



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

**A MAGASPONTOK SZEREPE,
MAGASPONTFELVEZETÉS
TÁVMÉRÉSSSEL KIEGÉSZÍTVE**

Szerző: Szekeres Szabolcs
földmérő és földrendező mérnöki
BSc. szak, III. évf.

Konzulens: Dr. Busics György
egyetemi docens

Székesfehérvár, 2014.

Köszönetnyilvánítás:

Köszönetet mondok Dr. Busics György konzulensnek, hogy lehetőséget biztosított munkám sikeres elvégzéséhez és dolgozatom megírásához. Szakmai tanácsaival, önzetlen támogatásával alapvetően hozzájárult sikeres munkámhoz.

Köszönetet mondok a Leica Geosystems Hungary Kft. vezetőinek, Gombás László ügyvezetőnek és Váradi Attila operatív vezetőnek a dolgozatom elkészítéséhez nélkülözhetetlen műszer használatáért, valamint Farkas Csabának a műszer használatának betanításáért.

Köszönetet mondok Müller Róbertnek a prizma rögzítéséért a hőerőmű kéményének tetején.

Köszönetet mondok Molnár Lászlónak a mozgásvizsgálat elemzéséhez nyújtott időjárási adatok biztosításáért.

Köszönetet mondok Pintér Máriának, hogy biztosította számomra a helyszínt, ahonnan a mozgásvizsgálatot végezhettem.

Köszönetet mondok Bróz Zoltán és Maczák Dénes hallgatótársaimnak a mérési munkák során nyújtott segítőkészségükért.

Tartalomjegyzék:

BEVEZETŐ	4
1. A MAGASPONTOK SZEREPE A GEODÉZIAI HÁLÓZATOKBAN	5
1.1 A MAGASPONTOK, MINT ALAPPONTOK.....	5
1.2 MAGASPONTFELVEZETÉS, MAGASPONTLEVEZETÉS.....	6
2. KÉT SZÉKESFEHÉRVÁRI MAGASPONT KOORDINÁTAINAK ÉS MAGASSÁGÁNAK ÚJBÓLI MEGHATÁROZÁSA A MAGASPONTOKRA VÉGZETT TÁVMÉRÉSEK FELHASZNÁLÁSÁVAL ...	9
2.1 MÉRŐFELSZERELÉS BEMUTATÁSA	9
2.2 A MAGASPONTFELVEZETÉS GYAKORLATI MEGVALÓSÍTÁSA	10
2.3 SZÉCHENYI ÚTI REFORMÁTUS TEMPLOM	12
2.3.1. Története, jelenlegi állapota.....	12
2.3.2. Mérés végrehajtása.....	12
2.3.2.1. GPS mérés	13
2.3.2.2. Irány-, távmérés	14
2.3.3. Feldolgozás.....	15
2.3.3.1 Alapvonal végpontjainak meghatározása	15
2.3.3.2 Magaspontfelvezetés	16
2.4 VIDEOTON KÉMÉNY	18
2.4.1 Korábbi kéménnyel kapcsolatos munkák	18
2.4.2 A mérés végrehajtása	19
2.4.2.1 GPS mérés	19
2.4.2.2 Irány és távmérés.....	20
2.4.3 Feldolgozás.....	20
2.4.3.1 Alapvonal végpontok meghatározása	21
2.4.3.2 Magaspontfelvezetés	21
2.5 A MEGHATÁROZOTT PONTOK ELMOZDULÁSÁNAK VIZSGÁLATA	22
3. BELVÁROSI TEMPLOMTORNYOK HÁLÓZATÁNAK KIEGYENLÍTÉSE TÁVMÉRÉS BEVONÁSÁVAL	22
3.1 SZÉKESFEHÉRVÁR RÉGI ÉS MOSTANI ALAPPONTHÁLÓZATA	22
3.2 AZ ALAPVONAL MÉRÉSE	24
3.3 A MÉRÉSEK FELDOLGOZÁSA.....	27
3.4 EREDMÉNYEK.....	28
4. A HŐERŐMŰ KÉMÉNYÉNEK MOZGÁSVIZSGÁLATA	30
4.1 MOZGÁSVIZSGÁLAT MÓDSZEREI	30
4.2 KÜLSŐ HATÁSOK	31
4.3 A KÉMÉNY ADATAI, JELENLEGI ÁLLAPOTA	32
4.4 ELMOZDULÁS MÉRÉS ROBOT MÉRŐÁLLOMÁSSAL	34
4.5 FELDOLGOZÁS	36
4.6 MÉRT ADATOK ELEMZÉSE	36
5. ÖSSZEFOGLALÁS	39
6. IRODALOMJEGYZÉK	40

Bevezető

A magaspontokra történő tájékozás ma is elengedhetetlen része a mérőállomással végzett földmérési munkák kivitelezésének, annak ellenére, hogy a GNSS korában szinte bármikor meghatározhatunk tájékozó pontokat. A magyar felsőrendű és negyedrendű vízszintes alapponthálózatban a magaspontok kiemelt szerepet kaptak, számos templomtornyot, gyárkéményt vagy más magas építmény koordinátáit határozták meg. A kiegészítő méréskor (örhálózat mérése, magaspontlevezetés) az iránymérés dominált, mert akkoriban erre volt lehetőség.

Dolgozatomban azt vizsgálom, hogy a prizma nélkül távmérés módszerével milyen fölös adatokat tudunk elérni és ez hogyan javítja a pontmeghatározás minőségét.

Két székesfehérvári magaspontot: a református templom tornyát és a Videoton kéményét választottam tesztfeladatnak, mindkét pont elmozdulás-vizsgálata is felmerül. Az összes belvárosi templomtornyot szintén felhasználok a távméréssel kiegészített magaspont-meghatározás bemutatására.

Külön foglalkozom a magaspontok mozgásával, ennek példájául a fehérvári hőerőmű kéményét választottam, aminek napi mozgását robot-mérőállomással mutatom ki.

TDK dolgozatom célja ismert koordinátájú magaspontok újramérése és kiegyenlítése a magaspontra végzett távmérések bevonásával. Ezt a megoldást a technológiai fejlődés tette lehetővé, vagyis a kilométeres távolságok lemérése prizma nélküli üzemmódban. A több fölös adat miatt pontosabb koordinátákat kaphatunk a kiegyenlítés során, illetve kevesebb állásponttal is megoldható a feladat.

1. A magaspontok szerepe a geodéziai hálózatokban

1.1 A magaspontok, mint alappontok

Magaspontnak (angolul: high point; up-station) nevezzük a magas építmények egy általunk kiválasztott, messziről is jól látható pontját, amit vízszintes geodéziai alappontként is meghatározunk. Ez többnyire templomtorony, gyárkémény, vagy épületcsúcs. Az alappontokat magassági értelemben is meg szokás határozni trigonometriai magasságméréssel, mert nem jár többletmunkával a zenitszög leolvasása. Vízszintes értelemben minden esetben a karcsú épületelem szimmetria tengelyének egy vízszintes síkkal való metszéspontja jelenti az elméleti pontot, ez lesz a központ, amire a koordináta vonatkozik. Méréskor, közeli irányzáskor a szimmetrikus építményelem két szélét irányozzuk meg a megadott magasságban. Magassági értelemben az irányzás helye eltérhet a vízszintestől. Katolikus templomnál a kereszt alatt található gömb nyakrészét, református templomnál a buzogány nyelének az alsó részét kell általában megirányozni magassági értelemben. A kémény esetén pedig többnyire a szimmetriatengely és a felső perem által meghatározott sík dőfspontja adja a pont magasságát. Gyakorlatban szem előtt kell tartani, ha a vízszintes koordinátához tartozó magasságot akarjuk megkapni, akkor nem az ívesen látszódó pont csúcsához, hanem az alulról látszódó (kémény esetében) henger ellipszis-nagy tengelyéhez tartozó zenit szöget olvassuk le.

A magaspontokat, mint geodéziai alappontok gyakran használják a földmérésben, mivel ezek a pontok adottak, már nincs szükség az állandósításukra. Ezek a jól kiválasztott épületelemek hosszabb távon épek maradnak, nem úgy, mint a kővel, csappal, vagy más mesterséges módon állandósított alappontok. A messziről is jól látszódó tájékozó pontokon nem kell irányzandó jel kihelyezéséről és annak védelméről, őrzéséről gondoskodni, amivel sok időt takarítunk meg magunknak. Ezek a pontok állandóan rendelkezésünkre állnak, ezért a gyakorlatban a mérőállomásos méréseknél gyakran alkalmazzák őket tájékozás céljából.

A magaspontok hátránya az, hogy a legtöbb esetben műszerállásra alkalmatlanok. Ez alapján három csoportba lehet besorolni őket: műszerállásra alkalmatlan, külpontos műszerállásra alkalmas, és a központos műszerállásra alkalmas. Műszerállásra alkalmatlan a gyárkémény. A templomok általában külpontos műszerállásra alkalmasak, amennyiben a toronyablakokban van erre lehetőség. A központos műszerállásra a mérőtornyok jelentenek

példát, azonban itt többletfeladatként jelentkezik a pontjel felvetítése a műszerasztalra illetve a gúlafő levetítése és külpontosságának meghatározása. A magaspontok további hátránya, hogy elmozdulhatnak. Ezért a magaspont körül őrpontokat létesítenek, amik alkalmas műszerállás létesítésére, és ezek alapján ismételten meg lehet határozni a magaspont koordinátáit, amennyiben az elmozdulás gyanúja áll fenn vagy megsérül az építmény. Sérülés alatt villámcsapás, vagy talajsüllyedés miatti koordinátaváltozást értünk. Ide tartozik az átépítés következtében történt változás is, viszont ilyenkor tudjuk előre, hogy újra fel kell majd vezetni a pontot. Az elmozdulás nem csak hirtelen következhet be, hanem történhet folyamatos módon is. A karcsú magas építmények mozgást végeznek Nap és a szél hatására, ezt a mozgást csak úgy tudjuk kiküszöbölni, hogy körültekintően választunk épületeket magaspontoknak.

Az alappontok kitűzésénél a következő szabályoknak kell eleget tenni:

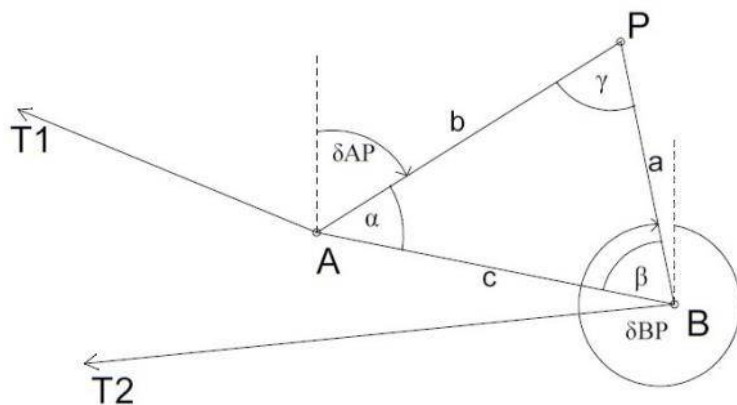
- Az alappont feleljen meg a céljának és funkciójának
- Legyen lehetőleg összelátás a szomszédos pontokkal
- Fölös mérésekkel legyen meghatározva
- A meghatározás geometriája jó legyen, vagyis a meghatározó irányok és távolságok az új pont körül a horizonton egyenletesen oszoljanak el
- A közeli ismert pontokat is mérni kell, csatlakozni kell minél több ponton a már meglévő hálózathoz
- A tájékozó irányok hosszabbak legyenek a meghatározó irányoknál
- A pont fennmaradása biztosított legyen, lehetőleg közterületre, vagy kevésbé használt területre kerüljön

1.2 Magaspontfelvezetés, magaspontlevezetés

A magaspontfelvezetés olyan geodéziai feladat, amelynek során egy magaspontnak meghatározzuk a vízszintes koordinátáit előmetszéssel, illetve kiegyenlítéssel. Ez a feladat is relatív helymeghatározás, hiszen ismert koordinátájú pontokra támaszkodva, irány- és távmérés felhasználásával számítjuk ki az új pont koordinátáit. A koordináta-meghatározáshoz legalább egy alapvonalas irány és távmérési hálózatot kell mérni, amelyben az alapvonal két végpontjáról tájékozó irányokat, a meghatározandó magaspontra menő meghatározó irányokat, és a két végpontra menő irányokat kell mérnünk. A magaspont középpontját nem tudjuk pontosan megirányozni a közelsége miatt, ezért annak külön a bal és

a jobb szélét is mérjük. A feldolgozásnál ebből közepelve kapjuk meg a központra menő irányértéket. Az alapvonalon oda-vissza mérünk távolságot prizmára.

A geometriai megoldáshoz elegendő egy háromszöget mérni, amiből előmetszés segítségével számítható az új pont helyzete. A terepi adottságoktól függően belső szöges vagy irányértékes előmetszést végzünk. Az irányértékes metszés annyiban különbözik a másiktól, hogy



1. ábra Magaspontfelvezetés

összelátás hiányában nem tudunk törésszögeket mérni az ismert pontokon, ezért tájékozói irányokat mérünk, és abból határozzuk meg az ismeretlen pontra menő tájékozott irányértéket. A c távolság két ismert koordinátájú pont között van, így azt tudjuk számítani, az a és b távolságokat pedig ebből és az α , β szögekből vezetjük le a sinus tétel segítségével. Az új pontra menő irányszögek és távolságok ismeretében végül tudjuk számolni a P pont koordinátáját az első geodéziai főfeladattal. Ennél a megoldásnál nincs fölös adatunk, vagyis nincs ellenőrzésünk arra, hogy mennyire jó a mérésünk. A háromszög kialakítása, akkor a legkedvezőbb, ha az új pontnál lévő γ szög közel 90 fokot zár be.

A gyakorlatban geodéziai megoldást alkalmazunk, ami azt jelenti, hogy geometriai megoldáshoz szükséges méréseken felül még fölös méréseket is végzünk. A mérésben elkövetett hibák felfedezésére a fölös mérések bevonásával győződhetünk meg. Fölös mérésnek tekinthető, amikor nem egy alapvonalat mérünk, hanem legalább kettőt, nem egy tájékozói irányt mérünk, hanem minél többet. A kézi számításnál felhasználjuk az összes rendelkezésre álló adatot. Ezek ismeretében a geometriai megoldás lépéseit alkalmazzuk minden egyes független háromszögre, ezt követően pedig az új pont koordinátáját a független számítások eredményeinek átlagából kapjuk. A gépi számítás során kiegyenlítést alkalmazunk. A végleges koordináták felhasználásával ismét el kell végezni a tájékozást, ami a végleges tájékozás lesz.

A magaspont kiszámítása után az őrhalózat kialakítása következik, aminek legalább három pontból kell állnia. A hálózat pontjai közül csak egyet állandósítanak azt, amelyikről a

legjobban lehet mérni a tájékozó irányokat, a többit csak földalatti jellel állandósítják. Az őrpontokat hivatalosan római számokkal jelöljük, a levezetett pontokat pedig a magaspont számának alátörésével jelöljük. Az őrhálózat pontjai célszerűen megegyeznek a magaspontfelvezetésre szolgáló hálózat pontjaival. Később, amikor feltételezik a pont elmozdulását, vagy pontsűrítést végeznek, mérik az őrpontok távolságát és az alapvonalak által bezárt törésszögeket. Az új mérési eredményekből számítják a magaspont koordinátáit, amit összehasonlítanak a régi koordinátákkal. Ha a lineáris eltérés meghaladja 2 cm-t, akkor elmozdultnak kell tekinteni a pontot és az új koordinátát kell a nyilvántartásba átvezetni.

Miután meghatározták az alappont koordinátáját az őrpontok koordinátáinak meghatározása

magaspontlevezetéssel

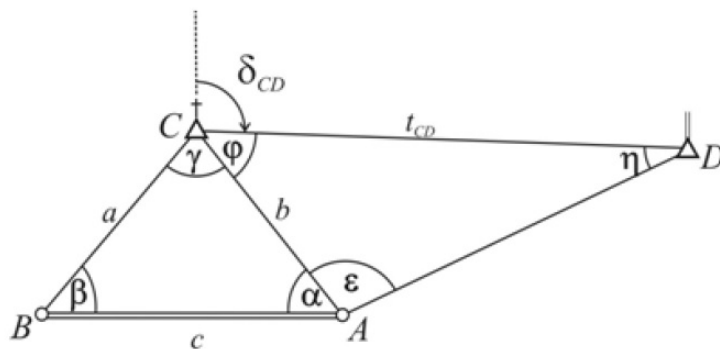
történik. A geometriai

meghatározáshoz az alábbi

hálózatot kell mérni, amiben

az $\alpha, \beta, \varepsilon$ szögeket és a c

távolságot tudjuk mérni. A C és D pontok ismertek, az A és B pontokat szeretnénk meghatározni. Ehhez a következő számítási lépéseket kell végrehajtani:



2. ábra Magaspontlevezetés

1. Az ABC háromszög belső szögeit és oldalainak hosszát kell számítani

$$\gamma = 180 - (\alpha + \beta)$$

$$a = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} * c; b = \frac{\sin \beta}{\sin \gamma} * c$$

2. Az ACD háromszög belső szögeit kell számítani, valamint a CD irányyszög távolságot II. geodéziai főfeladat alkalmazásával

$$\eta = \arcsin \left(\frac{b}{t_{CD}} * \sin \varepsilon \right)$$

$$\varphi = 180 - \eta - \varepsilon$$

3. A magasponttól az álláspontokra menő irányyszögek számítás az ismert szögekből:

a. A pontra menő tájékozott irányérték: $\delta_{CD} + \varphi$

b. B pontra menő tájékozott irányérték: $\delta_{CD} + \varphi + \gamma$

4. A távolságok és a tájékozott irányértékek ismeretében számítható az A és B pontok az I. geodéziai főfeladat alkalmazásával

2. Két székesfehérvári magaspont koordinátáinak és magasságának újbóli meghatározása a magaspontokra végzett távmérések felhasználásával

2.1 Mérőfelszerelés bemutatása

Az irány- és távmérések nagy részét a Leica Geosystems Hungary Kft. által biztosított Leica Viva TS15 mérőállomással végeztem. A műszer tetejére GNSS-antenna helyezhető, így használható SmartStationként, külön hálózatos RTK-vevőként, valamint egyemberes mérőállomásként. A TPS (total station= mérőállomás) precíziós szögmérő rendszerrel van felszerelve, ami folyamatosan biztosítja az azonnali vízszintes és magassági szögértékek leolvasását. A szögmérés pontossága



1. ábra Leica Viva TS15

változtatható 1-től 5 másodpercig. A központi elhelyezésű iker-tengelyű kompenzátor automatikusan javítja ezeket a szögeket, amennyiben bármilyen eltérés van az állótengely függőlegességében. A pontraállást egy lézeres vetítő segíti, valamint a beépített elektronikus libella. A távméréshez koaxiális EDM infravörös lézert használ, különböző mérési módokkal rendelkezik, tud mérni föliára, falfelületre, és prizmára, a különféle prizmatípusokra előre tárolva vannak az összeadóállandók. A hatótávolsága egyedi prizmára 3.5 km, pontossága pedig $1\text{ mm} + 1.5\text{ ppm}$. Rendelkezik PinPointtal, aminek a szorosan összefogott lézere pontosan megjelöli a célpontot egy kis vörös ponttal, éjszakai és megközelíthetetlen objektumok mérésénél hasznos eszköz. A motoros mérőállomás lehetővé teszi az ATR-, célkövető-irányzó rendszer működését. Az automatikus célpontfelismerés, automatikus irányzás passzív módon történik láthatatlan lézernyalábbal. A visszaérkező jeleket egy CCD kamera veszi és elemzi, majd kiszámítja a prizma közepének pixelkoordinátáit és a szervomotor segítségével a távcsövet finoman ebbe az irányba. Ha belenézünk a távcsőbe, azt látjuk, hogy az nem teljesen a prizma közepére mutat, az irányérték viszont pontos, mivel a műszer az irányvonal és a prizma közepe közti különbséget számítja. A Lock mód az ATR

része, ami képes követni a mozgó reflektort. Az inicializáló ATR mérés után a TPS zárolva marad a reflektorra és követi azt, ahogy mozog. A méréseket bármikor el lehet végezni. Mivel az intelligens szoftver előre jelzi a prizma mozgását, a mérőállomás folyamatosan követi, még akkor is, ha valamilyen akadály miatt jelvesztés történt.

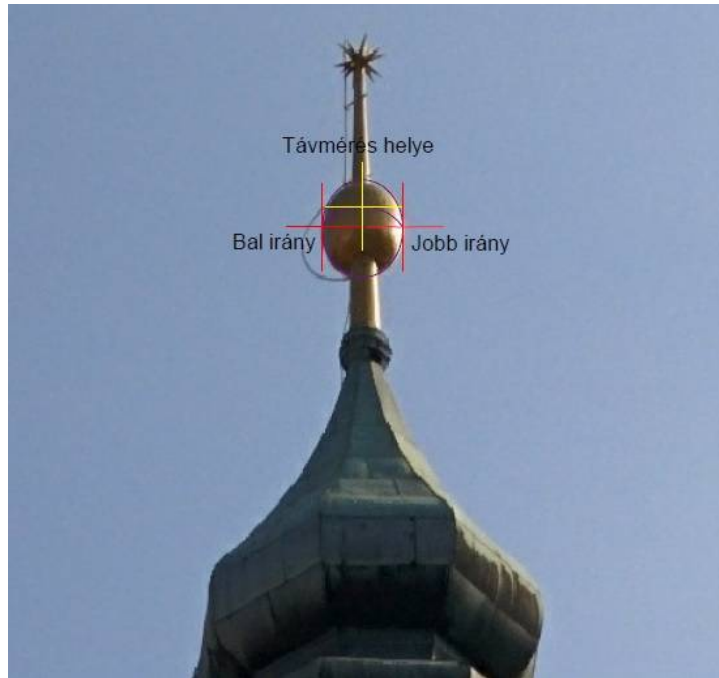
A GEO-ban lévő Leica TCA1205-ös motoros mérőállomás is a Leica műszercsalád tagja. Ez a mérőállomás is ugyanúgy, mint a Viva rendelkezik ATR (célkövető-irányzó), PS (célkereső), LOCK (célbefogó) funkcióval, viszont ez a műszer nem képes prizma nélküli távmérésre. A szögmérés középhibája 5'' (erre utal a típusjelzés utolsó két száma), az infravörös lézertávmérés megvalósuló fázismérési távmérés középhibája 2mm+2ppm.

A Leica GNSS1200-as vevőt használtam a méréseim során álláspontjaim meghatározására. Ez a kétfrekvenciás geodéziai vevő GPS és Glonass műholdak vételére egyaránt alkalmas. Gyors statikus méréseket végeztem vele elsősorban, de RTK módban is használtam, hogy ellenőrző adatokhoz jussak. A hálózatos RTK méréshez először a SIM kártyát kell behelyezni a modembe, majd a GSM antennát kell felcsavarni. A modemet a Smart-tartószerkezetre kell ráhelyezni, majd az egészet a mérőállomás tetejére kell rögzíteni, és erre jön rá maga a GNSS antenna. A vezérlés a vevőhöz tartozó Leica RX1250TC vezérlőegység segítségével oldható meg. A mért vektorok középhibája vízszintesen 5 mm+0.5 ppm, magasságilag pedig 10 mm+0.5 ppm. Mindegyik mérési módszerre ezek a mérőszámok vonatkoznak. A mérési eredmények feldolgozása WGS84 rendszerben történik, viszont ha EOVS koordinátákra van szükségünk, akkor a telepített VITEL szoftver automatikusan transzformálja a kért rendszerbe az OGPSH pontok biztosította legjobb helyi illeszkedéssel, a jelenleg elérhető legkisebb transzformációs hibával.

2.2 A magaspontfelvezetés gyakorlati megvalósítása

A fent ismertetett okok miatt a magaspontok is megsérülhetnek külső környezeti hatások, valamint emberi beavatkozás miatt, ezért ezt figyelembe kell venni a tájékoztatásra való felhasználásuknál. Az alábbi két magaspontnak is vélhetően változott a koordinátája a hivatalosan nyilvántartotthoz képest, ezért választottam ennek a két pontnak a meghatározását feladatommul.

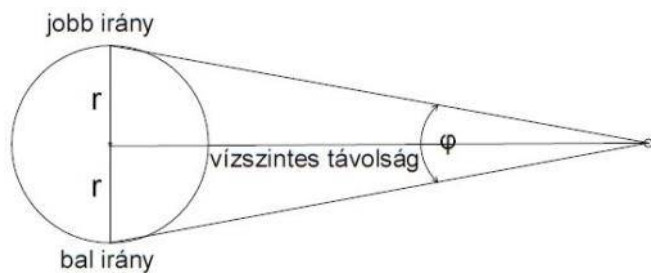
A Széchenyi úti református templomot 2011-ben renoválták, ebbe beletartozott az új toronysüveg felhelyezése, ezért biztos voltam benne, hogy változott valamekkora mértékben a koordinátája. A Berényi úti Videoton gyárképmény hivatalos koordinátája is feltehetően hibás, mivel több mért hálózat kiegyenlítésénél is nagy javítást kapott ez az irány.



2. ábra A magaspontok irányzása

Az elmozdulás vizsgálata mellett a feladat során távolságot is mérek a

magaspontokra, még több fölös mérésre törekedve, ezzel is erősítve a meghatározás pontosságát. A tornyokra végzett ferde távolságok mérése a falfelületre mérés funkcióban történt, vagyis az összeadóállandót 0 mm-nek vehettem. Mivel a torony szimmetriatengelyének a koordinátáját határozzuk meg, ezért a távolságot is arra kell vonatkoztatni. Ezt a távolságot nem tudjuk mérni



3. ábra A sugár levezetése az iránymérésből

közvetlenül, ezért a gömb közepén lévő vízszintes körnek a felénk néző pontját kell irányozni, és ezt a ferde távolságot kell redukálni vetületi távolságra. A hiányzó távolság a gömb vízszintes körének a sugara lesz, amit előzőleg számítani kell. Az alábbi képletek alapján:

$$\varphi = l_j - l_b$$

$$r = t_v * \tan \frac{\varphi}{2}$$

A φ szög a jobb szélre menő irányérték és a bal szélre menő irányérték különbsége, a sugár számításának a képletében, a vízszintes távolság pedig koordinátákból számítható, mivel tisztán irányméréssel is meghatározzuk az új pont koordinátáját előzőleg. Ezt követően a redukált vízszintes távolsághoz hozzá kell adni a sugár értékét.

2.3 Széchenyi úti református templom

2.3.1. Története, jelenlegi állapota



4. ábra Széchenyi úti református templom

A székesfehérvári református egyházközség adományokból összegyűjtött pénzen 1827-ben vásárolt telket 1600 forintért. A megvett területen 1829-ben kezdték meg a templom építését, a munkákat 1837-re fejezték be, a szentelése ezen év október 29.-én volt. A fehérvári nagy tűzvész idején (1843) leégett a templom, az újjáépítésére a következő évben került sor, aminek következtében újra fel is szenteték. 1906 és 1908 között tatarozást, valamint toronymagasítást végeztek a templomon, mert új harangot kapott a felekezet. Mindkét világháború megviselte az épületet, a harangokat pedig mindegyik alkalommal hadi célokra elszállították. A II. világháborút követően csak 1966-ra sikerült teljesen helyreállítani. 2010-ben

előkészületeket hajtanak végre és terveket készítenek az újbóli renoválásra. 2011-ben javítási munkálatokat végeznek a homlokzaton, és a tornyon, valamint kicserélik a buzogányt és a toronygombot, amibe egy toronygomb dokumentum is belekerül. A dokumentumban az építkezés információi és egy névsor kerül be a presbiterekről és a lelkészekről. 2012-ben csak belső felújításokat végeznek, ami nincs hatással a torony koordinátaira.

2.3.2. Mérés végrehajtása

Ebben a fejezetben Széchenyi úti református templomnál végzett geodéziai méréseket fogom részletezni, amely magába foglalja a GPS mérés, irány- (vízszintes és magassági értelemben egyaránt) illetve távmérés menetét is.

A templomtorony magaspontfelvezetésének végrehajtásához Leica TCA1200-es GNSS-mérőállomást (SmartStation) használtam, így miközben végeztem az irány- és távmérést tudtam észlelni a műholdakra a rover vevővel. A szögmérés középhibája 5", a távmérés középhibája pedig 2mm+2ppm, ami a feladat megoldása szempontjából megfelelő. A pontraállást csak a lézervetítővel lehetett végrehajtani, ami elég nehézkes volt az erős napsütésben, viszont az elektromos libella meggyorsította a folyamatot.

2.3.2.1. GPS mérés

Az alappontok meghatározására utófeldolgozós gyors statikus GPS mérést választottam. Ezért a műszer összeszerelése közben arra kellett ügyelni, hogy a tartószerkezetet fordítva helyezzem fel a mérőállomás tetejére. Ezzel megakadályoztam azt, hogy a GNSS-vevő és a mérőállomás között adatkapcsolat jöjjön létre. Ha ezt nem teszem meg RTK vevőként funkcionál a műszer. Az ATX1200GG antennával rendelkező vevőt az RX1250Tc vezérlőegységgel irányítottam, a két egység közötti



5. ábra GPS-es mérés

kommunikációt bluetooth kapcsolattal hoztam létre. A vezérlőben létrehoztam egy saját munkaállományt, és beállítottam a mérési paramétereket. Két egymást követő mérési epocha között 15 másodperc telt el, míg a kitakarási szögnek 10 fokos magassági szöget választottam, ami alatt a vevő nem észleli a műholdakat. A mérés időtartama legalább 20 perc volt mindegyik ponton és GPS illetve a GLONASSZ műholdakat is belevettem a mérésbe. A rögzítés közben mértem meg az antenna magasságot cm élességgel, és ezt beírtam a vezérlőbe a pontszámmal együtt. Az álláspontokat nem állandósítottam és nem is jelöltem meg, mivel csak ideiglenesen álltam fel rajtuk, illetve az irány- és távmérés közben hajtottam végre a műholdakra történő észlelést. Az antenna magassága ez által mind a négy álláspontomon ugyanakkorának adódott. A műszerállvány fejezetétől mértem le a fekvőtengely és az antennáig tartó távolságot, a kettőből különbséget vontam és ez adta meg az antenna magasságot. A távolságok a következőképpen alakultak: antennáig tartó távolság 39 cm, fekvőtengelyig tartó távolság 24 cm, így antenna magasságnak 15 cm-t kaptam mindenhol. Az adatok tárolása CompactFlash memória kártyára történt.

2.3.2.2. Irány-, távmérés



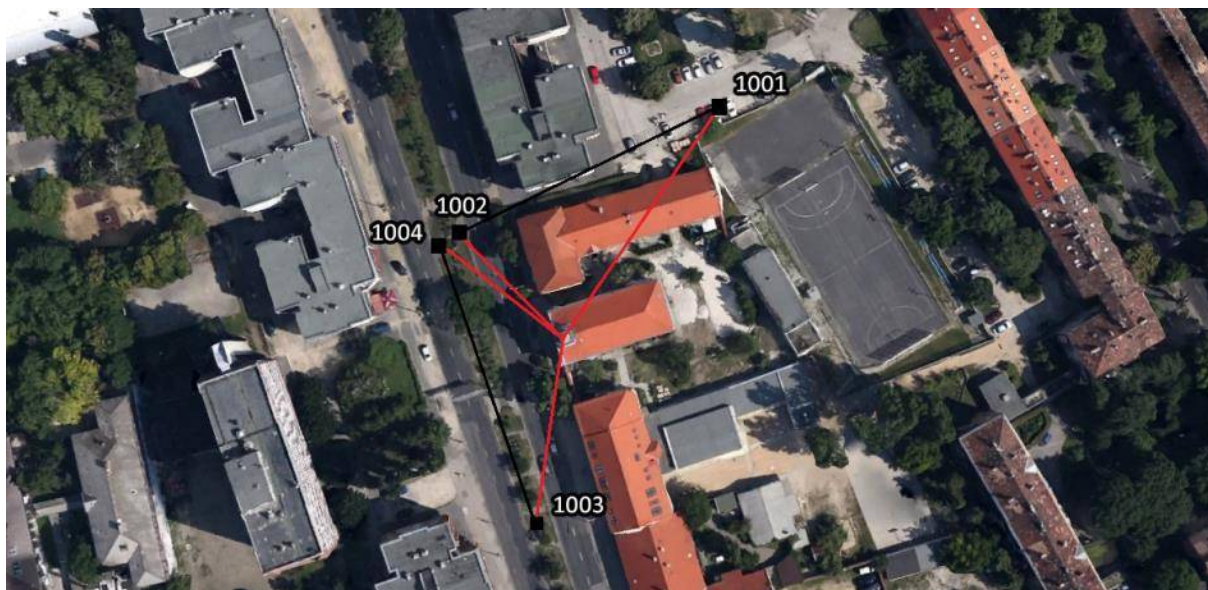
6. ábra Irány- és távmérés

Mint már említettem, az irány és távmérési hálózat mérése a GPS-es mérés közben történt, ezzel időt megspórolva. A hálózat két alapvonalból áll, amelynek nincsen közös pontja, mivel csak 1db prizma készlet állt rendelkezésemre, így két független hálózatról határozom meg a templom

koordinátáit. Ennél a

feladatnál nem kellett sokat terveznem a mérést, mivel évközben már mértek ezen a területen más hallgatók, és ezekre támaszkodva hoztam létre a saját hálózatot. Csak az 1003-as állásponton sikerült elérnem azt, hogy két tájékoztató irányt is lássak, a többi ponton csak egyet sikerült mérnem. Az észlelés eredményeit digitálisan rögzítettem saját munkaállományba a mérőállomás memória kártyájára. A terepen nem határoztam meg álláspontot csak pontszámot, szögeket és távolságokat tároltam a műszerben.

Az összes állásponton mértem az alapvonalhoz tartozó másik végpontra, tájékoztató irányt a templomokra, valamint a vizsgált toronynak a bal, illetve a jobb szélét rövid távolság miatt. Ezt a mérési jegyzőkönyvben B illetve J megnevezéssel láttam el a pontszáma mellett. Tájékoztató iránynak a Szent István-székesegyház déli tornyát (54-4515D), a Karmelita templom tornyát (54-4052), és a Prohászka emléktemplom tornyát (54-4525) használtam fel. A mérést két távcsőállásban végeztem el, illetve két fordulót mértem. Magassági szöget mértem a végpontokra és a református templomra, így a magassága is meghatározható a toronynak.



7. ábra A református templom tornyának mérési terve

A távmérés csak a végpontok között történt, vagyis prizmára mértem. Ezeket a távolságokat oda-vissza, minden fordulóban megmértem. Prizmának Leica 360°-as prizma készletet választottam, mivel a műszer erre mér a legpontosabban távolságot. A műszer és jel magasságokat csak egyszer mértem meg, mivel a jel és a műszer fekvőtengely ugyanakkora magasságban van, és az álláspont magasságok erre a pontra lesznek kiszámítva. Nagy műszermagasságra törekedtem, hogy egyszerűbb legyen irányozni a nagy magassági szög alatt látszódó templomtornyot.

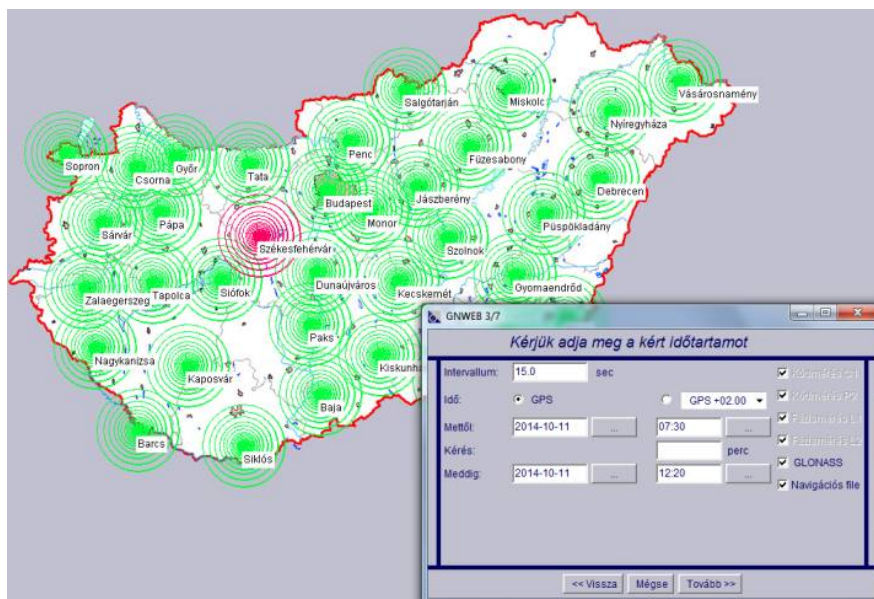
2.3.3. Feldolgozás

A torony koordinátáinak meghatározásához szükséges számítások teljes mértékben számítógéppel (hálózatkiegyenlítéssel) történtek, kivéve a toronygombok sugárnak meghatározását, amit papíron kézi számítással végeztem.

2.3.3.1 Alapvonal végpontjainak meghatározása

Mivel az álláspontok meghatározásának gyors statikus GPS mérést választottam, ezért a pontok koordinátáit csak a terepi mérést követően az adatokat egy irodai szoftver (LGO) segítségével feldolgozva kaptam meg. Az utófeldolgozás során a szabályos hibák kiküszöbölésére, illetve csökkentésére pontosabb modellek állnak rendelkezésre.

Az álláspontok kiszámításához szükségem volt egy referencia állomás méréseire, ezért ezt a GNSSnet.hu-ról töltöttem le. Kiválasztottam a SZFV permanens állomást és beállítottam a mérési időtartamot, ami intervallum megadásáról, a mérési epochák sűrűségéről és az időzóna rendszeréről szól. Ezt követően elindítottam az igénylést és letöltöttem a számomra elkészített RINEX fájlokat.



8. ábra Adatigénylés a GNSSnet.hu-tól

A GPS méréseim utófeldolgozásához a

Leica Geo Office programot használtam. A programban létrehoztam egy saját projektet, amiben beállítottam a GPS időzónát, ami +2 óra volt, és a vonatkoztatási rendszert (transzformációs modellt) pedig Hungary2009-nek vettem. Importáltam a szoftverbe az álláspontjaimat és a letöltött székesfehérvári permanens állomás (SZFV) mérési eredményeit. A referencia állomás antenna magasságát definiáltam az $L1=0.0884$ és az $L2=0.1151$ fáziscentrumértékek megadásával. Ezek után a GPS-Proc fül alatt beállítottam mely adatok referencia (SZFV), illetve rover (1001, 1002, 1003, 1004) mérések. Végül lefutattam a fázismérés számítását, vagyis meghatároztam a pontok közti vektorokat, és a Results fül alatt pedig tároltam az eredményeket. A koordinátákat az export menüben az export ASCII funkcióval tudtam kimenteni. Az eredmény fájlban a pontszámok mellett, az EOV koordináták, és a Balti magasság szerepel, mivel a koordináta típusát local és gridre állítottam, a magasság típusát pedig ortométeres magasságra állítottam. A koordináták közül csak a vektor-végpontokat (measured) olvastam ki.

2.3.3.2 Magaspontfelvezetés

A műszerből kiolvasott text fájlt beolvastam a GeoCalc legújabb verziójú feldolgozó szoftverébe. Az itt látható mérési jegyzőkönyvben a pontokat átszámoztam, mivel a terepen máshogy pontszámoztam a munka gyorsítása végett, majd kimentettem ezt gmj formátumban. Következő lépésként a kiolvasott mérési jegyzőkönyvben az I. és II. távcsoállást a közepelő program segítségével közepeltem.

A feladat az előző fejezetben tárgyalt álláspontokról történő templomtorony vízszintes koordinátáinak és a magasságának a meghatározása volt. Ezt azzal kezdtem, hogy a szoftverben az új pontra menő bal és jobb irányokat közepeltem, a ferde távolságokat redukáltam, és magasságkülönbségeket számítottam. A műszermagasságokkal nem kellett foglalkoznom, mivel az álláspontoknál a fekvőtengelyre vonatkozó magasságokat számítottam az LGO szoftverben. A hálózatot hálózatkiegyenlítéssel számítottam ki. Általános beállítások a következők voltak: az iránymérés előzetes középhibája 8", a távmérés előzetes középhibája: 10mm+1mm/km, átlagos távolságnak, átlagos távolságnak 100 méter, az iránymérés súlya távolsággal arányos, a távmérés súlya távolságtól független. A trigonometriai magassági hálózathoz: az előzetes középhiba 2 cm. A kiegyenlítést kiszámoltam tisztán iránymérésből az összes álláspont felhasználásával, kiszámoltam távmérés bevonásával az összes álláspontokról. Kiszámoltam az új pont koordinátáit külön a két alapvonalról is a távmérés bevonásával. A református templom esetében a gömb sugara 0.335 méternek adódott.

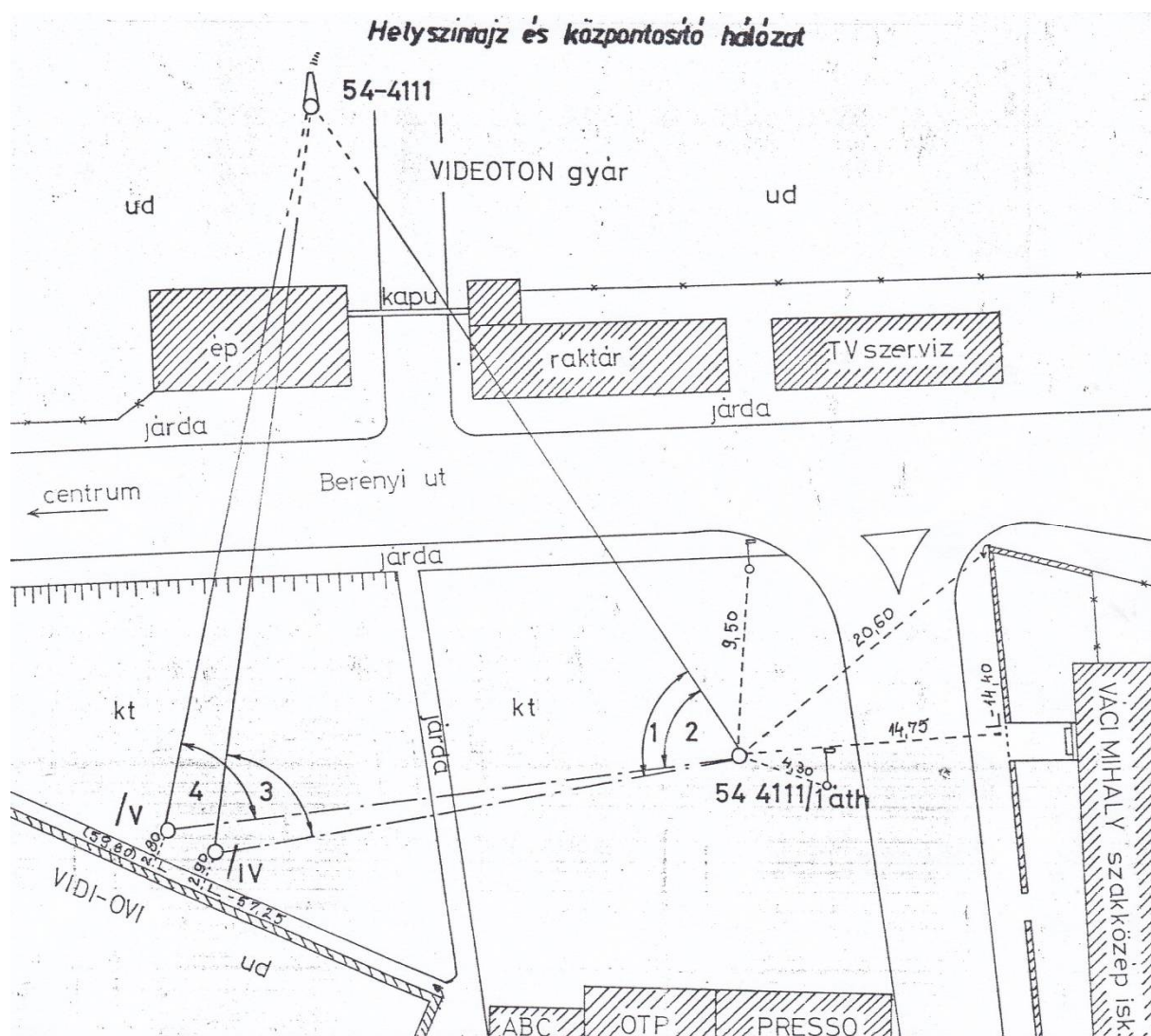
1. ábra. A hálózatok közti különbségek

	Iránymérési hálózat	Irány- és távmérési hálózat	Egy alapvonalas hálózat (1001 1002)	Egy alapvonalas hálózat (1003 1004)
Mért irányok száma	26	26	12	14
Mért távolságok száma	8	16	8	8
Fölös mérések száma	24	32	14	16
Relatív középhiba	1/20259	1/38545	1/37877	1/32172

2.4 Videoton kémény

2.4.1 Korábbi kéménnyel kapcsolatos munkák

A Videoton gyárkéményét negyedrendű vízszintes alappontként 1971-ben a negyedrendű háromszögelési hálózat részeként határozták meg. A magaspont előtte 342 455-ös Gauss-Krüger pontszámmal volt ellátva, (mert eredetileg az akkori katonai vetületen számították a koordinátákat), ezt követően, az EOVRendszer bevezetésekor az 54-4111-es pontszámot kapta meg. Az alapponthoz Dr. Hőnyi Ede, a BME Általános Geodéziai Tanszéki tanára őrhálózatot is hozott létre, ebből egy pontot állandósított az 54 -4111/I számot adva neki. 1985-ben Bukta Attila határozta meg ismételten a kémény koordinátáját ZEISS THEO 010 teodolittal és Wild távmérő segítségével. A régi őrhálózat építkezések miatt elpusztult, ezért új tájékoztató és meghatározó irányokat kellett mérni. Az elpusztult őrhálózat helyére másikat létesítettek, ami az erős beépítettség miatt nem a szabályzatnak megfelelően lett kialakítva,



9. ábra Az 1985-ös hálózat

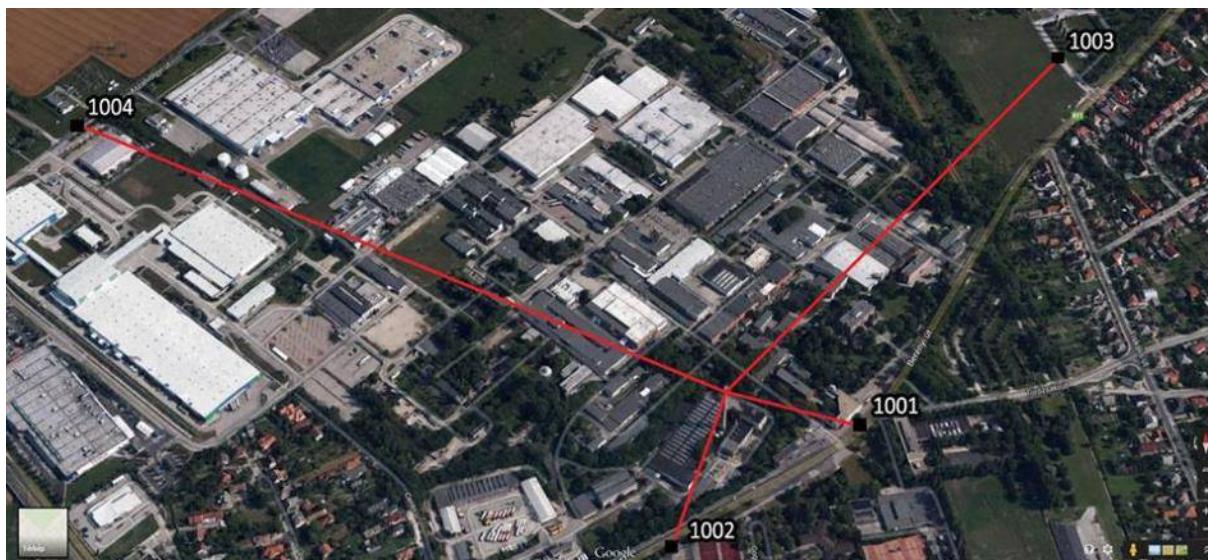
vagyis az alapvonalak egy oldalon lettek elhelyezve.

2.4.2 A mérés végrehajtása

Ebben a fejezetben a Berényi úton található Videoton iparterülethez tartozó gyárkéménynél végzett geodéziai méréseket fogom bemutatni, amely magába foglalja a GPS mérés, irány- (vízszintes és magassági értelemben egyaránt) illetve távmérés menetét is.

2.4.2.1 GPS mérés

A korábban ismertetett gyors-statikuss GPS mérést alkalmaztam ennél a feladatnál is az álláspontjaim meghatározására, a GNSS vevőt a mérőállomásra erősítettem és az irány- és távmérés végrehajtása közben a GPS-mérés is automatikusan megtörtént. A beállításaim a következők voltak: 15 másodperces észlelési sűrűség, 10 fokos szög alatt látható műholdakra ne végezzen mérést, valamint a GPS és GLONASSZ holdakra is történjen mérés. A mérés időtartama viszont átlagban 10 perc volt. Az antenna magasságok (15 cm) ugyanakkorának adódtak, mint az előző esetben, hiszen ugyanazt a műszer-kombinációt használtam, mint az előbbi mérésnél. Az álláspontjaimat nem állandósítottam, mivel csak egyszer álltam fel egy helyen. Négy darab álláspontból végeztem a magaspontfelvezetést. Az elhelyezkedésük a következő volt:



10. ábra A Videoton gyárkémény mérési terve

A négy álláspont közül az 1001 és 1002 egy közös hálózatot alkot, ez a Berényi út két pontján található meg, az 1001 a Szivárvány Kft. bejárata előtt van, a másik pedig a Videoton Holding Zrt. vállalat bejárata előtt van. Az 1003-as pont a Béla úti köztemető bejárata közelében található íjaspálya mellé került. Az utolsó, az 1004-es állás az Aszalvölgyi út

mellett található transzformátor állomás közelében helyeztem el, ahol a legtöbb tájékozó irányra volt rálátásom.

2.4.2.2 Irány és távmérés

Először az alapvonalas hálózatot mértem le a Berényi úton, ennek az elhelyezése hasonlít az 1971-ben Dr. Hőnyi Ede által kialakított 54-4111-es Videoton gyárkéményhez tartozó őrhálózat egyik alapvonalához. Az 1001-es végpontról mértem egy tájékozó irányt a 100-as hőerőmű kéményére, a másik végpontot távolságméréssel, és gyárkémény bal és jobb szélét, valamint az ívesen látszódó legmagasabb pontjára mértem távolságot kétszer minden fordulóban távcsőállásonként. A másik végpontról csak az 1001-es pontra mértem vissza távolsággal, és a magaspontfelvezetéshez a kémény pontjaira. A következő állás a temető mellett található 1003-as ponton volt, itt szintén a 100-as kéményre tájékoztam, valamint a Videoton kémény meghatározásához szükséges irányokat mértem. Az utolsó műszerállás az 1004-es volt, az Aszalvölgyi úton a Visteon Hungary Kft. telephelye mellett. Erről az állásról sok belvárosi torony látszódik, ezek közül háromra végeztem észlelést: az 54-4511 Ferences templom tornyára, az 54-4509E Cisztercita templom északi tornyára, és az 54-4194NY Felsővárosi templom nyugati tornyára. A tájékozó irányokon kívül a Videoton gyárkémény bal és jobb szélét mértem, viszont innen nem sikerült távolságot mérni a kéményre az erős napsütés és a nagy távolság miatt.

A távolságokat az alapvonal végpontok között 360 fokos prizmára mértem a megfelelő összeadóállandó beállítással, a kéményre viszont falfelület funkcióban mértem. Műszermagasságokat a helyszínen nem mértem már, mivel ugyanazt a műszer, prizma készletet használtam, valamint megoldást használtam, mint a református templom felvezetésénél.



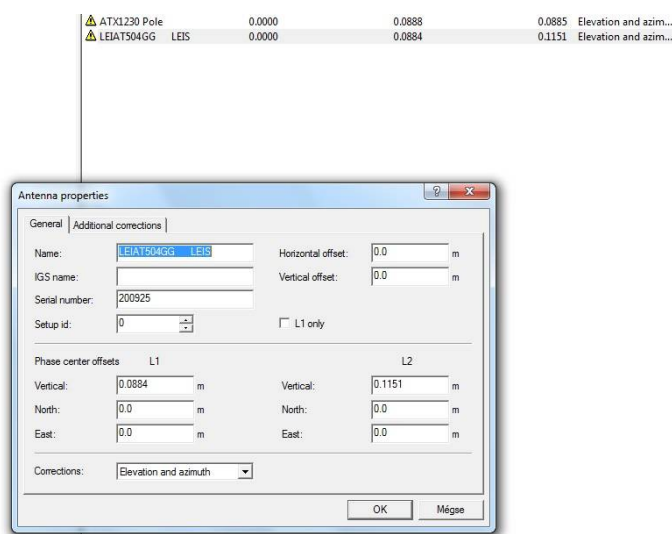
11. ábra A SmartStation munka közben

2.4.3 Feldolgozás

A magaspontfelvezetés és az álláspontok kiszámítása gépi módszerrel történ kiegészítéssel. A kémény felső külső sugarának a meghatározását kézi számítással végeztem.

2.4.3.1 Alapvonal végpontok meghatározása

Ennél a feladtnál négy állást kellett meghatározni utófeldolgozásos gyors-statikus GPS mérésből. A memória kártya DBX könyvtárában található munkaállományt importáltam be a LGO feldolgozó szoftverbe, a korábban a FÖMI-től igényelt referencia mérés eredményeivel együtt. A referenciamérést összefűzve (merge) olvastam be, ami 7:33-tól 9:46-ig tart. Ezt követően beállítottam a 15 cm-es antenna magasságokat a rover vevőnél, fehérvári permanens állomásnak pedig definiáltam a fáziscentrumértékek megadásával. A beállítások alkalmazását követően a fázismérésből kiszámítottam a pontok közti vektorokat process funkcióval. A Results fül alatt mentettem a számításból kapott eredményeket, és kiolvastam a számomra szükséges formátumban a koordinátákat és magasságokat.



12. ábra Antenna definiálása

2.4.3.2 Magaspontfelvezetés

Az irány és távmérési hálózat számításához először tisztázni kellett a terepi mérés digitális jegyzőkönyvét, hogy az általam használt GeoCalc szoftver kezelni tudja a fájlt. A terepi pontszámokat átírtam, a méréseket rendszereztem, valamint a hibás méréseket töröltem. Ezt követően lefutattam az automatikus távcsőállasközepezést és importáltam a letisztázott, közepelt jegyzőkönyvet a feldolgozó szoftverbe.

A koordináta-jegyzék betöltése után elindítottam a hálózat-kiegyenlítés folyamatát. Az általános beállítások a következők voltak: Iránymérés kiegyenlítés előtti középhibája: 5'', a távmérés kiegyenlítés előtti középhibája: 10mm+1mm/km, az iránymérés súlya távolsággal arányos, a távmérés súlya távolságtól független, átlagos távolságnak pedig 500 métert adtam meg. A trigonometriai magassági hálózatnál: az előzetes középhiba 2 cm. A kiegyenlítést kiszámoltam tisztán iránymérésből az összes álláspont felhasználásával, és kiszámoltam távmérés bevonásával az összes álláspontból. A Videoton gyárképmény felső külső sugara 1,777 méternek adódott.

1. táblázat. A hálózatok közti különbségek

	Íránymérési hálózat	Írány- és távmérési hálózat	Egy alapvonalas hálózat (1001-1002)
Mért irányok száma	20	20	10
Mért távolságok száma	4	10	8
Fölös mérések száma	14	20	12
Relatív középhiba	1/31275	1/31903	1/32581

2.5 A meghatározott pontok elmozdulásának vizsgálata

A következő táblázatban bemutatom a nyilvántartott koordinátákat és az általam meghatározottakat, valamint az eltéréseket. Az különbségképzéseket Excel program segítségével hajtottam végre.

2. táblázat. A magaspontok elmozdulása

pontszám	nyilvántartott koordináta			meghatározott koordináta			eltérések		
	Y	X	M	Y	X	M	dY	dX	dM
54-4521	602064,51	204732,01	140,58	602064,51	204731,98	140,55	0,00	0,03	-0,03
54-4111	603827,46	207156,55	215,17	603827,48	207156,45	215,17	-0,02	0,10	0,00

A fenti táblázatból egyértelműen látszik, hogy mindkét pont elmozdult nyilvántartotthoz képest, hiszen a lineáris eltérésük meghaladja a 2 cm-t mindkét esetben. A református templom tornya a vízszintes elmozdulás mellett 3 cm-rel alacsonyabb lett.

3. Belvárosi templomtornyok hálózatának kiegyenlítése távmérés bevonásával

3.1 Székesfehérvár régi és mostani alapponthálózata

Székesfehérvár önálló alapponthálózata 1938-ban létesült, ami centrális kialakítással készült. Ez egy olyan centrális íránymérési háromszögelési hálózat, ami hat főpontból állt, legészakibb pontja a Gombócleső dombtetőn volt, legdélibb pontja a mai Domb utcában volt, keleti határa a Fiskális utcában volt, a centruma pedig a Karmelita templom tornya volt. A hálózatot önálló kiegyenlítéssel számolták és nem transzformálták be az országos rendszerbe, mert így megőrizte a pontosságát.

Az 1970-es években a magyar földmérés megreformálásával az EOV (új vetület), az EOTR (új térképezési rendszer), és az EOVA, EOMA (új vízszintes és magassági alapponthálózat) használatát írták elő. A székesfehérvári vízszintes alappontok is ekkor létesültek, a negyedrendű munkaterület 200 km²-t tett ki. Érdekessége, hogy a külterületi alappontsűrítést a BME oktatói végezték, a belterületi alappontsűrítést pedig az EFE Földmérési és Földrendezői Főiskolai Kar oktatói. A belterületen 61 új pontot határoztak meg, a számításokat Gauss-Krüger rendszerben végezték. Lényegében majdnem az összes fehérvári tornyot, illetve kéményt meghatározták. Az összelátási lehetőségek a sokszögeléshez elég rosszak voltak, ezért 14 ideiglenes pontjelet helyeztek el lapos tetejű épületek tetején, amire központosan fel lehetett állni műszerrel. Az alkalmazott mérési módszer javarészt hosszúoldalú sokszögelés volt, kétfordulós irány- és távméréssel. A számítás során csomópontokat alakítottak ki, és három csoportban egyenlítették ki a hálózatot.

Négy templom tornyát 2011-ben Varga András a szakdolgozatában újra meghatározta, amiből kettő kettős tornyú templom. Név (illetve pontszám) szerint ezek a következők: Karmelita templom (54-4052), Cisztercita templom (54-4509E/D), Ferences templom (54-4511), Bazilika (54-4515E/D). Az összes torony része volt a régebbi hálózatoknak. A tornyok újbóli meghatározására irány- és távmérési hálózatot alakított ki illetve a magaspontfelvezetés módszerét alkalmazta.

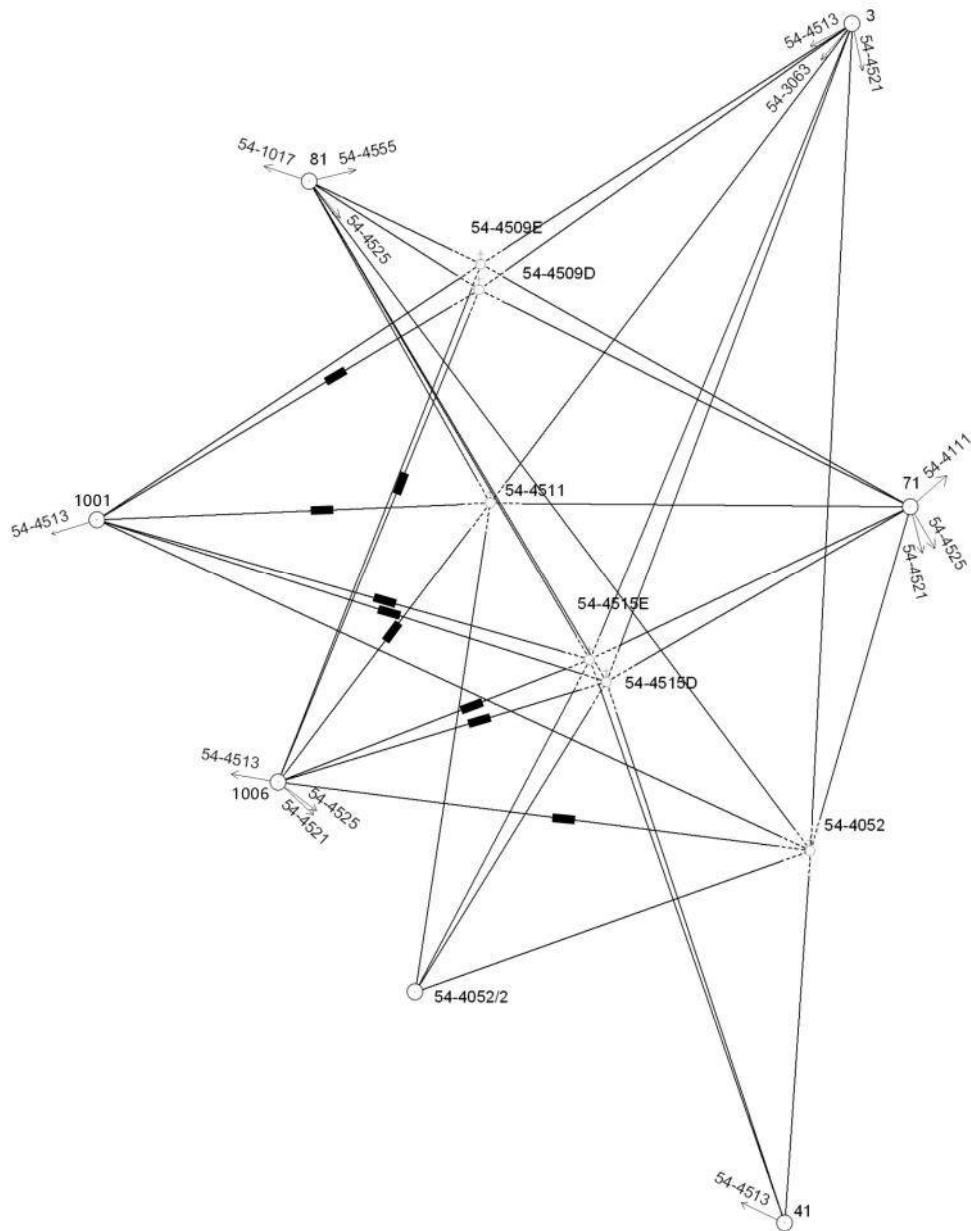
Dolgozatomban én az általa mért hálózatot egészítem ki egy saját alapvonallal, aminek mindkét végpontja az Alba Pláza tetején van. A tornyokra nemcsak irányt, hanem falfelületi módban távolságot is mérek, ezzel erősebbé téve a hálózatot. A vizsgálat tárgyát a módszer alkalmazhatósága, pontossága, előnye és a koordinátaeltérések képezik majd.

3.2 Az alapvonal mérése

A kiegészítő hálózat mérése a Leica Viva TS15 SmartStation-nel történt, ami a szögmérést tekintve azonos pontosságra képes, mint a Leica 1205-ös műszer, amivel az eredeti hálózat volt mérve, viszont ezzel a mérőállomással tudtam mérni távolságot a tornyokra.

A mérést megelőzte egy irodai mérési ütemterv kialakítása, amiben ideiglenes pontszámokat adtam az egyes tornyoknak a bal, a jobb irány és központra történő távméréseknek. A tervezés közben számba vettem a mérni kívánt tájékozó irányokat és új pontokat. Az alapvonal két végpontját úgy választottam meg a pláza tetején, hogy az összelátás biztosított legyen és az összes mérni kívánt tornyot lássam. A végpontok meghatározása utófeldolgozásos gyors-statikus, valamint több koncepció (FKP, MAC, VRS) RTK GPS méréssel is megtörtént az irány és távmérés végrehajtása közben. A pontokon 20 perces statikus mérést végeztem. A következő tornyokat mértem:

Meghatározási terv 1:4000



Készítette: Székesfehérvár
Szekeres Szabolcs

	Megnevezés	Pontszám	Illusztráció	Pont típusa
1	Rác templom	54-4513		ismert pont
2	Felsővárosi templom	54-4194K		ismert pont
3		54-4594NY		ismert pont
4	Cisztercita templom	54-4509É		új pont
5		54-4509D		új pont
6	Ferences templom	54-4511		új pont

2. ábra Mért magaspontok I.

	Megnevezés	Pontszám	Illusztráció	Pont típusa
7	Bazilika	54-4515E		új pont
8		54-4515D		új pont
9	Karmelita templom	54-4052		új pont
10	Prohászka templom	54-4525		ismert pont
11	Református templom	54-4521		ismert pont

1. ábra Mért magaspontok II.

3.3 A mérések feldolgozása

Az álláspontjaimra történő GPS mérést a Leica Geo Office programmal értékeltem ki. Behívtam az álláspontokon végzett terepi méréseket és a GNSSnet.hu-ról korábban letöltött fehérvári permanens állomás mérési eredményeit a projektbe. Következő lépésként beállítottam a szokásos 15 cm-es antenna magasságot a rover vevőnek, az referencia állomásnak pedig a fáziscentrumrtékét adtam meg. Mindezeket beállítva lefutattam a fázismérés számítását mindkét frekvencián, vagyis megkaptam a vektorokat, amiket tároltam. Végül kimentettem a számított koordinátákat EOVS rendszerben cm élességgel.

Az irány és távmérési hálózatot a GeoCalc szoftverben egyenlített ki. Első lépésként a saját mérésemet tisztáztam le, vagyis a terepen adott pontszámokat átírtam, és közepeltem a

távcsőállásokat, majd a bal jobb irányokat is középeltem és kimentettem a GMJ fájlt. Ezt követően a Varga András által mért hálózathoz hozzá másoltam az általam készített mérési jegyzőkönyvet és betöltöttem a feldolgozó szoftverbe. A koordinátajegyzék egy részét is átvettem, vagyis kiegészítettem a saját álláspontjaim koordinátaival, és módosítottam a Videoton kémény, valamint a református templom koordinátáit, az általam meghatározottakra. Ezután rátértem a kiegyenlítésre. Az általános beállításaim a következők voltak: az iránymérés kiegyenlítés előtti középhibája: 6", távmérés kiegyenlítés előtti középhibája: 10mm+1mm/km, iránymérés súlya távolsággal arányos, távmérés súlya távolságtól független, az átlagos távolságot pedig 300 méternek vettem.

1. táblázat. A hálózatok közti különbségek

	Íránymérési hálózat	Írány- és távmérési hálózat	Egy alapvonalas hálózat (1005 1006)
Mért irányok száma	71	71	36
Mért távolságok száma	4	22	22
Fölös mérések száma	54	72	42
Relatív középhiba	1/29462	1/32880	1/34140

3.4 Eredmények

Az alábbi táblázatokban mutatom be a meghatározott pontok koordinátáit a meghatározás időpontja szerint.

2. táblázat. A pontok nyilvántartott koordinátái

Pontszám	Y	X	M	jelleg	megnevezés
54-4052	601817.36	205231.27	163.64	torony	karmelita templom
54-4509E	601612.03	205597.48	151.32	torony	ciszterci templom, északi t.
54-4509D	601610.99	205581.53	151.44	torony	ciszterci templom, déli t.
54-4511	601617.83	205448.25	157.81	torony	barátok temploma
54-4515E	601679.90	205350.20	159.73	torony	bazilika, északi torony
54-4515D	601690.25	205336.27	159.84	torony	bazilika, déli torony

3. táblázat. Varga András által meghatározott koordináták

Pontszám	Y	X	M	jelleg	megnevezés
54-4052	601817.363	205231.265	163.56	torony	karmelita templom
54-4509E	601612.063	205597.471	151.27	torony	ciszterci templom, északi t.
54-4509D	601611.019	205581.528	151.41	torony	ciszterci templom, déli t.
54-4511	601617.825	205448.229	157.75	torony	barátok temploma
54-4515E	601679.905	205350.25	159.63	torony	bazilika, északi torony
54-4515D	601690.249	205336.293	159.62	torony	bazilika, déli torony

4. táblázat. Általam meghatározott koordináták

Pontszám	Y	X	M	jelleg	megnevezés
54-4052	601817.364	205231.256	163.56	torony	karmelita templom
54-4509E	601612.064	205597.474	151.27	torony	ciszterci templom, északi t.
54-4509D	601611.008	205581.531	151.42	torony	ciszterci templom, déli t.
54-4511	601617.821	205448.230	157.75	torony	barátok temploma
54-4515E	601679.906	205350.250	159.63	torony	bazilika, északi torony
54-4515D	601690.254	205336.293	159.61	torony	bazilika, déli torony

A kapott koordinátákat összevettem a korábban kapottakkal, Excel program segítségével végeztem a különbségképzéseket.

5. táblázat Eltérések a nyilvántartott koordinátáktól

Eredeti hálózat

Pontszám	dY	dX	dm
54-4052	-0,003	0,005	0,080
54-4509E	-0,033	0,009	0,050
54-4509D	-0,029	0,002	0,030
54-4511	0,005	0,021	0,060
54-4515E	-0,005	-0,050	0,100
54-4515D	0,001	-0,023	0,220

Kiegészített hálózat

Pontszám	dY	dX	dm
54-4052	-0,004	0,014	0,080
54-4509E	-0,034	0,006	0,050
54-4509D	-0,018	-0,001	0,020
54-4511	0,009	0,020	0,060
54-4515E	-0,006	-0,050	0,100
54-4515D	-0,004	-0,023	0,230

A nyilvántartott koordinátákhoz képest nőttek vízszintes irányú különbségek az újramérést követően. Ebből egy mozgási folyamatra következtethetünk, hiszen az elmozdulás iránya nem változott, csak mértéke. Magasságilag nem történt jelentős változás, az 1-1 cm eltérés a trigonometriai magasságmérés bizonytalanságának tudható be.

4. A Hőerőmű kéményének mozgásvizsgálata

4.1 Mozgásvizsgálat módszerei

A mozgás leírásán azt értjük, hogy valaminek megadjuk a pillanatnyi helyét egy választott ponthoz, a vonatkoztatási ponthoz képest. Ennek a pontnak a kiválasztása rajtunk, illetve a vizsgálandó ponton múlik. A testek helyét és elmozdulását úgy tudjuk számszerű adatokkal leírni, hogy a kitüntetett ponthoz, mint origóhoz egy koordináta-rendszert illesztünk.

Geodéziában (építőipar, bányászat, gépipar) építmények vagy szerkezetek mozgását, elmozdulását vizsgáljuk kitüntetett pontjaik révén egy mozdulatlanak tekinthető koordináta-rendszerben. A másik vizsgálati típus a deformáció vizsgálat, amikor egy szerkezethez köthető koordináta-rendszerben vizsgáljuk az objektumokat, vagyis a megváltozott állapotot összehasonlítjuk a tervezett állapottal. A mozgások meghatározásának alapelve szerint az általunk kiválasztott koordináta-rendszerben különböző időközönként meghatározzuk az objektum kiválasztott pontjainak koordinátáit, majd ezekből számítjuk a mozgásra jellemző értékeket. A változást mindig az idő függvényében modellezzük, ami folyamatos megfigyelést igényel, de a túl magas költség miatt inkább csak bizonyos időközökben végezzük a vizsgálatokat. Az időközök kiválasztása a mozgás sebességétől függ, a legtöbb esetben akkora a mérések közti idő, hogy a klasszikus geodéziai módszerek is alkalmasak a feladat elvégzésére. Ebből adódik, hogy elsősorban a mozgás sebességétől függően választjuk ki a mérési módszert. A mérés gyakorisága mellett figyelembe vesszük a vizsgálati pontok elhelyezkedését és megközelíthetőségét, a meghatározási pontosságot, valamint szem előtt tartjuk, hogy a mozgásokra egyértelmű adatokat kapjunk.

Vízszintes értelmű elmozdulás meghatározás esetén akkor alkalmazunk tisztán távolságmérést, ha a mozgás iránya ismert és közvetlenül tudjuk mérni a távolságot. Ordinátamérést akkor használunk, ha a vizsgálati pontok közel egy egyenesre esnek, vagy az egyenesünkre csak merőleges irányú elmozdulást kell vizsgálni. A függőleges vetítés módszere akkor alkalmazható, ha egy épület egymás felett elhelyezkedő pontjait vizsgáljuk és a függőlegeshez képest vizsgáljuk. Létezik még a hálózatról történő mozgásvizsgálat, amiről nagyobb kiterjedésű építmények mérésére kerül sor. Előmetszést olyan objektum monitoringnál használnak, amelyek elérhetetlen helyen vannak. Szabadálláspont meghatározást olyan vizsgálati pontok elmozdulásának a vizsgálatokor alkalmazzuk, amelyen minden mérés alkalmával műszerállás létesíthető. Sokszögelést használunk az egyenesre

méréshez hasonló feltételek esetén, ha a pontok sora nagy területen helyezkedik el. Magassági értelmű mozgásvizsgálatok során az elmozdulásnak a függőleges értelmű összetevőjének a meghatározása a cél. Ennek a feladatnak a megoldására trigonometriai magasságmérést, geometriai elvű szintezést, hidrosztatikai elvű szintezést, és GPS technológiát használhatunk.

Elmozdulás vizsgálatokor a mérést követően koordinátákat számítunk matematikai módszerrel, majd ezeket viszonyítjuk egy referencia mérés eredményeihez, vagy egymáshoz képesti eltéréseket elemezzük. A vizsgálati pontok koordinátaiból számíthatjuk az építmény mozgásának jellemzőit. Az objektum koordináta tengelyek irányába történő elmozdulását dX , dY , dZ mennyiségekkel jellemezzük. Az objektum koordináta tengelyek körüli elfordulását $d\phi$, $d\omega$, $d\kappa$ szögekkel adjuk meg. Az eredményeket táblázatba foglaljuk, eltéréseket mutatunk ki, és mozgás-ábrát készítünk, hogy bárki által értelmezhető legyen a vizsgálat eredménye.

4.2 Külső hatások

A magas karcsú építményeknél előre kell jelezni az esetleges károk, meg nem engedhető elmozdulások, alakváltozások bekövetkezésének lehetőségét. Adatokat kell szolgáltatni a már bekövetkezett mozgások okainak felderítésére. A mozgásokat, deformációkat kiváltó okok sokfélék lehetnek néhány tipikus ok: az altalaj változásai tömörödés hatására, alapépítmények mozgása más építési tevékenység hatására, valamint a környezeti hatások. A külső környezeti hatások által okozott elmozdulást vizsgálom, ide soroljuk a Nap, illetve a szél hatására bekövetkezett mozgásokat egy nap leforgása alatt.

A Napból érkező energia éves szinten állandó ($1300-1400 \text{ kWh/m}^2$), viszont ebből csak 51%-a jut el a Föld felszínre, 23%-a légkörben nyelődik el, 26%-a pedig visszaverődik, ezek nem állandó értékek, több tényezőtől is függnék:

- A sugárzás milyen szög alatt éri a felületet, azaz függ a naptári és a napi időtől, a felület tájolásától és dőlésétől
- a sugárzásnak milyen hosszú utat kell megtennie a légkörön keresztül, hosszabb út esetén a felszínre érkező intenzitás kisebb
- mennyi a vizsgált helyszín tengerszint feletti magassága
- mekkora a légkörben a vízgőz, a köd, a felhőzet, egyéb gázok és légköri szennyeződés (aeroszol) tartalom

Az objektumok az őket érő napsugárzás egy részét elnyelik, ami hőenergiává alakul át, így maguk is sugárzók lesznek. Mindennapi tapasztalataink bizonyítják, hogy a szilárd testek

méretei megváltoznak a hőmérséklet változtatásával, mégpedig melegítéskor általában növekednek. Ez azzal magyarázható, hogy a szilárd testet alkotó atomok rezgőmozgásának az amplitúdója növekszik, ezáltal a test nagyobb teret tölt ki. A karcsú magas építmények esetében a nap egy szakában csak egyoldalú felmelegedésnek van kitéve, ezért a dőlés ellentétes.

A szél a talajjal párhuzamosan a felszín felett áramló levegőtömeg. A levegő felmelegedése és lehűlése légmozgást hoz létre. A melegedő levegő kitágul, könnyebb lesz és alacsony nyomású, a lehűlő levegő zsugorodik, nagyobb lesz a nyomása. Mivel a meleg, kitáguló levegő felfelé áramlik, a helyére hidegebb levegő tör be. Ezért kiegyenlítődés indul meg, vagyis a nagyobb nyomású helyről az alacsonyabb nyomású helyre áramlik a levegő. A Coriolis-erő a másik ok amiért a levegő mozog. Ha nem lenne ez az erő, akkor a levegő egyenesen haladna a sarkoktól az Egyenlítő fele, a Föld forgása miatt azonban eltér ettől az egyenestől. Az erő hatására az elvi iránytól az északi félgömbön a szél mindig jobbra, déli félgömbön pedig mindig balra tér el. A szél sebességén (m/s) a levegő mozgásának sebességét értjük. A szél irányát pedig mindig az az égtáj adja meg, ahonnan a szél fúj, tehát a keleti szél azt jelenti, hogy keletről nyugatra fúj a szél. A egyenletes levegőmozgás mellett beszélünk széllekedésről, ami általában 20-40%-kal haladja meg a szél átlag sebességét. Éjjel a szél gyengébb és kevésbé lökéses, nappal erősebb és egyúttal lökésesebb is. Mindkét fajtája a szélnek hatással van a magas építmények mozgására, lengésére.

4.3 A kémény adatai, jelenlegi állapota

Székesfehérvár legmagasabb építménye a több mint 100 méteres Hőerőmű kéménye, ami a látképének kialakításában jelentős szerepet vállal. Ezért mozgásvizsgálati feladat végrehajtására ez a legalkalmasabb, ha jól szemléltethető adatokat akarunk közölni. E mellett geodéziai szempontból is hasznos a vizsgálata, mivel tájékozó pontként is használják a még városon kívülről is jól látható magasépítményt. A fűtőerőmű napjainkban megközelítőleg 20 000 lakás és más intézmény számára biztosít meleget. A hőenergiát ma már a kevésbé környezetszennyező gáztüzeléssel állítják elő. Elhelyezkedését tekintve a város központjában van a Fűtőerőmű Kft., a Gáz utca, a Sarló utca, és a Királysor utca tömbjében.

A kémény főbb jellemzői:

- magassága: 105 méter
- alsó (külső) átmérője: 10.30 méter

- felső (külső) átmérője: 4.10 méter
- alsó falvastagság: 0.35 méter
- felső falvastagság: 0.20 méter



1. ábra A székesfehérvári hőerőmű kéménye

A Balti alapszint feletti átlagos magassága 110.8 méter. A Bányaterv készítette a kémény alapozásához szükséges talajmechanikai szakvéleményt. A tervezését és kivitelezését a Hőtechnika Vállalat végezte.

A kémény egy vasbeton alaptestbe van beépítve, melynek magassága 2.70 méter, átmérője 21.30 méter, ez B/200-40/3 minőségű betonból készült 315 kg/m^3 S cement hozzáadásával, II. osztályú szerkezettel, a terv szerinti vasalással.

4.4 Elmozdulás mérés robot mérőállomással

A vizsgálat sikeres lebonyolításához először szükség volt egy a robot mérőállomás által követhető prizmat elhelyezni a hőerőmű kéményén. A kémény tetején található rámpára Müller Róbert mászott fel, és rögzített 4 darab prizmat, ebből egy 360 fokos, a másik három kör prizma. A korlát szerkezetbe fűrt bele és abba ékelt bele egy-egy csapot, amikre felhelyezte a prizmákat.

A kémény mozgásának folyamatos monitoring méréséhez egy fedett és védett helyet kellett találni. A mérést két egymás utáni nappali időszakban és egy esti időszakban végeztem október 9-én és 10-én. A legoptimálisabb helyszínnek a kéménytől megközelítőleg 200m-re



2. ábra Monitoring a hőerőmű kéményénél

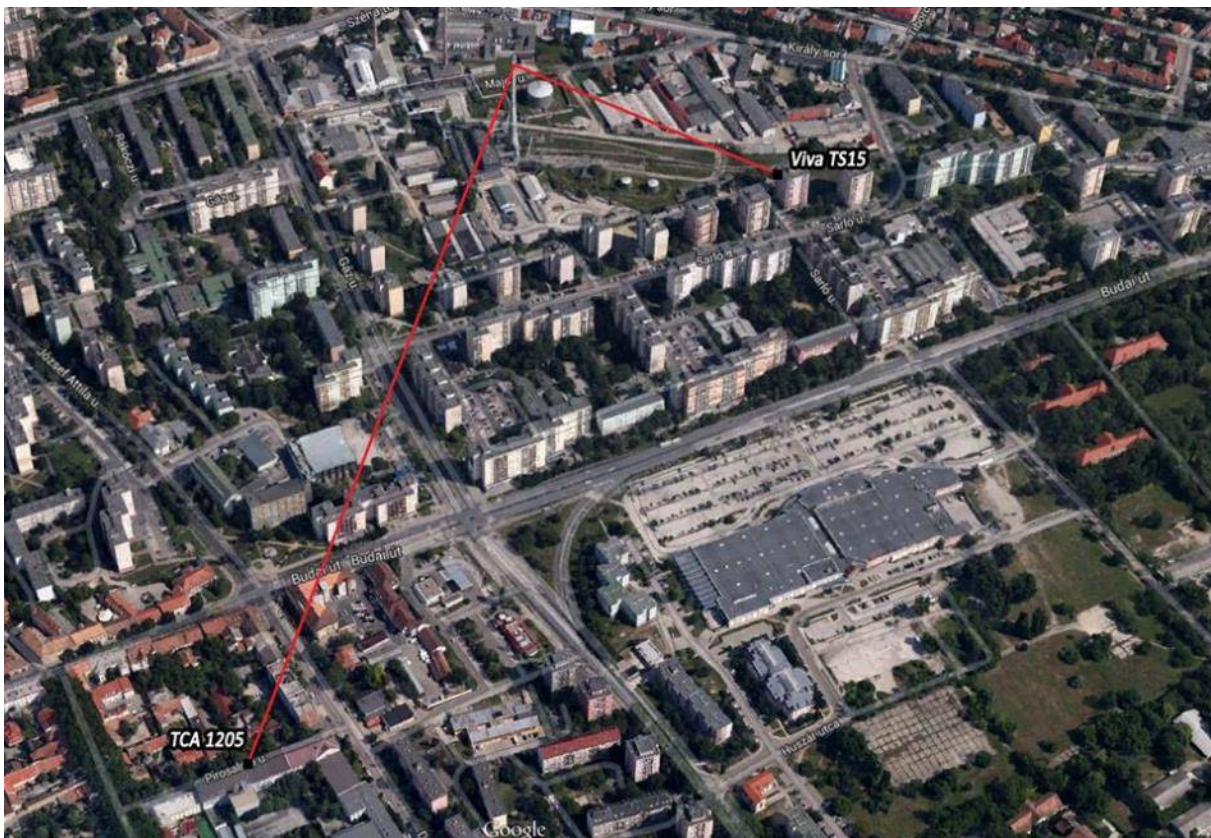
lévő egyik panelház 10. emeletén lévő erkélye adódott a Sarló utca 14. szám alatt. A robot mérőállomást egy fém háromszögre állítottam fel, amit a lehetőségekhez mérten kitámasztottam, beékeltem, hogy ezzel is biztosítsam a műszer mozdulatlanságát. A pontot lézervetítővel levetítettem és megjelöltem egy esetleges későbbi visszatérésre gondolva. A műszer függőlegessé tételét gondosan

elvégeztem a beépített elektromos libella segítségével.

A munkát egy JOB létrehozásával folytattam, amiben megadtam a munka nevét, a meteorológiai adatokat és a tárolással kapcsolatos egyéb beállításokat. Ezt követően létrehoztam az álláspontomat, amit egy irányra végzett tájékozás követett. Ebben az esetben elegendő egy irányt mérni, mivel ez csak arra fog szolgálni a későbbiekben, hogy mozgásábrát Északra tudjam tájolni. A tájékozó irány egy általam kiválasztott oszlop volt az erőmű területén belül, a vizsgálat végén erre ismét rámértem. Ebben a műszerben külön program van a monitoring megvalósítására, ez az Iránysorozat méréssel a Mérés+-ban érhető el. A programon belül be kellett állítani az automatikus irányzást (ATR), valamint le kellett tiltani az ugyanarra a pontra történő mérések átlagolását. Ezt követően meg kellett irányozni a vizsgálandó pontot és le kellett mérni manuálisan. Megadva az egyetlen mérendő pontot, már

csak a mérési intervallumot és a mérések sűrűségét kellett beállítani a programban. A mérések gyakoriságára itt 10 percet írtam be, a mérés kezdetének 8:02-t, a mérés vége pedig 18:32 lett. Az esti mérési intervallum 18:45-től 7:25-ig tartott, a második nappali szakasz pedig 7:40-től 18:25-ig tartott, ami azt jelenti, hogy 5 perces észlelési sűrűséget választottam, mivel az akkumulátorok várakozáson felül bírták használatot. Nem csak az akkumulátor csere miatt szakítottam meg a mérést, hanem a műszer konstrukciója miatt is, mivel egy irányhoz csak 200 darab észlelést tud tárolni.

Az iskolában, a 201-es szobában is felállítottam egy ATR-rel rendelkező Leica TCA1205 mérőállomást, amivel referenciamérést végeztem több időpontban. A JOB definiálása után ennél a műszernél is aktiváltam az automatikus irányzást is, és elindítottam az iránymérés programot a topográfia menüpont alatt. Manuálisan megkeresetem a 700 méterre lévő célpontot és a konfigurációban beállítottam az észlelés sűrűségét, amit 1 percre állítottam, mivel ez volt a legnagyobb. Ez a mérőállomás folyamatosan követi prizmat, és percenként regisztrálja a leolvasott értéket, nem úgy, mint a robotmérőállomás, ami feléledés után megkeresi a célpontot és azt követően tárolja az adatokat. Ez a megoldás nem hozta a várt eredmények, mivel többször is megszakadt a mérési folyamat.



3. ábra A hőerőmű kéményének mérési terve

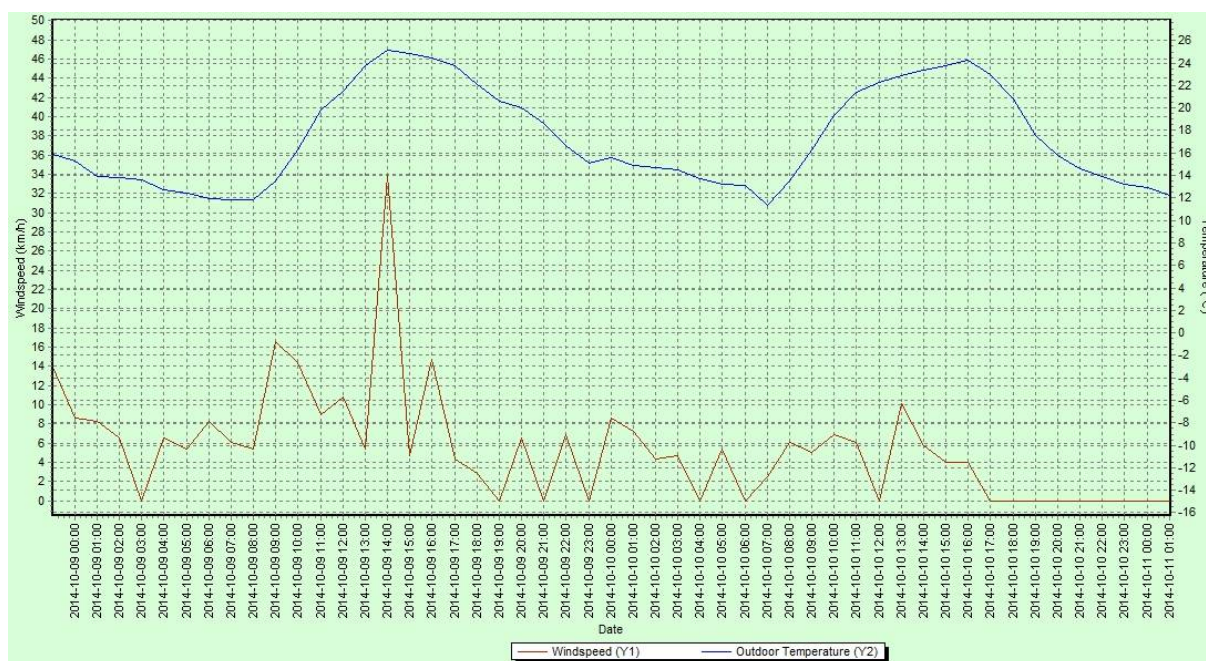
4.5 Feldolgozás

A műszerből a mérési jegyzőkönyvet úgy olvastam ki ebben az esetben, hogy a mérési rekordokhoz tartozó időpontokat is kimentettem, viszont így olyan jegyzőkönyvet kaptam, amit a GeoCalc nem tud kezelni, ezért a szabvány szerint megformáztam. Mivel mértem tájékozó irányt egy táblára, ezért leolvastam közelítő koordinátákat az álláspontomra és a táblára, így északra tudom tájolni a mozgás ábrát. A közelítő koordinátákat a Google Maps-ről olvastam le. A mérési jegyzőkönyvet és a koordináta-jegyzéket konvertáltam, majd a letájékoztam a mérést, valamint poláris pontként számítottam az összes mért pont koordinátáját. Végül exportáltam a számított koordinátákat.

A további feldolgozást Excel program segítségével végeztem. Az eredményeket beolvastam a táblázat kezelő programba. Beolvasásnál az általam számított Y és X koordinátákat, valamint a műszer által számított magasság különbségeket értem. A vízszintes koordinátákon futó átlagolást végeztem, ami folyamatosabbá tette a mozgás ábrát. A mozgás ábrákat az Excel diagramtervező részével készítettem el és formáztam meg.

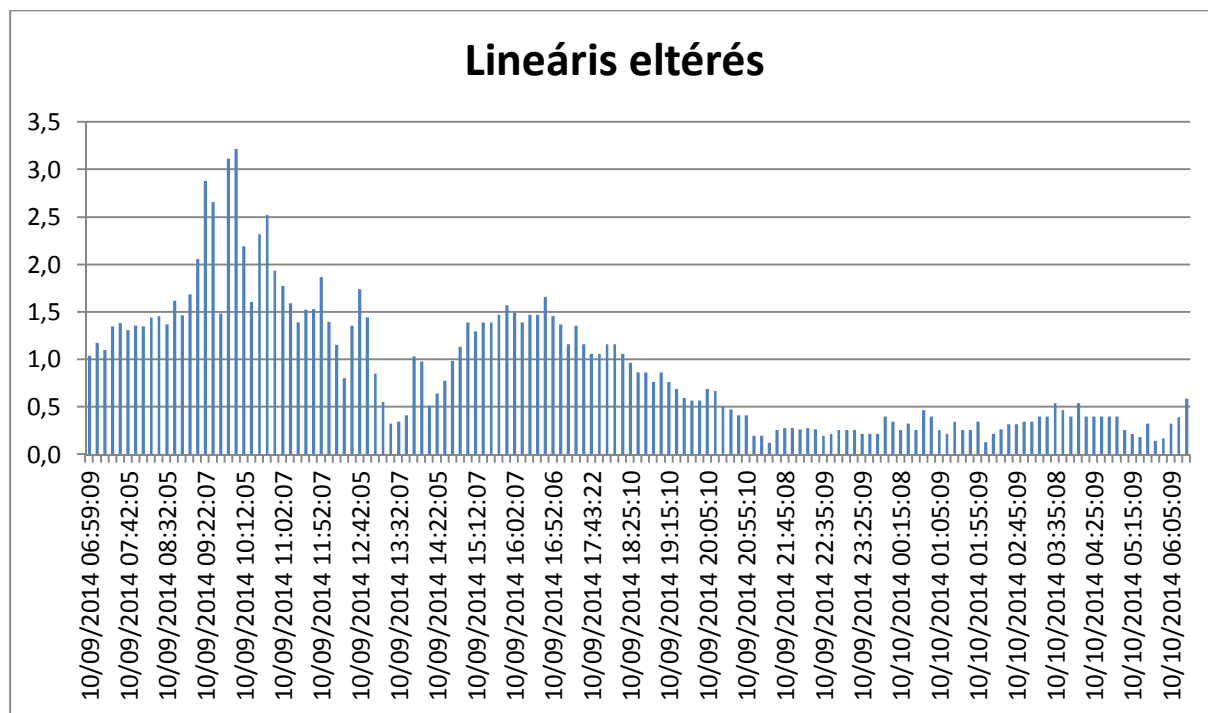
4.6 Mért adatok elemzése

Az alábbi időjárási körülmények között a mozgás hatására a kéménynek változik a koordinátája, ennek lineáris eltérése a következőképpen alakul:

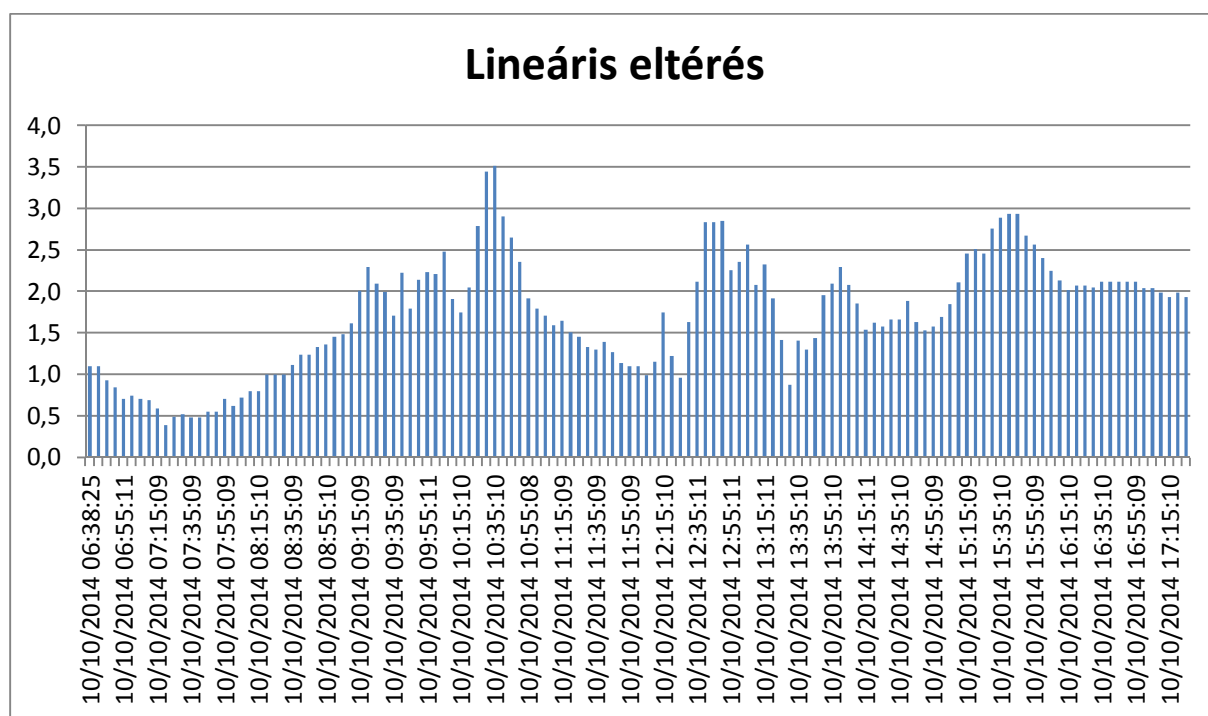


4. ábra Időjárás adatok a két napra

Azt lehet megállapítani, hogy az időjárás hatására 1-2 cm-t változik a kémény koordinátája. A legnagyobb eltérést mindkét nap délelőtt 10 óra környékén mutatja, ez 3cm-nek adódik.

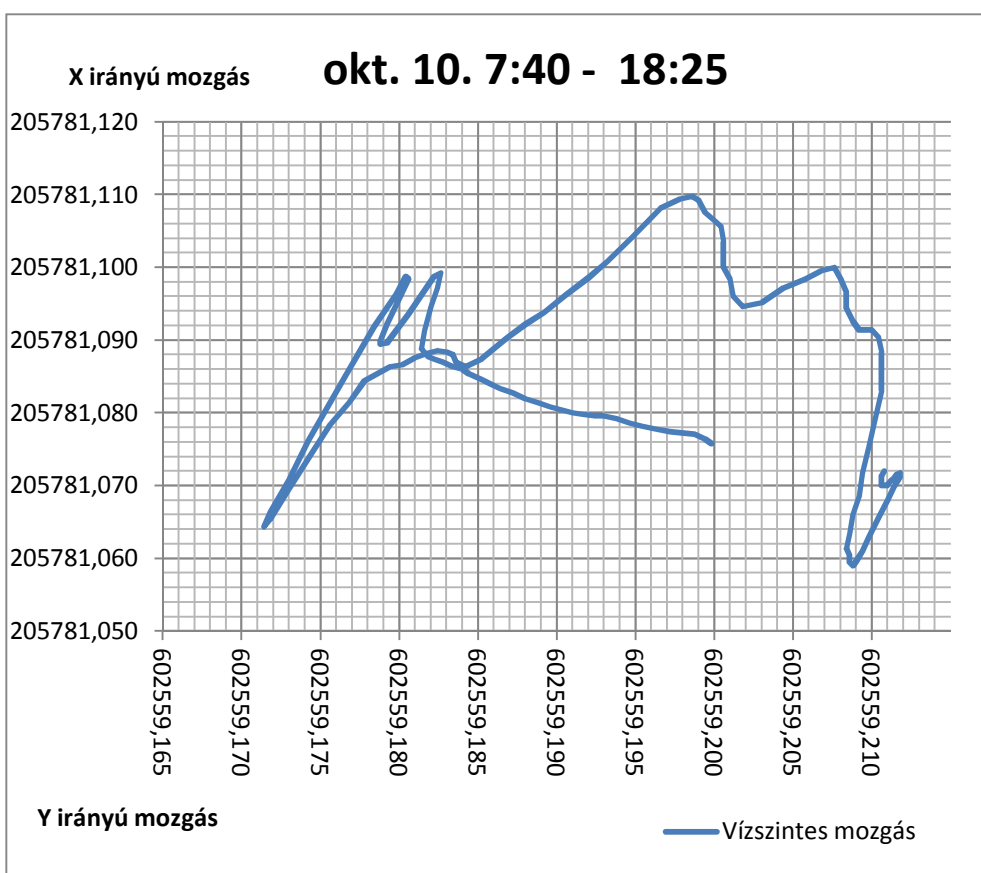
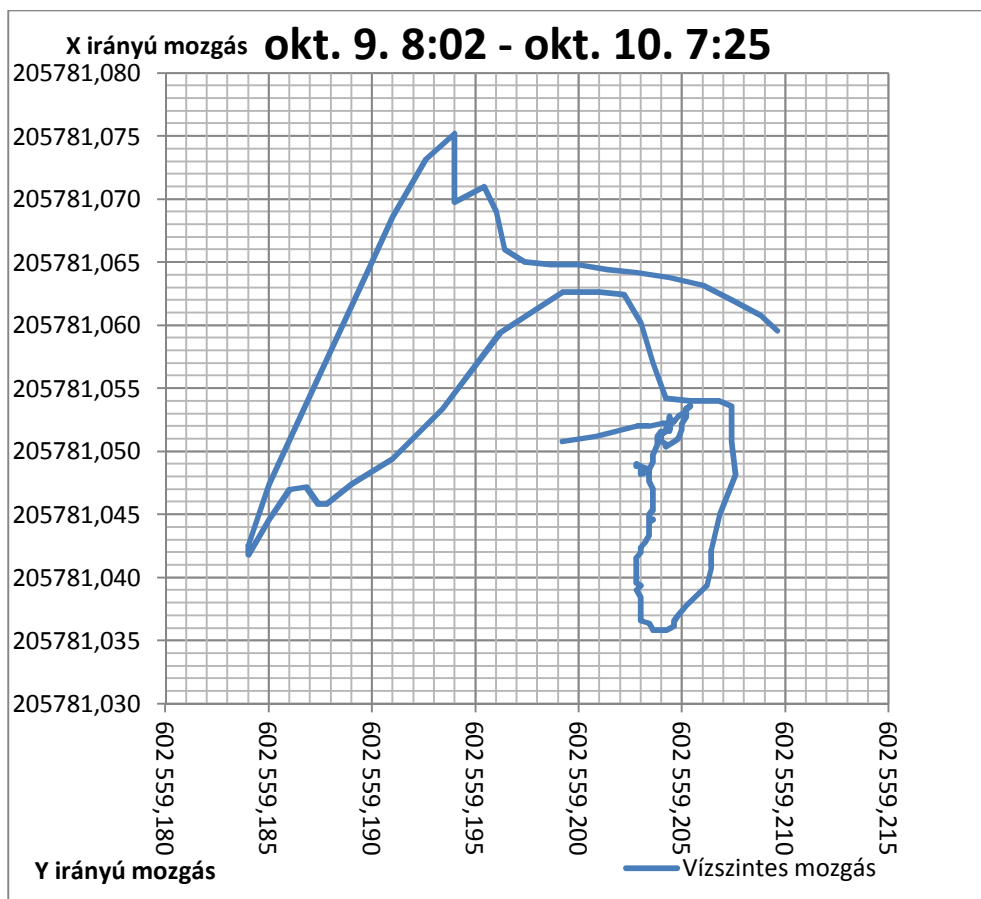


5. ábra Lineáris eltérések



6. ábra Lineáris eltérések

A következő mozgást írta le a hőerőmű kéménye a két nap folyamán:



7. ábra Mozgás ábrák

5. Összefoglalás

A dolgozatom első felében a magaspontfelvezetés gyakorlati megvalósítását végeztem, ami alapján elmozdulás vizsgálatot hajtottam végre, a második felében pedig a karcsú, magas építmények mozgásvizsgálata során a hőerőmű kéményének folyamatos mozgását figyeltem meg. Mindkét esetben mérőállomásos technológiára támaszkodtam, és ennek az alkalmazhatóságát vizsgáltam. A méréseimet Székesfehérváron végeztem, így az itt található legtöbb magaspont történetét és korábbi meghatározásának körülményeit megismertem.

A magaspontoknak sok előnyük van más alappontokkal szemben, de mozgásukkal és elmozdulásukkal számolni kell a hosszabb fennállásuk során. A munkám is bizonyítja, hogy érdemes őket bizonyos időközönként újra meghatározni, mivel mindkét magaspont elmozdult a nyilvántartotthoz képest, valamint belvárosi tornyok újramérés közben kiderült, hogy a felsővárosi templom tornyainak is megváltoztak a koordinátái.

A magaspontfelvezetés végrehajtását egy új mérési módszerrel kíséreltem meg végrehajtani, ami abból állt, hogy távolságot is mértem a toronygombokra, ezzel még több fölös adatot bevonva a kiegyenlítésbe. Minden esetben erősebb hálózatot kaptam a kiegyenlítés során. A távmérés bevonásával pedig kevesebb álláspontból is számítható a megfelelő pontosságú koordináta. Az ilyen módszerrel felvezetett magaspontoknak olyan pontleírást készítettem, amiben szerepel a toronygomb, illetve a kémény sugara.

A hőerőmű kéményének mozgásának vizsgálatának azért van jelentősége, mert modellezhetjük vele a kémény koordinátáinak változását a nap folyamán, és javításokat adhatunk meg egyes időszakokra ezáltal megbízhatóbb tájékoztatást kapva.

6. Irodalomjegyzék

- Tarsoly P. – Tóth Z. (2011):** Geodézia, Geodéziai számítások. Elektronikus tananyag, 6. modul 2011 17 old.
- Gyenes R. (2011):** Geodézia, Geodéziai alapponthálózatok, pontjelölések. Elektronikus tananyag, 3. modul 2011 8-13 old.
- Dr. Busics Gy. (2011):** Geodéziai Hálózatok, A vízszintes hálózatok fogalmainak és történetének áttekintése. Elektronikus tananyag, 2. modul 2011 28-33 old.
- Dr. Busics Gy. (2011):** Geodéziai Hálózatok, A vízszintes pontmeghatározás munkaszakaszai. Elektronikus tananyag, 3. modul 2011 44-46 old.
- Busics Gy. – Csepregi Sz. (1992):** Hálózati szemlélet a vízszintes alappontsűrítésben. Geodézia és Kartográfia, 1992/3. 157-166.
- Busics Gy. (1995):** A magaspontok és a GPS. Geodézia és Kartográfia, 1995/4. 201-209.
- Csepregi Sz. – Busics Gy. (1997):** Szabad álláspont. Geodézia és Kartográfia, 1997/5. 18-23.
- Geodéziai mérési praktikum. (2009):** kézirat
- Lepsényi M. (2005):** Szakdolgozat. Kémény mozgásvizsgálat GPS technológiával. Kézirat, Székesfehérvár, 2005.
- Varga A. (2011):** Szakdolgozat. A magaspontok meghatározása régen és ma. Kézirat, Székesfehérvár, 2011.