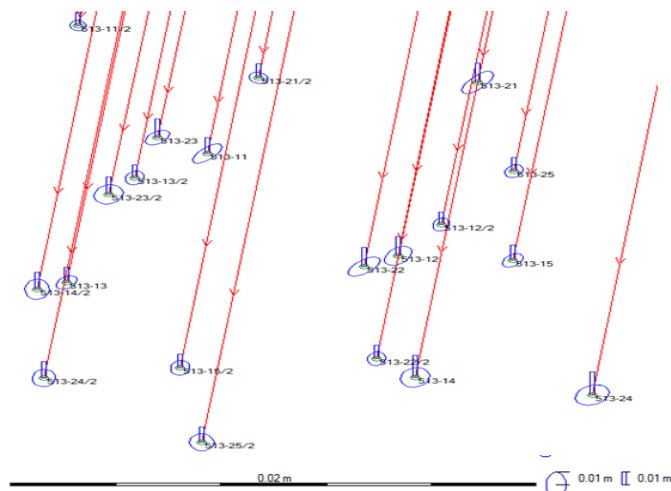
RTK megközelítőleg 2 centiméterrel a statikus módszerből kapott eredmények felett rögzítette a pontokat, melynek okát egyelőre nem sikerült felderíteni. Az eltérés oka lehet, hogy a mérés helyszínétől a legközelebbi permanens állomás 25 kilométerre található, míg a többi ennél jóval messzebb 45-70 kilométerre.

8.3 Hálózatos RTK mérések végrehajtása különböző konfigurációs beállításokkal

A hálózatos RTK módszer tesztelésére a következő konfigurációs beállításokkal végeztem két időpontban tesztméréseket:

- **MAC** konfiguráció csak **GPS** holdakkal **120** és **10** másodperces rögzítési idővel
- **MAC** konfiguráció **GPS, GLONASS** holdakkal **120** és **10** másodperces rögzítési idővel
- **VRS** konfiguráció **GPS, GLONASS** holdakkal **4 km**-es bázistávolsággal **120** és **10** másodperces rögzítési idővel
- **VRS** konfiguráció csak **GPS** holdakkal **4 km**-es bázistávolsággal **120** és **10** másodperces rögzítési idővel
- **VRS** konfiguráció csak **GPS** holdakkal **2 km**-es bázistávolsággal **120** és **10** másodperces rögzítési idővel

Az RTK mérések esetében nincsen szükség vektorkiértékelésre, a mért pontok koordinátáinak számítására, mert – a módszer lényegéből adódóan – a vektorösszetevők és a végpont koordinátái a méréssel egy időben kerülnek rögzítésre WGS84 rendszerben mindig, más helyi rendszerben pedig akkor, ha azt beállítjuk. Esetemben EOV vetületben is rögzítésre kerültek, mert a VITEL szoftvert használtam. A későbbiekben azonban lehetőségünk van arra, hogy az ugyanazon pontra vonatkozó méréseinket (vektorokat) az LGO programba beolvasva, kiegyenlítésük.



8.3. ábra. Az 513-as tesztpont különböző konfigurációs beállításokkal mérve

A 8.3. ábrán az RTK mérések vízszintes értelmű elhelyezkedésüket ábrázolja. Látszik, hogy vízszintes értelemben nincsen nagy eltérés a pontok között.

Általános esetben, ha egyszer mérünk egy pontot, egyszerűen kiolvassuk annak koordinátáit. Ha ugyanarra a pontra többször (több térbeli vektort) mérnek, akkor többnyire a kapott koordináták átlagát fogadják el végeredménynek. Esetemben azonban kiegyenlítéssel számoltam végeredményt, mégpedig a sokféle mérési adat többféle csoportosításával, ezzel különböző szimulációs eseteket létrehozva, tesztelve.

Mivel délelőtt is, és délután is többféle beállítás mellett végeztem el a hálózatos RTK méréseket, most utólag ezek között különböző csoportosításban végezhető el a kiegyenlítés. Feltételezhetjük például, hogy egymás után két koncepció beállításával mérünk csak, és ennek a kettőnek a kiegyenlített eredményét fogadjuk el. Feltételezhetjük azt is, hogy legalább 1 óra elteltével újra felkeressük a pontot, és ugyanolyan konfigurációs beállítással megmérjük. Ilyen megfontolásból utólagosan a következő csoportosításban végeztem el a vektorok kiegyenlítését:

- A** Két különböző időpontban, de azonos beállításokkal (konfiguráció típusa, észlelt műholdak, rögzítési idő hossza) mért vektorok együttes kiegyenlítése.
- B** Közvetlenül egymás után két egymástól eltérő konfigurációs típussal, de megegyező rögzítési idővel és észlelt műholdak esetén kapott vektorok kiegyenlítése.

Kiegyenlítés nélkül vizsgáltam azt, hogy változik-e az eredmény, ha ugyanazon konfigurációval:

- C** ha két percet (120 másodpercet) töltünk el RTK méréssel vagy csak 10 másodpercet;
- D** ha egy óra elteltével megismételjük a mérést.

A különböző kiegyenlítésekkel a gyakorlatban alkalmazható mérési módszereket próbáltam szimulálni.

8.4 A tesztmérésből levonható következtetések

Az eredmények részletes ismertetése nélkül – mivel ezek hosszú terjedelműek –, a tesztmérésből a következő következtetések vonhatók le. A hálózatos RTK-val végzett mérések eredményét sokkal nagyobb mértékben befolyásolja a mérés alatti műholdkonstelláció, mint az, hogy milyen koncepcióval vagy milyen rögzítési idővel mérjük meg a pontot. Egy óra elteltével, hasonló beállítási paraméterek mellett akár 5-6 centiméterrel eltérő magassági értéket is rögzíthetünk. Azonban attól, hogy hosszabb rögzítési idővel mérünk, nem biztos, hogy jobb eredményt kapunk. Ez utóbbi eltérések a legtöbb esetben 1 centiméter alattiak. Ugyanez nem mondható el a csak GPS és GPS és GLONASS holdakra történő mérések eredményeiről, ugyanis ezek között 2-3 centiméteres eltérés is tapasztalható, azonban szabályosság nem fedezhető fel köztük. Tehát nem jelenthető ki egyértelműen az, hogy ha csak a GPS műholdrendszert vagy ezt GLONASS műholdakkal kiegészítve használjuk, akkor megbízhatóbb eredményt kapunk. Annyi bizonyos, hogy az utóbbiak valamivel (átlagosan kevesebb, mint 0,5 centiméterrel) rosszabb eredményt produkáltak, mely valószínűleg annak tudható be, hogy két teljesen különböző műholdrendszerről fogadunk ilyen esetben adatokat. Az elemzésekből kiderült, hogy a 10 és 120 másodperces mérések, valamint a MAC és VRS koncepciók között ugyanúgy előfordulhatnak megbízható és kevésbé megbízható értékek. Ezek véletlenszerűen változnak, és többszöri méréssel, majd ezek kiegyenlítésével a véletlenszerű megbízhatatlanságuk kiküszöbölhető.

Az eredmények részletes ismertetésétől azért tekintettem el, mivel Tudományos Diákköri Dolgozatomban (A GNSS technikával mért magasságok pontosságának

vizsgálata tervezési alaptérképek készítésekor, 2014) részletesen foglalkoztam e témával, melyben az eredmények és következtetések is részletesen kiejtésre kerültek.

9 Javaslatok mérés technológiák alkalmazására

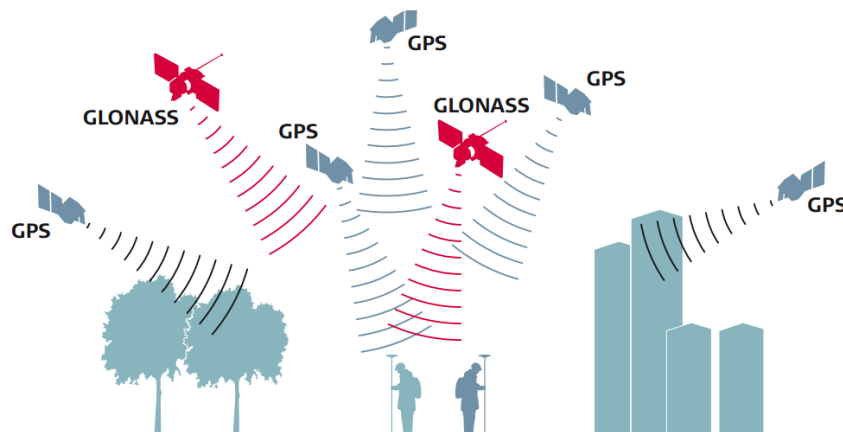
Szakmai gyakorlataim, a szakdolgozatom készítése során, valamint a szakmában eddig eltöltött idő alatt megismerkedtem a Leica 1200-as műszer család geodéziai GNSS vevőjével, hagyományos és robot-mérőállomásával, a Leica Geo Office feldolgozó szoftverével, valamint az AutoCad Civil 3D szoftverrel. Megtanultam ezeket kezelni, és önállóan dolgozni velük. E pontban az ezekkel szerzett tapasztalataimat, javaslataimat szeretném megosztani.

Tervezési alaptérkép készítésekor, még a felmérés megkezdése előtt egyeztessük a megrendelővel, hogy milyen célra fogja felhasználni a munkánkat, valamint milyen pontossággal és mely adatokra van szüksége. Ezek után kell eldöntenünk, hogy milyen mérési technológiával tudjuk ezeket a megrendelő igényeihez mérten a leggazdaságosabban előállítani.

9.1 Alappontsűrítés és felmérés GNSS technikával

GNSS technikával végzett alappontsűrítés esetében megbízhatóbb eredményt kapunk, ha többször, egymástól eltérő időpontban mérünk. Ha a munka elvárt megbízhatósági értékeit figyelembe véve úgy döntünk, hogy hálózatos RTK-val határozzuk meg alappontjaink vízszintes és magassági koordinátáit, akkor mérjük legalább két különböző időpontban, köztük legalább egy óra eltéréssel, majd a kapott két koordinátát egyenlítsük ki. A rögzítési időnek nem szükséges 8-10 másodpercnél hosszabbnak lenniük, de ennél kevesebb se legyen.

A műholdak észlelése szempontjából célszerű GPS és GLONASS holdakat is használni – bár utóbbiak valamivel gyengébb megbízhatóságot produkáltak, de ez minimálisnak tekinthető –, mivel lényegesen több műhold észlelhető, ha felhasználjuk a GLONASS holdak adatait is, melyekkel jobban biztosítható, hogy nem fogunk durván hibás méréseket tárolni, illetve takart környezetben is elvégezhető a mérés, ahogy ezt a 9.1. ábra is mutatja.



9.1. ábra. GNSS-mérés takart környezetben (Leica)

Abban az esetben alkalmazhatunk biztonságosan hálózatos RTK módszert, ha nem szükséges 3 centiméternél jobb magassági meghatározás, és csak az alappontsűrítést végezzük el az említett módszerrel – azonban ebben az esetben az alappontok meghatározását több különböző időpontban kell elvégezni –, a részletpontok (például átereszek) felmérését az alappontokra támaszkodó mérőállomásos módszerrel végezzük el. Legfeljebb azon részletpontok felmérését végezzük hálózatos RTK technikával, melyek magassága nem tekinthető kiemelkedően fontosnak a tervezési alaptérképen. Ilyenek például a telekhatárpontok.

Egy területileg nagy kiterjedésű munka során, ahol nagy mennyiségű felmérési alappontot kell elhelyeznünk az rendszerint nem kivitelezhető gazdaságosan, hogy az alappontokat kétszer is végigmérjük hálózatos RTK módszerrel, mivel majd kétszerannyi munkaidőt igényel, emellett ez a típusú módszer használata nem ingyenes, a valós idejű adatszolgáltatásért perc alapon kell fizetni a FÖMI-nek.

Amennyiben 3 centiméternél megbízhatóbb magassági értékekre van szükség, akkor javasolt az alappontok meghatározásához statikus mérést alkalmazni, és legalább három, a munkaterületet körülvevő pontot színtezéssel is, és statikus GNSS-tehnológiával is megmérni. A három (vagy több) pontra kiegyenlítő sík illeszthető, amelynek alapján a csak GNSS-szel mért magasságok a legjobb helyi illesztéssel számíthatók át Balti magassággá. Ezt a megoldást az LGO transzformációs modulja (*step-wise approach*) támogatja. Ilyen esetben azonban érdemes megfontolni, hogy megéri-e hosszabb idejű statikus méréseket végezni továbbá néhány pontot szintezni,

nem lenne-e célszerűbb az összes alappont magasságát szintezéssel meghatározni, vízszintes koordinátáikat pedig hálózatos RTK módszerrel. A vízszintes koordináták pontosságáról nem esett e dolgozatban szó, azonban a gyakorlati tapasztalatok szerint ezek megbízhatósága tervezési alaptérképek készítéséhez elegendő.

A mai GNSS készülékek használata egyszerű és gyorsan megtanulható, azonban nem megfelelő odafigyelés és méréstechnológia alkalmazásával könnyen rögzíthetünk rossz értékeket. Ez nem csak a mi hibánkból eredhet, hanem a GNSS technológia véletlen hibáiból is, hiszen az a koordináta, amit a kijelzőn látunk nagyrészt valószínűsítészámításból származik, ezért mindig fordítsunk gondot az ellenőrző mérésre, ha hálózatos RTK módszerrel mérünk.

9.2 Egy- és kétemberes mérési módszerrel szerzett tapasztalatok

A 9.1 fejezetben nem ejtettem szót az alappontok sűrűségéről. Ennek kétemberes felmérés esetén sem elhanyagolható a jelentősége, azonban, ha az egyemberes robotmérőállomással dolgozunk, akkor még nagyobb gondot kell erre fordítani, mert kalkulálni kell a műszer durván 150-200 méteres hatótávolságával is. Így legalább két alappontnak ezen a határon belül kell elhelyezkednie úgy, hogy arra mérni is tudjunk. Az egyemberes módszernek akkor látom létjogosultságát, ha nyílt, akadálymentes terepen dolgozunk. Enélkül a folyamatos jelvesztés nagyban megnehezíti a precíz munkavégzést, valamint a mérési időt is növeli, mely ideális esetben is több, mintha hagyományos módszerrel mérnénk. Emellett másik hátrányaként említhető meg, hogy mindazokat a feladatokat, amelyeket egy figuránsból és műszerkezelőből álló mérőbrigád lát el, egy ember végez. A mérést végző keresi fel az alappontot tájékozásnál, majd ezután a részletpontokat, egyedül cipeli a mérőfelszerelést átállításnál, valamint csak ő figyel arra, hogy ne maradjon ki részletpont. Tehát a felmérés közbeni összes teendő a mérést végzőre hárul, melyhez komoly szakmai jártasság és tapasztalat szükséges ahhoz, hogy ezt hiba nélkül végezhesse. A technológia nagy előnye viszont, hogy, amennyiben a terep lehetővé teszi, egy ember is el tudja végezni a terepi munkát, míg a többiek egy másik helyszínen vagy irodában dolgozhatnak, ezért költséghatékonyabb a kétemberes módszernél. Úgy gondolom kisebb vállalkozásoknál van jelentősebb gazdasági haszna, ahol két földmérő dolgozik, így a munkát megoszthatják és egyszerre több munkán is dolgozhatnak. Tapasztalataim alapján

azonban tervezési alaptérképkészítéshez a precíz munkavégzés végett a kétemberes módszer pontosabb és gyorsabb is. Az ingatlannyilvántartási jellegű munkáknál (épületfeltűntetés, telekhatármódosítás, stb.) azonban nagyon hasznos lehet egy ilyen műszer.

10 Köszönetnyilvánítás

Végezetül, de nem utolsó sorban, többek segítségével szeretnék hálás köszönetet mondani, akik szakmai tudásukkal, tapasztalataikkal, és biztatásukkal hozzájárultak ahhoz, hogy dolgozatom ilyen formában elkészülhessen.

Köszönöm konzulenseimnek, Dr. Busics Györgynek és Dr. Tóth Zoltánnak, hogy elfogadták felkérésemet, és szakmai hozzájárulásukkal segítették munkámat. Külön köszönetet szeretnék mondani Busics Tanár Úrnak, aki a nehéz helyzetekben biztatásával erőt tudott adni a munkához.

Köszönöm a Geo-Tóth földmérő Kft-nek, hogy a terepi méréseimhez használt eszközeiket, és a feldolgozás során használt szoftvereket, valamint a már elkészült projekt mérési anyagát rendelkezésemre bocsátották. Ezúton szeretném megköszönni számukra, hogy üzemi gyakorlatomat náluk tölthettem, mely alatt betekintést nyerhettem a szakmába, és hasznos tapasztalatokkal lehettem gazdagabb, melyeket a jövőben reményeim szerint kamatoztatni tudok.

Külön köszönetet szeretnék mondani Mándli Róbertnek, az AutoCad Civil 3D szoftveren belüli felületépítésben, hossz- és keresztmetszvényezésben, és a szoftver mélyebb megismerésében nyújtott önzetlen segítségéért.

Köszönöm családomnak, hogy támogatták egyetemi tanulmányaimat, belém vetett bizalmukat, biztatásukat egy-egy nehéz pillanatban. Nélkülük mindez nem valósulhatott volna meg. Szeretném megköszönni édesapámnak, hogy a szakma aktív tagjaként, mind a terepi mérésekben, mind az irodai feldolgozásban is örömmel segített.

11 Irodalomjegyzék

- Busics Gy (2011):** Műholdas helymeghatározás 1-es, 4-es, 5-ös modulja. Nyugat magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar kiadványa, Székesfehérvár, 2011.
- Busics Gy (2014):** A vonatkoztatási rendszerek és transzformálásuk néhány kérdése. 20 éves a Térinformatika Tanszék. Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar kiadványa. Szerk.: Márkus Béla. (nyomtatás alatt).
- Busics Gy (2014):** A kiegyenlítő számítás alkalmazásának szükségességéről az alappontsűrítésben, Geomatikai Közlemények XVII. kötet, MTA GGKI kiadvány, Sopron, 2014 (szerkesztés alatt) 32 o.
- Klaus Schleußinger:** Ist Ihre Messungen immer punktgenau? Gyártói cikk, Leica Geosystems GmbH 6 o.
- Schmitz, M, Wübbema, G (2007):** Einflüsse auf die GNSS Höhenbestimmung – Grenzen und Chancen –. 5. ascos Anwender- und Kundentreffen, e-on | Ruhrgas, Heme 2007. 27 o.
- Vidékfejlesztési Minisztérium (2013.03.20.):** 15/2013. (III. 11.) VM rendelet, 2013.
- Wanninger, L (2006):** Festschrift 125 Jahre Geodäsie und Geoinformatik, Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover, Nr. 263, 2006. 313-320 o.
- Wanninger, L (2006):** GPS und Galileo – Methoden, Lösungen und neueste Entwicklungen, 66. DVW-Seminar, Darmstadt, DVW-Schriftenreihe Band 49/2006, Wißner-Verlag, Augsburg, 2006. 59-69 o.
- Schmitz, M, Wübbema, G (2007):** Einflüsse auf die GNSS Höhenbestimmung – Grenzen und Chancen –. 5. ascos Anwender- und Kundentreffen, e-on | Ruhrgas, Heme 2007. 27 o.