

Nyugat-magyarországi Egyetem
Geoinformatikai Kar

A hálózatos RTK technológiák hatékonyságának és pontosságának vizsgálata

SZAKDOLGOZAT

Konzulens:
Dr. Busics György egyetemi docens

Készítette:
Badacsonyi Róbert
Nappali tagozat
Földmérő és földrendező
Mérnök Bsc Szak
Geoinformatikai szakirány

Székesfehérvár
2013

Szakdolgozati feladat kiírás

NYILATKOZAT

Alulírott **Badacsonyi Róbert** (neptun kód: XXXXXXXXXX) jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy a

A hálózatos RTK technológiák hatékonyságának és pontosságának vizsgálata című

szakdolgozat

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

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

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

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

Székesfehérvár, 2013. május 27.

.....

Hallgató

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

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

Tartalomjegyzék

Szakdolgozati feladat kiírás.....	2
NYILATKOZAT	3
Bevezetés.....	5
1. A globális műholdas navigációs rendszerek	6
1.1. A GNSS felépítése	7
1.1.1. A GNSS alaprendszerek	7
1.1.2. GNSS kiegészítő rendszerek	10
1.1.3. Felhasználói oldal.....	14
1.2. GNSS technológiák.....	14
1.2.1. Utófeldolgozásos módszerek	14
1.2.2. Valós idejű módszerek.....	18
1.2.3. A gnssnet.hu szolgáltatásai	24
2. A Leica System 1200 mérőrendszer.....	32
2.1. A Leica 1200-as rendszer ismertetése	32
2.2. A Leica GPS 1200.....	34
3. Kísérleti mérések a nadapi mikrohálózatban	43
3.1. Munkaterület bemutatása.....	43
3.2. Mérési előkészületek	44
3.3. Hálózatos RTK mérések a mikrohálózati pontokon.....	46
3.4. A mérés értékelése	48
4. Kísérleti mérések, referencia állomástól távoli EOMA pontokon	52
4.1. Munkaterület bemutatása.....	52
4.2. Nehézségek a magasság meghatározásánál	55
4.3. Hálózati RTK mérések EOMA pontokon.....	56
4.4. A mérés értékelése	58
5. Összehasonlító táblázatok, tapasztalatok.....	60
5.1. A nadapi mikrohálózat mérési eredményei	60
5.2. Vízszintes és magassági pontok koordinátáinak összehasonlítása a koncepciók szerint.	64
5.3. Összefoglalás, a vizsgálatokból levonható következtetések, gyakorlati tapasztalatok.....	76
6. Irodalomjegyzék.....	79
7. Mellékletek	85

Bevezetés

Végzős hallgatóként úgy gondolom a szakdolgozati témaválasztás nem könnyű feladat. Legalábbis számomra nem volt az. Fontos volt, hogy valóban érdeklődést mutassak a témaválasztással szemben. Tanulmányaim során sok különböző témájú és módú előadást hallgathattam, különféle szakmai jellegű tantárgyakból. Közülük figyelmem leginkább a Műholdas helymeghatározás című tantárgyra, azon belül is a valós idejű szolgáltatások technológiájának megismerésére irányult.

Szakdolgozatom első fejezetében a GNSS technológia felépítését, és fejlődésének irányát mutatom be. Jellemzem a kiépült és folyamatosan fejlődő alrendszerket, a technológia pontosságának növelését szolgáló kiegészítő rendszereket, valamint a használatos GPS mérési módszereket. Nagy hangsúlyt fektetek a hazai aktív hálózatra, annak kialakulására és szolgáltatásaira.

A második fejezetben a vizsgálati mérés során használt Leica GPS 1200-as műszert jellemzem, továbbá kitérek röviden a Leica TPS 1200-as mérőállomás ismertetésére. A fejezetben az általam elvégzett beállítások részletezésére térek ki, valamint az általam hasznosnak gondolt opciókat mutatom be.

A harmadik fejezetben a nadapi mikrohálózatban végzett mérésről számolok be. Röviden bemutatom a területét, annak történelmi előzményét érdekességeit. Ezt követően leírom a mérést megelőző előkészületeket, majd magát a mérési folyamatot. A fejezet végén az irodai értékelést mutatom be.

A negyedik fejezetben a magassági alapponthálózatok rövid történeti áttekintést követően az EOMA vonalon található magassági alappontokon végzett vizsgálati mérésekről számolok be. A fejezet végén az irodai értékelést jellemzem.

Az ötödik fejezetben a nadapi mikrohálózat és az EOMA I. rendű vonalon rögzített mérési eredményekről készített grafikonokból és táblázatokból levonható következtetésekről számolok be.

Szeretném megköszönni konzulens tanáromnak, Busics Györgynek a forrásanyagok rendelkezésemre bocsátását, ajánlásait, szakdolgozatom elkészítésében való közreműködését.

1. A globális műholdas navigációs rendszerek

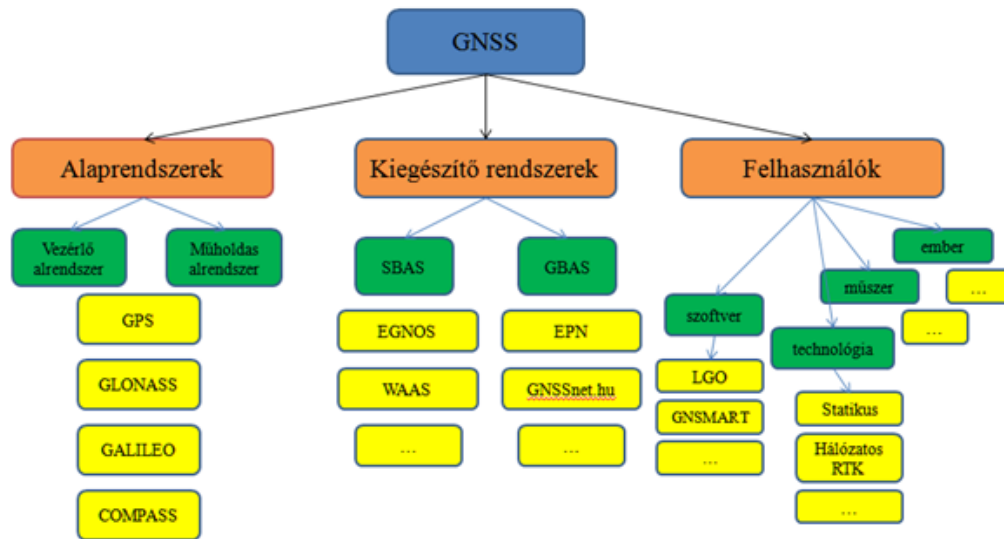
A modern kor embere ma már mindennapi rutinként használja és támaszkodik a műholdas helymeghatározásra, ami manapság a telekommunikáció után a második leggyakrabban használt űrtechnika. Kezdetben a GPS (*Global Positioning System*) rövidítés volt az elterjedt az emberek körében, amely, a globális helymeghatározó rendszer angol nyelvű rövidítése. Ma már helyesebb a GNSS szó használata. A GNSS angol eredetű mozaikszó, amely a *Global Navigational Satellite Systems* (globális műholdas navigációs rendszer) rövidítése. Általánosságban a GNSS feladata a navigáció, valamint a hely- és időmeghatározás. Ezt a feladatát a föld körül keringő műholdakra támaszkodva képes ellátni. Segítségével képesek vagyunk bárhol a Földön, bármely földrajzi hely koordinátáinak meghatározására.

A pozíció meghatározás azon alapszik, hogy a műholdakat egy ismert vonatkoztatási rendszerben egy bizonyos időpillanatban ismert és állandó pontoknak tekinthetjük. A műholdakat ismert helyzetű földi követőállomások figyelik és látják el úgynevezett navigációs pályaadatokkal. Ezeket a pályaadatokat sugározzák a műholdak a felhasználó vevőjébe, amely több műhold egyidejű jelvétele esetén képes egy egyszerűnek tűnő távolság számítás alapján koordinátákat számolni. A vevő elmozdulása esetén annak sebessége is számítható mivel ismert a vevő két helyzet között eltelt időtartam.

Ennek a technológiának a megvalósítása azonban korántsem ilyen egyszerű. A háttérben nagyon sok kritériumnak kell eleget tenni ahhoz, hogy ez a szolgáltatás megbízható és bármikor rendelkezésre álló legyen. A technológia megköveteli napjaink legmodernebb, legkorszerűbb technikájának alkalmazását. A GNSS rendszer kifejlesztését csak gazdasági nagyhatalmak vagy társult országok engedhetik meg maguknak a jelentős költségek miatt (*Busics 2011.*).

A GNSS rendszer, mint azt fentebb említettem, sokkalta strukturáltabb és összetettebb fogalom, mint maga a GPS. Több alap- és kiegészítő rendszer mellett magába foglalja a felhasználói oldalt is.

1.1. A GNSS felépítése



1.1 ábra A GNSS infrastruktúra felépítése

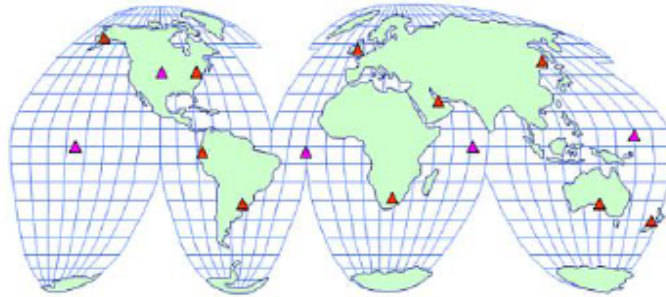
1.1.1. A GNSS alaprendszerek

A GNSS rendszer alaprendszereivel kapcsolatban két fő csoportosításról beszélhetünk. Az egyik a vezérlő alrendszer, más néven az ismert helyzetű, telepített földi követőállomások, a másik csoport pedig maguk a navigációs műholdak, a műholdas alrendszer. Ez idáig két teljesen kiépített alaprendszer valósult meg, az amerikai GPS és az orosz GLONASSZ rendszer. Ezen kívül folyamatban van az európai Galileo és a kínai Compass rendszer megvalósítása.

GPS

A GPS a köztudatban a legelterjedtebb rövidítés, amely a helymeghatározást és a navigációt jelenti. A rendszert 1973-ban az Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma (DoD: Department of Defense) fejlesztette ki, elsősorban katonai célokra. A fenntartást és az üzemeltetést az amerikai légierő (USAF: US Air Force) és a katonai térképész (NIMA: National Imagery and Mapping Agency) szolgálat látja el. Duális rendszerű, vagyis katonai és polgári célra is használják mégis a polgári célú felhasználása sokkal inkább elterjedtebb. 1995-ben lett először kinyilvánítva teljesen kiépítettnek, amikor is 24 darab műhold keringett a Föld körül. A műholdak két vivőfrekvenciát az L1 és L2-öt állítják elő, amiket a C/A és a P kóddal modulálnak. Ez alapján háromféle típusú kódot különböztünk el:

- L1 vivőjelen C/A és P kód mérés (C1 és P1)
- L2 vivőjelen P kód mérés (LP2)
- L1 és L2-ön vivőfázis mérés



1.2 ábra A WGS84 forgási ellipszoidot alkotó földi követőállomások elhelyezkedése a Földön

Vonatkoztatási rendszere a WGS84 (World Geodetic System) földi vonatkoztatási rendszer, amelyet a földi követőállomások koordinátái valósítanak meg. A közeljövőben várható az alapszisztem modernizációja, ami a következőket foglalja magába:

- C/A kód alkalmazása az L2 vivőfrekvencián
- új kód, az M kód bevezetése mind a két frekvencián
- egy új, harmadik frekvencia bevezetése, az L5

Szakedolgozatomban írása alatt az alapszisztem összesen 31 műholddal rendelkezik, ebből 30 db üzemel és 1 db karbantartás alatt áll. Ezek közül 8db IIA, 12db IIR, 7db IIR-M, és 3db IIF típusú műholdat különböztethetünk meg. Fejlesztések alatt áll a műholdak következő szériája, a III generációs műholdak.

GPS constellation status, 10.05.13

Total satellites in constellation	31 SC
Operational	30 SC
In commissioning phase	-
In maintenance	1 SC
In decommissioning phase	-

1.3 ábra A GPS alapszisztem műhold konstellációjának állapota, 2013. 05. 10.

GLONASSZ

Az orosz alapszisztem, a GLONASSZ (Globalnaja Navigacionnaja Szputnyikovaja Sisztyema) fejlesztése az 1970-es években kezdődött meg. Az üzembe helyezést a volt Szovjetunió kezdte el. Szintén duális felhasználású, korlátozott

hozzáféréssel a civil felhasználók részére. A teljes kiépítettség 1995-ben megvalósult, ám ezt az állapotot nem tudták fenntartani. 1996-ban a rendszer már kevesebb, mint 24 műholddal rendelkezett. 15 évvel később, 2011.10.03-án sikerült csak újból biztosítani a teljes lefedettséget. Jelenleg 29 GLONASSZ műhold kering földkörüli pályán. Ebből 24 üzemel, 4 tartalék és 1 repülési teszt fázisban van.

GLONASS constellation status, 10.05.2013

Total satellites in constellation	29 SC
Operational	24 SC
In commissioning phase	-
In maintenance	-
Spares	4 SC
In flight tests phase	1 SC

1.4 ábra A GLONASSZ alaprendszer műhold konstellációjának állapota, 2013.05.10.

A műholdak ugyanazt a kódot közvetítik csak más frekvencia kiosztással, ellentétben a GPS műholdakkal ahol ugyanazon a frekvencián történik a jel sugárzása csak különböző kódkiosztással. Ezek számítása egy meghatározott képlet szerint történik.

A GLONASSZ vonatkoztatási rendszere a PZ90 (Parametri Zemli) földi térbeli vonatkoztatási rendszer, amely a WGS84-hez hasonlóan nem csak vonatkoztatási rendszer, hanem földmodell is egyben.

GALILEO

A Galileo alaprendszert kezdetben az Európai Unió és az Európai Űrügynökség finanszírozta közös erővel. Az előzőekkel ellentétben ezt már csakis polgári célra tervezik használatba állítani. A munkálatok 2001-ben kezdődtek. Az első két kísérleti műholdat 2005 és 2008-ban állították pályára. Kezdetben 2008-ra tervezték a teljes műholdas rendszer kiépítését. Ez mára 2018-ra tolódot ki. A tervek szerint az alapszender 30 darab műholdat fog tartalmazni, amiből 3 tartalék lesz. 2012.10.12-én kettős indítással a Francia Guyanában lévő Kourou űrközpontból pályára állították a műholdas alrendszer 3. és 4. műholdját. Ezzel a rendszer már tesztelhető mivel 4 műhold egyidejű észlelése vált lehetővé, ami a tesztelési szakasz lezárását jelenti. A két IOV műhold figyelemre méltó tulajdonsága, hogy részt vesznek a KOSZPASZ-SARSAT műholdas keresési és mentési rendszer munkájában. 2014 év végére előreláthatólag további 18 műhold kerül pályára állításra, ami egy kezdeti szolgáltatás üzembe helyezését jelenti.

COMPASS

2003-ban Kína belekezdett saját GNSS rendszer kiépítésébe. Kezdetben az Európai Unió Galileo programjához csatlakozott, de később úgy döntött önállóan folytatja tovább a munkálatokat. A becslések szerint a kiépített rendszer képes lesz 10 méteres pontosság elérésére abszolút helymeghatározással.

1.1.2. GNSS kiegészítő rendszerek

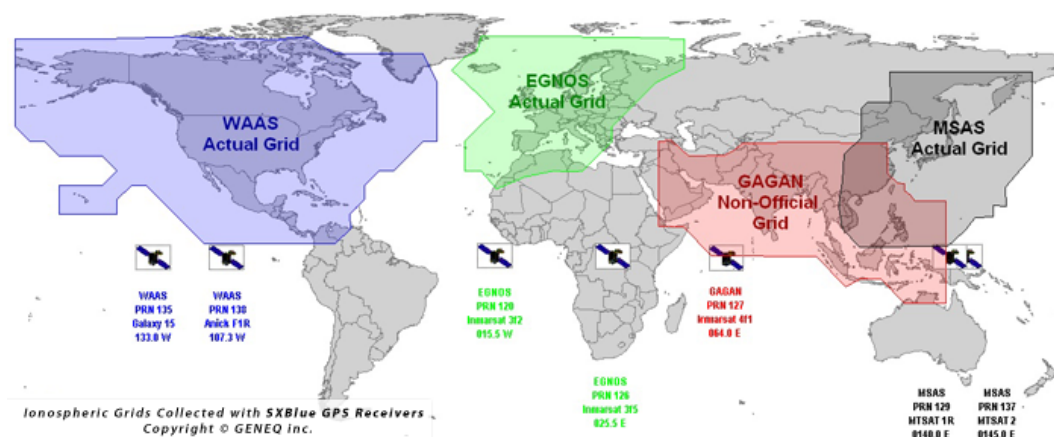
A GNSS rendszer egy másik különálló eleme a kiegészítő rendszerek (Augmentation System). A kiegészítő rendszereket azért hozták létre, mert önmagában az alaprendszer jelenléte, működése nem nyújt kiemelkedő pontosságot a pozíció meghatározásában. A kiegészítő rendszerek két típusáról beszélhetünk:

- műholdas alapú kiegészítő rendszerek (*SBAS=Satellite Based Augmentation*)
- földi alapú kiegészítő rendszerek (*GBAS=Ground Based Augmentation*)

Műholdas alapú kiegészítő rendszerek

Legfőbb jellemzője, hogy a távolság-korrekciókat és a referencia adatokat geostacionárius pályán keringő műholdak továbbítják a felhasználó számára. A rendszer működéséhez szükség van permanens állomáshálózatra, adatfeljuttató állomásokra és egy feldolgozó központ működtetésére. A műholdak vétele alacsony magassági szög alatt korlátozott ezért csak regionális rendszerek jöttek létre. A rendszer kódtávolság-korrekciók szolgáltatásával növeli a vevő helymeghatározásának pontosságát. A módszer lényege, hogy a referencia állomás koordinátái ismertek. Kódmérésből meghatározzák a távolságukat a műholdaktól, majd kiszámítják saját koordinátaikat. A mért és ismert koordinátákból kód-távolság korrekciókat számítanak, amiket a vevőnek továbbítanak. A vevő ez alapján javítja az általa mért távolságot. Ezt a technikát alkalmazza a WADGPS (*Wild Area Differential GPS*) koncepció. Négy ingyen használható regionális méretű SBAS rendszert említhetünk, meg amely ezt a koncepciót alkalmazza. Ezek a:

- **WAAS** (*Wide Area Augmentation System*)-Észak-Amerikában
- **EGNOS** (*European Geostationary Navigation Overlay System*)-Európában
- **MSAS** (*Multifunctional Satellite-Based Augmentation System*)-Japánban és a
- **GAGAN** (*GPS and Geo Augmented Navigation System*)- Indiában



1.5 ábra A WAAS, EGNOS, MSAS és GAGAN műholdas alapú kiegészítő rendszerek által lefedett területek a világon

Mind a négy rendszer megfelel egy globális egységes szabványnak, ami a kompatibilitást és a rendszerek közötti együttműködést biztosítja. Vagyis a rendszerek nem akadályozzák egymást a működésben, a felhasználó egy átlagos vevővel ugyanazt a szintű szolgáltatást és teljesítményt kapja akár az EGNOS, akár a WAAS által lefedett területen tartózkodik. Amellett, hogy a légiközlekedési ágazatban is használatosak, a SBAS rendszerek használata alapvető olyan területeken, ahol a pontosság és az integritás nélkülözhetetlen.

A SBAS lehetővé teszi, hogy fejlesszük és bővítsük a GPS alkalmazásainak hatókörét olyan területeken, mint a precíziós gazdálkodás, a mezőgazdasági gépek vezérlése, közúti járművek kezelése, olaj feltárására alkalmas szerkezetek elhelyezése a tengeren, vagy olyan egyéb tudományos területen, mint a geodézia.

Európában értelemszerűen az **EGNOS** használata az elterjedt. A rendszer létrehozásának célja volt a helymeghatározás pontosságának növelése a kód-korrekciók küldésével mind vízszintes mind magassági értelemben. Amennyiben meghibásodás történik a GPS vagy a saját rendszere esetén hat másodpercen belül a felhasználó értesítést kap. A hivatalos működése 2009-ben lett bejelentve. A rendszer 34 földi követőállomásból, 4 vezérlő állomásból, 6 betöltő állomásból és 3 geostacionárius műholdból áll. Magyarországon a holdak pályahajlás szöge nem kedvező így takart környezetben a jelvétele zavart lehet.

Földi alapú kiegészítő rendszerek

A földi alapú kiegészítő rendszerek, folyamatos észlelést végző permanens állomásokból, a permanens állomások adatait gyűjtő, feldolgozó és továbbküldő központból, valamint valamilyen adattovábbító eszközből állnak. Ez esetben az adattovábbítás Interneten keresztül történik. A permanens állomásokat gyűjtő néven aktív hálózatnak is nevezik. Az aktív hálózatok kiterjedését tekintve beszélhetünk világméretű, nemzetközi és országos hálózatokról.

Világméretű hálózat például az **IGS** (*International Global Navigational Satellite System Service*) kiegészítő rendszer. Létrehozásáról szóló előterjesztést az IAG (*International Association of Geodesy=Nemzetközi Geodéziai Szövetség*) 1993-ban fogadta el. A hálózatban 75 ország vesz részt és jelenleg több mint 350 működő permanens állomást tartalmaz. A rendszer célja a pontosság javításán kívül szabványként használható adatok előállítása és biztosítása, amelyek több tudományterületre kiterjedő alkalmazást és oktatást támogatnak. A hálózat 50 darab úgynevezett alapállomásból, számos operatív, 5 regionális, és 3 globális adatközpontból áll.

Nemzetközi aktív hálózat az **EPN** (*EUREF Permanent Network= EUREF Permanens Állomáshálózat*), amelynek permanens állomásai az európai kontinenst "fedik le" és az IGS mintájára készült. A hálózat tényleges működésének kezdete 1996. Gyakorlati irányítását a Belga Királyi Obszervatórium brüsszeli intézményében található központi iroda végzi. 245 permanens állomással rendelkezik, amelyekből mindegyik alkalmas a GPS műholdak vételére, közel 50%-a GPS és GLONASSZ műhold vételére és 11%-a GPS, GLONASSZ és GALILEO műhold vételére egyaránt. Adatai tudományos és gyakorlati célok megvalósítását egyaránt szolgálják.

Nemzetközi továbbá, az **EUPOS** (*European Position Determination System=európai helymeghatározó rendszer*) földi alapú kiegészítő rendszer is. Az EUPOS 2002. március 4-5.-én alakult meg Berlinben. Hazánk a kezdetek óta tagja a kiegészítő rendszernek. Létrejöttének célja egy olyan egységes szabvány által átjárható szolgáltatás létrehozása, amely lehetővé teszi a felhasználó számára, hogy ugyanazon eszközzel a régió bármely országában centiméteres pontossággal és magas szintű megbízhatósággal végezzen műholdas helymeghatározást. A tervek szerint az EUPOS 900 referencia állomást fog magába foglalni Európa 18 országában. Eddig 15 ország területén működik 412 referencia állomás.

Magyarország saját aktív hálózata a **GNSSnet.hu**. A hazai aktív hálózat kiépítése 2000-ben kezdődött. A rendszer megvalósítását a FÖMI Kozmikus Geodéziai Obszervatóriumának GNSS Szolgáltató Központja végzi. A megfelelő pontosságú geodéziai pontmeghatározás végzéséhez a permanens állomásokat 50 km-es bázistávolsággal kellett telepíteni. Ez 30 permanens állomást jelentett az ország területén. Az első állomás a penci Kozmikus Geodéziai Obszervatóriumban létesült 1996-ban, amely a mai napig a központi feldolgozó rendszer szerepét tölti be. Azonban nem csak a hazai aktív hálózat, de az EPN részét is képezi, mint analízis központ.

A referencia állomásokat a körzeti földhivatalok tetején telepítették, mivel itt a lehető legkedvezőbbek a műholdas megfigyelési feltételek, folyamatos a tápellátás, van számítógépes hálózat, és ha kell megfelelő személyzet. Az ország teljes lefedettsége 2008-ban a teljes hálózat kiépítése 2010-ben valósult meg. Kezdetben a referenciaállomások az általuk mért nyers mérési adatokból, saját feldolgozó szoftverük által állították elő az utólagos feldolgozáshoz szükséges RINEX (*Receiver Independent Exchange format*)-adatokat, és a valós idejű RTCM (*Radio Technical Commission For Maritime Services*) korrekciókat, amiket folyamatosan küldtek a központba.

A mobil telekommunikációban megjelenő GPRS szolgáltatás előnyeit a GNSS szolgáltatók gyorsan felismerték. Ennek köszönhetően 2004-ben kifejlesztették az NTRIP (*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*) internetes protokollt, amely lehetővé tette az RTCM interneten való továbbítását. Ezáltal mind a differenciális, mind az RTK korrekciók elérhetővé váltak a felhasználóknak.

Azzal, hogy a korrekciókat maguk a referenciaállomások állították elő bizonyos problémákat hordozott magával. Mivel különböző feldolgozószoftverek üzemeltek az állomásokon a korrekciók nem voltak egységesek mindenhol. A bázistávolság növelésével, vagyis az állomástól távolodva romlott a fix pozíció sikeres meghatározása. Ahhoz, hogy ezeket a problémákat kiküszöböljék, szükség volt egy feldolgozó szoftverre, amely képes az összes állomás nyers mérési adatait egyszerre feldolgozni és azokból modellezni a hibahatásokat. Egy ilyen feldolgozó szoftver vásárlására írt ki 2006-ban a Kozmikus Geodéziai Obszervatórium pályázatot, amit a német Geo++ cég nyert meg. A szoftver a GNSMART (*GNSS-SMART=GNSS State Monitoring And Representation Technique*) nevet kapta. A szoftver a nyers mérési adatokból, amelyeket a referencia állomások másodpercenként küldenek, a központba egy úgynevezett állapotter-modellt hoz létre. Ez azt jelenti, hogy az eddigiekkel ellentétben nem a hibák modellezését végzi a

szoftver, hanem a tényleges hibaforrásokat (pl. troposzférikus késleltetés, vevő órahibája, ionoszféra aktivitás). Ezeket a tényleges hibaforrásokat egy-egy állapotváltozó vagy más néven állapotvektor ír le. Ez teszi lehetővé, hogy bárhol, bármikor sikerüljön a jellemző hibák nagy pontossággal való meghatározása és az egységes ciklus-többsértelműség feloldása. A GNSMART szoftvert 2007 márciusában helyezték üzembe. Ettől kezdve lehetséges a valós idejű DGPS és RTK korrekciók, a fázismérési adatok, az utólagos feldolgozáshoz használható nyers adatok és a virtuális RINEX adatok szolgáltatása. Jelenleg az aktív hálózat 54 referencia állomásból áll, amelyből 19 a szomszédos országok tulajdonában van.

1.1.3. Felhasználói oldal

A felhasználói oldalt a GNSS vevőkészülékek, a működésért és hatékonyságért felelős szoftverek mind a vevőkben mind a rendszer többi elemében, továbbá az alkalmazott technológia és az igénybevett szolgáltatások testesítik meg. A szoftver fejlesztés elengedhetetlen mind a fejlődés mind a pontosság terén. A GNSS vevők az alábbi részekből épülnek fel:

- antenna
- vezérlő-és kijelző egység
- tárolóegység
- jelkövető és jelfeldolgozó egység
- mikroprocesszor
- tápegység

1.2. GNSS technológiák

1.2.1. Utófeldolgozásos módszerek

A GPS korszak kezdetén a vevők mérési eredményeinek feldolgozását csak irodában lehetett elvégezni, utólag. A GNSS technológiák csoportosításánál beszélhetünk abszolút (*SPP: Single Point Positioning*) illetve relatív helymeghatározási módszerről. Geodéziai pontosságot jelenleg csak a relatív módszer képes biztosítani. Abszolút helymeghatározás esetében a mérés egy vevővel történik és csak a vevő által vett nyers kód mérését használják fel a helymeghatározásra. A relatív módszer esetében több vevő szimultán méréséből határozzunk térbeli vektorokat, majd azokból koordinátákat számítunk. A mérésnél szükség van egy ismert ponton történő mérésre. Az új pontok

mérési eredményeinek feldolgozásánál vagy a pontok közötti térbeli vektorok összetevőit határozzuk meg, vagy az ismert pontokon mérő vevők mérési eredményeiből számított korrekciókat. Utóbbi esetben beszélhetünk DGNSS módszerről, amikor kódtávolság-korrekciókat veszünk figyelembe. Ennek pontossága azonban csak szubméteres.

Statikus módszer

Kezdetben csak statikus módszert alkalmaztak. Statikus módszerről beszélünk, amikor rendszerint a vevők egymáshoz képest mozdulatlanul mérnek egy bizonyos időtartamon keresztül. Kettő vagy több vevő esetében fontos, hogy egy időpillanatban végezzenek mérést ugyanazon műholdakra. Ezt az időtartamot nevezzük mérési periódusnak, két pont mérése között eltelt időtartamot pedig átállási időnek.

Hagyományos statikus módszer

Ma már akkor alkalmazott, amikor a 10 km-nél hosszabb vektorok feldolgozásánál szélső pontosság elérésére törekszünk. Ehhez azonban több órányi mérési periódusra van szükség, ami a bázis hosszától, a műholdak számától, a mérés céljától, valamint a vevő és feldolgozó szoftver típusától függ.

Gyors statikus módszer

Az alsó geodéziában nem minden esetben követelmény a szélső pontosság elérése ($\mu_p=5$ mm). A '90-es évek elején a szoftverek fejlődése lehetővé tette a mérési időtartam csökkentését, amely maga után vonzotta a gyors statikus módszer elterjedését. A hagyományos statikus módszerrel ellentétben csak 20 km-es vektorokat mérünk. A mérési időtartam ebben az esetben 10-30 percet vesz igénybe, attól függően, hogy a vevő egy- vagy kétfrekvenciás és hogy hány műholdat képes venni az adott pillanatban. A mérés során fontos hogy mindkét vevő esetében legalább 4-5 műhold jelvétele elérhető legyen, továbbá kerülni kell az olyan mérési ablakot ahol a DOP érték jelentősen változik.

A térbeli hálózatunkat többféle módon illeszthetjük be az országos rendszerbe:

- OGPSH pontokra támaszkodva
- Aktív hálózat pontjaira támaszkodva
- EOVS, illetve EOMA pontokra támaszkodva
- a fentiek vegyes használatával

OGPSH pontokra támaszkodva

A referencia vevővel egy OGPSH ponton, a másik vevővel pedig a mérendő pontokon és környező OGPSH pontokon kell felállnunk. Az OGPSH-ban nincs szükség 15 km-nél hosszabb vektorok mérésére ezért a mérési periódus 10-30 perc is lehet. A koordinátákat ETRS89 rendszerben kapjuk meg. A transzformációhoz szükséges paramétereket vagy a környező OGPSH pontokon való mérésből vagy az EHT illetve VITEL eljárások valamelyikével tudjuk meghatározni.

Aktív hálózat pontjaira támaszkodva

A referenciavevő az aktív hálózat részét képező permanens állomás. A mérés feldolgozása vagy RINEX- vagy virtuális RINEX-adatokkal történik. Az eljárás előnye, hogy nem kell saját magunknak gondoskodni a referencia vevőről, annak beszerzéséről, őrzéséről és szállításáról. A mérés és feldolgozás az előzőekben leírtak alapján történik.

EOV alappontokra támaszkodva

A referencia vevőt ismeretlen ponton elhelyezve meghatározzuk annak közelítő WGS84 koordinátáit kód mérésből. Ezt követően az ismeretlen pontok mérése előtt fel kell keresnünk legalább 3 vízszintes negyedrendű alappontot, amiken mérni tudunk. A referenciavevő közelítő WGS84 koordinátaival egy kvázi WGS84 vonatkoztatási rendszert hoztunk létre az álláspont körül, amelynek transzformációs közös pontjai a mérés során felkeresett EOV pontok. A transzformációs paraméterek használatánál nagy körültekintéssel kell eljárni, mivel minden egyes referencia ponthoz külön vonatkoztatási rendszer tartozik.

Vízszintes referencia ponton történő mérés

Ezt a módszert az OGPSH előtti időkben használták. A referencia vevőt egy megbízható vízszintes alapponton kellett elhelyezni. A mérés során a mérendő pontokon kívül a 24 pontos kerethálózat kiválasztott pontjain is mérni kellett. A feldolgozás során kétirányú transzformációs paramétereket számítottak. Először EOV-WGS paraméterekkel képezték a referencia pont közelítő WGS84 koordinátáit. Ezt követően az így kapott WGS84 koordinátahoz kötötték a mért vektorokat, majd az új pontok koordinátáit ellentétes előjelű WGS-EOV paraméterekkel átszámították a nemzetközi rendszerbe.

Kinematikus módszer

A kinematikus módszerek alkalmazása a statikus módszerrel egy időben történt, de kezdetben nehéz volt megoldani a gyakorlati alkalmazást. A nehézséget a műholdak száma és az inicializálás gyakorlatias megoldásának hiánya okozta. Az inicializálás a fázismérés kezdetén a vivőhullám egész periódusai számának más néven a ciklus-többsértelműségnek a meghatározását jelenti. A mérés során a műholdak folyamatos jelvételeire van szükség. Amennyiben jelvesztés történt, újból el kellett végezni az inicializálást. Kezdetben két módon lehetett az inicializálást elvégezni. Statikus módszerrel meghatározták a kezdőpontot mozdulatlan műszerrel vagy ismert ponton felállva indították a mérést. A menet közbeni inicializálást az RTK rendszerek megjelenése tette lehetővé (*OTF=On The Fly ambiguity resolution*). Ez esetben az inicializálást már bonyolult matematikai modellek alapján végezte a szoftver. Az eljárás kezdeti 10 km-es hatótávolsága rövid idő alatt 50 km-re növekedett, amely lehetővé tette a GPS geodéziai alkalmazásának és hatékonyságának növekedését. A kinematikus módszerek között megkülönböztetünk félkinematikus és folyamatos kinematikus módszereket.

Félkinematikus módszer

A félkinematikus mérési módszernél szükség van egy referencia ponton elhelyezett vevőre, továbbá egy mozgó vevőre, amellyel elvégezzük az inicializálást és felkeressük a mérendő pontokat. Az adatrögzítés folyamatos azonban nem minden koordináta kerül tárolásra csak azoké a pontoké, amelyeken legalább egy epocha mérésre sor kerül. A pont számát és az antenna magasságát a mérés közben adjuk meg. Közeleli pontok esetében az antennát tartórúdra helyezzük, amelynek fix a magassága, így az első pont után a magasság megadásával már nem kell foglalkozni. A félkinematikus mérés előnye, hogy rövid a mérési idő a ponton, viszont ügyelni kell, hogy ne legyen jelvesztés a pontok felkeresése során. Kétféleképpen végezhetjük a mérést:

- OGPSH pontokra vagy
- permanens állomásra esetleg virtuális pontra támaszkodva.

OGPSH pontra támaszkodva

A referencia vevőt egy OGPSH ponton vagy más megbízható ponton kell elhelyezni, majd a mozgó vevővel elvégezzük az inicializálást. A munkaterületet bejárva a mérendő pontokon elvégezzük a mérést, úgy hogy közben más OGPSH pontokat is

felkeresünk. A mérés vezérlését általában a tartórúdon elhelyezett vezérlőn végezzük. A módszer kis munkaterületen gazdaságos alappontok meghatározására, részletpontok mérésére, keresztaszelvények felvételére. A mérés feldolgozása utólag irodában történik.

Permanens állomásra esetleg virtuális pontra támaszkodva

A módszer lényegében azonos az előzőben leírtakkal, azzal a különbséggel, hogy permanens állomást használunk. A mérés folyamán felkereshetünk ismert koordinátájú pontokat is az ellenőrzés céljából. Fontos hogy a vevő adatrögzítési időköze egyezzen meg a permanens állomás adatrögzítési időközével.

Folyamatos kinematikus módszer

A félkinematikus módszerhez hasonlóan működik, azzal a különbséggel, hogy az adatrögzítés előre megadott időközönként történik, automatikusan. Folyamatos módszert akkor alkalmazunk, amikor a bejárt útvonal érdekel minket és nem az egyes diszkrét pontok. Ilyenkor a vevő rögzítése vagy valamilyen járművön vagy egy hátizsákban történik. A módszer hátránya, hogy a meghatározott pontoknak a terepi mérés során nincs lehetőségünk eltérő leíró adatokat adni, mint pl. pontszám, pontkód, stb.

1.2.2. Valós idejű módszerek

Valós idejű technológiára a GPS korszak kezdete óta igényt tartanak a felhasználók. A módszer lényege, hogy a mozgó vevő a mérés során valós időben korrekciókat kap valamilyen referenciaállomásról, amelynek segítségével és a vevőben lévő szoftveres háttérrel a helyszínen számítható a mérendő pontok koordinátái. Ennek a megvalósítása 1994-ben az RTK (*Real Time Kinematic*) technológia megjelenésének köszönhetően vált lehetségessé. A kezdetben alkalmazott eljárás neve a DGPS volt. Később a GNSS infrastruktúra kiépítése után átkeresztelték DGNSS-re. A differenciális korrekciók továbbítására az USA kidolgozott egy külön szabványt, az RTCM formátumot. Kommunikációs csatornaként használták az URH rádióadót, a rádióbacon-t, a kereskedelmi rádió oldalsávját és a mobiltelefonos szolgáltatást. A korrekciók rádióadón keresztül való továbbítása országos rádiós infrastruktúra kiépítését követelte volna meg. Ez nem volt lehetséges, továbbá a GPS mesterséges rontásának eltörlése miatt a felhasználók száma egyre inkább visszaesett. Az áttörést a mobil szolgáltatók által nyújtott GPRS szolgáltatás jelentette, amely nem a kapcsolódási időtartamot, hanem az adatforgalmat számolta. Ma a korrekciók továbbításának leggyakorlatiasabb megoldása az internetben mutatkozik meg. A valós idejű módszereket két csoportba sorolhatjuk:

- hagyományos RTK
- hálózatos RTK

hagyományos RTK

A hagyományos RTK legfőbb jellemzői, hogy autonóm, fázismérésen alapszik, valós idejű és relatív helymeghatározásnál használatos. Ehhez szükség volt arra, hogy a referenciavevő valós időben továbbítani tudja a mozgó vevőnek a kód mérés és fázismérés nyers adatait és fáziscentrumának közelítő koordinátáit. A mozgó vevőnek pedig képesnek kellett lennie azokat fogadni, a megfelelő szoftveres háttér birtokában feldolgozni, valamint a mozgás közbeni inicializálni. Az internetes adattovábbításnak köszönhetően az inicializálás időtartama a kezdeti 1-4 percről 20-30 másodpercre csökkent.

RTK technológia előnyös tulajdonságai:

- nem szükséges a pontok összelátása
- a kijelzett koordináta középhibák a mérés pillanatában információt szolgáltatnak a mérésről
- rövid mérési időtartam
- lehetővé vált a geodéziai pontosságú kitűzés elvégzése és az objektumok mozgásának követése, ami szélesítette a felhasználási lehetőségeket

A hagyományos RTK korlátai:

- egyetlen referencia állomás korrekcióit tartalmazza
- referenciaállomástól távolodva csökken a korrekciók hatékonysága
- 30-50 km-es távolságon túl cm-es pontosság nem biztosított
- országos lefedéshez nagyszámú referenciaállomásra van szükség
alacsonyfokú megbízhatóság

A hagyományos RTK mérési módszerei:

- saját RTK-bázis használata OGPSH ponton
- Önálló térbeli hálózat illesztése helyi rendszerbe
- Egyetlen permanens állomásra támaszkodó mérés

Saját RTK-bázis használata OGPSH ponton

A referenciavevőt magunknak kell beszerezni és elhelyezni egy OGPSH ponton. A Roverrel elvégezzük az inicializálást, majd felkeressük a meghatározandó pontokat. A két vevő közötti kapcsolat kezdetben rádió adó-vevőn jött létre, ami kis bázis távolságot engedett meg. Előfordult a terepi körülmények miatt, hogy csak 1-2 km-es munkaterületen jött létre a kapcsolat.

Önálló térbeli hálózat illesztése helyi rendszerbe

A referencia vevőt ismeretlen helyen kell telepítenünk, majd meghatározzuk közelítő WGS84 koordinátáit. A mérésből létrejött "kvázi" vonatkoztatási rendszerben olyan pontokat mérünk, amelyek ismertnek tekinthetők a helyi rendszerben. A transzformáció megoldását követően a helyi rendszerben mér rögzíthetők az új pontok koordinátái vagy elvégezhetők a kitűzési munkák.

Egyetlen permanens állomásra támaszkodó mérés

A referenciavevő ez esetben egy permanens állomás. A permanens állomások mérési adatit egy központ gyűjti, amely a mobil telefon szolgálat és az RTCM adatformátum internetes szabványának köszönhetően valós időben továbbítja a mozgó vevőbe a korrekciókat. Kezdetben a hagyományos RTK korlátokba ütközött, amelyek áthidalását egy újfajta technológia tette lehetővé, a hálózatos RTK.

hálózatos RTK

A hálózatos RTK olyan hálózatba kapcsolt, nagyobb földrajzi térségben működő referencia állomások együttes működését jelenti, amely lehetővé teszi azok mérési adataink együttes feldolgozását. A mérést terhelő hibahatások ez által az állomások közötti területre modellezhetők, ami a helymeghatározás pontosságának javulását, homogén pontosságot és nagyobb megbízhatóságot eredményez. Az állomások mérési adatait egy feldolgozó központ gyűjti, elemzi és teszi elérhetővé a felhasználók számára. A hálózatos RTK működése bizonyos feltételekhez kötött. A működéshez szükség van:

- a rendelkezésre állás biztosítására
- bázisállomások működésének garantálására, a mérési adatok helyességének felügyeletére
- feldolgozó központra a megfelelő felszereléssel és személyzettel
- illetve, hogy a központ valós idejű adatokat szolgáltatson a felhasználók felé.

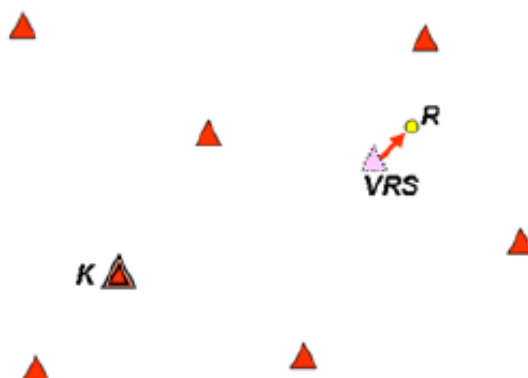
A valós idejű cm-es geodéziai pontosság biztosítása bonyolult és összetett rendszer hibátlan és folyamatos működését követeli meg a háttérben, a nap 24 órájában. Ennek a biztosítása és megvalósítása a GNSS Szolgáltató Központ feladata.

A hálózatos RTK gyakorlati alkalmazására eddig 3 koncepciót dolgoztak ki és vezettek be, szoftveres úton:

- VRS (*Virtual Reference Station*)
- MAC (*Master Auxiliary Concept*)
- FKP (*Flächen-Korrektur-Parameter*)

VRS koncepció

A koncepció lényege, hogy a központ olyan mérési adatokat vagy korrekciókat generál és küld a mozgó vevőnek, mintha azt egy közelben lévő valódi referenciaállomástól kapná. A mérés kezdetén a felhasználó NMEA GG üzenet formájában beküldi a központba a közelítő koordinátáit, majd ennek függvényében küldi vissza a központ a virtuális adatokat. A mérés feldolgozása hasonló módon történik, mint a hagyományos RTK esetében. Kezdetben a virtuális koncepciók a kezdeti pozícióra vonatkoztak. Ez azonban a munkaterülettől távolodva bizonytalanná tette a mérést a bázistávolság növekedésével. Problémát jelentett az is, ha a Roverrel túl közel kerültünk a virtuális állomásunkhoz. A megoldást a virtuális referenciaállomás kezdeti pozíciójának eltolását jelentette 4-5 km-re. Ezt a fajta eljárást használja a Geo++ cég GNSMART szoftvere is. Ezt a funkciót nevezik PRS (*Pseudo Reference Station*) módnak. A PRS módnál az eltolt virtuális referencia a Roverrel megtett útvonalnak megfelelően változik.

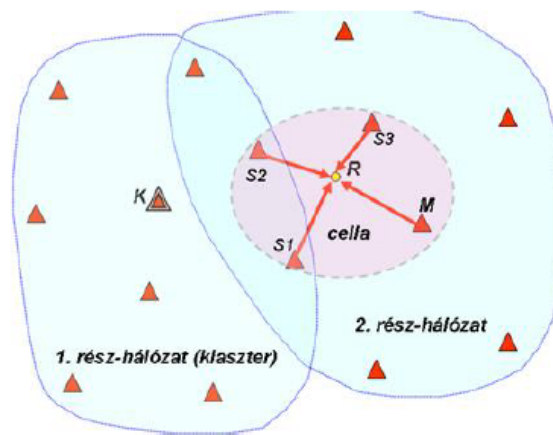


1.6 ábra A hálózatos RTK VRS (*Virtual Reference Station*) koncepciója a beküldött közelítő pozíció alapján a munkaterület közelében generál egy virtuális referenciaállomást.

MAC koncepció

A MAC koncepció elve szerint a mozgó vevő nem csak egy referenciaállomás mérési adatait és korrekcióit kapja, hanem több állomás adatait, de tömörített formában, elkülönítve a gyors és lassú változású korrekciókat. A koncepció megvalósításához bevezették a fő- és segédállomások fogalmát. A vevő teljes terjedelemben a főállomás adatait kapja. A segédállomások adatai a főállomás adataihoz viszonyított korrekció különbségek, amikből visszaállítható a feldolgozásnál ezen állomások adatai. Ez kisebb adatforgalmat és nagyobb felhasználói szabadságot jelent a felhasználói oldalon, mivel az adatok birtokában mi dönthetjük el milyen számítási módszerrel kívánjuk meghatározni a pozíciónkat. További előnyt jelent a központi szoftvertől való függetlenség is, mivel nem a központ szolgáltatja a koordinátákat. Ezzel elkerülhetők az esetleges kompatibilitási hibák, amelyek a műszert forgalmazó cégek és a permanens hálózat által használt szoftverek eltéréseiből adódnak.

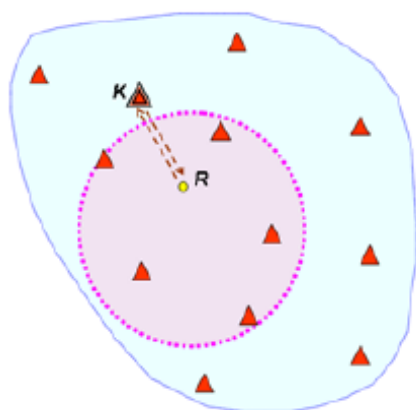
A koncepció szerint az aktív hálózatot úgynevezett klaszterekre és cellákra bonthatjuk. Az egyes klaszterek, rész-hálózatként értelmezhetők, amelyeken belül a feldolgozást együttesen végzik és a fázis-többértelműség értékek a megfelelő pontpárok között azonosak. A cellák a klasztereken belüli halmazok, amelyeken belül a fő- és segédállomások kerülnek kiválasztásra.



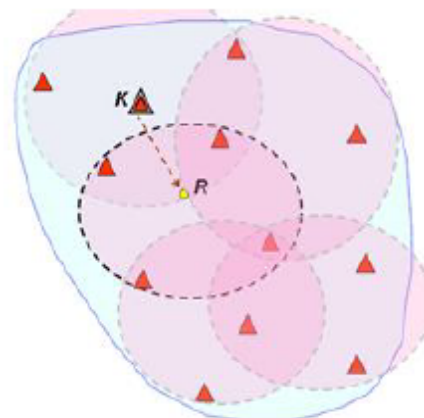
1.7 ábra A MAC koncepciónál alkalmazott klaszterek, azokon belül a cellák és azokon belül a fő- és segédállomások értelmezése

A cellák kijelölése attól függ, hogy egy- vagy kétirányú-e a Rover és a központ közötti kapcsolat. Kétirányú kapcsolatnál a felhasználó beküldi közelítő pozícióját, ezt követően a központ automatikusan jelöli ki a cellát és azon belül a fő- és segédállomásokat (*ACM- Automatic Cell corrections MAX*). Egyirányú kapcsolatnál a felhasználó előre definiált cellák közül választhat.

Ehhez szükséges, hogy a felhasználó ismerje ezeket a cellákat, továbbá az, hogy tudja, éppen melyikben tartózkodik. (SCM- Single Cell corrections MAX).



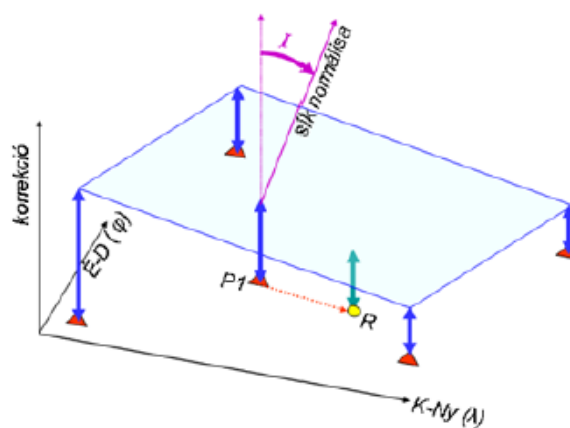
1.8 ábra Kétirányú kapcsolat a központ és a felhasználó között



1.9 ábra Egyirányú kapcsolat a központ és a felhasználó között

FKP koncepció

A koncepciót a németországi SAPOS aktív hálózatban kezdték el alkalmazni. A koncepció lényege az, hogy az aktív hálózatban működő permanens állomások külön távolság-függő korrekciós paramétereket kapnak. Egy állomás körüli területet egy korrekciós felülettel modellezzük. A gyakorlati tapasztalatok szerint ehhez egy kiegyenlítő sík is hatékonynak bizonyult. A korrekciók a korrekciós felület É-D-i és K-Ny-i irányú összetevője.



1.10 ábra A hálózatos RTK FKP koncepciója a kiválasztott állomás környezetét egy korrekciós felülettel modellezi

A gyakorlati alkalmazásnál egyirányú adatforgalom esetében a felhasználónak tudnia kell melyik a hozzá legközelebbi permanens állomás, amihez kapcsolódnia kell. Ennek a referenciaállomásnak a korrekcióit és nyers mérési adatait tölti le a felhasználó és ezekből saját maga számítja a koordinátákat.

Kétirányú adatforgalom esetében - ami a hazai aktív hálózatban használatos - a központ választja ki a felhasználóhoz legközelebbi állomást a beküldött közelítő pozíciója alapján. Ekkor a mérés folyamán a lokalizálást már a mozgó vevő végzi. A koncepció előnyös tulajdonsága, hogy a bázistávolság növekedésével a mozgó vevő mindig a megfelelő javítással végzi a helymeghatározást.

1.2.3. A gnssnet.hu szolgáltatásai

A hazai országos földi alapú kiegészítő rendszer, a magyar aktív hálózat üzemeltetését és fejlesztését a GNSS Szolgáltató Központ (GSzK) végzi. A GSzK szolgáltatásait kétféleképpen csoportosíthatjuk:

- Valós idejű felhasználáshoz, illetve
- Utólagos felhasználáshoz történő szolgáltatás és
- AutopostGNSS szolgáltatás

Szolgáltatások valós idejű felhasználáshoz

A valós idejű szolgáltatások között megtalálhatók a Differenciális GNSS szolgáltatások a térinformatikai, a navigációs és a szabadidős foglalkozásokhoz, illetve az RTK/hálózatos RTK korrekciók a geodéziai cm-es pontosság eléréséhez.

A nyers mérési adatok feldolgozását követően a központ előállítja a korrekciókat tartalmazó RTCM adatformátumot. Az adatformátumot az NTRIP protokollon keresztül továbbítják a felhasználóknak, amelynek központi eleme az NTRIPCaster internetes szerver. A korrekciók fogadásához a felhasználói oldalon szükséges az NTRIPClient nevű szoftver telepítése a vevőre. A regisztráció és a szolgáltatási díjak befizetése után kapott azonosító és jelszó segítségével a felhasználó kapcsolódni tud a szerverre, ahonnan lekérheti a forrástáblázatot. Fontos ezen kívül a szerver IP címének és Port-jának helyes bevitele. A forrástáblából különböző adat-típusok (stream) közül választhat a felhasználó, amelyeket a csatlakozási pontjuk (mountpoint) alapján különböztet meg a szabvány.

A stream-ek között található olyanok, amelyek egy úgynevezett 1033-as speciális üzenettípusban a referenciaállomás vevőjéről és antennájáról tartalmaznak információkat.

Internetes korrekciók:

Egybázis DGPS korrekciók (közelítő pozíció beküldése nem szükséges)				
Mountpoint	Leírás	Adatformátum	Vivófázis	Műholdak
MONO_DGPS-RTCM2.1	MONO_DGPS_RTCM2.1	RTCM 2.1	N	GPS+GLONASS

1.1 táblázat A hálózatos RTK egybázis korrekciója a monori referenciaállomásról

A Monoron működő referenciaállomás szubméteres pontosság eléréséhez biztosít differenciális GPS korrekciókat.

	Egybázis DGNSS és RTK korrekciók (közelítő pozíció beküldése szükséges)				
	Mountpoint	Leírás	Adatformátum	Vivófázis	Műholdak
DGNSS	SGO_DGPS-RTCM2.1	DGPS_RTCM2.1	RTCM 2.1	N	GPS+GLONASS
	SGO_DGNSS-RTCM3.0	DGNSS_RTCM3.0	RTCM 3.0	L1	GPS+GLONASS
RTK	SGO_RTK-RTCM2.3	RTK_RTCM2.3	RTCM 2.3	L1 L2	GPS+GLONASS
	SGO_RTK-RTCM3.0	RTK_RTCM3.0	RTCM 3.0	L1 L2	GPS
	SGO_RTK-RTCM3.0-GLO	RTK_RTCM3.0_GLO	RTCM 3.0	L1 L2	GPS+GLONASS
	SGO_RTK-CMR	RTK_CMR	CMR	L1 L2	GPS
VITEL	TRF_RTK-RTCM3.0-GLO	VITEL_RTK_RTCM3.0_GLO	RTCM 3.0	L1 L2	GPS+GLONASS
1033	1033_RTK-RTCM3.1-GLO	1033_RTK_RTCM3.1_GLO	RTCM 3.1	L1 L2	GPS+GLONASS

1.2 táblázat A gnssnet.hu valós idejű szolgáltatása, egybázis műholdas helymeghatározás esetén

Lehetőség van egybázis DGPS, DGNSS és RTK korrekciós szolgáltatások alkalmazására. Ez esetben a felhasználónak NMEA GG üzenetben kell beküldenie közelítő koordinátáit, ami alapján a központ kiválasztja a hozzá tartozó legközelebbi permanens állomást. Ebben a szolgáltatásban részt vesz az aktív hálózat 35 állomása. Ezek közül 28 állomáson *LEICA GRX1200GGPRO* típusú GNSS vevő és *LEICA LEIAT504GG_LEIS* GNSS antenna, 5 darab állomáson *LEICA GRX1200+GNSS* típusú GNSS típusú vevő és *LEICA LEIAR25.R3_LEIT* típusú GNSS antenna, Pecen egy *LEICA GRX1200+GNSS* típusú vevő és egy *LEIAR25.R4_LEIT* típusú antenna, Budapesten pedig egy *TRIMBLE NETR5* típusú vevő és egy *TRIMBLE TRM55971.00_TZGD* típusú antenna található. Ahhoz, hogy az egész ország területére biztosítani lehessen a korrekciókat, a szomszédos országok permanens állomásait is bevonták a szolgáltatásba, ami összesen 54 állomást jelent. Az 54 állomásból 51 állomás van GPS és GLONASSZ műholdak jelvételeire egyaránt alkalmas vevővel ellátva.

GNSSnet.hu állomásai					
1	BALE	Baja	18	NYL2	Nyíregyháza
2	BARC	Barcs	19	OROS	Orosháza
3	BUTE	Budapest	20	PAKS	Paks
4	CSOR	Csorna	21	PAPA	Pápa
5	DEBR	Debrecen	22	PENC	Penc
6	DUJV	Dunaújváros	23	PUSP	Püspökladány
7	FUZE	Füzesabony	24	SALG	Salgótarján
8	GYFC	Győr	25	SARV	Sárvár
9	GYOM	Gyomaendrőd	26	SIKL	Siklós
10	GYUL	Gyula	27	SIOF	Siófok
11	HALA	Kiskunhalas	28	SPRN	Sopron
12	JASZ	Jászberény	29	SUME	Sümeg
13	KAPO	Kaposvár	30	SZEG	Szeged
14	KECS	Kecskemét	31	SZFV	Székesfehérvár
15	MISC	Miskolc	32	SZOL	Szolnok
16	MONO	Monor	33	TATA	Tata
17	NIZS	Nagykanizsa	34	VASA	Vásárosnamény
			35	ZALA	Zalaegerszeg

Szlovák állomások	
GKU4	Pozsony
SKNZ	Érsekújvár
SKRS	Rimaszombat
SKRV	Rozsnyó
SKVK	Nagykürtös
TREB	Töketerebes

Horvát állomások	
CAKO	Csáktornya
BJEL	Belovár
SLAT	Szlatina

Osztrák állomások	
FLDB	Feldbach
OBWT	Oberwart

Szerb állomások	
SOMB	Zombor
SUBO	Szabadka
KIKI	Nagykikinda

Román állomások	
ARAD	Arad
ORAD	Nagyvárad
SATU	Szatmárnémeti

Szlovén állomás	
BODO	Bodonci

Ukrán állomás	
MUKA	Munkács

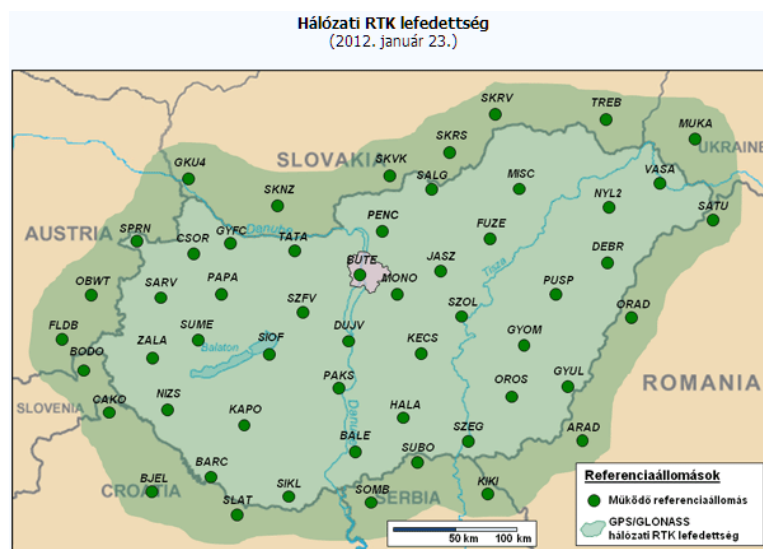
1.3 táblázat A hazai aktív hálózat és a szomszédos országok permanens állomásai

A hálózatos RTK korrekciók előállításánál a központi szoftver az egész ország területére modellezi a hibahatásokat. Ezáltal a geodéziai pontosságú helymeghatározás a lefedett területen belül bárhol lehetséges, függetlenül a referenciaállomásoktól.

	Hálózati RTK korrekciók (közelítő pozíció beküldése szükséges)				
	Mountpoint	Leírás	Adatformátum	Vivőfázis	Műholdak
FKP	SGO_FKP-RTCM2.3	FKP_RTCM2.3	RTCM SAPOS	L1 L2	GPS+GLONASS
VRS	SGO_VRS-RTCM2.3	VRS_RTCM2.3	RTCM 2.3	L1 L2	GPS
	SGO_VRS-RTCM2.3_2KM	VRS_RTCM2.3_2KM	RTCM 2.3	L1 L2	GPS
	SGO_VRS-RTCM2.3-GLO	VRS_RTCM2.3_GLO	RTCM 2.3	L1 L2	GPS+GLONASS
	SGO_VRS-RTCM3.1	VRS_RTCM3.1	RTCM 3.1	L1 L2	GPS
	SGO_VRS-RTCM3.1_2KM	VRS_RTCM3.1_2KM	RTCM 3.1	L1 L2	GPS
	SGO_VRS-RTCM3.1-GLO	VRS_RTCM3.1_GLO	RTCM 3.1	L1 L2	GPS+GLONASS
	SGO_VRS-CMR	VRS_CMR	CMR	L1 L2	GPS
MAC	SGO_MAC-RTCM3.1	MAC_RTCM3.1	RTCM 3.1	L1 L2	GPS
	SGO_MAC-RTCM3.1-GLO	MAC_RTCM3.1_GLO	RTCM 3.1	L1 L2	GPS+GLONASS
VITEL	TRF_VRS-RTCM3.1-GLO	VITEL_VRS_RTCM3.1_GLO	RTCM 3.1	L1 L2	GPS+GLONASS
1033	1033_VRS-RTCM3.1-GLO	1033_VRS_RTCM3.1_GLO	RTCM 3.1	L1 L2	GPS+GLONASS
	1033_MAC-RTCM3.1-GLO	1033_MAC_RTCM3.1_GLO	RTCM 3.1	L1 L2	GPS+GLONASS

1.4 táblázat A gnssnet.hu valós idejű adatszolgáltatásának mountpoint-jai

A szolgáltató központ elérhetővé teszi a korrekciókat az RTCM 3. x és az RTCM 2. x adatformátumban egyaránt. Lehetőség van a VRS koncepción belül arra is, (PRS módszer esetében) hogy ne 4, hanem 2 km-re tolják el a referenciapontot. Ezáltal azok a régebbi típusú vevők is tudják használni, amelyek 3 km-nél nagyobb vektorok feldolgozására nem képesek. A VRS további támogatása a CMR formátumú RTK adatok biztosítása a Trimble típusú vevőknek. Az RTCM 3. x és a CME adatformátum 70%-kal tömörebb, mint az RTCM 2. x ami kisebb adatforgalmat jelent.



1.11 ábra A hálózatos RTK lefedettségi térképe

A felhasználók informálódhatnak a hálózat pillanatnyi állapotáról a gnssnet.hu MONITOR szolgáltatással. A monitor az alábbi információkat szolgáltatja:

- a jelenleg elérhető állomások száma az összes állomáshoz képest
- az állomások által észlelt műholdak átlagos száma, külön a GPS külön a GLONASSZ holdakat jelezve
- a jelenleg elérhető NTRIP csatlakozási pontok
- az ionoszféra maradékhiba értéke, külön a nyugati és keleti országrészben

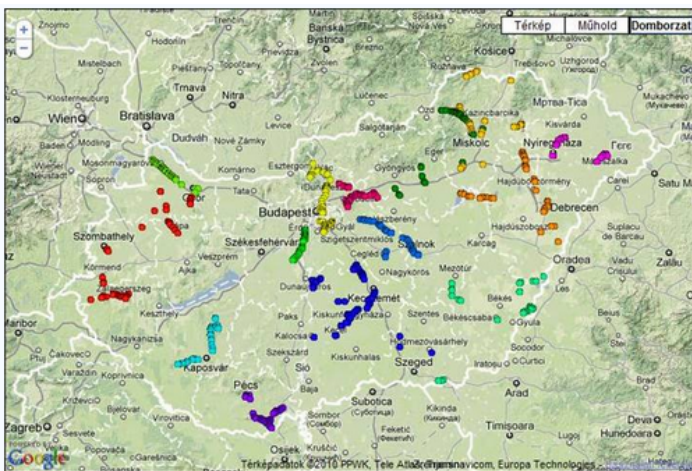
GNSSnet.hu Monitor		
Hálózat Állomás Stream Légkör Skyplot		
Jelenleg aktív állomások:	54 / 54	✓
GPS hálózati/észlelt holdak:	9 / 9	✓
GLO hálózati/észlelt holdak:	7 / 7	✓
Jelenleg elérhető streamek:	22 / 22	✓
Ionoszféra állapota nyugaton:	0.015 m	✓
Ionoszféra állapota keleten:	0.015 m	✓
2013-05-10 22:34 UTC		

1.12 ábra A valós idejű szolgáltatás állapotának követésére szolgáló monitor

Flottakövetés

2009 év vége óta üzemel a flottakövetési szolgáltatás, amely lehetővé teszi egy webes felületen egy cég összes bejelentkezett GNSS műszerének valós idejű nyomon követését. A szolgáltatás segítséget nyújthat a vezetőség számára a hatékony munkavégzésben és a munka koordinálásában. A szolgáltatás internet kapcsolaton keresztül a bejelentkezett műszerek pozícióját azonnal képes megjeleníteni egy erre a célra külön kifejlesztett webes felületen, amelyre az arra jogosultak tudnak belépni. A pozíción túl további paramétereket is megtudhatunk a méréssel kapcsolatban. Kiegészítésként utólagos lekérdezést is végezhetünk, amely megmutatja egy térképen a flottakövetésben részt vevő GNSS műszerek belépési helyét.

Felhasználó:	Cég01
HTIP Mountpoint:	SGO_VRS-RTCM3.1-GLO
Fix státusz:	Fix RTK
Műholdszám:	11
Szélesség [°]:	047°51'20.94600"E
Hosszúság [°]:	20°12'42.01800"N
Magasság [m]:	184.000000
HDOP:	1.7
Korrekció kora [sec]:	1.0
Belépés óta eltelt idő:	4h 37' 36"
Vonatkozási időpont [UTC]:	09.10.05
Legközelebbi állomás:	(JASZ)



1.13 ábra A flottakövetésben részt vevő vevőkészülékek megjelenítése a webes felületen

Transzformáció

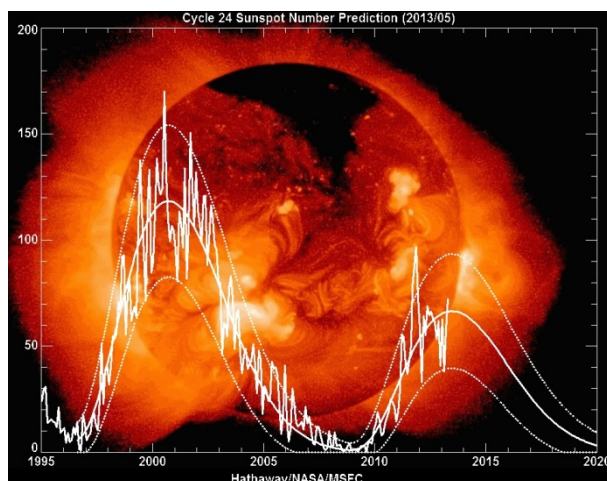
Az eltérő GNSS és hazai vonatkoztatási rendszer szükségessé tette az ETRS89 térbeli koordináták, HD72 vonatkoztatási rendszerbe való transzformálását. Ennek a megoldását az RTK technológia esetében valós időben kellett biztosítani. Erre a célra fejlesztették ki a licenc köteles *Valós Idejű GNSS Helymeghatározásnál Használatos Terepi Transzformációs Eljárást*, a VITEL-t. Az eljárás során, a terepen mért ETRS89 térbeli koordinátákat az országos paraméterekkel átszámítja a szoftver a helyi ellipszoidra vonatkozóan. Ezt követően a térbeli derékszögű koordinátákból ellipszoidi koordinátákat, majd azokból a hivatalos EOVS vetületi egyenletekkel, síkkoordinátákat számol. Az így számított síkkoordinátákat azonban az országos paraméterkészlet alkalmazása miatt ± 40 cm-es eltérések terhelik. Ahhoz, hogy a megfelelő koordinátákat kapjuk az ország területét egy 2x2 km-es rácshálóval "fedték le" amelynek sarokpontjai kerek EOVS koordinátákat kaptak. Ezeket a sarok pontokat EOVS-ETRS89 transzformációval

átszámították országos paraméterkészlettel az ETRS89 rendszerbe, majd ezt az ETRS89-EOV transzformációval visszaszámították az EOV rendszerbe, de már lokális transzformációval. Az eredeti és transzformált koordináták nem egyeztek meg. Ezek különbsége a kétféle transzformáció eltérését mutatja a sarokpontokban. Ezeket az eltéréseket rendelték hozzá a rácssarkpontokhoz. Ezeket a javításokat használja fel a szoftver az előzetes koordináta javításához, interpolációjához.

A VITEL szoftvert nem támogatta azonban minden műszergyártó, ezért problémák adódtak a felhasználói oldalon. A probléma megoldását egy új módszer bevezetése oldotta meg. 2010.május óta az RTCM alapú VITEL beüzemelésével már személyre szabott transzformációs információkat szolgáltatnak a felhasználóknak a beküldött ETRS89 koordináták alapján. Ezek a transzformációs paraméterek közvetlenül az RTK/hálózati RTK korrekciókba vannak beépítve. Ezeket a korrekciókat tartalmazzák a TRF kezdetű stream-ek.

Ionoszféra maradékhiba idősorok

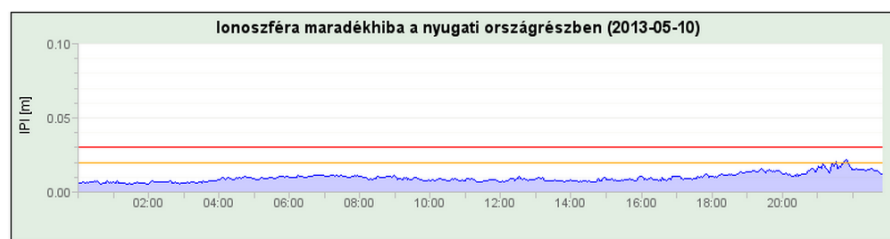
Az atmoszféra felső légkörét, az ionoszférát a napsugárzás által ionizált részecskék alkotják. A szabadelektronok és ionok mennyiségétől függően a GNSS jelek késést szenvednek a légkör ezen részén áthaladva. Ennek hatása csökkenthető, de teljesen nem ejthető ki. A napsugárzás hatására a szabad elektronok száma megnő, ami az inicializálást nehezíti meg a műholdas helymeghatározásban. Ezt a jelenséget nevezik napfolttevékenységnek. Az ionoszféra aktivitását tekintve három különböző periódusra tudjuk felosztani. Az aktivitás mértéke 11 évenként éri el a maximumot. Két éve, 2011 telén már kiemelkedően magas volt, mégis az volt a feltételezés, hogy tavaly télen (2012/2013) éri el a 24. napfoltciklus a maximumát. Ez azonban várhatóan enyhébb volt.



1.14 ábra Az ionoszféra aktivitását jellemző görbe 18 évre visszamenőleg

Ezekben az időszakokban az ionoszféra aktivitása különösen megnehezíti a felhasználóknak az inicializálást. Az inicializálásnak normál körülmények között 1-2 percen belül sikeresnek kell lennie. Ennek sikerességét befolyásolja a mérési környezet, a műszer beállítás, a mérési mód, a korrekciók típusa, a terepi internetkapcsolat stabilitása, valamint az atmoszféra aktuális állapota. A rossz inicializálás érdekében érdemes megtervezni előre a mérést, olyan időpontban végezni, amikor a legtöbb műholdat látjuk a legjobb konstellációban. Lehetőleg GLONASSZ holdak jelét is célszerű venni és a megfelelő korrekció típust használni.

A GSzK szolgáltatásai között megtalálható a GNSSnet.hu MONITOR alkalmazás, ami az ionoszféra állapotáról ad információt. A értékeket a valós idejű hálózatkiegyenlítés számítása során becsüli a rendszer és ezeket a maradékhibákat adatbázisba menti. Ennek értékei utólag is megjeleníthetők a Szolgáltató központ oldalán grafikonos, időszagos és táblázatos megjelenítésben adott napra vonatkozóan, külön a nyugati és keleti országrészben. Szakdolgozatom mérési napjain az ionoszféra maradékhibák ábrázolási módjait a mellékletekben szerepeltetem.



1.15 ábra Az ionoszféra maradékhibájának grafikonos kimutatása a nyugati országrészben

Szolgáltatások utólagos felhasználáshoz

A szolgáltatások között megtalálhatók a RINEX- és a Virtuális RINEX formátumú mérési adatok. Az adatokat 30 napra visszamenőleg lehet igénybe venni. A szolgáltatáshoz regisztrálni kell ugyanúgy, mint a valós idejű adatok használatához. A fájlok tartalmazhatják a GPS és GLONASSZ holdak nyers mérési adatait tetszőleges időtartamra és adatrögzítési időközre. A Virtuális RINEX fájlok a felhasználó által megadott pozícióra generálják az adatokat, a RINEX fájlok a referencia állomások adatait tartalmazzák. Fontos, hogy a műszer adatrögzítési időköze egyezzen a referencia állomás adatrögzítési időközével. Az adatok egy GNWEB nevű web-szerverről tölthetők le.

A koordinátákat az ingyenes, FÖMI KGO által készített EHT 4.1-es szoftverrel tudjuk átranzformálni, amely a kereső sugaras megoldást alkalmazza. A kereső sugár átmérője maximum 20-30 km. A szoftver lokális transzformációs eljárással számítja át az ETRS89 térbeli koordinátákat az OGPSH pontokra támaszkodva. Előnye, hogy a felhasználónak nem kell közös pontokról gondoskodnia. A szoftver tartalmazza majdnem az összes (1153) OGPSH pont koordinátáit, amelyek mindkettő vonatkoztatási rendszerben ismertek. Az EHT által kapott koordináták pontossága Magyarország területének 80%-án 4 cm alatt van.

autopostGNSS szolgáltatás

2013.01.07.-én a szolgáltató központ új szolgáltatást kezdett el üzemeltetni autopostGNSS néven. A szolgáltatás lényege, hogy a mérés során rögzített RINEX állományt fel kell tölteni a szerverre, ahol a központi számítógép számítja az ETRS89 koordinátákat. Ezt megtehetjük a mérést követő 30 napon belül bármikor.

A mérési módszer tekintetében kétféle lehetőség közül választhatunk. A szolgáltatás támogatja a kinematikus és statikus módszert egyaránt. A kinematikus esetében a felhasználó minden egyes epochára kap egy számított térbeli koordinátát, a statikus esetében pedig a folyamatos egy helyben történő mérésre szolgáltatja a központ a koordinátákat.

A szolgáltatás lehetővé teszi a szoftvertől való függetlenséget, mivel a feldolgozást teljes egészében a központ végzi.

2. A Leica System 1200 mérőrendszer

2.1. A Leica 1200-as rendszer ismertetése

Napjainkban már nem újdonság, hogy a különféle felmérési technológiákat ötvözzük egymással, feljavítva ezzel a mérés hatékonyságát és gazdaságosságát. A folyamat a szögmérő és a távmérő műszerek elektronikus változatainak összeépítésével, a mérőállomások megjelenésével kezdődött meg a 70-es évektől. A 2000-es évek elején pedig a műszergyártók újabb újításba kezdtek és megvalósították a GPS és a mérőállomás integrációját.

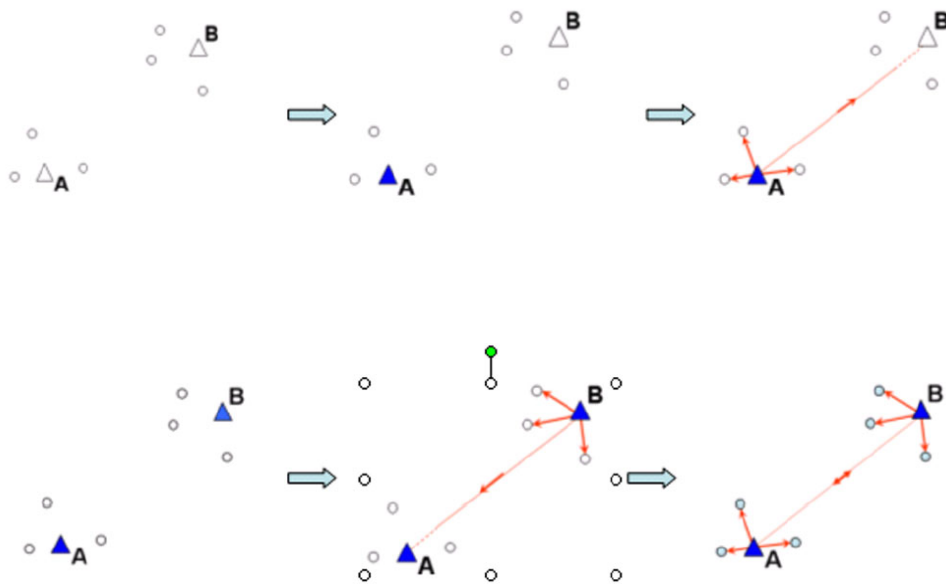
Szakedolgozatom témája a hálózatos RTK bemutatása, vizsgálata, amelynek terepi mérését a LEICA GPS 1200-as műszerrel végeztem. Habár ez a műszer önmagában is megállja helyét, szerves részét képezi a Leica SmartStation-nek. A LEICA SmartStation-t a svájci LEICA cég mutatta be 2004-ben, amit kezdetben a világpiac kételkedve fogadott. A műszer sokcélú felhasználhatósága azonban hamar megmutatkozott. Időtakarékos és költséghatékony munkavégzést tesz lehetővé, amely a produktivitás és profit emelkedésében mutatkozik meg.

A SmartStation, a **Leica TPS 1200**-as mérőállomás és a **Leica GPS 1200** vevőantenna integrálását jelenti. A GPS antenna a mérőállomás alhidádé oszlopaira erősíthető. Ez lehetővé teszi, hogy szabadálláspont mérés esetében az álláspontunk koordinátát kapjon. Az antenna bármikor levehető és külön a mérőállomástól függetlenül egy tartóbotra helyezve RTK Rover vevőként, méréseket végezhetünk vele. A mérőállomásba és az RTK rendszerbe egy CF kártya helyezhető, amely a két komponens között biztosítja az egyszerűsített adatáramlást. A műszer Li-Ion akkumulátorral rendelkezik, ami 15 órás mérési időtartamot is lehetővé tesz. A GPS vevő elsődleges célja a mérőállomásra rögzítve, hogy meghatározzuk szabadálláspontunk koordinátáit. Az így meghatározott pontot nevezzük "GPS szabadálláspont"-nak. A műszer képes GPRS-en keresztül kapcsolódni a gnssnet.hu központi szerverhez. Ez lehetővé teszi a korrekciók fogadását. Méréseinket ez által olyan helyen is



2.1. ábra A Leica TPS 1200 és a Leica GPS 1200-as műszerek integrációjából származó SmartStation

elvégezhetjük, ahol nincs a közelben alappont létesítve és ahonnan tájékozó irány sem látszik. Műszerünket felállíthatjuk egy ismeretlen állásponton. Internet segítségével RTK korrekciók fogadásával percekben belül meghatározhatjuk álláspontunk koordinátáját. Ezután mérünk egy másik lehetséges álláspont helyére. Átállunk, erre a műszerrel ismét meghatározzuk, a koordinátáját a GPS vevővel majd visszamérünk az előző álláspontra. Ezzel elvégeztük a tájékozást és elkezdhetjük a felmérést vagy a kitűzést.



2.2 ábra Mérés végrehajtása GPS szabad álláspont létesítésével. "A" ismeretlen ponton felállva pozíció meghatározás hálózatos RTK módszerrel, majd mérés a következő pontra. "B" ponton felállva ismét pozíció meghatározás ezt követően visszamérés "A" ismert pontra.

Abban az esetben, ha tájékozó irányt látunk a mérés még rövidebb ideig tarthat. Ezzel a módszerrel a földmérő sok időt és energiát takaríthat meg, mivel nem kell sokszögvonalat vezetnie az alapponttól a felméréndő objektumig vagy területig. Ez az eljárás alkalmazható részletes topográfiai felmérésnél, ott ahol túl nagy a kitakarás a GPS használatához és nem látható tájékozó irány, valamint kataszteri felmérések esetében külterületi parcellák felmérésénél ahol szintén nem látható tájékozó irány. Ezen kívül roppant hasznos városi környezetben, ahol a környező épületek nem teszik lehetővé a tájékozást, az állandósított pontok pedig gyakran sérülnek vagy tűnnek el.

A két rendszer felhasználó felülete közel azonos. Ez többek közt azt szolgálta, hogy a műszer felhasználó barát maradjon azon kollégák között, akik addig nem használták a GPS/GNSS technológiát. Geodéziai célú felhasználásra csakis akkor alkalmas a mérés, ha sikerül feloldani a ciklus-többségtelműséget. Ilyen esetekben 5 cm alatti ponthiba vezethető le a térbeli pontra.



2.3 ábra Leica TPS 1200 mérőállomás

A **Leica TPS 1200** mérőállomás vízszintes és magassági kört egyaránt tartalmaz, amely lehetővé teszi értelemszerűen a vízszintes és magassági irányzást. Kéttengelyes kompenzátora a mérések folyamatos javítását végzi. Lézeres távmérője nem csak a prizma irányzására alkalmas, mérhetünk vele főlíára illetve prizma nélküli üzemmódban. A prizma nélküli üzemmód használata igen gyakori például a kataszteri térképek készítésénél. A lézerfény a megírányzott, nehezen megközelíthető objektumról, - legyen az épületsarok vagy homlokzat - gond nélkül visszaverődik a műszerbe. Írányzó berendezésének köszönhetően automatikusan képes a prizma, közelítő megírányzása után a finom ráállásra. Célkövető berendezése pedig képes a prizma megírányzása után annak folyamatos követésére. A pontraállás lézervetítővel történik.

A mérőállomás mérési pontossága:

- íránymérés pontossága a választható szögmérő egység függvényében 1"-5"
- távmérés pontossága prizma 7,5 km-ig 2-5 mm+2ppm
- távmérés pontossága prizma nélküli módban 500 m-ig 3-5mm+2ppm

A SmartStation GPS vevőjét a következő bekezdésben jellemzem.

2.2. A Leica GPS 1200

Ebben a fejezetben a SmartAntenna, RTK Rover-ként való használatának lényegesebb beállítárait és funkcióit ismertetem. A műszer kezelőfelülete viszonylag egyszerű, ha az alapbeállításokról van szó. Némely finomabb beállítárra azonban nem olyan egyszerű rátalálni sokszor még egy gyakorlott felhasználónak sem.

A SmartStation ATX1230 (GG) típusú antennáját (SmartAntenna) tartórúdra rögzítve teljes jogú RTK Rover-ként is használhatjuk. A mérés vezérlését ez esetben az RX1250-es kontrollerral végezhetjük.



2.4 ábra SmartAntenna ATX1230 (GG)

A SmartAntenna RTK GPS vevőrendszer működtetéséhez három darab lítium akkumulátorra van szükség, amiket az egyes modulokba kell behelyezni. Az antennába, a műszerbe és a GSM modulba. A vevőantennát a tartórúd tetejére kell felcsavaroznunk. A műszer és a GSM modul összekapcsolva felhelyezhető a tartórúdra. A rögzítés szárnyas csavarral történik. A műszer dőlésszöge és magassága tetszés szerint állítható. A mobilinternet kapcsolathoz a GSM antennát a GSM modul oldalán található antennacsatlakozó csonkra kell felcsavarnunk. A kommunikáció az antenna és a controller között "bluetooth"-on keresztül, valósul meg.



2.5 ábra Leica GPS 1200 műszer tartozékai balról-jobbra: RX1250 controller, Leica GHT 56 típusú tartó, Siemens MC75 típusú modem

A műszert bekapcsolva a főmenüben hat darab rendszerikonnal találkozunk. Ezek a:

- Felmérés,
- Programok,
- Kezelés,
- Konvertálás,
- Beállítások és
- Eszközök menüpontok.



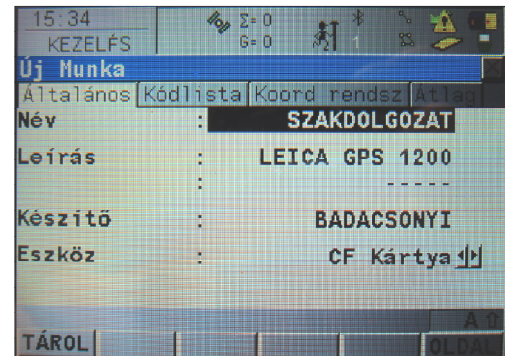
2.6 ábra A GPS műszer főmenüjének képernyőképe a hat darab rendszerikonnal

A műszer érintőképernyővel rendelkezik, így a gombokkal vagy a hozzátartozó ceruzával is lehet léptetni.

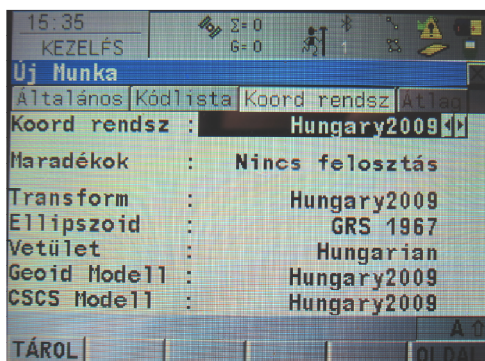
Új munkaállomány

A Kezelés menüpontban a "Munkák" sort választva tudunk már létező munkaállományok közül választani vagy egy újat létrehozni.

Új munka létrehozásánál az *Általános* fülön adhatjuk meg a munka nevét, rövid leírást róla. Megadhatjuk a készítő nevét valamint az adatrögzítés helyét. Ez alapesetben a CF kártya. A kódlista fülön állíthatjuk be az előre definiált kódlistát, amely a mérés és később a feldolgozást segítheti.



2.7 ábra Új munkaterület létrehozása



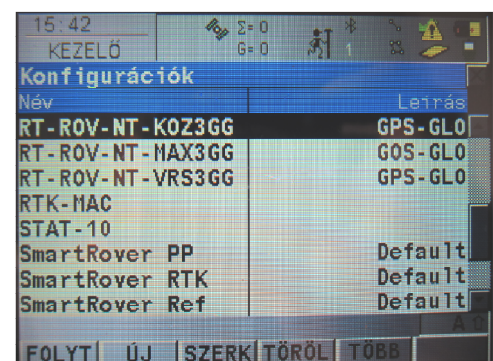
2.8 ábra Új munkaállomány létrehozásánál a koordináta-rendszer definiálása

Fontos jelentőséggel bír a *Koordináta-rendszer* fül. Itt tudjuk beállítani az alkalmazandó transzformációs programot, a forgási ellipszoidot, a vetületi rendszert és a modelleket. A mi esetünkben ez a HUNGARY2009-es modell volt. A következő fül az *Átlag*. Itt adhatjuk meg, hogyan történjen az azonos pontszámmal mért pontok átlagolása. Az *Avg Limit Pos* értéknél a két azonos pontszámmal rendelkező pont

vízszintes koordinátája közti küszöbértéket lehet beállítani. Az *Avg Limit Ht* a magassági érték határa. Ha a két pont koordinátái közti eltérés a küszöb értékek alatt vannak, a műszer, átlagolással számítja a koordinátákat.

Konfigurációs beállítások

A Kezelés főmenüponton belül állíthatjuk be a Konfigurációs beállításokat. Ezek lehetnek előre definiált gyári konfigurációs beállítások, továbbá létrehozhatunk újakat saját igényeink szerint. Új konfigurációt létrehozhatunk úgy is, hogy a már korábban működő hálózati RTK-t használó beállításhoz ráállunk a fekete jelölőnégyzettel és megnyomjuk az új konfiguráció létrehozása gombot. Ez azért

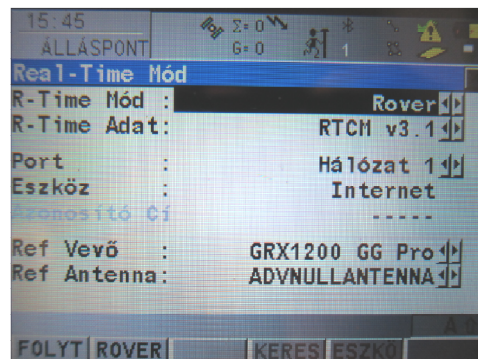


2.9 ábra Előre beállított konfigurációs beállítások, valamint újak létrehozás, szerkesztése a Kezelés főmenü pontban

lényeges, mert így az új beállítás "örökli" annak a konfigurációnak a beállításait, amin a jelölőnégyzet volt. Ezzel egy sor beállítás kihagyható. Első lépésként a konfiguráció nevét kell megadnunk, amely tetszőleges lehet, arról egy rövid leírást, végül a készítő nevét. Hálózati beállítások hiányában támaszkodhatunk a műszer gyári beállításaira (SmartRover RTK Default). Ezt követően folytathatjuk a további beállításokat a későbbiekben használni kívánt koncepció szerint.

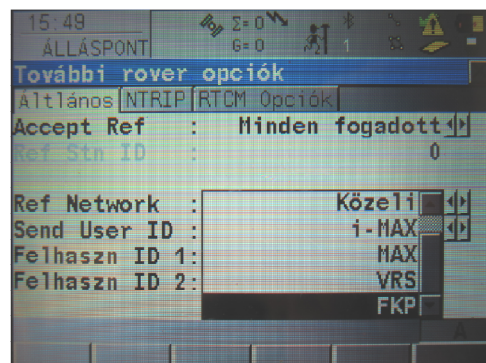
Koncepciók beállításai

Első lépésként a Real-Time módon belül kell elvégezni a beállításokat. Az R-Time Módnak a Rover opciót kell kiválasztani. A Real-Time adatnál adhatjuk, meg milyen tömörítési eljárást kívánunk használni. Ez lehet a VRS és MAC koncepcióknál az RTCM 3. x az FKP-nél viszont az RTCM 2. x. A *Ref Vevő* a MAC koncepció esetében ismeretlen a VRS-nél GRX 1200 GG PRO-n kell állnia. Az aktív hálózat permanens állomásai közt többségében ez a típusú vevő található.



2.10 ábra Koncepciók beállítása a Real Time Mód fülön

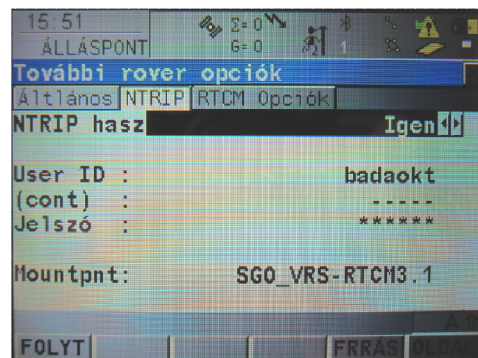
F2 gombbal a További Rover opciók, Általános beállításaihoz jutunk. Itt az *Accept Ref*-nek *Minden fogadottn*, a *Ref Network*-nek pedig a kívánt koncepción kell lennie. A *Send User ID*-hez az *Igen* lehetőséget kell választani, ami az én esetemben a badaokt volt. Ez alapján végzi el a FÖMI az azonosítást. A hálózatos RTK koncepciói megkövetelik, hogy a pozíció meghatározáshoz az RTK Rover küldje be a



2.11 ábra A Rover vevő általános kapcsolódási beállításai

központba a közelítő koordinátáit. Ezt a műszer egy NMEA GGA formájú üzenetben teszi meg. Ennek az üzenetnek az automatikus küldését tudjuk beállítani az F4-GGA gomb alatt. Fontos, hogy ez ne maradjon el a konfigurálásnál.

A beállítást folytatva az NTRIP fülön adhatjuk meg a FÖMI-től kapott felhasználó nevünket és jelszavunkat. Az NTRIP használat engedélyezése után, az FRRÁS menüponton belül lehet kiválasztani a kívánt NTRIP mountpoint-ot, amely a választott koncepció RTK kód- és fáziskorrekcióit tartalmazza RTCM formátumban. Amennyiben a műszer összeszerelve üzemkész és a SIM kártya is be van helyezve a modembe a kapcsolat 1-2 perc várakozási idő után létrejön az interneten.



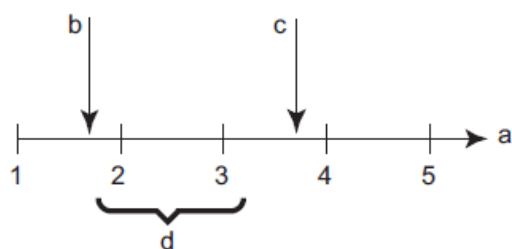
2.12 ábra A Rover opciókon belül beállíthatjuk felhasználói azonosítónkat, továbbá a FRRÁS-t választva lekérhető a forrástáblázat

F1-FOLYT-tal léptetve tudjuk személyre szabni a terepi mérésünket. Lehetőségünk van beállítani, hogy a nyers méréseket tárolja a műszer a mérés során vagy sem. Ezt általában a felhasználók nem igénylik és egy szokványos RTK mérésnél, ahol aktív hálózatra támaszkodunk nincs is értelme mivel utólag nem kívánunk feldolgozni semmit. Arról nem is beszélve, hogy a rövid idejű méréssel nem biztos, hogy utófeldolgozást tudunk végezni.

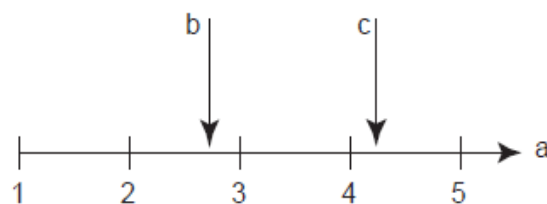


2.13 ábra A Pont mérés beállításai, amely a mérés elősegítését és individualitását szolgálja.

A pont mérés beállításainál állíthatjuk be, hogyan történjen a mérés folyamata. Kétféle lehetőség közül választhatunk: Normál és Pillanatnyi. Ezt valós idejű és utófeldolgozós statikus mérésnél Normálra kell állítani. Ilyenkor a műszer a mérés kezdése és vége között mért epochákból, átlagolással számolja a koordinátákat (2.14 ábra). Pillanatnyi pontmérésnél a **MÉRÉS** gombot megnyomva koordinátát a két "szomszédos" epocha között, interpolálással kapjuk meg (2.15 ábra).



2.14 ábra Pont mérés, Normál mód beállításával.
a: GNSS mérések egységnyi időtartama; b: mérés indítása; c: mérés leállítása; d: a 2-es és 3-as epocha-ból, átlagolással számított koordináta



2.15 ábra Pont mérés, Pillanatnyi mód beállításával.
a: GNSS mérések egységnyi időtartama; b: a pont koordinátája interpolálásból a 2-es és 3-as epocha alapján; c: a pont koordinátája interpolálásból a 4-es és 5-ös epocha alapján

Az *Auto MÉRÉS*-t *Igenre* állítva a műszer a FÖMI-hez való csatlakozás után egyből elkezdi a mérést. Nemleges választásnál a mérés értelemszerűen akkor indul, amikor mi magunk indítjuk. Harmadik lehetőség a *Timed* (Időzített) mód. Ennél a beállításnál a műszer egy előre megadott bizonyos időben indítja a mérést magától. Az *Auto STOP* felel a mérés leállításáért. Amennyiben automatikusan akarjuk a mérést leállíttatni, két szempont szerint tehetjük meg. Pontosság vagy pozíció alapján. A *PARAM* fül alatt adhatjuk meg a *STOP Feltétel* paramétereit. Megadhatjuk hány pozíció mérése vagy milyen pontos pozíció elérése után tárolja a műszer a koordinátákat.

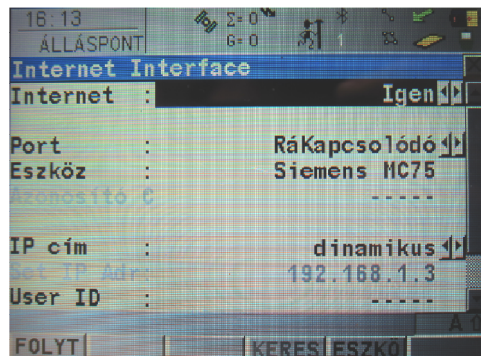
Folytatva a beállításokat elérünk a *Quality Kezelés* beállításhoz. Itt adhatjuk, meg mire vonatkozzon a pozíciófigyelés. Lehet 1D, 2D és 3D-re vonatkozó. Megadható egy küszöbérték is, hogy milyen magas pozícióbizonytalanságnál jelezzen a műszer a felhasználónak. Ez esetben a műszer megkérdezi, hogy a küszöbértéket átlépve is tárolni kívánjuk-e a pontot.

Az *Antenna és antenna magasságok* beállításain belül kell megadnunk a használt antenna típust. Megadhatjuk előre a magasságának értékét is, de ezt a mérés folyamán is megtehetjük a mérés indításánál. Fontos megbizonyosodnunk, arról, hogy a tartórúd a megadott értékre kihúzva valóban megegyezik-e a tényleges magasságával. Ezt egy egyszerű mérőszalaggal is megtehetjük a mérés kezdetén.

Internet beállítások: Az internetkapcsolat az egyik legjelentősebb feltétele a hálózatos RTK használatának. A központi szerverre ezen keresztül lehet kapcsolódni, továbbá a központ ezen keresztül küldi a korrekciókat a rover vevőbe. Ehhez a kapcsolathoz igénybe kell vennie a felhasználónak valamely telefonos szolgáltató (hazai aktív hálózatnál: T-Mobile/Telenor) mobil internet szolgáltatását. A feltöltő kártya

behelyezését követően a műszerben néhány egyszerűbb beállítást kell elvégezni. Ezt a főmenü/Beállítások/Interfaces menüpontban tehetjük meg.

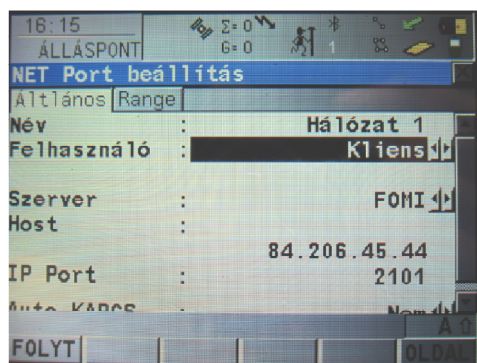
Az internetet igenre állítva, aktiválódik az internet interfész. A Port-ot *rákapcsolódóra* kell állítani. *Eszközöknél* a csatlakoztatott modem típusát kell beállítani, ami az én esetemben SIEMENS MC75 volt. Az IP címnek dinamikusnak kell lennie. Ekkor az internetre való csatlakozásnál szükséges IP címet a hálózat szolgáltatója dinamikusan fogja szolgáltatni. Minden alkalommal, amikor egy GPS1200 vevő



2.16 ábra A műszer internet kapcsolódási beállításai az Internet Interface menüpontban

kapcsolódni akar az internetre az eszközről, egy új IP cím jelölődik ki a számára. A dinamikus mód helyett lehetőségünk van statikus módot választani. Ez azt jelenti, hogy az internetre való csatlakozásnál a hálózat szolgáltatója egy állandó IP címet szolgáltat. Minden alkalommal, amikor egy GPS1200 vevő csatlakozni akar az internetre az eszközön keresztül, a vevő mindig ugyanazzal az IP címmel lesz beazonosítva. Ez akkor fontos, ha a GPS1200-at TCP/IP szerverként kívánjuk használni. Ezt az opciót akkor célszerű választani, ha egy állandó IP cím elérhető a vevőnek. A User ID és Jelszó mezőket szolgáltatótól függően máshogy kell kitölteni. T-mobilnál mindkettő WAP, Telenor-os kártyánál semmit nem kell ide írni.

Az interfészen belül tudjuk beállítani, továbbá az *APN* átjárót. Az *APN* (Access Point Name) egy a szolgáltató által biztosított szerver belépési pontjának a neve. Olyan, mint a szolgáltatónak egy kezdő oldala, amelyen keresztül a GPRS adatátvitelt támogatja. Itt tudjuk megadni a kártyánk PIN kódját is, amit célszerű egy mobilkészülékben előre kikapcsolni, hogy a későbbiekben könnyebb dolgunk legyen.



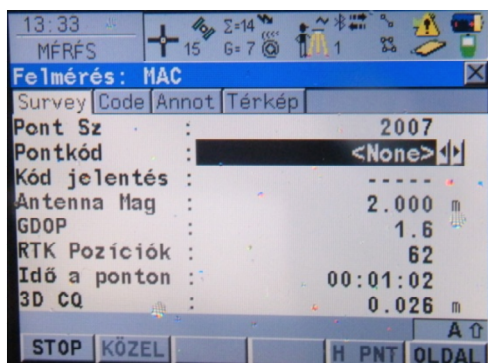
2.17 ábra Net Port beállítások, amelyekkel a műszer kapcsolódni tud a FÖMI-hez

A NET Port beállítás menüpont alatt állíthatjuk be a szerverhez való kapcsolódási paramétereket, mint pl. a FÖMI IP címét és IP Port-ját. Lehetőségünk van automatikus kapcsolódást beállítani, ami azt jelenti, hogy az internet kapcsolat létrejöttkor a műszer automatikusan kapcsolódik a FÖMI-hez.

Beállítható külön az is, hogy csak GPS vagy GPS és GLONASSZ műholdak jelét fogadja a műszer. A jelek fogadása igazából a kiválasztott forrástáblától függ. Ha ott olyat választottunk, amely csak a GPS műholdak jelvételezésre alkalmas, akkor hiába állítjuk be itt, hogy GLONASSZ holdakra is történjen észlelés.

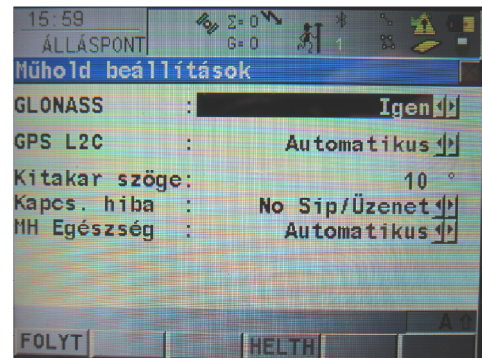
Mérés végrehajtása

A főmenü *Felmérés* menüpontjában tudjuk a méréseket végrehajtani. A kezdő oldalon ki tudjuk választani a munkaállományt, a használni kívánt koordináta rendszert, a kódlistát. Itt lehet továbbá az előre beállított vagy a gyári konfigurációs beállítások között ugrálni. Az antenna sorban pedig a használni kívánt antenna típusát kell kiválasztani.

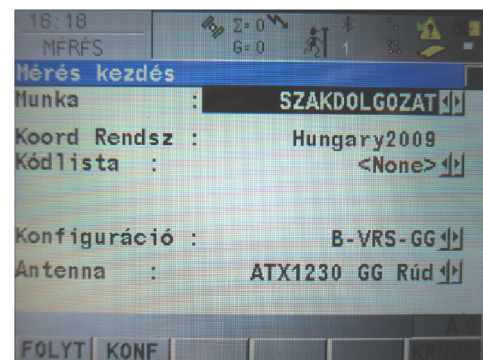


2.20 ábra Sikeres inicializálást követően pár másodperces méréssel alig 3 cm-es középhiba elérése. A ponton eltöltött időbe a kapcsolódási idő is hozzátartozik

majd a KAPCS gomb megnyomását követően tudjuk megtenni. Kapcsolódás nélkül a középhiba métereket jelez. Ennek jelzésére egy "kereszt" szolgál az első sor bal felső részén. A kapcsolat létrejötténél a műszer kezdetben kód mérési korrekciókat kap. Ez 30-50 cm-es középhibát jelent, ami lényegesen jobb, de a geodéziai pontosság követelményét még nem teljesíti. Általános esetben 2 percen belül fix pozíciót kell, hogy kapjunk a kapcsolódást követően. Ez azt jelenti, hogy a vevőnek fogadnia kell az RTK korrekciókat



2.18 ábra Műholdak jelvételezésével kapcsolatos beállítások, mint pl. az észlelt műholdak, a frekvencia és a kitakarás szögének beállítása



2.19 ábra A felmérés menüpontban a mérés indítást megelőző beállítások

FOLYT-ra lépve megjelenik a felmérés képernyője. Az, hogy mit látunk, itt függ attól milyen konfigurációt állítottunk be az előbbiekből. Alapértelmezett a pont száma, az antenna magasság, az RTK pozíciók száma és a középhiba. Fontos megemlítenem a helyes antenna magasság beállítását a konfigurációs beállításokban az esetleges durva hibák elkerülése végett. Hálózatos RTK méréshez kapcsolódnunk kell az internethez. Ezt a SHIFT,

a központból, amelyekkel már akár 1-2 centiméteres pontossággal elvégezhető a geodéziai pontmeghatározás a terepen, valós időben.

Amint az inicializálás sikerül két pipa jelenik meg a pontosságot jelző ikon felett. Ezt követően elég 1-3 pozíció rögzítését kívárni majd leállíthatjuk a mérést.

Az adatok ki- és beolvasása

A LEICA SYSTEM 1200-hoz tartozik a Leica Geo Office (LGO) feldolgozó szoftver amellyel, mérőállomással vagy GPS-szel készített méréseinket tudjuk feldolgozni, kiértékelni. A szoftver lehetővé teszi a felhasználó számára az adatok importálását, exportálását, a méréseink vizualizációját, az egységek közötti kommunikációt, riport fájlok készítését, stb. Az LGO által történt feldolgozást a későbbiekben ismertetem.

A műszer konvertálás menüpontjában lehetőségünk van az adatok munkából való exportálására is. Az *adat export munkából* fülön belül három féle kiterjesztés közül választhatunk: ASCII, DXF és LandXML. Az exportálás paraméterei közt meg kell adni melyik munkából hová történjen az exportálás, milyen format fájlt használjon a szoftver és a fájlnevet.

3. Kísérleti mérések a nadapi mikrohálózatban

3.1. Munkaterület bemutatása

Szintezéseket már a XVII.-XVIII. században végeztek, ám ezek csak helyi rendszerben értelmezett mérések voltak. Tengerszinthez kapcsolt magasságmérésekre csak a XIX. század második felében került sor. Az első országos szintezési hálózat megvalósítása 1872-ben kezdődött az akkori Osztrák Magyar Monarchia területén, amelynek tervezését és kivitelezését a bécsi Katonai Földrajzi Intézet végezte.

A hálózat hét szintezési főalappontból állt, amelyeket hegységek sziklafelületén állandósítottak és obeliszkkal védtek. A hét főalappont közül a mai Magyarország területére már csak egy főalappont esik, amely a Velencei-hegység, Nadap községében található. A nadapi szintezési ősjegyet 1873-ban állandósították és az Adriai középtengerszinthez képest határozták meg magasságát, 1888-ban. Azóta ez Magyarország összes szintezési hálózatának kiindulópontja.

1991-ben Magyarország, csatlakozott az európai kontinensen 1989 óta folyamatosan kiépülő térbeli GPS hálózathoz, az EUREF-hez. A hálózat két pontjához való csatlakozó mérésben öt hazai ponton végeztek 1991. november 2-4. között statikus GPS méréseket. A relatív helymeghatározás alkalmazása ennek az öt pontos hálózatnak a sűrítését tette szükségessé, amely két ütemben valósult meg. Az első ütem egy 24 pontos GPS kerethálózat létrehozása volt, amelyre közvetlenül a csatlakozó mérések után került sor. A második ütem a 24 pontos kerethálózat sűrítése volt, amelyet 1995-1997 között végeztek. Így jött létre az 1153 pontból álló magyar térbeli hálózat, az Országos GPS Hálózat (OGPSH)



3.1 ábra Az 1991-ben végzett EUREF-hez való csatlakozó mérések sűrítéséből létrejött 24 pontos kerethálózat.

A 24 pontos kerethálózat egyik alappontja a NADA jelű OGPSH alappont, amely a szintezési ősjegy fölötti dombtetőn helyezkedik el. A NADA egyik jellegzetessége, hogy részét képezi a Magyar GPS Geodinamikai Alaphálózatnak (MGGA). A hálózat pontjai, - köztük a NADA jelű is- egyedi kialakítású, ún. lépcsős pontjelek. Ez azt jelenti, hogy a felszínen található a pont felszíni pontjele, ami egy betonban elhelyezett pont. A földfelszín alatt, ugyanebben a betontömbben található az alsó pontjel, amely egy menetes rézcső, amibe központosan becsavarható egy GPS antenna tartórúdja. Az alsó pontjel be van temetve, ezzel védve a rongálódástól. A felső pontjel száma: 54-2050. A FÖMI-KGO két évente végez itt háromnapos mozgásvizsgálati méréseket.

A munkaterület az 54-2050-es pont közvetlen közelében helyezkedik el. A teszterület 10 darab fakaróból áll, amely alkalmas kinematikus mérések tesztelésére, mivel ezek olyan keményfa cövekek, amelyek 5 mm-es furattal rendelkeznek. A furatba könnyen és egyértelműen elhelyezhető a tartórúd vége. A gránitsziklás talajban az állandósítás kellő stabilitású. Mivel a hálózatos RTK mérések során a vevő automatikusan a legközelebbi állomáshoz kapcsolódik, a munkaterület kiválasztásánál fontos szempont volt egy olyan helyszín választása, amely távol esik a székesfehérvári permanens állomástól.



3.2 ábra A nadapi alappont közelében található 54-2050-es NADA jelű OGPSH alappont és a mellette lévő 10 pontos mikrohálózat

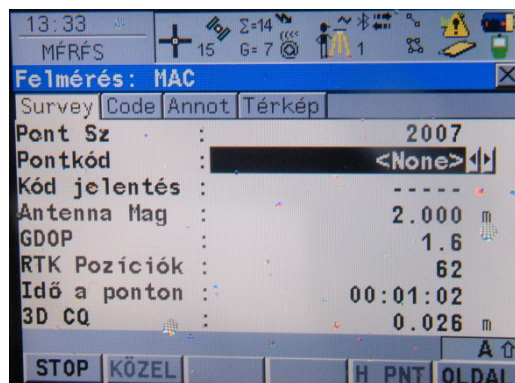
3.2. Mérési előkészületek

A terepi mérést megelőzően szükségem volt egy mobiltelefon szolgáltatótól, egy mobilinternettel rendelkező SIM kártyára. A feladathoz elég volt a legolcsóbb legkisebb tarifacsomagú kártyát megvásárolnom. Ezen kívül szükségem volt egy hozzáférési azonosítóra és jelszóra, amellyel a központi szerverre csatlakozva valós idejű RTK korrekciókat tudtam lekérni. Ez ügyben a hazai országos földi GNSS kiegészítő rendszert üzemeltető, FÖMI Kozmikus Geodézia Obszervatóriumának GNSS Szolgáltató Központjához fordultam. A GSzK munkatársai készségesek és segítőkészek voltak. Gyors

válaszukban már szerepelt is az azonosítóm és jelszavam, amelyeket 2012.augusztus.31-ig használhattam fel méréseimhez.

Megismerkedtem a Leica GPS 1200-as műszerrel és tartozékaival. Minden koncepciónak külön munkaállományokat készítettem. Külön a VRS-nek, a MAC-nek és az FKP-nak. Öt féle konfigurációs beállítást hoztam létre a koncepciók alapján. Két konfigurációt a VRS koncepcióval, egyik csak GPS, másik GPS és GLONASSZ holdak jelvételezésével és ugyanígy két féle konfigurációt a MAC koncepcióval. Ezeken kívül egy konfigurációt az FKP koncepcióval, ezt csak GPS holdakkal. A konfigurációkat úgy hoztam létre, hogy tárolja a nyers mérési adatokat a későbbi feldolgozás lehetősége miatt. Ennek azokban az esetekben van értelme, amikor nem sikerül az inicializálás a terepen és legalább 10 percig tart a mérés. Ideális esetben, amikor a ciklus-többszörismétlés sikeresen feloldható, a pont koordináta meghatározása rosszabb esetben is csak 2 percet vesz igénybe. A későbbiek folyamán a nyers mérési eredmények nem kerültek felhasználásra. A mérést kézzel állítottam, vagyis nem előre megadott mennyiségű epocha-t mért a műszer, hanem annyit amennyinél a mérést én leállítottam. A felhasználói maszkot is személyre szabtam. A mérés közben a műszer az alábbi lényeges információkat jelenítette meg a képernyőn:

- Pont száma
- Antenna magasság
- GDOP (geometria DOP érték)
- RTK pozíciók
- Idő a ponton
- háromdimenziós koordináta középhiba



3.3 ábra A GPS kijelzője, mérés közben a beállított paraméterekkel.

A koncepciók előzetes tesztelésénél egy kis gond lépett fel. Az egyik koncepció kiválasztásánál a műszer lefagyott. A probléma orvoslását az akkumulátor kivételével kíséreltük meg. Ekkor azonban megsérült a konfigurációs fájl, ami azt eredményezte, hogy a műszeren nem indult el a SmartWorx szoftver. A probléma megoldására segítségünkre sietett a Leica Geosystems Hungary Kft. pécsi irodájának műszaki igazgatója és értékesítője, Horváth Zsolt. A műszer helyreállítása, a konfigurációk és az internetkapcsolat helyes beállítása után már minden elő volt készítve a terepi mérésre. A másodéves hallgatók voltak kedvesek és a gazzal

benőtt karókat a munkaterületen kitűzési módszerrel felkeresték és megtisztították a geodéziai hálózatok intézményi terepgyakorlat keretein belül. Köszönöm nekik segítségüket!

3.3. Hálózatos RTK mérések a mikrohálózati pontokon

A méréseket két különböző időpontban hajtottuk végre. Mind a két ütem 1-1 napot vett igénybe. A munkaterület és az eljárás megegyezett, a mérés ismétlésére azért volt szükség, hogy legyen két egymástól független mérés az adott pontokról.

Az első ütemre 2012.05.24-én került sor. Ezen a napon még tartott a másodévesek terepgyakorlata, amely Nadap környékén folyt, úgyhogy a munkaterületre busszal vittek ki ahol a tanár úrral találkoztam. A műszertartozékok a következők voltak:

- Leica Smart GPS vevő antenna (ATX1250 (GG))
- 2x1 m fém tartó rúd
- háromlábú kitámasztó állvány
- GSM modul
- RX1250 kontroller



3.4 ábra A mikrohálózat keményfa cövekkel megjelölt pontja



3.5 ábra Mérés a mikrohálózati ponton, igazított libellával

A tartó rudat 1,95 m-es magasságra állítottam be, majd rácsavartam a SmartAntenna vevőt. Ezt követően azonnal bekapcsoltam, hogy minél előbb elkezdje venni a műholdak jeleit. A műszert elhelyeztem a tasztatúráján majd csatlakoztattam a modemem. A mobilinternetes feltöltő kártya már a műszerben volt. Mivel a tanár úr csak később tudott jönni és én először jártam a területen, a mikrohálózat pontjait a GPS kitűzési programjával kerestem fel. Miután megtaláltam a pontokat az első mérést a

NADA jelű pont felső pontjelen kezdtem az 54-2050-es alapponton. Elsőként az FKP koncepciót teszteltem. A mérés indítását követően kapcsolódtam a központra, majd megadtam a pont számát és az antenna magasságot. Utóbbit 2 m-re állítottam. A májusi mérés folyamán végig ezzel az antenna magassággal dolgoztam, ami durva hibát eredményezett a feldolgozás során. Ennek ismertetését a későbbiekben teszem meg. Az 54-2050-es alapponton az inicializálás sikertelen volt és itt elkövettem egy további hibát miszerint nem rögzítettem a mérést. Így erről a mérésről csak kézzel írott feljegyzésem van. Ez az oka annak, hogy a későbbiekben, a grafikonban és a táblázatban az 54-2050-es alapponton végzett mérési eredmények nem kerültek összehasonlításra az FKP koncepcióval a májusi feldolgozás során. A mérés közben a tanár úr is megérkezett a helyszínre. Ezt követően mértem a VRS és a MAC koncepcióval is. Az inicializálás gyors és eredményes volt, RTK pozícióból 3-5 darab került tárolásra. A munkaállományokat a fentebb írtak szerint a három koncepció alapján hoztam létre. A második ütem folyamán viszont nem csak koncepcióként, de az észlelt holdak függvényében is létrehoztam külön munkaállományokat, vagyis nem 3, hanem 5 munkaállománnyal dolgoztam.

A mikrohálózat 10 mérendő pontján egy háromlábú kitámasztó állvánnyal álltunk fel. A keményfa cövekek furataiba jól illeszkedett a tartó rúd alja. A mérés két frekvencián zajlott, 10° feletti műholdakra, 1 másodperces adatrögzítéssel. Az első ponton felállva kiválasztottam azt a konfigurációs beállítást, amely a VRS koncepciót tartalmazta csakis GPS műholdas jelvétellel. Az első pontra ráállva egyből elindítottam a mérést. Ezt követően kapcsolódtam a központi szerverhez, majd a kapcsolat létrejötte után a sikeres inicializálást követően, 2-3 pozíció rögzítését vártam meg, majd mentem is a következő pontra, ahol szintén 2-3 epocha-t mértem. Az 54-2050-es alappontot is bevonva a mérésbe végig mértem mind a 10 pontot majd végül újból az 1-est. Ezt megismételtem azzal a konfigurációval is, amely a VRS koncepció, GPS/GLONASSZ jelvételt tartalmazta. A mérések külön munkaállományban kerültek rögzítésre, az inicializálás pedig mind a két esetben rövid időn belül megtörtént.

A második ütem mérése 2012.06.29-én valósult meg. A mérést azért ismételtük meg, hogy legyen még egy mérési sorozatunk, amely teljesen független az előzőtől mind napszakban, mind műhold konstellációban és ionoszféra aktivitásban. Reggel korai vonattal utaztam le a Velencei-tóra, ahol a tanár úrral találkoztam és elmentünk a nadapi mikrohálózathoz. A mérést ugyancsak az 54-2050-es ponton kezdtük. Ezúttal rögzítve az FKP koncepció mérési eredményeit.

Újból végig mértük a hálózat 10 pontját, de ezúttal az 54-2050-es alappont kivételével. Ez alkalommal is VRS koncepcióval, ez alkalommal külön munkaállományokban, külön csak GPS és GPS/GLONASSZ holdakkal. Mind a két kört az 1-es pontról indítottuk. A mérés azonnali indításával kapcsolódtunk, majd a sikeres inicializálást követően 2-3 epocha-t mértünk.

A két mérési kör végén felállítottuk a műszert az 54-2050-es alapponton. Itt újból végeztünk méréseket, mind az 5 konfigurációs beállítással, 2 alkalommal. Az első alkalommal csak 2-3 epocha-t mértünk, a második alkalommal 200-at. A cél az volt, hogy megbizonyosodjunk arról, van-e jelentősége a szakmai szabályozásnak, a rögzített pozíciók számának vonatkozásában.

3.4. A mérés értékelése

A hálózatos RTK technológiák használatának egyik nagy előnye, hogy az irodai feldolgozás nem vesz el sok időt. A feldolgozás gyakorlatilag egy koordinátajegyzék készítéséből áll. Természetesen további munkák fontos dokumentációját képezheti a feldolgozás során készített Report fájlok, amelyek információt szolgáltatnak a transzformációs paraméterekről, a felhasznált modellről és a pontok középhibáiról. Ezek a Report-ok munkarészként szolgálnak, a földhivatali munkák dokumentálásához is.



3.6 ábra Az 54-2050-es alappont felső pontjének állandósítása

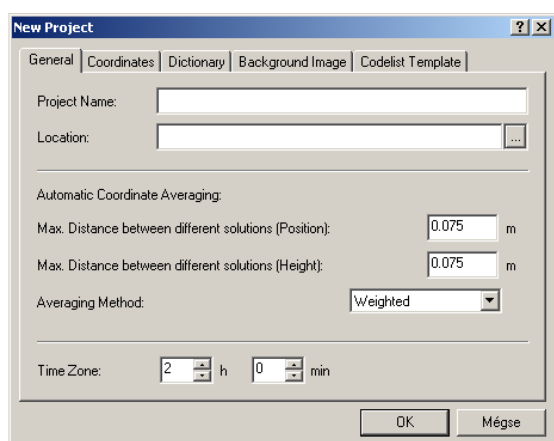


3.7 ábra Mérés az OGPSH alapponton

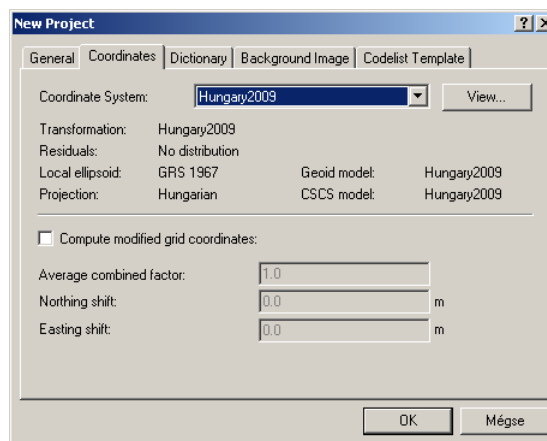
Az adatok kiolvasását többféleképpen megtehetjük a műszer lehetőségeit tekintve. A nyers mérési adatokat a műszer CF kártyájáról a számítógépre másoltuk. A feldolgozó szoftver az én esetemben a Leica Geo Office volt. A szoftver képes a kiolvasott adatok közvetlen kezelésére, ezért nincs szükség azok átalakítására. Az adatok beolvasásához új projektet kellett létrehozni. Minden egyez munkaállomány külön projekt létrehozását teszi szükségessé a feldolgozás során.

A projekt létrehozásánál a projekt nevét és a mentés helyét kellett megadni. Ezen kívül megadhatjuk, hogy az azonos pontszámmal rendelkező mérések közötti maximális eltérés mekkora legyen. Alul beállíthatjuk a helyi időzónát. Fontos a *Coordinates* fülön a megfelelő koordináta-rendszer megadása. A munkaállományokban a Hungary2009 transzformációs eljárást alkalmaztam, ezért itt is ezt kellett beállítanom.

Az új projekt létrehozását követően importálni kellett a nyers mérési adatokat munkaállományonként, amelyeket a CF kártyáról olvastunk ki. A szoftver lehetővé teszi a felhasználónak a mért vektorok megjelenítését, interpretációját. Ezt az alsó sorban található *View/Edit* fülre kattintva tudjuk megtenni.

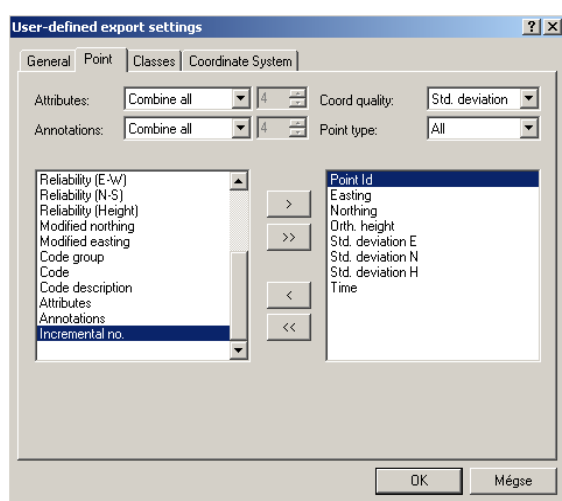


3.8 ábra Új projekt létrehozása az LGO szoftverben - Munkaterület elérésének és nevének megadása

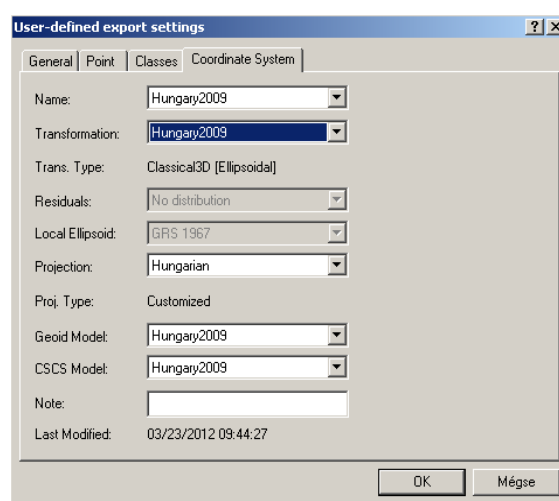


3.9 ábra Koordináta-rendszer definiálása a munkaterület létrehozásánál

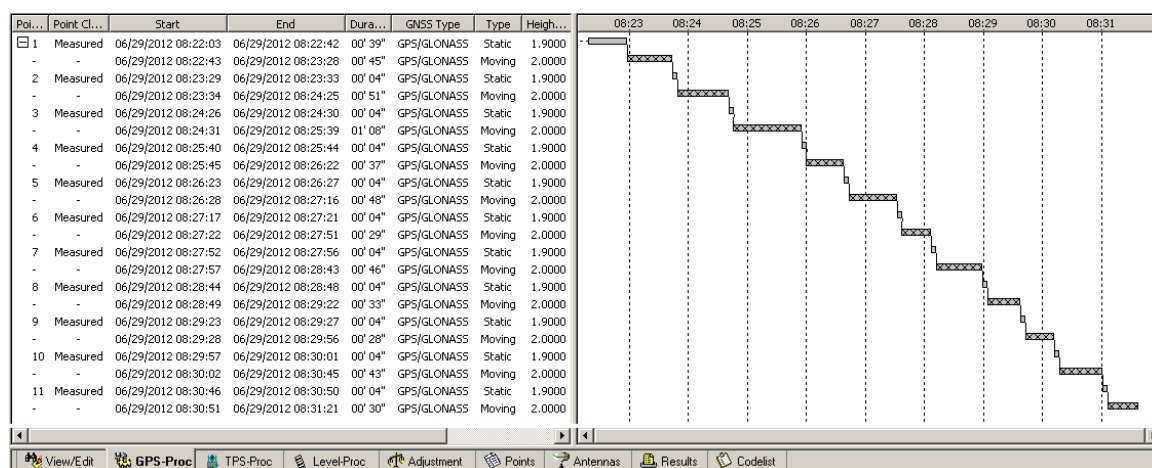
A *GPS-Proc* fülön, az idődiagramot tekinthetjük meg, amely többek közt az egyes pontokon való mérésről is információt szolgáltat. Láthatjuk melyik ponton mettől meddig és mennyi ideig mértünk, milyen típusú műholdak jelét vette a vevő, mekkora volt az antenna magassága, stb. A mérésemre vonatkozó idődiagramokat a melléklet tartalmazza. A 3.11-es ábra jobb oldalán látható, hogy a rövid, időben körülbelül 4 másodperces mérés mutatja a vevő mozdulatlan állapotban történő mérését. A hosszabb két irányból sraffozott rész két pontraállítás között eltelt időtartamot jelenti. Ezek a nyers mérési adatok. A vevő 1 másodperces rögzítési időközzel folyamatosan tárolta a Rover útvonalát a mikrohálózatban. Általános esetben ezek nem kerülnek tárolásra.



3.10 ábra Koordinátajegyzék előállításánál az oszlopok megadása az LGO szoftverben

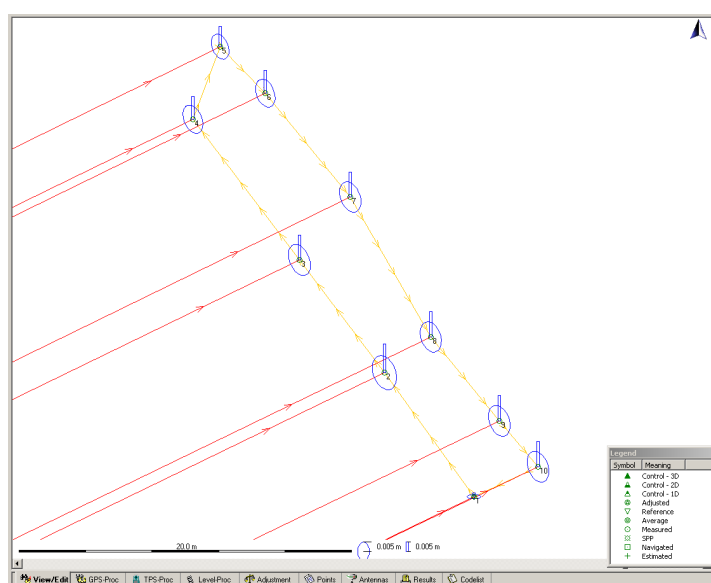


3.11 ábra Koordinátajegyzék készítésénél a koordináta-rendszer a geoid modell és a helyi ellipszoid megadása az LGO szoftverben



3.12 ábra A mikrohálózati pontok GPS és GLONASSZ jelvétellel történt mérésének leíró adatai

A mérésről való informálódás után elkészítettem a koordinátajegyzékeket az export ASCII menü paranccsal. Itt az állomány nevét és típusát kellett megadni, majd a "Settings"-en belül be kellett állítani többek közt a koordináta típust, a koordináták élességét, a magasság módját, és a koordináta rendszert. Ezek közül a koordináta rendszer helyes beállítás volt a legfontosabb, hogy a helyes paraméterkészlettel történjen a transzformáció. A koordinátajegyzék összeállításánál különféle lehetőségünk van. Értelemszerűen fontos, hogy szerepeljen benne a mért pontok száma, a vízszintes koordináták és opcionálisan a magasságok. Ez esetben a Balti tengerszint feletti magasságokról beszélhetünk. Ezeken kívül személy szerint hozzáadtam a megbízhatósági mérőszámokat és a mérés időpontját.



3.13 ábra A mikrohálózati pontok vektor térképe az LGO szoftverben

4. Kísérleti mérések, referencia állomástól távoli EOMA pontokon

4.1. Munkaterület bemutatása

Valamilyen alapfelülettel való kapcsolat a szintezési munkálatokban csak a 19. században valósult meg, Magyarországon. Az ország történelmi alakulásának és a technika fejlődésének sajátosságai miatt, négy ilyen alapfelülethez viszonyított szintezési hálózatról tehetünk említést. Ezek:

- I. országos szintezési hálózat (katonai szintezési hálózat)
- II. országos szintezési hálózat (Gárdonyi-féle szintezési hálózat)
- III. országos szintezési hálózat (Bendefy-féle szintezési hálózat)
- IV. országos szintezési hálózat (EOMA)

Az első tengerszinthez kapcsolt szintezési hálózat kiépítése 1872-ben kezdődött, az akkori Osztrák Magyar Monarchia területén. A tervezés, kivitelezés a bécsi Katonai Földrajzi Intézet feladata volt, amelyet katonatisztek végeztek. Hét főalappontot telepítettek, amelyekből ma már csak egyet őriz az ország jelenlegi területén, Nadapon.

Az első világháborút követően az ország elvesztette kapcsolatát az Adriai tengerrel. Alapszint közvetlen hiányában a nadapi főalappont magasságára támaszkodva kezdődött el egy új szintezési hálózat kiépítése. A második országos szintezést 1921 és 1939 között végezték. A II. világháború kitörése megakadályozta a hálózat kiegyenlítését és használatbavételét. A háború végére a hálózat pontjainak 60%-a elpusztult.

A II. világháború után 1948-tól egy új hálózat megvalósítására került sor, amelybe a megmaradt pontokat is bevonták. A szintezési hálózat hierarchikusan első-, másod-, és harmadrendű vonalakból, illetve poligonokból épül fel. 8 darab sziklás főalapponttal rendelkezik, amelyeket geológiaiilag nyugodt környezetben helyeztek el. A hálózat kiépítése 1964-ben fejeződött be. 1960-ban azonban elrendelték, hogy az Adriai alapszintről át kell térni a Balti alapszintre. Ez minden pont 0,6747 méterrel való csökkentését jelentette. A munkálatok irányítása és a megvalósítás Bendefy László nevéhez fűződik, ezért nevezik Bendefy-féle szintezési hálózatnak is.

Az 1960-as évek közepén nagy figyelem irányult nemzetközileg a kéregmozgás függőleges irányú összetevőjének meghatározására. Magyarországon a szintezési hálózat pontjainak állandósítási módja nem felelt meg erre a célra, ezért külön olyan új állandósítási módokat dolgoztak ki, amelyek jól reprezentálják a földkéregmozgást. Az így létesített pontokat nevezik kéregmozgás-vizsgáló pontoknak (ún. K pontok). Az ország területén 800 darab ilyen K pont létesült. Ezzel egy időben nagymértékű pontpusztulást tapasztaltak ezért felvetődött egy olyan újfajta hálózat kialakítása, ami ezekre a kéregmozgás-vizsgáló pontokra épül.

Így jött létre az Egységes Országos Magassági Alapponthálózat, az EOMA. A hálózat első-, másod-, és harmadrendű vonalakból épül fel. Az átlagos pont sűrűsége 1pont/4 km². 40 darab főalapponttal rendelkezik, amelyekből 8 darab a Bendefy hálózat főalappontja is egyben. A hálózat I. rendű vonala és a kéregmozgás-vizsgáló pontok kiépítése és mérése 1967-1978 között történt. 2005-ig a II. és III. rendű részének sűrítése zajlott lassú ütemben. 2000-2005-ig gyorsított ütemben befejezték a hálózat sűrítését. Ekkor a III. hálózatrész a Dunántúlon már GPS technológiával történt. 2006-tól kezdődően az I. rendű hálózat újramérése folyik.

Függőleges irányú mozgások vizsgálatára külön mozgásvizsgáló vonalakra van szükség, amelyeken a korábbi mérések megbízhatósága megfelel a szélső pontossági igényeknek, továbbá az alappontok állandósítása és a vonal vezetése lehetővé teszi a külső hatások, - mint például talajvízszint változás, fagyhatás, ülepedés- kizárását és a mozgási irányok kimutatását.

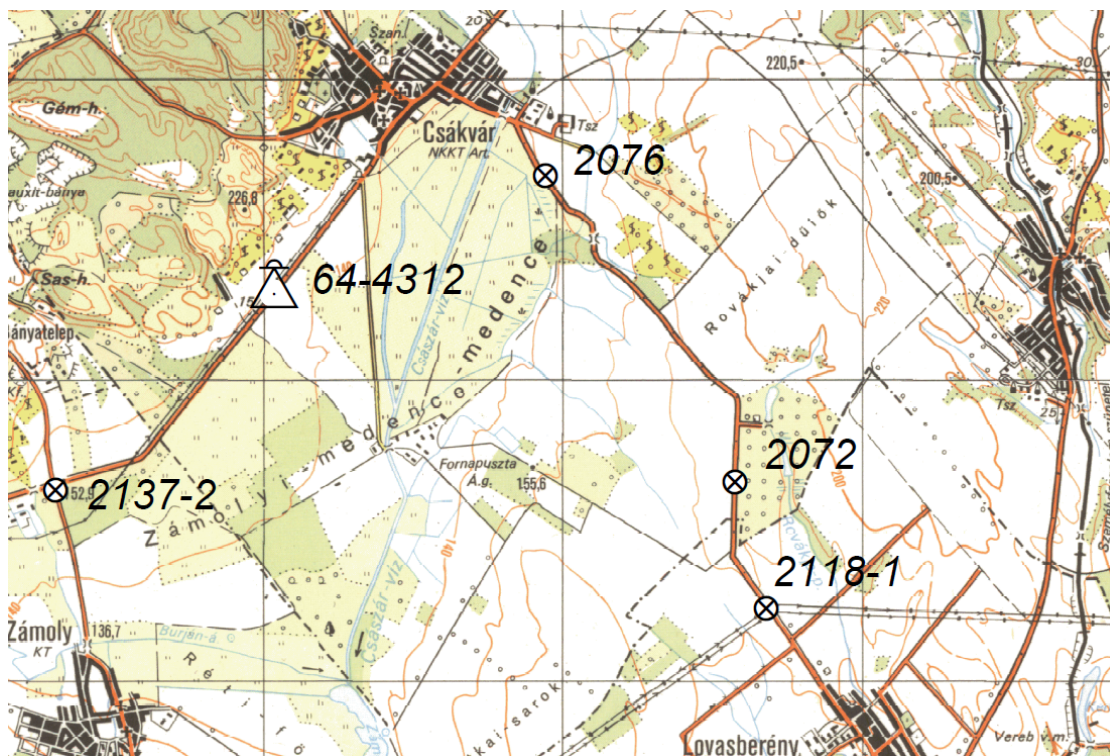
Ilyen vizsgálati vonalak például:

- Móri-horpadást harántoló vizsgálati vonal
- Sárrétet átszelő Csór-Sárszentmihály szintezési vonal
- Zámolyi medence ÉK-i részét harántoló, Lovasberény-Csákvár szintezési vonal

Hálózati RTK mérés színhelyeül a Lovasberény-Csákvár szintezési vonalat választottuk, mert a vonal olyan összefüggő hálózat részét képezi, amelyben a szintezés mellett a GNSS technika is felhasználható, és mert a vonal pontjai szabatos szintezéssel lettek meghatározva. A vizsgálati vonal két pontján végeztem méréseket, a 2072 és a 2076-os alappontokon. A vonal a Nadap-Komárom elsőrendű EOMA hálózat részét képezi. Kezdetben a megvalósításánál fontos szempont volt, hogy a kezdő és végpontja is egyaránt mélyalapozású kéregmozgási alappont legyen.

A vonal 8 km hosszan fut át a Velencei-hegység és a Vértes közötti térségben. A vizsgálati pontokon kívül megálltunk elsőrendű EOMA pontokon, a 0002118-1 és a 0002137-2 alappontokon.

Az EOMA és a vizsgálati pontokon kívül megálltunk a 64-4312-es IV. rendű OGPSH alapponton is.



4.1 ábra A Nadap - Komárom elsőrendű szintezési vonal, illetve annak a részét képező Lovasberény-Csákvár vizsgálati vonal topográfiai térképen való ábrázolása

A mért vizsgálati pontjaim, tehát a következők voltak:

- 0002118-1
- 0002137-2
- 2072
- 2076
- 64-4312

A továbbiakban az egyszerűség kedvéért a 0002118-1-es alappontot 2118-nak a 0002137-2-öt pedig 2007-nek fogom jelölni.

A pontok leírása

- 2118: A pont jellege kő. Közvetlenül egy kéregmozgás-vizsgálati pont mellett található 70 cm-re. A felszínen egy 18x18 cm-es betonkő található, benne öntött vas gomb. Állandósítása 1973-ban történt.
- 2072: A pont jellege mélyalapozású betoncölöp. Az út keleti oldalán található az út tengelyétől 6,7 méterre. A felszínen egy rozsdamentes acélgomb található. A cölöp mélysége 10 m. Állandósítása 2001-ben történt.
- 2076: A pont jellege, mélyalapozású betoncölöp. A cölöp mélysége 6,5 m, a föld felszínén rozsdamentes acélgomb található. 2001-ben állandósították.
- 2007: A pont megjelölésének módja kő. A Csákberény-Csákvár közti út 11,298 km-nél, a Gánt-Zámolyi körforgalom D-K-i szögletében található, egy parkolóban.

4.2. Nehézségek a magasság meghatározásánál

A Föld alakjával és méretével kapcsolatosan Platón és Arisztotelész bizonyították be elméletüket elsőként, miszerint a Föld gömb alakú. Az első kísérleti mérés Erasztotelész nevéhez fűződik. Első matematikai alapokat Ptolemaiosz fektette le a II. században.

A XVII. században Newton és Huygens már a fizikai törvényeket alkalmazva írták le a Föld alakját. Elméletük szerint, ami a gravitációs törvényeken alapult a Föld nem gömbölyű, hanem a sarkoknál lapult. Ennek bizonyítására a Francia Tudományos Akadémia expedíciót szervezett egymástól távol eső területeken.

Az perui expedíció Bouguer vezetésével zajlott, aki azt tapasztalta, hogy a háromszögelés és a csillagászati úton kapott mérések eredményei eltérőek egymástól. Úgy gondolta, hogy a csillagászati mérésekre hatást gyakorol a hegy tömege, vagyis a helyi függőleges nem esik egybe az ellipszoidi normálissal. Ebből arra következtetett, hogy egy szabályos geometriai alaknál, a forgási ellipszoidnál egy lényegesen bonyolultabb felülettel lehet csak a Föld alakját leírni.

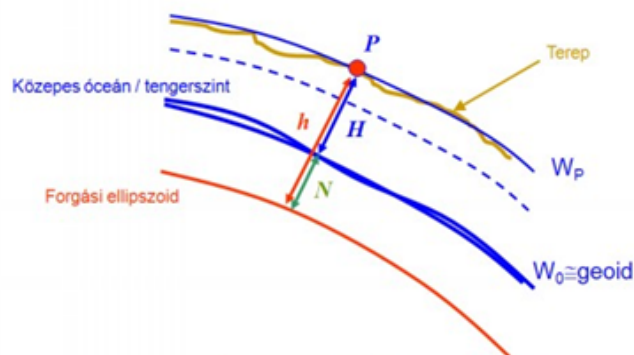
A Föld elméleti alakját nagymértékben befolyásolja tömegvonzása, ezért nem lehet csupán matematikai összefüggésekkel leírni. A nehézségi erőter zárt, konstans potenciálértékű szintfelületek végtelen sorozatát és a függővonalakat hozza létre (*Bácsatyai 2010*). Ezek közül arra a szintfelületre esett a választás, amely a legjobban megközelíti a nyugalomban lévő óceán és középtengerszintet. Ezt a szintfelületet, amit elméleti Földalaknak tekintünk, 1873-ban Listing javaslatára, geoidnak nevezték el.

A geoidot, bonyolultsága miatt azonban gyakorlati szempontból célszerű volt egy matematikailag könnyebben kezelhető forgási ellipszoiddal helyettesíteni, amin elvégezhetők a kétdimenziós koordinátaszámítások. Mivel a geoid nem szabályos felület,

ezért közte és az ellipszoid között eltérések tapasztalhatók. Ezt az eltérést nevezzük geoidundulációnak.

A geoidundulációt, geoid térképeken ábrázolják, globális és lokális méretekben egyaránt. Világméretben elérheti a 100 méteres értéket is. Magyarországon ez az érték 39-47 méteres tartományban változik.

Az ellipszoid feletti magasságot h -val a tengerszintfeletti magasságot H -val jelöljük. Az N geoidunduláció vagy geoid-magasság ismeretében a tengerszintfeletti magasság egy egyszerű kivonással számítható: $H = h - N$. A GPS feldolgozó szoftverekbe különböző geoidmodelleket telepítettek, amik segítségével interpolálással meghatározható a geoid-magasság. Második nagy probléma a magasságmeghatározásnál, a gravimetriai geoidmodellek viszonylag gyenge pontossága, ami a hosszú periódusú hibák miatt jelentkezik. A tapasztalati szabályok szerint magassági irányban kisebb pontosság érhető el. Ez az asszimétrikus műhold konstellációnak, a mérési környezet zajának és a horizonthoz közeli holdak zavartabb jelének köszönhető. Fontos ezen kívül a megfelelő modellek használata és a feldolgozó szoftverek frissítése, amelyek a naprakész modellparamétereket tartalmazzák.



4.2 ábra A tengerszint feletti és az ellipszoid feletti magasságok kapcsolata, a geoidunduláció

4.3. Hálózati RTK mérések EOMA pontokon

Két ütemben került sor a Lovasberény-Csákvár vizsgálati és az EOMA szintezési alappontok magasságának meghatározására. A vizsgálat célja a hazai aktív hálózatra támaszkodó valósidejű koordináta meghatározás, magassági értelmű tesztelése volt. A szintezési vonal pontjainak magassága szélső pontosságban ismertek, ám figyelembe kell venni, hogy ezeknek a pontoknak a magassága is változhatott kis mértékben az elmúlt évek során a különböző környezeti hatások miatt. Az alappontok felkeresése pontvázlat és a tanár úr helyszíni tapasztalata alapján történt. Az út során az elsőrendű vonalnak nem

minden pontját sikerült megtalálnunk a fentebb leírtakon kívül. Ennek oka a felszíni pontjelölések hiánya volt. Továbbá voltak alappontok, amelyek oly mértékben megrongálódtak, hogy mérésre alkalmatlannak bizonyultak.

Az első mérési ütemre 2012.05.24-én került sor. A tanár úrral a szintezési ősjegynél találkoztunk majd Nadapról Csákvár felé megálltunk a 2118-as EOMA, a 2072, 2076 vizsgálati, Csákvárról Zámoly fele pedig a 2007-es EOMA és a 64-4312-es OGPSH pontokon. Minden ponton mind a három koncepció beállításával mértünk. Minden koncepciót kipróbáltunk csak GPS és GPS/GLONASSZ holdakra támaszkodva egyaránt, az FKP-t leszámítva. A méréseket 3 külön munkaállományban tároltuk a koncepcióknak megfelelően.

A pontokon az antennát háromlábú kitámasztó állvánnyal állítottam fel. Az antenna magasság 2 méter volt mindegyik esetben. 10° feletti műholdakra történt a mérés, nyers mérési adatokat is tárolva. A műszer bekapcsolását követően a főmenüben a Felmérés menüpontot választottam ki. Itt kiválasztottam a munkaterületet, illetve a használni kívánt konfigurációs beállítást. Az F1-FOLYT gombot megnyomva rögtön indítottam a mérést, hogy minél hosszabb ideig tartson a nyers adatok tárolása. A mérés indítását követően kapcsolódtam a központi szerverre, majd figyeltem mennyi ideig tart az inicializálás. Két, két és fél percnél nem vártunk többet egyik pontnál sem. A sikeres inicializálás után 3 RTK pozíció rögzítését vártam meg, majd tároltam a mérést.



4.3 ábra A Gánt- Zámolyi körforgalomnál található 2137-2-es számú I. rendű EOMA alappontja



4.4 ábra hálózatos RTK mérés a 64-4312-es IV. rendű EOVA alappontján

A második mérés 2012.06.29-én zajlott. A mérés az első mérési ütemmel megegyezően zajlott, azzal a különbséggel, hogy öt munkaállományt használtam. Továbbá a májusi mérési eredményeknek az adott magassági értékekkel való összehasonlítása következtében egy szabályos hibára derült fény. A hiba oka az volt, hogy az ATX1230 GG típusú antenna eredetileg úgy van beállítva, hogy egy 360 fokos prizmán végez észlelést a tartó rúdon. A mérés során azonban nem használtunk prizmat, hanem helyette egy összekötőcsavarral történt az antenna rögzítése a rúdhoz. Ettől öt centiméterrel alacsonyabbra kerül valójában az antenna, amit figyelembe kell venni a mérés folyamán. Ennek hatására a tartó rudat 1.95 méteres értékre kihúzva a műszerben csak 1.90 métert kell beállítani. Mivel az első mérés során tévesen lett megítélve az antenna magasság, - nem "-5" hanem "+5" cm lett figyelembe véve -, ezért 10 cm-es hiba terheli minden pont magasságát, amit az I. ütemben határoztunk meg.

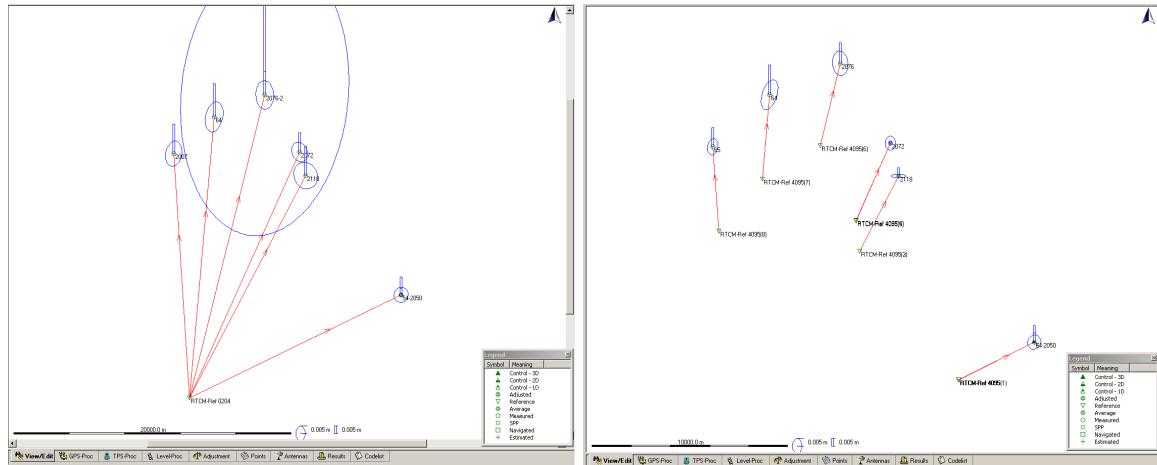
4.4. A mérés értékelése

Az adatrögzítés a műszerben lévő CF kártyára történt. A kártyáról az adatokat egy kártyaolvasó segítségével másoltuk fel a gépre. A mérés értékeléséhez szintén a Leica Geo Office szoftvert használtam. Minden munkaállományhoz új projektet hoztam létre. Az előzőekben leírtak szerint a projektnek nevet adtam, elérési útvonalat, továbbá azt, hogy hova történjen a mentés. Ezen kívül beállítottam az időzónát és a koordináta-rendszerek fülön a használni kívánt transzformációs paraméter készletet.

Az új projekt létrehozását követően importáltam a nyers mérési adatokat, amelyeket a CF kártyáról olvastunk ki. Az alsó sorban található *View/Edit* fülön megjelenítettem a pontoknál a hibaellipsziseket is. Azokon a pontokon ahol nem sikerült az inicializálás természetesen az elfogadottnál jóval nagyobb hibaellipszisek láthatóak.

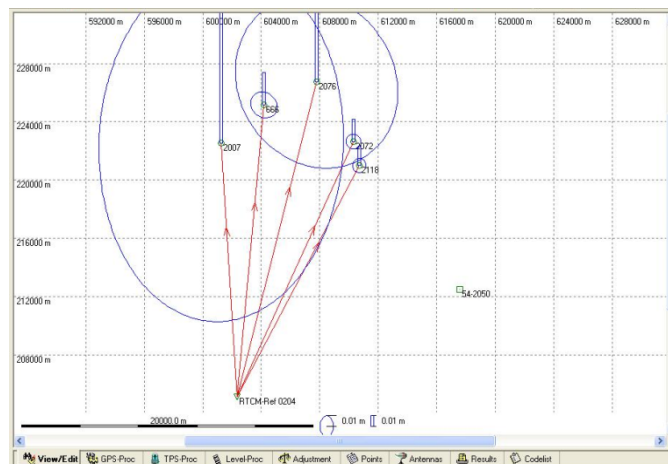
Végül elkészítettem a koordinátajegyzékeket az export ASCII menü paranccsal. A "Settings"-en belül ugyanúgy jártam el, mint a mikrohálózati pontok koordinátajegyzékének elkészítésénél. A koordinátajegyzék tartalmazza a pontszámot, az EOVS koordinátákat (y, x), a Balti magasságot (H), a koordináták középpontjait és a mérés időpontját.

A 4.3-as ábrán látható, hogy a VRS koncepció esetében a központ által generált virtuális állomás nem szabálytalanul, véletlenszerűen helyezkedik el, hanem azt a legközelebbi permanens állomás irányába tolja el.



4.5 ábra A MAC koncepció mérési eredményeinek grafikus megjelenítése az LGO szoftverben GPS és GLONASSZ műholdak jelvételeivel egyaránt

4.6 ábra A VRS koncepció mérési eredményeinek grafikus megjelenítése az LGO szoftverben, GPS és GLONASSZ műholdak jelvételeivel egyaránt



4.7 ábra Az FKP koncepció mérési eredményeinek grafikus megjelenítése a hibaellipsziszekkel az EOMA pontokon

A 4.4-es ábrát megfigyelve látható, hogy a hálózatos RTK mérés sem hozza mindig minden esetben a kívánt eredményt. Előfordulhat, hogy a ciklus-többsértelműség feloldása csak a második vagy harmadik próbálkozásra sikerül.

A feldolgozás során minden vektortérképet és idődiagramot a digitális mellékletek között dokumentáltam.

5. Összehasonlító táblázatok, tapasztalatok

5.1. A nadapi mikrohálózat mérési eredményei

I. mérés 2012.05.24.

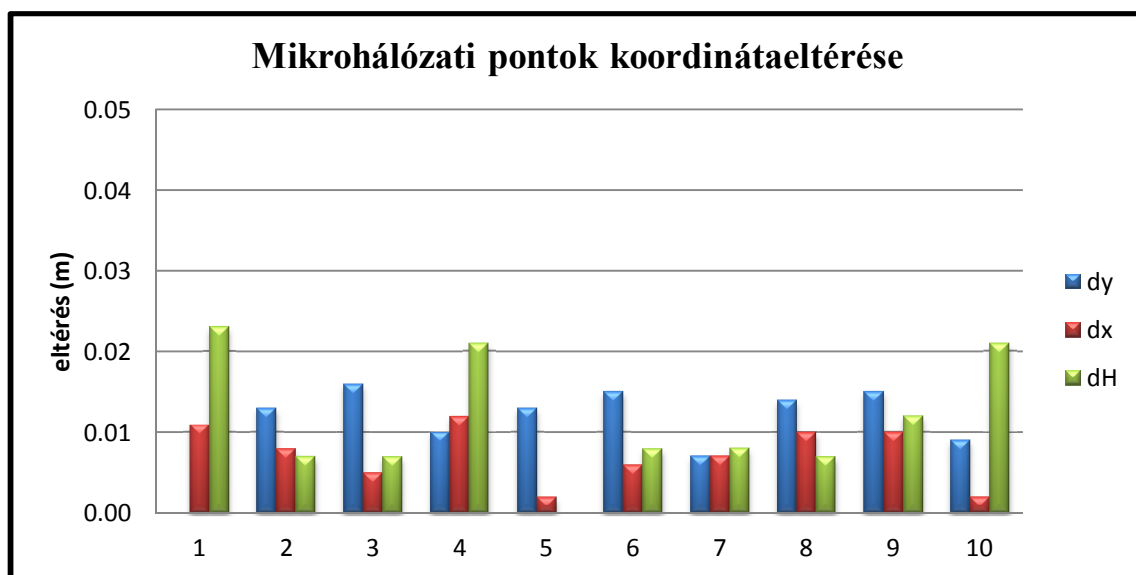
A 10 pontból álló mikrohálózat pontjait a hálózatos RTK, VRS koncepciójával határoztam meg. Minden ponton 1 epochát mértem. Az alábbi táblázatokban a korábbiakban, mérőállomással meghatározott koordinátáktól való eltéréseit láthatjuk a hálózatos RTK módszerétől. Az 5.1-es táblázatban csak a GPS holdakra, az 5.2-es táblázatban pedig GPS és GLONASSZ holdakra történt a jelvétel. A táblázat látványosabb szemléltetése érdekében grafikonos kimutatást is készítettem.

VRS koncepció GPS műholdak jelvételével

Pontszám	dy	dx	dl	dH	m _y	m _x	m _H	P
1	0.000	0.011	0.011	0.023	0.004	0.007	0.011	0.014
2	0.013	0.008	0.015	0.007	0.007	0.010	0.016	0.020
3	0.016	0.005	0.017	0.007	0.006	0.009	0.015	0.018
4	0.010	0.012	0.016	0.021	0.005	0.007	0.012	0.015
5	0.013	0.002	0.013	0.000	0.007	0.010	0.015	0.019
6	0.015	0.006	0.016	0.008	0.005	0.008	0.013	0.016
7	0.007	0.007	0.010	0.008	0.007	0.010	0.015	0.019
8	0.014	0.010	0.017	0.007	0.005	0.007	0.012	0.015
9	0.015	0.010	0.018	0.012	0.004	0.006	0.010	0.012
10	0.009	0.002	0.009	0.021	0.005	0.007	0.012	0.015

5.1 táblázat. A mikrohálózat pontjainak mérőállomással meghatározott koordinátáinak eltérése a VRS koncepcióval meghatározott koordinátáktól csakis GPS műholdak jelvételével.

Az 5.1-es táblázatban látható, hogy a lineáris eltérések 1-2 cm körüli értékek, ami egyértelműen jónak tekinthető. Emellett a térbeli ponthibák is 2 cm alatti értékek, ami ugyancsak jó eredménynek minősül tekintve, hogy valós időben a koncepciók beállítását követően pár perces előkészületet vett igénybe a pontmeghatározás. A műszer által kijelzett koordináta középhibák megbízhatónak bizonyulnak.



5.1 grafikon. A nadapi mikrohálózat pontjainak mérőállomással bemért és számított koordinátáinak eltérése a hálózatos RTK technológiával meghatározott koordinátáktól, GPS holdak jelvételeivel.

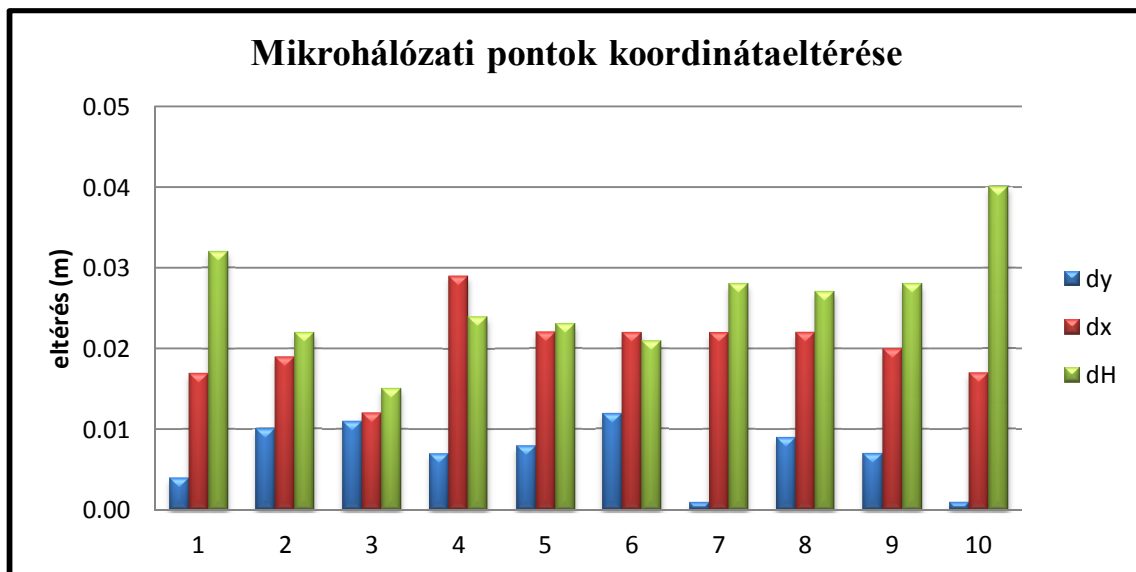
A táblázat és a grafikon értelmezéséből kiderül, hogy a GSzK hálózatos RTK szolgáltatására támaszkodva elérhető a geodéziai pontosság, csupán 1-2 másodperces mérésből. Ehhez azonban ideális körülmények és a rendszer zavartalan működése szükséges.

A GLONASSZ holdak bevonásával megismételtem a mérést. Az előző méréshez képest a koordináta eltérések nem mutatnak javulást. Sőt ahhoz képest, hogy második alkalommal több műhold adatait vettem, kismértékű romlás tapasztalható a pozíció meghatározásában. Az y koordináta eltérések mindkét esetben 1 cm körüliek, míg az x koordináta öt pont esetében 2 cm körüli. Magassági értelemben ugyancsak öt pont esetében 2 cm-rel romlott a koordináta meghatározás.

VRS koncepció GPS és GLONASSZ műholdak jelvételeivel

Pontszám	dy	dx	dl	dH	m _y	m _x	m _H	P
1	0.004	0.017	0.017	0.032	0.004	0.005	0.010	0.012
2	0.010	0.019	0.021	0.022	0.005	0.006	0.011	0.013
3	0.011	0.012	0.016	0.015	0.005	0.005	0.010	0.012
4	0.007	0.029	0.030	0.024	0.005	0.006	0.012	0.014
5	0.008	0.022	0.023	0.023	0.005	0.006	0.011	0.013
6	0.012	0.022	0.025	0.021	0.005	0.006	0.011	0.013
7	0.001	0.022	0.022	0.028	0.005	0.006	0.012	0.014
8	0.009	0.022	0.024	0.027	0.006	0.007	0.013	0.016
9	0.007	0.020	0.021	0.028	0.005	0.006	0.011	0.013
10	0.001	0.017	0.017	0.040	0.004	0.005	0.009	0.011

5.2 táblázat. A mikrohálózat pontjainak mérőállomással meghatározott koordinátáinak eltérése a VRS koncepcióval meghatározott koordinátáktól GPS és GLONASSZ műholdak jelvételeivel.



5.2 grafikon. A nadapi mikrohálózat pontjainak mérőállomással bemért és számított koordinátáinak eltérése a hálózatos RTK technológiával meghatározott koordinátáktól, GPS és GLONASSZ holdak jelvételével.

Összességében habár növekedtek az eltérések a GLONASSZ holdak figyelembe vételével így is 3 cm alatti vízszintes koordináta eltérésekről beszélhetünk, ami még kielégíti a geodéziai pontmeghatározás követelményeit is.

II. mérés 2012.06.29.

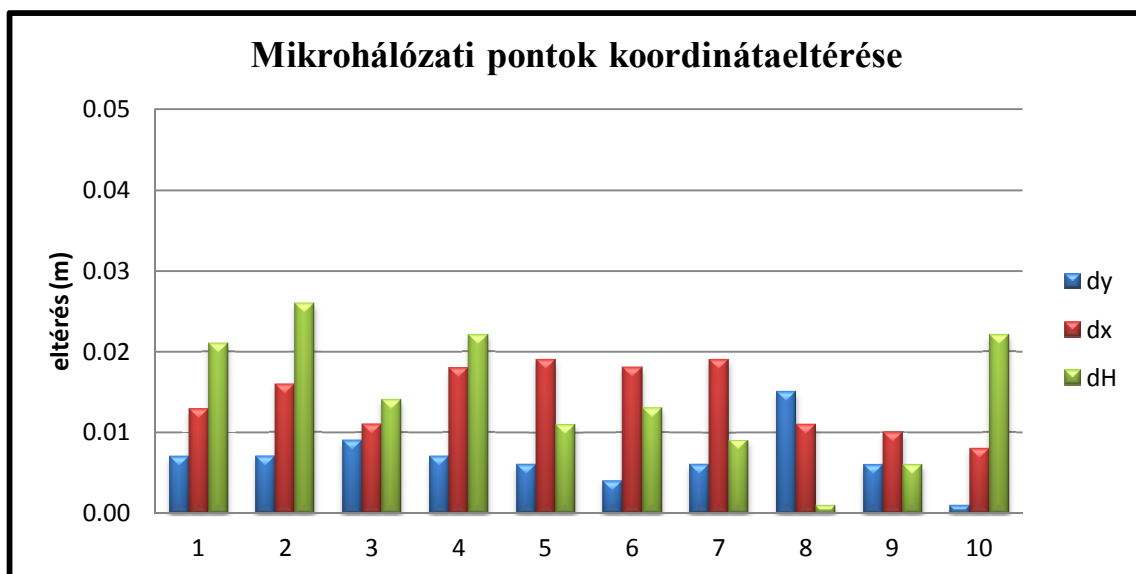
A nadapi mikrohálózat mérését 2012.06.29.-én megismételtük azért, hogy legyen két egymástól független mérésünk. A májusi méréshez hasonlóan ismét VRS koncepciót használtunk először csak GPS majd GPS és GLONASSZ holdak jelvételével. Az inicializálás az első ponton megtörtént majd megszakítás nélkül rövid mérésekkel rögzítettük a pozíciókat a pontokon.

VRS koncepció GPS műholdak jelvételével

Pontszám	dy	dx	dl	dH	m _y	m _x	m _H	P
1	0.007	0.013	0.015	0.021	0.006	0.009	0.014	0.018
2	0.007	0.016	0.017	0.026	0.006	0.009	0.015	0.018
3	0.009	0.011	0.014	0.014	0.006	0.008	0.013	0.016
4	0.007	0.018	0.019	0.022	0.005	0.007	0.012	0.015
5	0.006	0.019	0.020	0.011	0.005	0.007	0.011	0.014
6	0.004	0.018	0.018	0.013	0.005	0.007	0.012	0.015
7	0.006	0.019	0.020	0.009	0.006	0.008	0.013	0.016
8	0.015	0.011	0.019	0.001	0.006	0.008	0.013	0.016
9	0.006	0.010	0.012	0.006	0.006	0.008	0.013	0.016
10	0.001	0.008	0.008	0.022	0.006	0.008	0.013	0.016

5.3 táblázat. A mikrohálózat pontjainak mérőállomással meghatározott koordinátáinak eltérése a VRS koncepcióval meghatározott koordinátáktól GPS műholdak jelvételével.

Vízszintes értelemben az eltérések egységesen 1-2 cm körüliek. Magassági értelemben 1 és 2,5 cm között alakulnak, de a 7, 8 és 9-es pontok esetében 1 cm alatti értékek is tapasztalhatóak. Ez hasonló eredménynek mondható a májusi méréshez képest.



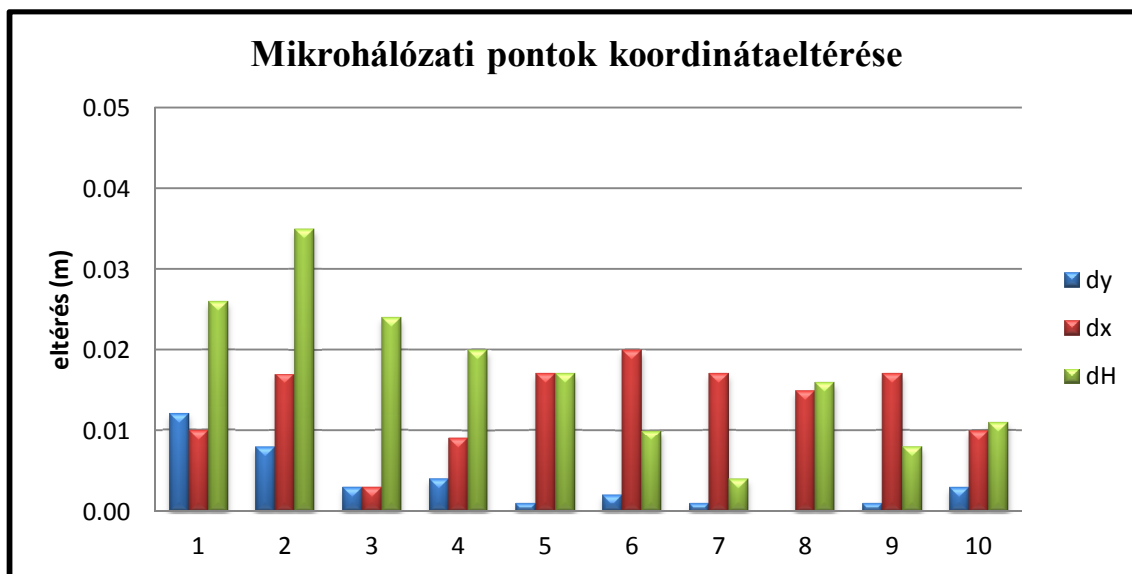
5.3 grafikon. A napi mikrohálózat pontjainak mérőállomással bemért és számított koordinátáinak eltérése a hálózatos RTK technológiával meghatározott koordinátáktól, GPS holdak jelvételezéssel.

A második kör eredményei az 5.4-es táblázatban találhatók. A vízszintes koordináták közül az y koordináta gyanúsán jó eredménnyel került meghatározásra, mivel az 1 és 2-es pontok esetében érte el az 1 cm körüli értéket az összes többi pontnál az eltérés a 0-hoz konvergál. Az x vízszintes koordináta és a magassági eltérés átlagosan 1,5 cm körül alakul. Ezek az eredmények jobbnak bizonyulnak a májusi mérés második körének eredményeihez képest, amikor a jelvételezés GLONASSZ holdakra is történt.

VRS koncepció GPS és GLONASSZ műholdak jelvételezéssel

Pontszám	dy	dx	dl	dH	m _y	m _x	m _H	P
1	0.012	0.010	0.016	0.026	0.005	0.006	0.012	0.014
2	0.008	0.017	0.019	0.035	0.005	0.006	0.012	0.014
3	0.003	0.003	0.004	0.024	0.005	0.007	0.014	0.016
4	0.004	0.009	0.010	0.020	0.005	0.006	0.012	0.014
5	0.001	0.017	0.017	0.017	0.005	0.007	0.013	0.016
6	0.002	0.020	0.020	0.010	0.005	0.007	0.013	0.016
7	0.001	0.017	0.017	0.004	0.005	0.008	0.015	0.018
8	0.000	0.015	0.015	0.016	0.006	0.008	0.016	0.019
9	0.001	0.017	0.017	0.008	0.006	0.008	0.016	0.019
10	0.003	0.010	0.010	0.011	0.006	0.008	0.016	0.019

5.4 táblázat. A mikrohálózat pontjainak mérőállomással meghatározott koordinátáinak eltérése a VRS koncepcióval meghatározott koordinátáktól GPS és GLONASSZ műholdak jelvételezéssel.



5.4 grafikon. A nadapi mikrohálózat pontjainak mérőállomással bemért és számított koordinátáinak eltérése a hálózatos RTK technológiával meghatározott koordinátáktól, GPS és GLONASSZ holdak jelvételeivel.

A lineáris eltérések 2 cm alatti értékek, szóval vízszintes értelemben pár másodperces méréssel igen kielégítő pontossággal sikerült a pontok koordinátáit meghatározni. Magassági értelemben a 2-es pont esetében 3,5 cm-es eltérés tapasztalható, de a többi pont esetében 3, 2, sőt 1 cm alatti az eltérés. A műszer által jelzett koordináta középhibák értékei megbízhatónak bizonyulnak a legtöbb esetben. A magassági értékeknél volt ahol kicsit nagyobb volt az eltérés, de összességében nagy különbség nem tapasztalható.

5.2. Vízszintes és magassági pontok koordinátáinak összehasonlítása a koncepciók szerint.

A valós idejű helymeghatározás technológia pontosságának vizsgálatánál az alkalmas munkaterület megválasztása két szempont szerint történt:

- elég távol kellett, hogy legyen a székesfehérvári permanens állomástól
- továbbá olyan pontokat kellett tartalmaznia, amelyeknek koordinátái szélsőpontossággal ismertek.

A fenti feltételeket szem előtt tartva a választás a Lovasberény-Csákvár közötti vizsgálati vonalra esett. A vonal részét képezi az EOMA I. rendű hálózatának is, de ezen felül egy olyan vizsgálati vonal is, amely lehetővé teszi a földfelszín vertikális mozgásának, irányának vizsgálatát. A mérési körülmények ideálisak voltak, mivel szabad ég alatt zavartalan körülmények között végezhetjük a mérést.

I. ütem 2012.05.24

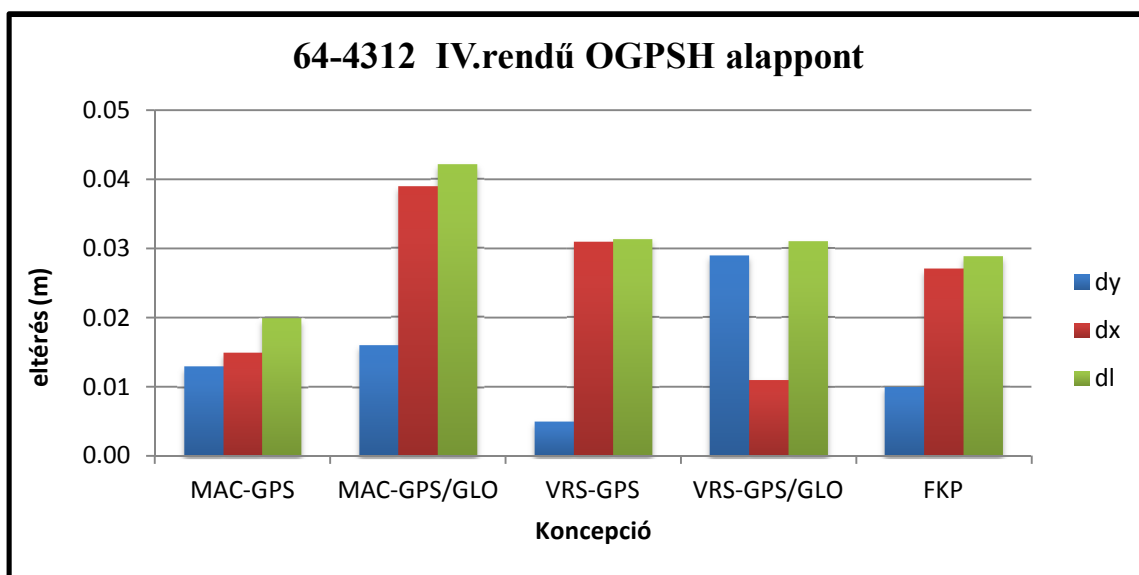
OGPSH alappontok

Vízszintes pontmeghatározásnál akkor beszélhetünk geodéziai pontosságról, ha a mért értékek 5 cm-en belüli pontossággal rendelkeznek. Az első mérési ütem során hálózatos RTK-val két darab vízszintes alappont koordinátáit határoztam meg. Ez a két pont a 64-4312 IV. rendű alappont illetve a nagy pontossággal ismert 54-2050 NADA jelű OGPSH alappont volt. A koordináták eltérése a nyilvántartott értékektől az alábbi táblázatban, illetve grafikonon található.

Vízszintes eltérések

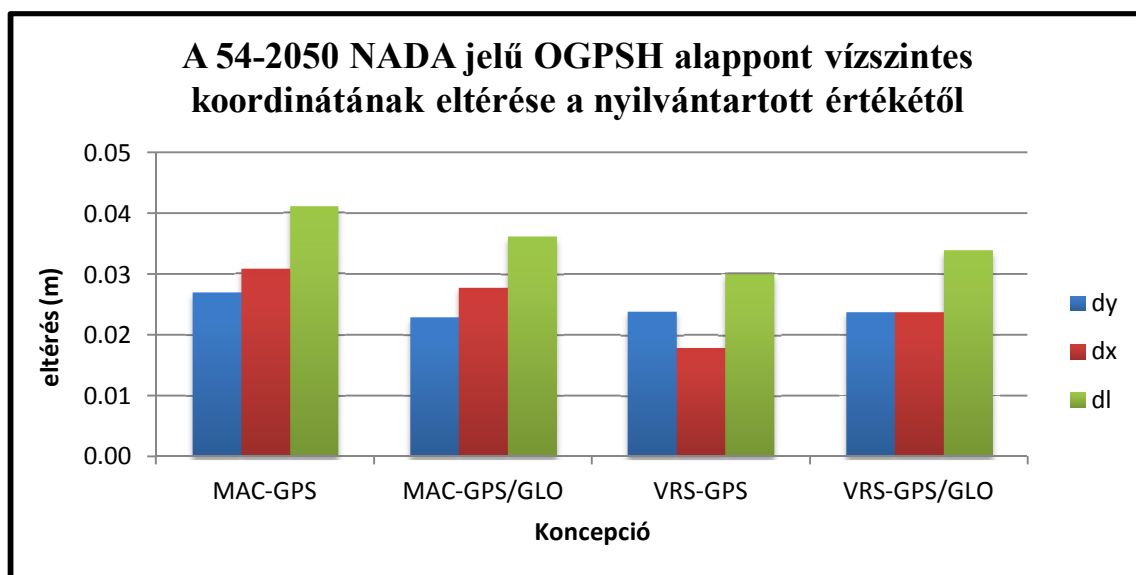
<i>Konceptió</i>	64-4312			54-2050		
	dy	dx	dl	dy	dx	dl
MAC-GPS	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
MAC-GPS/GLO	0.02	0.04	0.04	0.02	0.03	0.04
VRS-GPS	0.01	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03
VRS-GPS/GLO	0.03	0.01	0.03	0.02	0.02	0.03
FKP	0.01	0.03	0.03	-	-	-

5.5 táblázat. A hálózatos RTK-val mért vízszintes alappontok koordinátáinak eltérése a nyilvántartott koordinátáktól.



5.5 grafikon A 64-4312-es IV. rendű alappont hálózatos RTK-val meghatározott vízszintes koordinátáinak eltérése a nyilvántartott értékektől.

A táblázat és a grafikon értelmezéséből láthatjuk, hogy a 64-4312-es alappont esetében a pontmeghatározás sikeresnek mondható mind a három koncepció alkalmazásánál, mivel a legnagyobb eltérés sem haladta meg a 4 cm-t (komponensenként). Ez azt jelenti, hogy a ciklus-többsértelműség feloldása sikeresen megtörtént a terepen.



5.6. grafikon. A 54-2050-es NADA jelű OGPSH alappont hálózatos RTK-val meghatározott vízszintes koordinátáinak eltérése a nyilvántartott adatoktól.

Az 50-2050-es alappont grafikonja is az előzőhöz hasonló eredményeket mutat. Egyedül a Mac koncepció GPS holdas jelvételénél haladta meg az x koordináta eltérése a 3 cm-t. A másik három esetben mind az y és x koordinátáknál az eltérések 3 cm alattiak voltak. Összességében tekintve a lineáris eltérés is elfogadható eredménynek tekinthető az alig több mint 4 centis eltéréssel. Az FKP koncepció használatakor a mérést nem rögzítettem, ezért nem szerepel se a grafikonon se a táblázatban. Erre az volt az indokom, hogy egy közel 9 és egy közel 5 perces inicializálás után sem sikerült feloldani a ciklus-többértelműséget. A műszer végig 3,5-4 m-es középhibát jelzett ki.

Magassági alappontok

Magassági eltérések

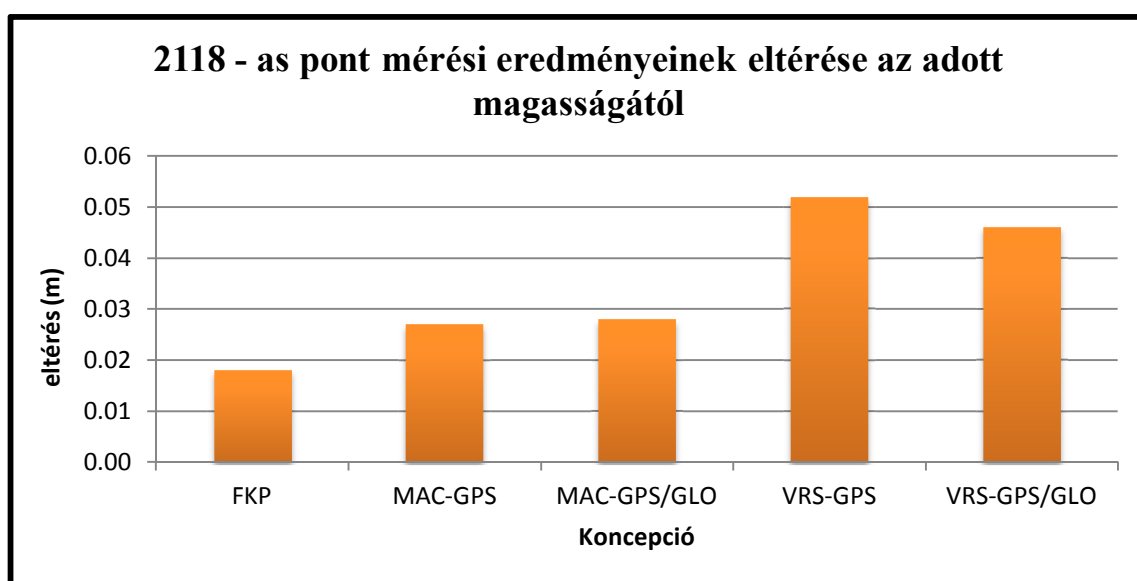
Koncepció	2118		2072		2076		2007		54-2050	
	dH	m _H	dH	m _H	dH	m _H	dH	m _H	dH	m _H
FKP	0.02	0.02	0.00	0.02	0.05	0.19	0.24	0.28	n.a.	n.a.
MAC _{GPS}	0.03	0.02	0.54	0.26	0.03	0.03	0.01	0.03	0.02	0.01
MAC _{GPS/GLO}	0.03	0.02	0.58	0.24	0.01	0.03	0.06	0.02	0.02	0.01
VRS _{GPS}	0.05	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.13	0.23	0.01	0.01
VRS _{GPS/GLO}	0.05	0.01	0.03	0.01	0.53	0.27	0.19	0.24	0.01	0.01

5.6 táblázat. A hálózatos RTK-val mért szintezési alappontok magasságainak eltérése a nyilvántartott értékektől.

A magassági alappontok közül az első, amelyiken kísérleti méréseket végeztem a 2118-as pont volt, ezt követte a 2072, a 2076 végül a 2007-es alappontok. A pontokon mind a 3 koncepciót teszteltem külön csak GPS és külön GPS és GLONASSZ holdak

jelvételeivel. A mérési eredményeket az 5.6-os táblázat tartalmazza. Pontonként a koncepciók összehasonlítása érdekében grafikonokat is készítettem.

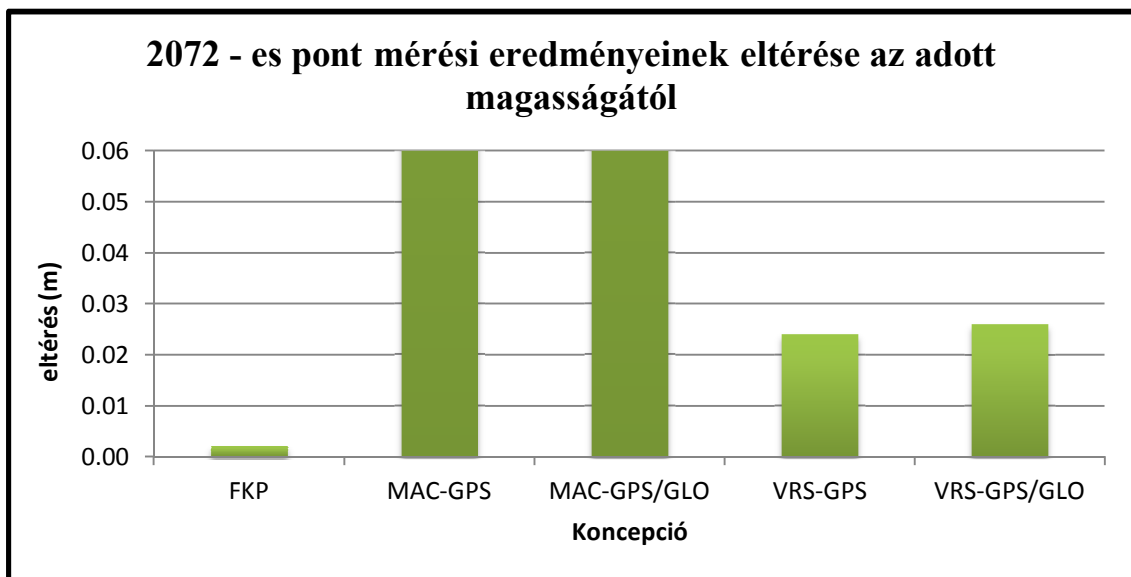
A 2118-as alappont mérési eredményeinek grafikonos ábrázolásából látható, hogy habár az inicializálás eredményes volt mind az 5 alkalommal, a geodéziai pontmeghatározás a VRS koncepció esetében nem volt sikeres, amikor is csak a GPS holdakra támaszkodtunk. A mérési eredményekből továbbá az is kiderül, hogy a GLONASSZ műholdak jelenléte a mérésben nem mutat szignifikáns különbséget. A műszer által jelzett koordináta középhibák megbízhatónak bizonyulnak, kivéve a VRS koncepciót ahol az 1 cm-es értékhez 5 cm-es tényleges eltérés társul. Ez a rosszabbik eset, amikor a kijelzett megbízhatósági mérőszám kis értékének a többszöröse a valódi eltérés. Habár most kismértékű a különbség előfordulhat, hogy fix pozíció esetén a kis középhiba kijelzésénél a mért koordináta valójában nagyságrenddel eltér valódi értékétől.



5.7 grafikon. A vizsgálati vonal 2118-as számú magassági alappontjának hálózatos RTK mérésekből meghatározott Balti tengerszint feletti magasságának eltérése abszolút értelemben, nyilvántartott magasságától.

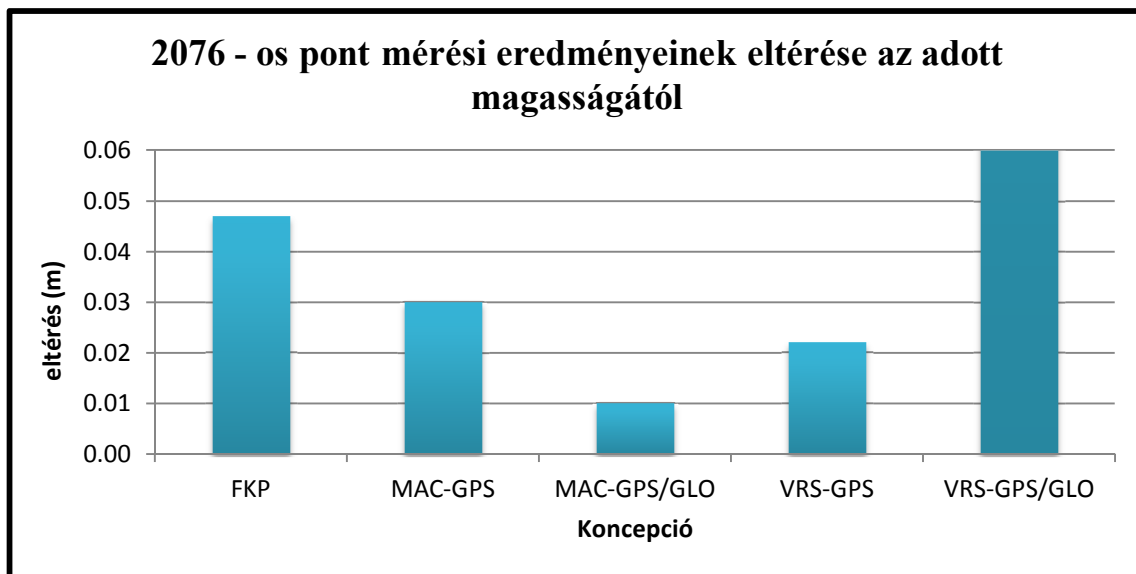
A vizsgálati vonal következő pontja a 2072-es számú, mélycölöp jellegű magassági alappont volt. A pont mért magassági eredményei az 5.8-as grafikon tartalmazza.

A grafikonból látható, hogy az FKP koncepcióval 1 cm alatti eltérést lehetett elérni, ami kiemelkedően jó eredmény. A VRS koncepció esetében a 3 cm alatti eltérés szintén kielégítő. A GPS, illetve a GPS és GLONASSZ műholdak jelvétele közti különbség a mérés pontosságában itt sem tapasztalható jelentős mértékben. A MAC koncepció esetében azonban nem mondható sikeresnek, hiszen nem sikerült fix megoldást elérni. Ennek ellenére a pozíció, rögzítésre került. Az 54, illetve 58 cm-es eltérés nem ért meglepetés szerűen mivel a középhiba értékeket szemügyre véve várható volt, hogy nem lesz kielégítő az eredmény.



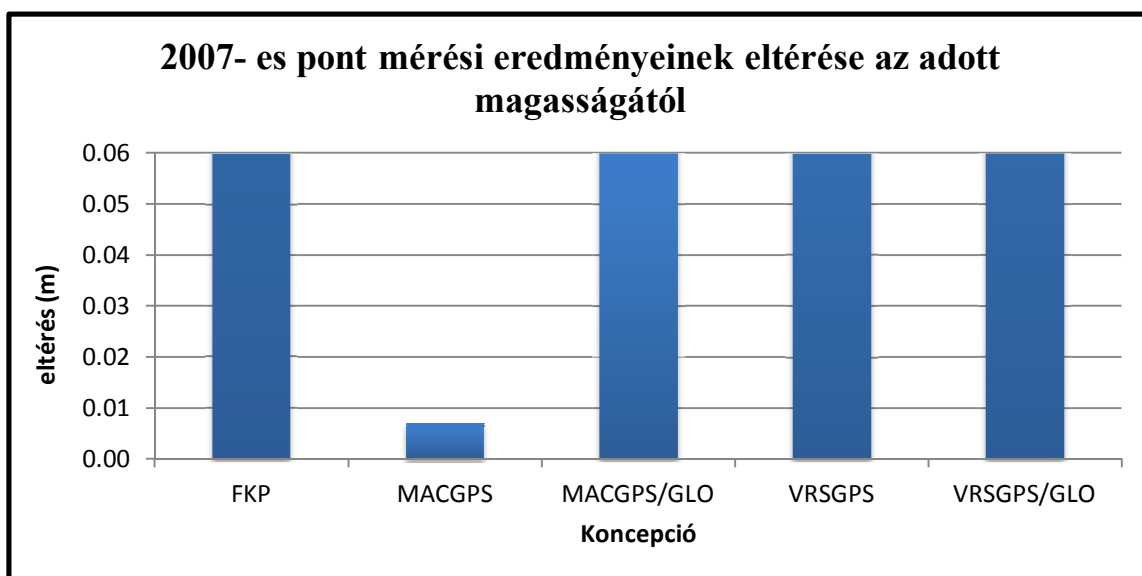
5.8 grafikon. A vizsgálati vonal 2072-es számú magassági alappontjának hálózatos RTK mérésekből meghatározott Balti tengerszint feletti magasságának eltérése abszolút értelemben, nyilvántartott magasságától.

A Lovasberény-Csákvár szintezési vonal következő pontja, amelyen vizsgálati mérést végeztem a 2076-os számú mélycölöp volt. Az öt mérésből 4 alkalommal sikeres volt a fix pozíció meghatározása. A VRS koncepció esetében GPS és GLONASSZ holdak jelvételeivel a ciklus-többsértelműség feloldása sikertelen volt. Az 5.6-es táblázatból kiderül, hogy a magassági eltérés meghaladja, az 50 cm-t. Ez szintén nem volt váratlan mivel a középhiba értéke itt sem mutatott kielégítő értéket. Az FKP koncepció esetében viszont pont az ellenkező eset történt. A középhiba értéke 19 cm-es megbízhatóságot jelzett ki a pontmeghatározásnál, viszont a tényleges eltérés csupán alig több mint 4,5 cm.



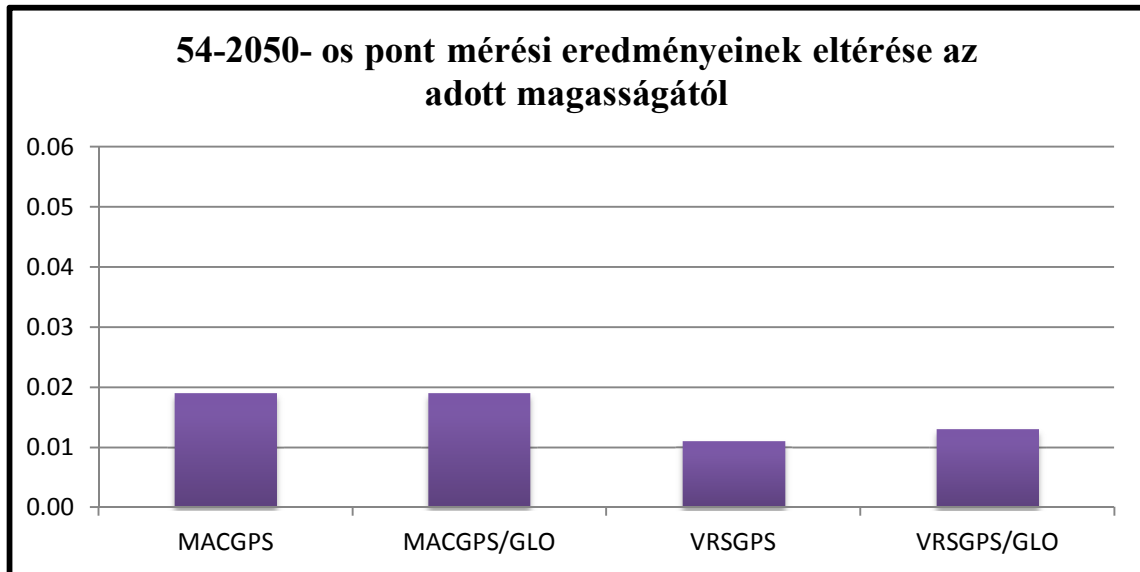
5.9 grafikon. A vizsgálati vonal 2076-os számú magassági alappontjának hálózatos RTK mérésekből meghatározott Balti tengerszint feletti magasságának eltérése abszolút értelemben, nyilvántartott magasságától.

A negyedik vizsgálati pont a Nadap-Komárom elsőrendű EOMA vonal, Csákberény - Csákvár közti út 11km-nél a Gánt-Zámolyi körforgalomnál található, 2007-es I. rendű magassági alappont volt. A műholdas technológia valós idejű alkalmazása kevésbé mondható sikeresnek ezen a ponton, mivel az öt alkalomból csak egy esetben volt sikeres az inicializálás. Abban az egy esetben viszont a mért és ismert magasság közötti differencia 1 cm alattinak mondható. A VRS és az FKP koncepciók esetében a középhiba hűen tükrözi az eltéréseket. A MAC koncepció GLONASSZ holdak jelvételezésénél, viszont ha nem is sokkal, de rosszabb lett az eredmény, mint ahogyan azt a műszer jelezte.



5.10 grafikon. A vizsgálati vonal 2007-es számú magassági alappontjának hálózatos RTK mérésekből meghatározott Balti tengerszint feletti magasságának eltérése abszolút értelemben, nyilvántartott magasságától.

A magassági alappontokon végzett mérések vizsgálatánál említést kell, tegyek ismét az 54-2050-es alappontról mivel, mint ahogy azt fentebb írtam részét képezi a Magyar GPS Geodinamikai Alaphálózatnak. Eme alaphálózat pontjainak mérésére két évente sor kerül, amikor is háromszor 24 órás mérési kampányban hagyományos statikus mérési módszerrel meghatározzák magasságukat. A következő grafikonon ettől a magasságtól való eltérés látható, amelyet hálózatos RTK módszerrel 2-3 másodperces méréssel határoztam meg.



5.11 grafikon. Az 54-2050-es számú OGPSH alappont hálózatos RTK mérésekből meghatározott Balti tengerszint feletti magasságának eltérése abszolút értelemben, nyilvántartott magasságától.

II. ütem 2012.06.29.

2012.06.29-én sor került a májusban megvalósult vizsgálati mérés ismétlésére. A mérés az első ütemhez megegyezően zajlott azzal a különbséggel, hogy az 54-2050-es alapponton külön vizsgálati mérést végeztem. A három koncepció szerint csak GPS, valamint GPS és GLONASSZ műholdak jelvételezéssel végeztem észlelést legkevesebb 200 epochán keresztül másodpercenkénti beállítással. A közel 2,5 perces mérési eredményt összehasonlítottam a 2-5 másodperces mérési eredménnyel. Fontos megjegyezni, hogy a két mérés egymást követte, ám két külön inicializálás jellemzi őket.

Elsőként a két vízszintes alappont mérési eredményeit mutatom be, majd külön az 54-2050-es alapponton végzett 200 epochás vizsgálat eredményét.

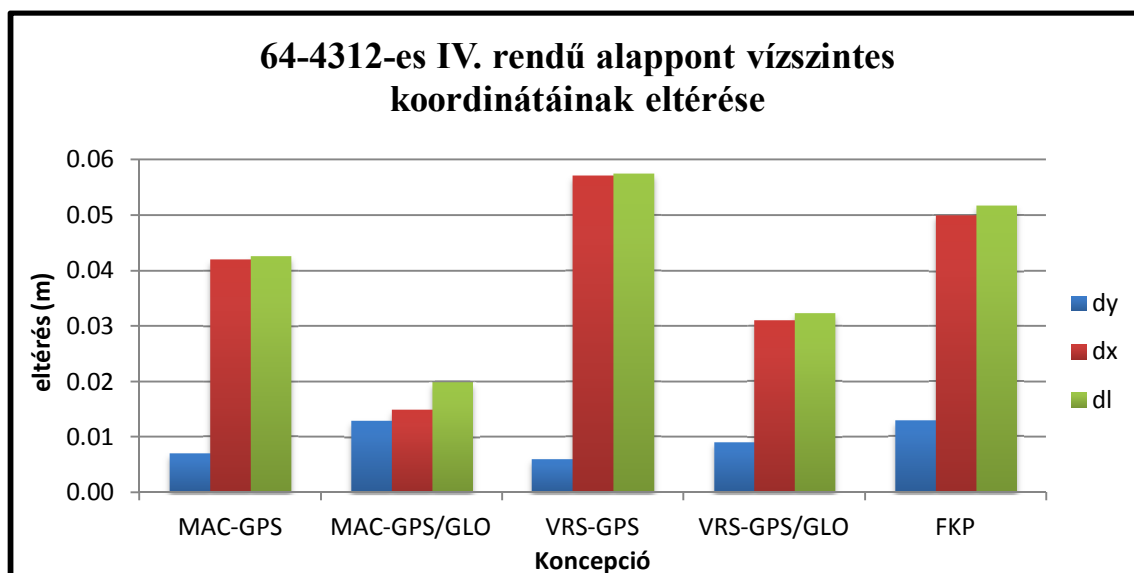
Vízszintes alappontok

Vízszintes eltérések

<i>Koncepció</i>	64-4312			54-2050		
	dy	dx	dl	dy	dx	dl
MAC_{GPS}	0.01	0.04	0.04	0.02	0.02	0.03
MAC_{GPS/GLO}	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
VRS_{GPS}	0.01	0.06	0.06	0.02	0.03	0.04
VRS_{GPS/GLO}	0.01	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03
FKP	0.01	0.05	0.05	0.03	0.01	0.03

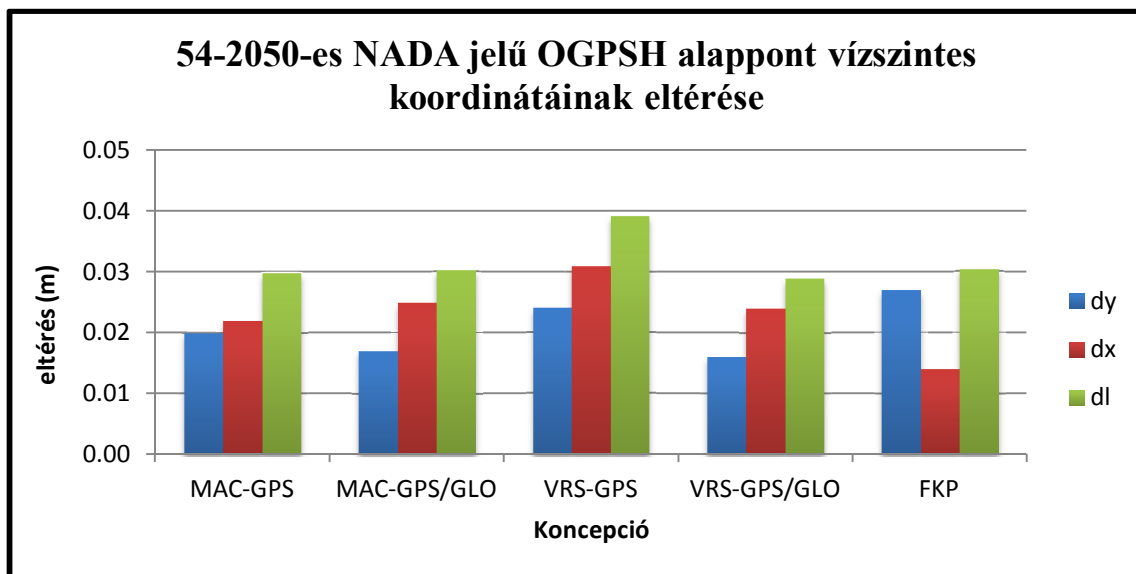
5.7 táblázat. A hálózatos RTK-val mért vízszintes alappontok koordinátáinak eltérése a nyilvántartott koordinátáktól.

A meghatározott vízszintes koordináták három esetben kerültek 5 cm alatti eltéréssel tárolásra. Az y koordináta eltérések meglepően kicsik, 1 cm körüliek, ellenben az x koordináta eltérésekkel, amelyek 1,5 - 5,5 cm-ig terjednek.



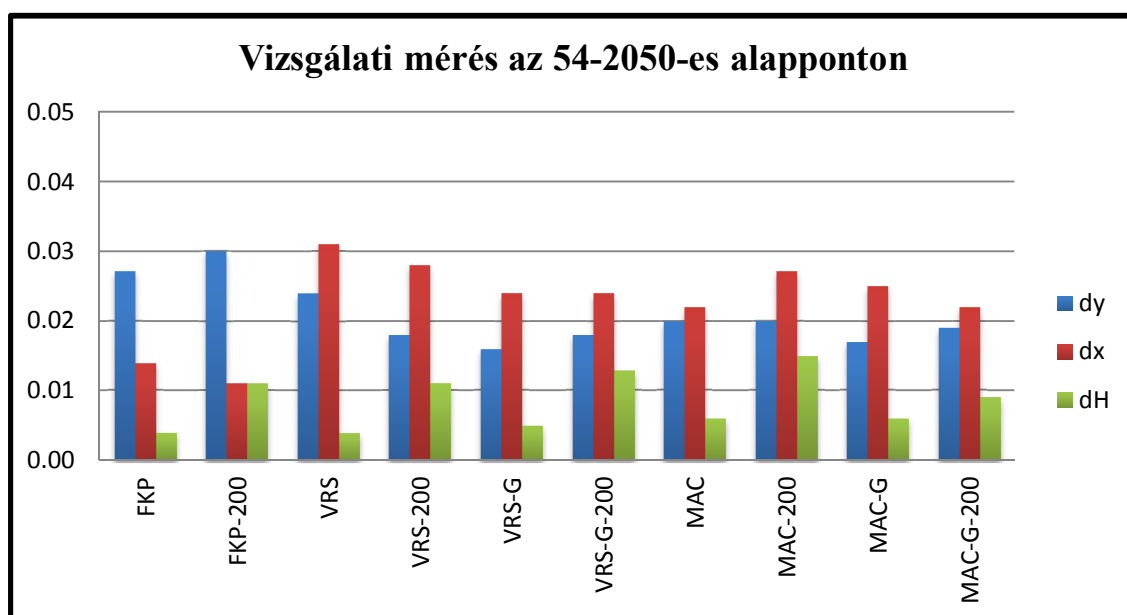
5.12 grafikon. A 64-4312-es IV. rendű alappont hálózatos RTK-val meghatározott vízszintes koordinátáinak eltérése a nyilvántartott adatoktól.

A Magyar GPS Geodinamikai Alaphálózat NADA jelű pontján a lineáris eltérések mindegyik esetben 4 cm alatt alakultak. Ebben az esetben az 5 fajta mérés között nem tapasztalható jelentős eltérés.



5.13 grafikon. Az 54-2050-es OGPSH alappont hálózatos RTK-val meghatározott vízszintes koordinátáinak eltérése a nyilvántartott adatoktól.

A 2,5 percen keresztül végzett mérés célja az volt, hogy kiderüljön valóban szükséges-e a globális műholdas helymeghatározó rendszerek alkalmazásával végzett pontmeghatározások végrehajtásáról, dokumentálásáról, ellenőrzéséről, vizsgálatáról és átvételéről szóló 47/2010. (IV.27.) FVM rendelet 12.§ (2) bekezdésében leírtaknak megfelelően eljárni, miszerint valós időben végzett alappont-meghatározás esetében a meghatározandó ponton a mérést az RTK fix megoldás elérése után - másodpercenkénti beállítással - legkevesebb 180 epochán keresztül kell folytatni. A két mérés alapján meghatározott koordináták eltéréseit a nyilvántartott koordinátáktól az 5.13-as grafikon tartalmazza.



5.14 grafikon. Az 54-2050-es alapponton való rövid mérések összehasonlítása a 200 epochás mérési eredményekkel külön-külön minden koncepcióval

Szakdolgozatom írása alatt a 15/2013. (III. 11.) VM rendelet 93. § b) pontja hatályon kívül helyezte 2013.03.19-én a 47/2010 (IV.27.) FVM rendeletet. Az új rendelet, amely a globális helymeghatározás végrehajtásának és dokumentálásának szabályozásán kívül még az állami alapadatok és térképi adatbázisok vonatkoztatási és vetületi rendszeréről, alapadat tartalmáról, létrehozásáról, felújításáról, kezeléséről, fenntartási módjáról és állami átvételéről is rendelkezik, szintén kitér a valós időben végzett alappont-meghatározásra. Az 54.§ (1) bekezdése szerint az RTK fix megoldás elérése után szintúgy másodpercenkénti beállítással legkevesebb 120 másodpercen keresztül kell a mérést folytatni. A szabályzatban tehát, jelentős változtatások nem történtek ezzel kapcsolatban. A grafikon értelmezéséből kiderül azonban, hogy nincs különbség a 2-3 másodperc és a 120-180 másodperces mérés között, ha a ciklus-többszörözés feloldása mind a két esetben sikeresen megtörténik.

Magassági alappontok

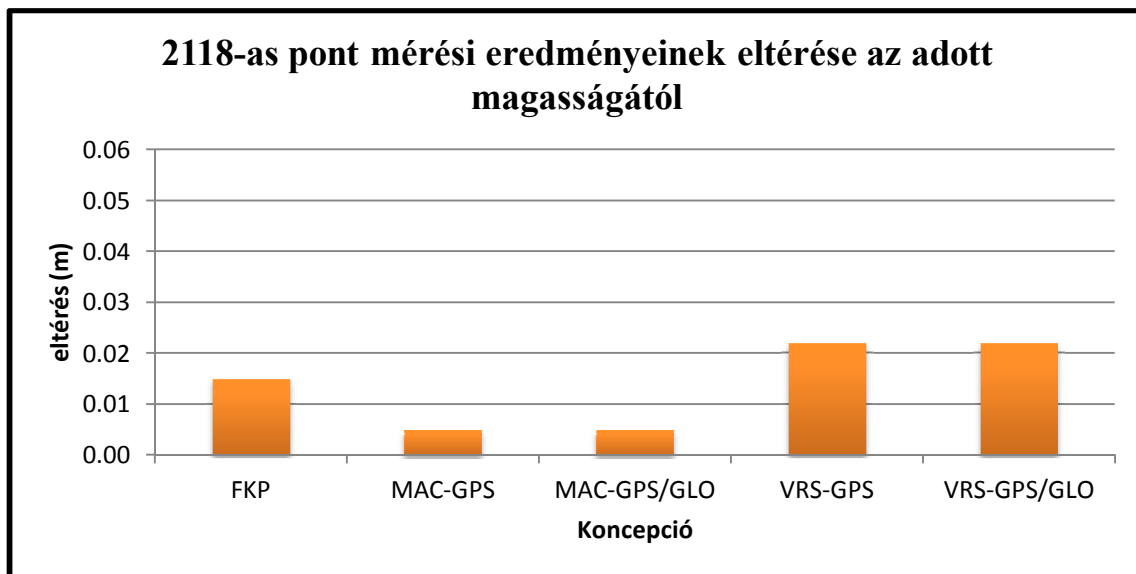
Magassági eltérések

<u>Koncepció</u>	2118		2072		2076		2007		54-2050	
	dH	m _H	dH	m _H	dH	m _H	dH	m _H	dH	m _H
FKP	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.04	0.02	0.03	0.01
MAC-GPS	0.00	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.08	0.02	0.03	0.02
MAC-GPS/GLO	0.00	0.02	0.01	0.01	0.13	0.14	0.06	0.02	0.03	0.01
VRS-GPS	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01
VRS-GPS/GLO	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.05	0.01	0.02	0.01

5.8 táblázat. A hálózatos RTK-val mért szintezési alappontok magasságainak eltérése a nyilvántartott értékektől.

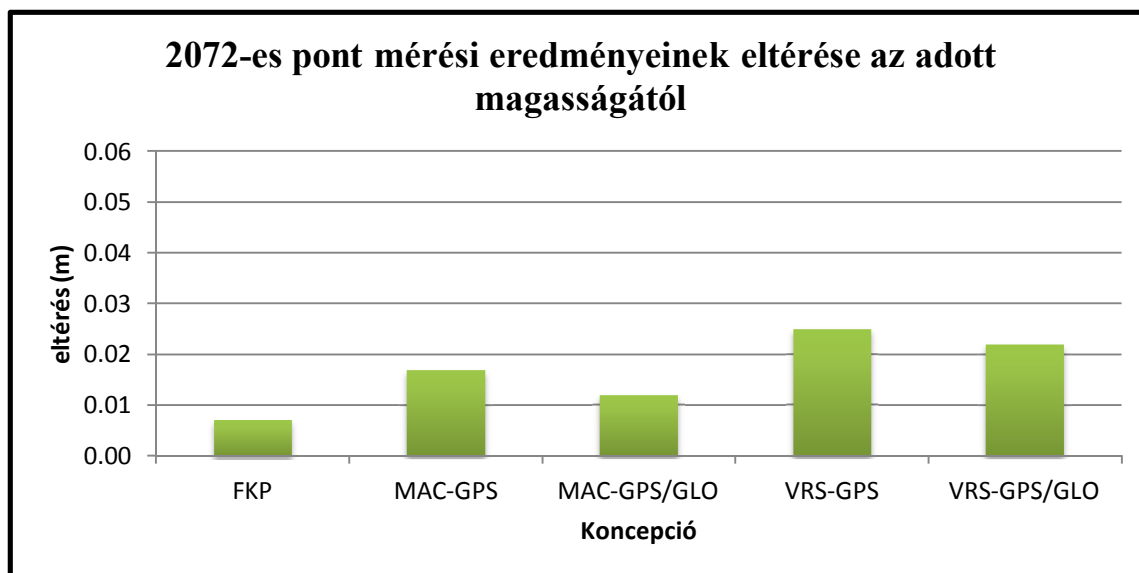
A második mérési ütem mérési eredményei jobb eredményt mutatnak az elsőhöz képest. A nap során csupán 4 alkalommal nem sikerült elérni a kívánt pontosságot és ezek közül is csak 1 esetben lett 10 cm-en felüli az eltérés.

A 2118-as magassági alapponton a műholdas helymeghatározás mérési eredményeinek a szabatos szintezéstől való eltérései a VRS koncepció esetében 2 cm körül, a többinél az alatt alakultak. A MAC és a VRS koncepció esetében az figyelhető meg, hogy a koncepciókon belüli kétfajta mérési eredmények megegyeznek egymással.



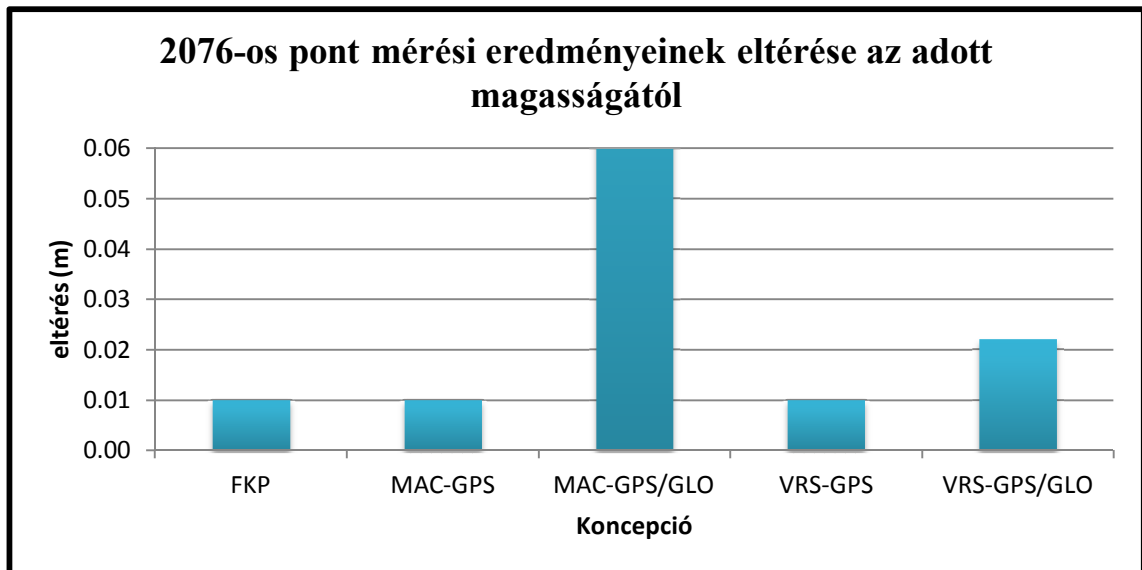
5.15 grafikon. A vizsgálati vonal 2118-as számú magassági alappontjának hálózatos RTK mérésekből meghatározott Balti tengerszint feletti magasságának eltérése abszolút értelemben, nyilvántartott magasságától.

A 2072-es magassági alapponton történő mérés esetében mind az 5 esetben sikerült 3 cm alatti pontossággal meghatározni a magasságokat. Ez azonban nem jelenti azt, hogy sikerült fix pozíciót meghatározni. Előfordulhat, hogy a kijelzőn a középhiba 2-3 cm, a pont koordinátája mégis 10 cm-el eltér a valós értéktől. Ez esetben a legnagyobb eltérés is 2,5 cm körüli tehát az inicializálás valóban sikeresnek mondható.



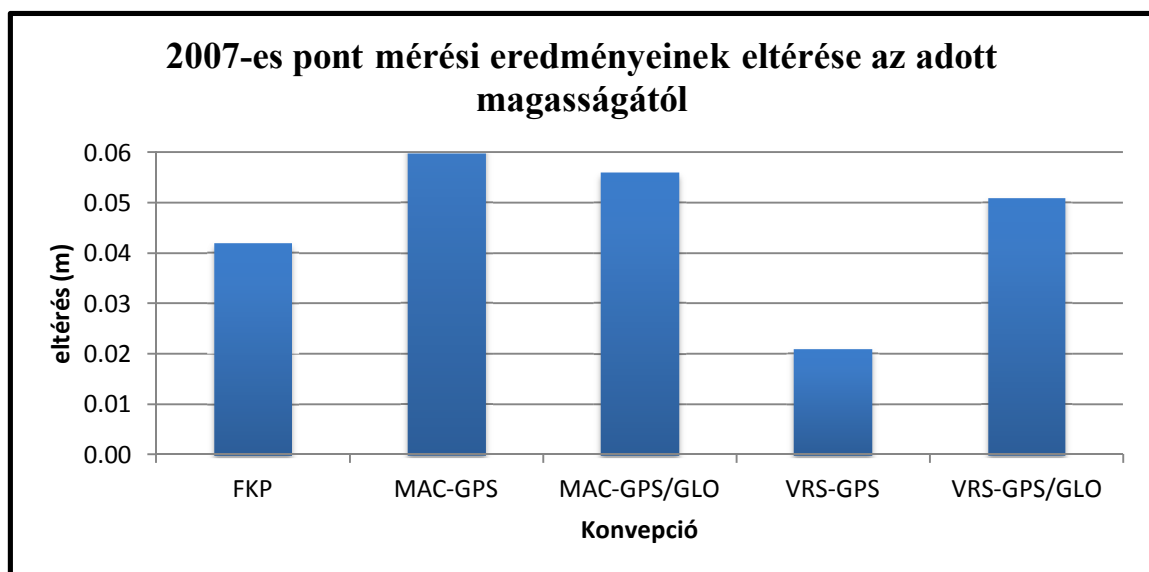
5.16 grafikon. A vizsgálati vonal 2072-es számú magassági alappontjának hálózatos RTK mérésekből meghatározott Balti tengerszint feletti magasságának eltérése abszolút értelemben, nyilvántartott magasságától.

A 2076-os alappont esetében a magassági eltérések 1-2 cm körüli értékek, kivéve a MAC koncepció GPS és GLONASSZ holdakra történő észlelését, ahol az eltérés elérte a 13 cm-t. A középhiba értéke ez esetben a megfelelő értéket mutatja



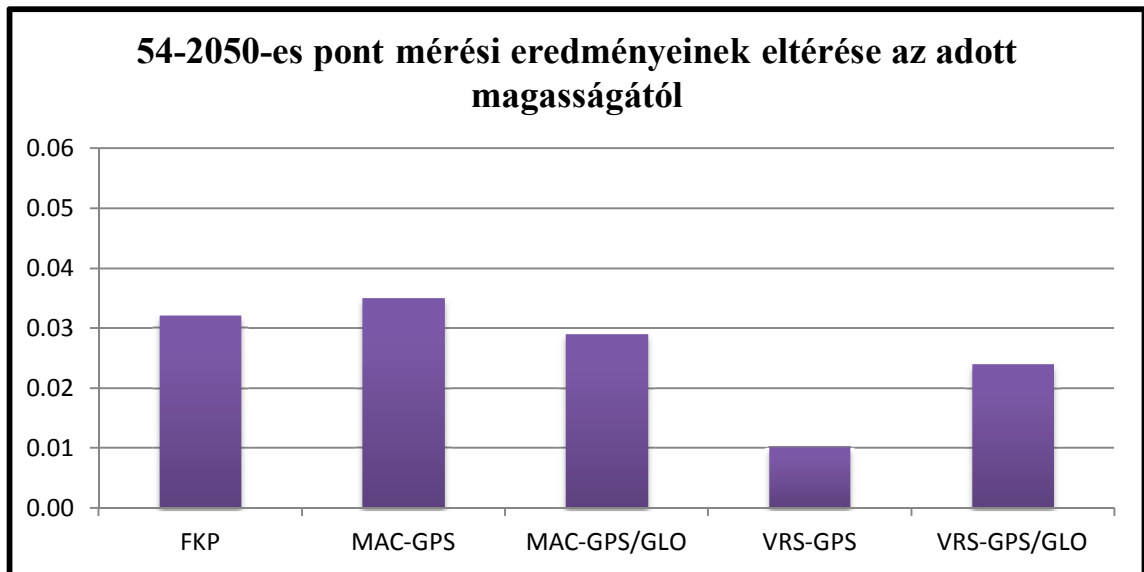
5.17 grafikon. A vizsgálati vonal 2076-os számú magassági alappontjának hálózatos RTK mérésekből meghatározott Balti tengerszint feletti magasságának eltérése abszolút értelemben, nyilvántartott magasságától.

A vizsgálati mérés utolsó állomásán, a 2007-es magassági alapponton az előzőekhez képest kevésbé mondható sikeresnek a mérés. Az 5 cm-es pontossági határon belüli eltérést csupán két esetben sikerült teljesíteni. Érdekes módon a VRS koncepció esetében a GPS holdak jelvételezéssel pontosabb eredményt lehetett elérni. A középhiba értékek mind az öt esetben 1-2 cm körüli értéket mutatnak. Ez a mindössze 1 pontra igaz a különbségeket tanulmányozva.



5.18 grafikon. A vizsgálati vonal 2007-es számú magassági alappontjának hálózatos RTK mérésekből meghatározott Balti tengerszint feletti magasságának eltérése abszolút értelemben, nyilvántartott magasságától.

Utolsóként újból megemlítem az 54-2050-es alappont mérési eredményeit, habár azok fentebb az 5.12-es grafikonon már kimutatásra kerültek. Itt most ismét külön csak a rövid, pár másodperces mérési eredményeket szemléltetem.



5.19 grafikon. Az 54-2050-es számú OGPSH alappont hálózatos RTK mérésekből meghatározott Balti tengerszint feletti magasságának eltérése abszolút értelemben, nyilvántartott magasságtól.

5.3. Összefoglalás, a vizsgálatokból levonható következtetések, gyakorlati tapasztalatok

A mai rohamosan fejlődő világban egyre természetesebb az embereknek, hogy a technika által azonnal választ vagy rögtön megoldást kapjanak mindennapi vagy akár nem mindennapi kérdéseikre, kívánságaikra. A műholdas helymeghatározás a felhasználó számára azonnal lehetővé teszi a pozíció meghatározást, a kiépülő és fejlődő kiegészítő rendszerek pedig ennek a geodéziai pontosság elérését. Ez azonban korántsem egyértelmű. Tisztában kell lenni a szolgáltatás működésével, lehetőségeivel, korlátjaival, megbízhatóságával. Ezen feladatokat látja el a hazai kiegészítő rendszer fenntartásáért felelős GNSS Szolgáltató Központ. Fontos, hogy figyelemmel kísérjük ajánlásait, tanácsait és közleményeit.

A vizsgálati mérés során az alappontokat 2 alkalommal koncepcióként kétféleképpen határoztam meg. Csakis GPS holdak, valamint GPS és GLONASSZ holdak jelvételezéssel történő relatív helymeghatározást végeztem. A táblázatok és a grafikonok értelmezéséből kiderül, hogy nem minden esetben lesz pontosabb a mérés ha GLONASSZ műholdakat is belevonunk a mérésbe, sőt egy két esetben még nagyobb

eltérés tapasztalható. Igaz az említett eltéréseknek nincs jelentőségük, mivel 1-2 cm-es nagyságrendűek. Ennek oka, hogy a GPS műholdak a jelek sugárzását azonos frekvencián eltérő kód kiosztással, míg a GLONASSZ műholdak ugyanazt a kódot más-más frekvencián közvetítik. A vevő antennájáig a sugárzott jelek még azonos utat tesznek meg, ám az úgynevezett belső út számításához - antenna és a feldolgozó egység közti út - szükség van a frekvencia ismeretére. Ezt a vevőnek figyelembe kell vennie a koordinátaszámítás során, hogy centiméteres pontossággal sikerüljön a pozíció meghatározása. Ez a hiba, jelentős mértékben csökkenthető, ha a bázisvevő és a Rover antennája azonos gyártmányú és típusúak. Fontos, hogy a GLONASSZ holdak számától függetlenül mindig történjen jelvétel legalább 4-5 GPS műholdra.

Napjainkban a műholdas helymeghatározást leginkább befolyásoló tényező a napfoltciklus tevékenység, ami lényegesen megnehezíti az inicializálást. Fontos, hogy figyelemmel kísérjük a GSzK figyelmeztetéseit és tájékoztatásait. A mérés során beigazolódott, hogy ha nem sikerül az inicializálás, akkor bontsuk a kapcsolatot, próbáljunk más koncepciót. A mérés során egyszer sem fordult elő olyan, hogy ne működött volna legalább az egyik koncepcióval a geodéziai pontosság elérése.

A felmérés során azt tapasztaltam, hogy a mérésben részt vevő műholdak darabszáma segíti a ciklus-többszámítás feloldását, azonban nem garantál pontosabb pozíció meghatározást. Éppen ezért ellenőrző méréseket kell végeznünk ugyanúgy, mint más mérési módszer esetében. Gondoskodnunk kell fölös mérésekről. A műholdas relatív helymeghatározásnál ez több vektor számítását jelenti. Sikertelen és sikeres inicializálás esetében is érdemes 10-15 perce elteltével újból elvégezni a kapcsolódást és a mérést. Ilyenkor új műhold geometriával újból megkísérli a műszer feloldani a ciklus-többszámítást. Alappontmeghatározásnál, szemben a hatályos rendeletben leírtakkal, 2-3 epocha mérést követően elegendő leállítani a mérést, mivel a fix pozíció elérését követően a mérés pontossága a rögzített pozíciók számától független. Ezt követően azonban érdemes lecsatlakozni, odébb állni és kis idő elteltével újból csatlakozni. A sikeres inicializálást követően műszerünk kitűzés programjával pedig, tűzzük ki a már előbb bemért alappontot. A tartóbot helyének ez esetben a kérdéses alappont jelölésének középpontjára kell kerülnie. Az esély megvan rá, hogy mind a kettő inicializálás téves volt, ám ennek nagyon kicsi a valószínűsége.

A vizsgálati mérések grafikonjából kiderül, hogy a három koncepció (MAC, VRS, FKP) közötti pontosság nem mutat jelentős különbséget. A pontok mérésénél előfordult, hogy egy vagy két koncepció a három közül nem volt képes fix pozíciót szolgáltatni,

azonban a legrosszabb esetben is legalább az egyikkel sikerült feloldani a ciklus-többsértelműséget és teljesíteni a geodéziai pontmeghatározás követelményét. A VRS koncepció mérési eredményeinek feldolgozásakor az LGO szoftverben megjelenítettem a vektortérkép fölön a számított vektorokat. Érdekességképpen azt lehetett tapasztalni a VRS koncepció alkalmazásánál, hogy a generált virtuális állomást a központ nem akármilyen irányban tolja el a munkaterülettől, hanem vélhetően a legközelebbi permanens állomás irányába, mivel mind a hat mérés vektorának kezdőpontja az SZFV állomás irányába mutat.

Fontosnak tartom megemlíteni, hogy attól függetlenül, hogy ma elérhető azonnali nagy pontosságú helymeghatározás a műholdas helymeghatározásra támaszkodva, érdemes a mérés előtt, tájékozódni az ionoszféra aktivitásáról, az időjárásról, a mérés időpontjában várható műhold konstellációról ugyanúgy, mint amikor még nem lehetett akármikor a műholdak darabszáma miatt GPS méréseket végezni a '90-es évek elején.

6. Irodalomjegyzék

Felhasznált szakirodalom:

- Busics Gy. 2011: A GNSS-ről általában, NyME-Geo, Székesfehérvár.
- Busics Gy. 2011: GNSS alapszerek, NyME-Geo, Székesfehérvár.
- Busics Gy. 2011: Passzív GPS hálózatok, statikus technológiák, NyME-Geo, Székesfehérvár.
- Busics Gy. 2011: Aktív GNSS hálózatok és szolgáltatásai, NyME-Geo, Székesfehérvár.
- Busics Gy. 2011: RTK és más kinematikus technológiák, NyME-Geo, Székesfehérvár.
- Gyenes R. 2011: A Föld elméleti alakja, NyME-Geo, Székesfehérvár.
- Tarsoly P. 2010: Magasságok meghatározása, NyME-Geo, Székesfehérvár.
- Bácsy L. 2010: Felsőgeodézia, NyME-Geo, Székesfehérvár.
- 47/2010. (IV. 27.) FVM rendelet: A globális műholdas helymeghatározó rendszerek alkalmazásával végzett pontmeghatározások végrehajtásáról, dokumentálásáról, ellenőrzéséről, vizsgálatáról és átvételéről
- 15/2013. (III. 11.) VM rendelet: a térképészetért felelős miniszter felelősségi körébe tartozó állami alapadatok és térképi adatbázisok vonatkoztatási és vetületi rendszeréről, alapadat-tartalmáról, létrehozásának, felújításának, kezelésének és fenntartásának módjáról, és az állami átvétel rendjéről

Internetes források:

- Busics Gy. (2006): Első tapasztalatok az első GPS-mérőállomással, http://www.geo.info.hu/portal2007/images/stories/bgy4/els_tapasztalatok_az_els_gps-mrllomssal.pdf
- Jóó I. (2001): Új kéregmozgás-vizsgálati vonalak, <http://www.fomi.hu/honlap/magyar/szaklap/2001/12/4.htm>
- Busics Gy. (2004): A szintezési hálózatok múltja és jövője Magyarországon, <http://www.geo.info.hu/geo/geodezia/szintezes.htm>
- Horváth T. (2006): Hálózati RTK tesztmérés a Dunántúlon, <http://www.sgo.fomi.hu/files/Halozati-RTK-Horvath-Galambos.pdf>
- Varga Z. (2011): Miért lassú vagy hibás az RTK inicializálás? , http://geomentor.hu/lassu_inicializalas
- Frey S. (2012): Újabb két Galileo IOV hold indult, http://www.urvilag.hu/galileo/20121013_ujabb_ket_galileo_iov_hold_indult
- <http://www.fomi.hu/portal/index.php/kezdoldal>
- <http://glonass-iac.ru/en/>
- <http://www.egnos-portal.eu/discover-egnos/about-egnos/what-sbas>
- <http://www.eupos.org/>
- <http://igsceb.jpl.nasa.gov/>
- <http://www.epncb.oma.be/>

- <http://84.206.45.44:2101/sourcetable.htm>
- <http://www.javad.com/jgnss/products/options/gclb.html>
- <http://galileo.khem.gov.hu/page.php?name=galileo>
- <http://www.urvilag.hu/>
- <http://www.gps.gov/>
- <http://gnssnet.hu/>
- <http://www.sgo.fomi.hu/>

Cikkek:

- Borza T.- Galambos I.- Horváth T. - Kenyeres A. (2007): Célegyenésben a hazai GNSS kiegészítő rendszer kiépítése. Geodézia és Kartográfia, 59, pp. 13-22.
- Horváth T. (2010): Hírek a FÖMI GNSS szolgáltatásáról. Geodézia és Kartográfia, 62, pp. 12-17.
- Mnyerczán A. (2009): Minőségi fejlesztések a hazai GNSS szolgáltatásban. Geodézia és Kartográfia, 61, pp. 15-20.
- Busics Gy. - Horváth T. (2006): Az aktív hálózatok adottságainak kihasználása a műholdas helymeghatározásban. Geodézia és Kartográfia, 58, pp. 9-16.

Egyéb források:

- Krauter E.- Závodi P. (2008): Glonass műholdak VRS beállításai SmartRover-re, Leica Geosystems Hungary Kft.
- Leica Geosystems AG: GPS1200+ Technical Reference Manual
- Horváth Zs.- Závodi P. (2008): System 1200 Műszerbetanítás, Leica Geosystems Hungary Kft.

Ábrák forrásai:

- 1.1 ábra: A GNSS infrastruktúra felépítése: Busics Gy.2011.: A GNSS-ről általában, NyME-Geoinformatikai kar, Székesfehérvár.
- 1.2 ábra: A WGS84 forgási ellipszoidot alkotó földi követőállomások: Busics Gy.2011.: GNSS alaprendszerek, NyME-Geoinformatikai kar, Székesfehérvár.
- 1.3 ábra: A GPS alaprendszer műhold konstellációjának állapota, 2013. 05. 10.:
<http://www.glonass-ianc.rsa.ru/en/GPS/>
- 1.4 ábra: A GLONASSZ alaprendszer műhold konstellációjának állapota, 2013.05.10.:
<http://www.glonass-ianc.rsa.ru/en/GLONASS/>
- 1.5 ábra: A WAAS, EGNOS, MSAS és GAGAN SBAS rendszerek által lefedett területek: <http://sxbluegps.com/technology/>
- 1.6 ábra: A hálózatos RTK VRS (Virtual Reference Station) koncepciója: Busics Gy.2011.: RTK és más kinematikus technológiák, NyME-Geoinformatikai kar, Székesfehérvár.

- 1.7 ábra: A MAC koncepciónál alkalmazott klaszterek, cellák, fő-és segédállomások értelmezése: Busics Gy.2011.: RTK és más kinematikus technológiák, NyME-Geoinformatikai kar, Székesfehérvár.
- 1.8 ábra: Kétirányú kapcsolat a központ és a felhasználó között: Busics Gy.2011.: RTK és más kinematikus technológiák, NyME-Geoinformatikai kar, Székesfehérvár.
- 1.9 ábra: Egyirányú kapcsolat a központ és a felhasználó között: Busics Gy.2011.: RTK és más kinematikus technológiák, NyME-Geoinformatikai kar, Székesfehérvár.
- 1.10 ábra: A hálózatos RTK FKP koncepciója: Busics Gy.2011.: RTK és más kinematikus technológiák, NyME-Geoinformatikai kar, Székesfehérvár.
- 1.11 ábra: A hálózatos RTK lefedettségi térképe: <http://gnssnet.hu/lefedettseg.php>
- 1.12 ábra: A valós idejű szolgáltatás állapotának követésére szolgáló monitor: http://gnssnet.hu/pda_mon.php
- 1.13 ábra: A flottakövetésben részt vevő vevőkészülékek megjelenítése a webes felületen: <http://gnssnet.hu/flottaweb.php>
- 1.14 ábra: Az ionoszféra aktivitását jellemző görbe 18 évre visszamenőleg: http://solarscience.msfc.nasa.gov/images/ssn_predict_1.gif
- 1.15 ábra: Az ionoszféra maradékhibának grafikonos kimutatása a nyugati országrészben: <http://gnssnet.hu/monitor/ionoszfera.php>
- 2.1. ábra: Leica SmartStation: SmartPole and SmartStation Guide
- 2.2 ábra: Mérés végrehajtása GPS szabad álláspont létesítésével: Busics Gy. 2005.: Első tapasztalatok az első GPS-mérőállomással, NyME-Geoinformatikai kar, Székesfehérvár
- 2.3 ábra: Leica TPS 1200 mérőállomás: Leica_SmartStation_brochure_en
- 2.4 ábra: SmartAntenna ATX1230 (GG): http://www.pngeo.ru/gps_leica.html
- 2.5 ábra: Leica RX1250 kontroller, Leica GHT 56 tartó, Siemens MC75 modem: Internetes forrás
- 2.6 ábra: A GPS műszer főmenüje: Saját felvétel
- 2.7 ábra: Új munkaterület létrehozása: Saját felvétel
- 2.8 ábra: Új munkaállomány létrehozásánál a koordinátarendszer definiálása: Saját felvétel
- 2.9 ábra: Konfigurációs beállítások: Saját felvétel
- 2.10 ábra: Koncepciók beállítása a Real Time Mód fülön: Saját felvétel
- 2.11 ábra: A Rover vevő általános kapcsolódási beállításai: Saját felvétel

- 2.12 ábra: További Rover opciók: Saját felvétel
- 2.13 ábra: A Pont mérés beállításai: Saját felvétel
- 2.14 ábra: Pontmérés, Normál mód beállításával.: GPS1200+_TechRef_en
- 2.15 ábra: Pontmérés, Pillanatnyi mód beállításával: GPS1200+_TechRef_en
- 4.16 ábra: A műszer internet kapcsolódási beállításai: Saját felvétel
- 2.17 ábra: Net Port beállítások: Saját felvétel
- 2.18 ábra: Műholdak jelvételeivel kapcsolatos beállítások: Saját felvétel
- 2.19 ábra: A felmérés menüpontban a mérés indítását megelőző beállítások: Saját felvétel
- 2.20 ábra: Sikeres inicializálás: Saját felvétel
- 3.1 ábra: Az 1991-ben létrejött 24 pontos kerethálózat: Busics Gy. 2005.: Passzív GPS hálózatok, statikus technológiák, NyME-Geoinformatikai kar, Székesfehérvár
- 3.2 ábra: Az 54-2050-es NADA jelű OGPSH alappont és a 10 pontos mikrohálózat: Saját kép
- 3.3 ábra: A GPS kijelzője, mérés közben: Saját felvétel
- 3.4 ábra: A mikrohálózat keményfa cövekkel megjelölt pontja: Saját felvétel
- 3.5 ábra: Mérés a mikrohálózati ponton, igazított libellával: Saját felvétel
- 3.6 ábra: Az 54-2050-es alappont felső pontjének állandósítása: Saját felvétel
- 3.7 ábra: Mérés az OGPSH alapponton: Saját felvétel
- 3.8 ábra: Új projekt létrehozása az LGO szoftverben: Képernyőkép
- 3.9 ábra: Koordinátarendszer definiálása a munkaterület létrehozásánál: Képernyőkép
- 3.10 ábra: Koordinátajegyzék előállítása az LGO szoftverben: Képernyőkép
- 3.11 ábra: Koordinátajegyzék készítésénél a koordinátarendszer a geoid modell és a helyi ellipszoid megadása az LGO szoftverben: Képernyőkép
- 3.12 ábra: A mikrohálózati pontok GPS és GLONASSZ jelvétellel történt mérésének leíró adatai: Képernyőkép
- 3.13 ábra: A mikrohálózati pontok vektor térképe az LGO szoftverben: Képernyőkép
- 4.1 ábra: A Lovasberény-Csákvár vizsgálati vonal topográfiai térképen való ábrázolása: Saját ábra, topográfiai térképből
- 4.2 ábra: A geoidunduláció: Busics Gy. 2005.: Passzív GPS hálózatok, statikus technológiák, NyME-Geoinformatikai kar, Székesfehérvár
- 4.3 ábra: A 2137-2-es számú I. rendű EOMA alappont: Saját felvétel
- 4.4 ábra: hálózatos RTK mérés a 64-4312-es IV. rendű EOVA alappontján: Saját felvétel

4.5 ábra: A MAC koncepció mérési eredményeinek grafikus megjelenítése: Képernyőkép

4.6 ábra: A VRS koncepció mérési eredményeinek grafikus megjelenítése: Képernyőkép

4.7 ábra: Az FKP koncepció mérési eredményeinek grafikus megjelenítése: Képernyőkép

Grafikonok

5.1 grafikon: Mikrohálózati pontok koordináta eltérése; VRS koncepció GPS műholdak jelvételeivel.

5.2 grafikon: Mikrohálózati pontok koordináta eltérése; VRS koncepció GPS és GLONASSZ holdak jelvételeivel.

5.3 grafikon: Mikrohálózati pontok koordináta eltérése; VRS koncepció GPS műholdak jelvételeivel.

5.4 grafikon: Mikrohálózati pontok koordináta eltérése; VRS koncepció GPS és GLONASSZ holdak jelvételeivel.

5.5 grafikon: A 64-4312-es IV. rendű alappont.

5.6 grafikon: A 54-2050-es NADA jelű OGPSH alappont.

5.7 grafikon: A vizsgálati vonal 2118-as számú magassági alappont

5.8 grafikon: A vizsgálati vonal 2072-es számú magassági alappont

5.9 grafikon: A vizsgálati vonal 2076-os számú magassági alappont.

5.10 grafikon: A vizsgálati vonal 2007-es számú magassági alappont.

5.11 grafikon: Az 54-2050-es számú OGPSH alappont

5.12 grafikon: A 64-4312-es IV. rendű alappont.

5.13 grafikon: Az 54-2050-es OGPSH alappont.

5.14 grafikon: Az 54-2050-es alapponton való rövid mérések összehasonlítása a 200 epochás mérési eredményekkel.

5.15 grafikon: A vizsgálati vonal 2118-as számú magassági alappont.

5.16 grafikon: A vizsgálati vonal 2072-es számú magassági alappont.

5.17 grafikon: A vizsgálati vonal 2076-os számú magassági alappont.

5.18 grafikon: A vizsgálati vonal 2007-es számú magassági alappont.

5.19 grafikon: Az 54-2050-es számú OGPSH alappont.

Táblázatok:

1.1 táblázat: A hálózatos RTK egybázisos korrekciója a monori referenciaállomásról:

<http://gnssnet.hu/index.php>

1.2 táblázat: A gnssnet.hu valós idejű szolgáltatása, egybázisos műholdas

helymeghatározás esetén: <http://gnssnet.hu/index.php>

1.3 táblázat: A hazai aktív hálózat és a szomszédos országok permanens állomásai:

<http://gnssnet.hu/index.php>

1.4 táblázat: A gnssnet.hu valós idejű adatszolgáltatásának mountpoint-jai:

<http://gnssnet.hu/index.php>

5.1 táblázat: A mikrohálózat pontjainak eltérése a VRS koncepcióval meghatározott koordinátáktól csakis GPS műholdak jelvételezésével.

5.2 táblázat: A mikrohálózat pontjainak eltérése a VRS koncepcióval meghatározott koordinátáktól GPS és GLONASSZ műholdak jelvételezésével.

5.3 táblázat: A mikrohálózat pontjainak eltérése a VRS koncepcióval meghatározott koordinátáktól GPS műholdak jelvételezésével.

5.4 táblázat: A mikrohálózat pontjainak eltérése a VRS koncepcióval meghatározott koordinátáktól GPS és GLONASSZ műholdak jelvételezésével.

5.5 táblázat: A hálózatos RTK-val mért vízszintes alappontok koordinátáinak eltérése a nyilvántartott koordinátáktól.

5.6 táblázat: A hálózatos RTK-val mért szintezési alappontok magasságainak eltérése a nyilvántartott értékektől.

5.7 táblázat: A hálózatos RTK-val mért vízszintes alappontok koordinátáinak eltérése a nyilvántartott koordinátáktól.

5.8 táblázat: A hálózatos RTK-val mért szintezési alappontok magasságainak eltérése a nyilvántartott értékektől.

7. Mellékletek

Nyomtatott mellékletek

1. Pontleírások
2. Koordináta-jegyzék
3. Táblázatok, grafikonok
4. Topográfiai térkép a munkaterületről

Digitális mellékletek

1. Idődiagramok
2. Meghatározási vázlatok
3. Szolgáltatás rendelkezésre állása, ionoszféra maradékhibák
4. Pontleírások
5. Táblázatok, grafikonok
6. Koordináta-jegyzék
7. Topográfiai térkép a munkaterületről

Digitális állomány

- digitális mellékletek
 - Vektorkiértékelés
 - I. mérési nap
 - Idődiagram
 - Meghatározási vázlat
 - II. mérési nap
 - Idődiagram
 - Meghatározási vázlat
 - Ionoszféra maradékhiba, szolgáltatás rendelkezésre állása
- Excel táblák
 - I. mérési nap
 - Összehasonlító táblázat
 - II. mérési nap
 - Összehasonlító táblázat
- Képernyőképek

- I. mérési nap
 - II. mérési nap
- Kiolvasott koordinátajegyzék
 - I. mérési nap
 - II. mérési nap
- LGO projektek
 - I. mérési nap
 - EOMA vonal
 - nadapi mikrohálózat
 - II. mérési nap
 - EOMA vonal
 - nadapi mikrohálózat
- Nyers mérési adatok
 - I. mérési nap
 - II. mérési nap
- Nyomtatott melléklek
 - 1. számú melléklet
 - 2. számú melléklet
 - 3. számú melléklet
 - 4. számú melléklet
- Pontelírások
- Szakdolgozat szövege