

13. előadás:

## A GNSS alkalmazási területei: geodézia, geodinamika alkalmazások

### 13.1. Bevezetés

A GNSS helymeghatározás elméleti háttere a különböző mérési módszerek megismerését követően rátérünk a GNSS technika különféle alkalmazási területeinek bemutatására. A műholdas helymeghatározó rendszerek elterjedésével a helymeghatározás művelete már nem igényel magas szakmai ismereteket, ennek elvégzését a GPS/GNSS vevők bárki számára költséghatékonyan biztosítják. Ugyanakkor ez az egyszerűség egyben a technika alkalmazásának veszélyeire is felhívja a figyelmet. Megfelelő szakmai ismeretek nélkül a felhasználókat elvakíthatja az a tény, hogy egy elektronikus eszköz kijelzi a saját pozícióját, hiszen a felhasználók többsége ezeket a koordinátákat minden kritikát mellőzve „helyes” koordinátáknak tételezi fel.

A korábbiakban láthattuk, hogy a GNSS technia alkalmazásával meglehetősen széles pontossági skálán tudjuk a méréseinket elvégezni az alkalmazott GNSS vevőktől és a mérési módszerektől függően. Gyakori tévedés a mindennapi gyakorlatban, hogy a szakmai ismeretekkel nem rendelkező felhasználó egy kódérésből meghatározott koordinátáról feltételezi, hogy az geodéziai pontosságú koordináta, ami természetesen nem igaz.

Mindezen veszélyek ellenére az egyre olcsóbbá váló vevőberendezések kinyitották a műholdas helymeghatározás és ezzel együtt a geodézia alkalmazási lehetőségeit más tudományágak és a hétköznapi élet számára is. Ma már természetes, hogy a gépjárművek jelentős részében van valamilyen GNSS navigációs eszköz, a kamionokat és nagyértékű szállítmányokat GNSS eszközökkel követik vagy éppen a mezőgazdaságban használják ezeket a vetőgépek vezérlésére.

A helymeghatározás elérhetővé tétele mellett a műholdészleléseket a földmegfigyelés területén is fel tudjuk használni. Földünk megfigyelése a fenntartható fejlődés és a környezetvédelem jegyében egyre fontosabb feladata az emberiségnek. A technikai fejlődés és a populáció növekedésével egyre inkább függünk a környezeti hatásoktól. Az elmúlt évtizedekben az emberiség kommunikációs kereslete jelentősen megnőtt, amelynek kielégítésében alapvető szerepet játszik a műholdas adatátvitel (TV, telefon, stb.). Az adatátvitel minősége azonban függ az ionoszféra állapotától, az abban található szabad elektronok számától. Így ami a helymeghatározás szempontjából szabályos hibaként jelentkezik, azt ismert koordinátákon végzett észlelésekből meghatározva, más tudományágak számára értékes információkat állíthatunk elő. Az ionoszféra állapotának nyomonkövetésével számszerűsíthetjük a műholdas adatátvitelt terhelő hatásokat, így a szolgáltatók előre felkészülhetnek az adatátviteli zavarok kezelésére.

Hasonlóképpen a troposzféra okozta késleltetés meghatározásával, az egyik legfontosabb üvegház hatást okozó anyag, a vízpára mennyiségének becslésére is módunk nyílik. A levegőben lévő vízpára mennyisége meghatározza a maximálisan kihullható csapadékmennyiséget, így segít a heves zivatarokat kísérő nagy intenzitású csapadék előrejelzésében. Ez különösen fontos a katasztrófavédelem és a tágabban értelmezve az egész gazdaság számára is.

A következőkben a különféle alkalmazási területekre mutatunk be néhány példát, ide értve a geodéziai és geodinamikai alkalmazásokon túl a meteorológiai, hidrológiai, aeronómiai és egyéb alkalmazási területeket is.

## 13.2. Geodinamikai célú alkalmazások

A korábbiakban már láthattuk, hogy a geodinamikai célú helymeghatározás támasztja a legmagasabb pontossági igényeket. Gyakran 1mm/év nagyságrendű elmozdulások meghatározását kell elvégeznünk, amely egyrésztől megköveteli a kellően hosszú mérési időszakok elemzését, illetve az elérhető legnagyobb pontosság biztosítását. Ennek megfelelően a geodinamikai célú alkalmazásokat mindig a szélső pontossági kategóriájú mérések közé soroljuk.

Az ilyen mérések elvégzésének alapja a körültekintően megtervezett, előkészített és végrehajtott mérés. A szabályos hibák bemutatása során már tárgyaltuk azok kezelésének módjait is. A szélső pontossági igényű méréseknél a tervezés során biztosítjuk az optimális mérési környezet, módszer és eszköz feltételeit. A mérési helyszín kiválasztásánál nem csak a geológiai információkat hanem a GNSS mérés szempontjait is maximálisan figyelembe kell venni. Kitakarás mentes környezetben hajtjuk végre a méréseket, olyan – lehetőleg közvetlenül az alapkőzetre – földalatti kényszerközpontosítóval ellátott ponton, ahol az egyes mérési epochák között a vevőantenna ismételt elhelyezése nagy pontossággal biztosított.

Megjegyezzük, hogy az EUREF permanens állomáshálózatában, ahol a pontjeleket általában épületek, illetve magas fémállványok tetején helyezik el, a legtöbb állomás a vízszintes sebességösszetevőben az 1mm/év mozgás kimutatására alkalmas. Ebben az esetben a permanens állomások folyamatos és kellő hosszúságú idősorainak elemzése teszi lehetővé az említett pontossági igények kielégítését.

A műszerezettség tekintetében mindenképpen kétfrekvenciás GNSS vevőkkel és lehetőség szerint abszolút kalibrálással ellátott geodinamika célú (stabil fáziscentrum, többutas terjedés hatását csökkentő antennaelemek) antennával kell a méréseket elvégezni. Rövidebb időtávú mérések esetén (nagy mozgások, néhány éves időtáv) az abszolút kalibrálástól el is tekinthetünk, ekkor azonban az egyes pontokon minden mérési epochában ugyanazt az antennát kell elhelyeznünk, mint a korábbi epochákban. Mivel több évtizedes mérések esetén az antennák működése hosszú távon nem biztosított, ezért célszerű az abszolút kalibráció elvégzése.

A kampányjellegű méréseknél mindig statikus észleléseket végzünk, a hálózat kiterjedésétől függő időtartamban. Regionális mérési kampányok esetén ez jellemzően több napon át tartó 24 órás méréseket jelent. A hosszú mérések előnye, hogy egyrészt a légkör hatása, másrészt a műholdgeometria hatása és a több 24 órás periódussal rendelkező hibahatás (óceáni árapály) is csökkenthető. Kampányjellegű méréseknél ügyelnünk kell a folyamatos mérések idősorában jól megfigyelhető szezonális hatásokra kiküszöbölésére is. Emiatt a mérési kampányokat az év mindig azonos időszakában végezzük, lehetőleg télen, amikor az ionoszféra szabad elektronsűrűsége minimális. Megjegyezzük, hogy a szezonális hatások magassági értelemben akár a cm-es nagyságrendet is elérhetik, így ezek elhanyagolásával téves következtetéseket vonhatunk le a tektonikai mozgások mértékére és irányára.

A szélső pontosságú feldolgozáshoz arra alkalmas feldolgozó szoftvert is kell használnunk. Ilyen szoftver például a Berni Egyetem Csillagászati Tanszéke által fejlesztett Bernese, vagy az MIT által fejlesztett GAMIT, illetve a NASA által fejlesztett GIPSY/OASIS.

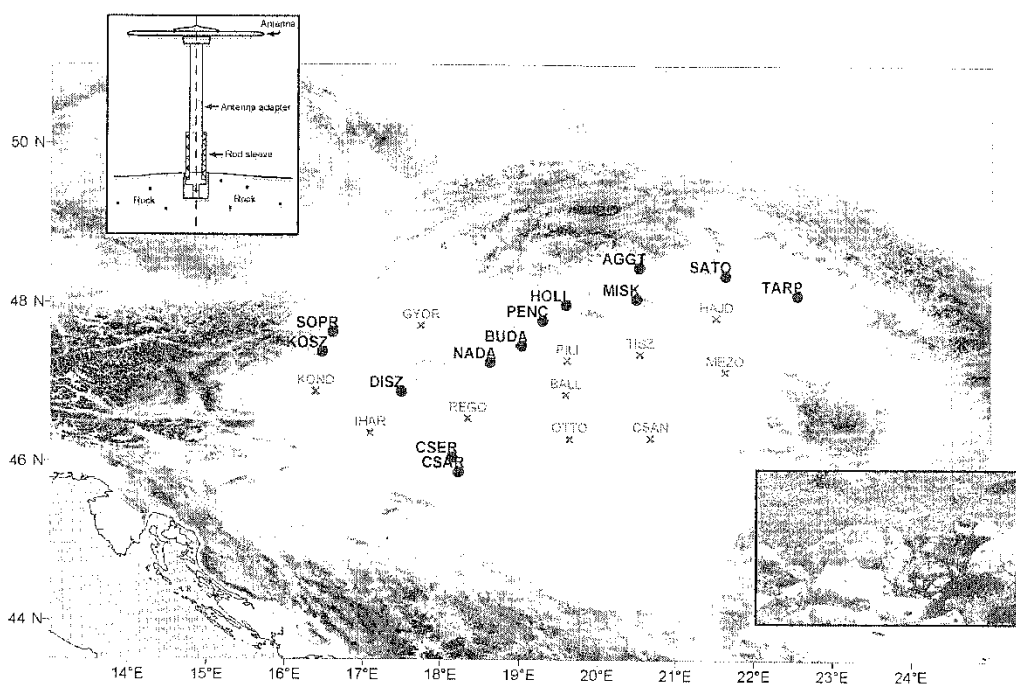
### 13.2.1. A magyar GPS geodinamikai vonatkoztatási hálózat

A jelenkori kéregmozgás mérésére alkalmas hazai GPS hálózat (HGRN) kialakítása először 1988-ban merült fel. A pontkiválasztások feltételei a következők voltak:

- a GPS pontnak sziklakibúváson kell elhelyezkednie és jól kell reprezentálnia az adott szerkezeti egységet,
- a terület tulajdonviszonyainak rendezettnek kell lennie,
- a pont legyen könnyen megközelíthető,
- az antenna horizontja felett  $15^\circ$ -kal nem szabad kitakarásnak lennie, és nem lehet semmilyen fém tárgy vagy más zavaró objektum a pont közelében a többutas terjedés hatásának elkerülése miatt.

A hálózatot 1990-1991-ben építették ki. A pontok többsége nemzeti parkokba vagy természetvédelmi területekre került. Minden egyes pont sziklakibúvásba került, közülük kilenc lépcsős típusú, három fűrt típusú állandósítással készült, míg a PENC nevű pont a FÖMI Kozmikus Geodéziai Observatóriuma épületének tetején egy pilléren lett elhelyezve. A 13.1 ábra a 13 HGRN GPS-pontot mutatja a Pannon-medence és környéke topográfiai térképén. Az ábrán jól látható, hogy a pontok elhelyezkedése geometriailag nem ideális, amit a szigorú kiválasztási szabályok (sziklakibúvások) indokolnak. A geometriai elrendezés javítása érdekében a feldolgozás során a hálózatot kiegészítik a GPS-kerethálózat pontjaival.

Bár az első kampányt már 1991-ben megrendezték, 1995-től alakul ki a hálózat mérésének stratégiája, amely szerint napi 24 órában 3 egymást követő napon végeznek szimultán észleléseket a hálózati pontokon. Hazánk a HGRN hálózattal részt vesz a közép-európai CEGRN geodinamikai hálózatban, így a környező országokkal karöltve egész Közép-Európa recens kéregmozgásait figyelemmel tudjuk kísérni a GNSS technika segítségével.



13.1 ábra. A HGRN geodinamikai hálózat (Ádám és társai, 2004)

### 13.3. Geodéziai célú mérések a mérnöki gyakorlatban

A geodéziai célú mérések között meg kell különböztetnünk az alappontsűrítést, a felmérés és a kitűzés feladatait. A következőkben ezekre mutatunk be néhány példát.

#### 13.3.1. Vízszintes alappontsűrítés

A GPS hazai geodéziai alkalmazása 1991-ben a negyedrendű pontmeghatározás irány- és távolságmérési technológiájának GPS-szel történő kiváltásával kezdődött. Az új

technológiával mintegy 4000 pontot határoztak meg. Napjainkban általában nem új hálózatok, hanem a negyedrendű hálózat bizonyos pontjainak karbantartása lehet a feladat, bár a hazai GNSS infrastruktúra létrejöttével a hagyományos alapponthálózatok fenntartásában egyre inkább szerepet kapnak a gazdasági megfontolások.

Másrésről pontosan a GNSS infrastruktúra létrejöttével a hétköznapi geodéziai gyakorlatban egyre inkább előtérbe kerül az önálló felmérési/kitűzési hálózatok kialakítása. Mivel a gyors-statisztikus mérési technológia a GNSS infrastruktúrára támaszkodva néhány tízperces mérésekkel lehetővé teszi a vízszintes alappontok koordinátáinak cm pontos meghatározását, ezért a legtöbb esetben gazdaságosabb a felmérés, ha nem a környező negyedrendű alappontokról vezetünk le saját felmérési/kitűzési hálózatot, hanem azt GNSS technikával határozzuk meg.

Mivel a harmadik generációs GNSS infrastruktúrán kívül rendelkezésünkre áll az Országos GPS Hálózat is, így hazánk egész területén feltételezhetjük, hogy 10-15 km-nél hosszabb vektorokat nem kell meghatároznunk, ezáltal a gyors-statisztikus mérésekkel vagy RTK mérésekkel az alappontsűrítés elvégezhető.

#### *13.3.1.1. Tervezés*

Az irodai és terepi előkészítés során beszerezzük a területre eső alappontokat, előzetesen meghatározzuk a tervezett pontok helyzetét, majd elvégezzük a pontok terepi ellenőrzését. A helyszínelés során különös figyelmet kell biztosítani az optimális mérési körülmények biztosítására (kitakaró objektumok, zavaró fémtárgyak esetleg interferencia). Fontos szempont, hogy a pontok fennmaradása biztosított legyen, a pontokról a felmérések/kitűzéseket optimálisan végre lehessen hajtani (ponttávolság, eloszlás). Ki kell emelnünk, hogy a mérendő pontok kiválasztásánál be kell vonnunk a területre eső OGPSH és EOVA pontokat is, előbbi a referencia pont koordinátái és a transzformáció elvégzése miatt, utóbbit a környező EOVA pontok minőségének ellenőrzése miatt.

A hálózat kialakításánál ügyeljünk arra, hogy – bár a hálózatban egyetlen ismert pont is elegendő lenne – több ismert koordinátájú pontot is mérjünk (ezt a környező OGPSH és EOVA pontok bevonásával már biztosíthatjuk).

A mérnöki alkalmazás célja szerint létrehozhatunk negyedrendű alappontokat, de mérnökgeodéziai alkalmazásra akár nagyobb pontossági igényeket kielégítő önálló hálózatokat is kiépíthetünk.

A hálózat mérése történhet egy vagy két ütemben. Egy ütemben történő létesítés esetén a referenciapontok maguk az OGPSH pontok, míg a rover vevőkkel a meghatározandó hálózat pontjait mérjük pontról pontra. Két ütemről akkor beszélünk, ha első lépésben az OGPSH-ra támaszkodva egy kerethálózatot hozunk létre, majd a nagyból a kicsi felé haladás elvét követve ezt a kerethálózatot tovább sűrítjük. A két ütemben történő mérésnek számos előnye van:

- optimálisan választhatóak ki a kerethálózat pontjai (áramellátás, zavaró objektumok, őrzés-védelem),
- a kerethálózatra támaszkodva rövidebb vektorok mérhetők, ami rövidebb mérési időt és a hibák mértékének csökkenését eredményezik,
- hatékonyan alkalmazható a gyors-statisztikus mérés az RTK technológiával együtt, hiszen a kerethálózat gyors-statisztikus méréssel történő meghatározása majd az RTK méréssel történő további sűrítés gyors és jó megbízhatóságú alappontsűrítést tesz lehetővé.

Az állandósítás során ügyelnünk kell az alappont céljának megfelelő állandósításra is. Amennyiben az alappont magasságmérésre is szolgál, akkor mindenképpen a fagyhatár alá lenyúló állandósítást kell alkalmaznunk. Magasabb pontossági igények esetén pillérek építése vagy mélyalapozású pontjelek építése is szóba jöhet.

#### 13.3.1.2. Mérés

A mai gyakorlatban elsősorban a (gyors-)statikus és az RTK mérések adják a GNSS technikával végzett alappontsűrítések nagy részét. Nagyobb pontossági igények, illetve hosszabb bázisvonalak esetén a statikus mérések javasolhatóak, míg kisebb pontossági igények esetén RTK technikával is el lehet végezni az alappontok sűrítését. Természetesen ezeken felül a félkinematikus, a visszatéréses vagy a GPS sokszögelés technikáját is alkalmazhatjuk az alappontsűrítés végrehajtására, de ezek a technikák a gyakorlatban kezdenek egyre inkább háttérbe szorulni.

#### 13.3.1.3. Feldolgozás

A feldolgozás lépéseit már bemutattuk a statikus és a kinematikus mérések feldolgozása során. Itt most csak annyit jegyeznénk meg, hogy a feldolgozás során ki kell mutatni az ellenőrzésbe bevont EOVA és OGPSH pontokon tapasztalt koordinátaellentmondás mértékét.

A geocentrikus térbeli derékszögű koordináták EOVS rendszerbe történő transzformációjához az OGPSH pontokat használhatjuk fel. A transzformáció megoldásához a FÖMI KGO rendelkezésre bocsátja ingyenesen az EHT<sup>2</sup> transzformációs szoftvert, amellyel jellemzően utófeldolgozott koordinátákat transzformálunk EOVS-be. A valós idejű technikák alkalmazására a VITEL transzformációs eljárás szolgál, amelynek licenzét a FÖMI-KGO-tól lehet beszerezni.

#### 13.3.2. Magasságmeghatározás

A GNSS technikával történő magasságmeghatározáshoz tudnunk kell, hogy valamennyi műholdas észlelésen alapuló mérési technika ún. ellipszoid feletti magasságot határoz meg. Ahhoz, hogy a hazai gyakorlatban alkalmazott Balti alapszint feletti magassághoz juthassunk, ismernünk kell a geoidunduláció ( $N$ ) értékét:

$$H_{Balti}^{GPS} = h^{GPS} - N. \quad (13.1)$$

A mérnöki gyakorlatban nekünk általánosságban a tengerszint feletti magasságra van szükségünk, ezért a következőkben azt tekintjük át, hogy a GPS technológiával meghatározott ellipszoid feletti magasságok segítségével hogyan határozhatjuk meg a tengerszint feletti magasságokat.

Meg kell jegyeznünk, hogy a műholdas helymeghatározásban a magassági koordinátakomponensek pontossági mintegy fele-harmada a vízszintes helymeghatározás pontosságának. Emiatt számos mérnöki alkalmazás pontossági igényét nem tudjuk GNSS technikával kielégíteni (magassági alappontsűrítés útépítéseknél, földmunka vagy útburkolat kitézése, stb.). A magassági koordinátameghatározás pontosságának korlátozó tényezője a légkör sebességmódosító hatása. Mint azt már a troposzféra hatásának bemutatásakor is említettük, a horizont körüli műholdak mérésekbe történő bevonásával a troposzféra hatása jobban modellezhető, ezért ez segítséget nyújthat a meghatározott koordináták pontosságának növelésében. Ugyanakkor a gyakorlatban ez csak ideális körülmények esetén valósítható meg.

A (13.1) képletben szereplő geoidunduláció ismeretében a tengerszint feletti magasságok az ellipszoid feletti magasságokból kiszámíthatóak.  $N$  értékének meghatározására számos módszer használható, ilyen például:



- a geoid gravimetriai úton történő meghatározása a nehézségi térerősségek felhasználásával,
- a geoid csillagászati szintezéssel történő meghatározása függővonal-elhajlásokból,
- a geoid meghatározási GPS/szintezéssel a GPS/szintezési illesztőpontokon (Ezek az illesztőpontokon ismerjük a pont Balti alapszint feletti magasságát felsőrendű szintezésekből, valamint az ellipszoid feletti magasságot GPS mérésekből. A kettő különbsége adja a geoidunduláció értékét.

A jelenlegi kutatások a fenti módszerek kombinálását, a geoidmeghatározásban bevonható mérési eredmények együttes feldolgozását vizsgálják. Kijelenthető azonban, hogy hazai és nemzetközi tapasztalatok alapján az abszolút értelemben cm pontos geoidmegoldás továbbra is kihívás marad.

A jelenlegi gyakorlatban elterjedt módszer szerint a gravimetriai és a GPS/szintezésen alapuló ún. GPS geoid kombinálásával érhetjük el a legjobb eredményeket a magasságmeghatározásban. A GPS geoid előnye, hogy a geoidfelület hosszú hullámhosszú változását jól követi, ugyanakkor nagy hátránya, hogy a GPS/szintezési pontok alacsony száma (megközelítőleg 350 pont) miatt a rövidhullámú összetevőket nem tudja modellezni. Ez utóbbira azonban a gravimetriai geoid alkalmas, míg annak hátránya, hogy a globális geopotenciál modellek hosszú hullámhosszú hibái miatt a gravimetriai geoidfelületek a GPS geoidhoz képest hosszú hullámhosszú hibával terheltek.

Az alkalmazandó módszer szerint a két geoidmegoldás kombinálásával előállítható egy olyan felület, amely mindkét modell előnyös oldalait egyesíti. Ezt nevezzük GPS-gravimetriai geoidnak.

Az ellipszoid feletti magasságokból a GPS-gravimetriai geoiddal számított geoidundulációk felhasználásával a tengerszint feletti magasságok meghatározhatóak. Ezt az eljárást használták például az OGPSH pontok magasságának meghatározására, illetve az EOMA III. rendű vonalainak sűrítésére a Dunántúlon.

### 13.3.3. Felmérés, kitűzés

A következőkben a cm pontossági igényeket nem meghaladó felmérési és kitűzési munkálatokkal fogunk foglalkozni. A felméréssel kapcsolatban meg kell jegyezzük, hogy a GPS technológia nem minden objektum felmérésére alkalmas, hiszen biztosítanunk kell a mérendő pontokon a műholdak zavartalan észlelését. Ezért például városi környezetben épületek sarokpontjainak felmérésére a technika csak korlátozottan alkalmas. A takarásban lévő pontok beméréséhez az alábbi lehetőségek közül választhatunk:

- segédpontok alkalmazása, külpontos mérés. Egy kitakart (rejtett) pontnál nem a pontot magát, hanem a közelben GPS mérésre alkalmas helyen mérünk segédpontokat. Ezt követően a segédpontok geometriájának ismeretében (pl. falsíkok kihosszabbítása) vagy a segédpontok és a rejtett pont távolságának meghatározásával ívmetszés módszerével a kitakart pont koordinátái meghatározhatók.
- GPS és mérőállomás együttes használata. A GPS mérésre alkalmas helyen kislappontokat határozunk meg, majd ezekről mérőállomással végezzük el a kitakart pontok felmérését. A gyakorlatban már vannak olyan mérőállomások, amelyekre felhelyezhető egy GPS vevő is, így a mérőállomás közvetlenül meg tudja mérni a saját koordinátáit. A tájékozás elvégzéséhez vagy egy ismert koordinátájú pontot használhatunk fel, vagy pedig egy általunk kiválasztott pont koordinátáit szintén megmérhetjük műholdas helymeghatározással. Ezt követően

a műszer – akár a részletméréseket követően is – elvégzi a tájékozást és számítja a részletpontok koordinátáit.

A felmérések végrehajtásához számos mérési módszer felhasználható. A termelékenységet biztosítása miatt a statikus méréseket erre a célra nem használjuk, de ezen felül mind a kinematikus, fél-kinematikus és az RTK módszerek felhasználhatók a részletes felmérés végrehajtására. Mint azt már korábban említettük, az első két módszer ún. utófeldolgozott technika, azaz a mérési eredményeket az irodai feldolgozást követően kaphatjuk meg, míg az RTK technológiával valós idejű koordinátameghatározást végezhetünk.

Az RTK technológia és a fél-kinematikus mérési módszer kiválóan alkalmazható azon részletes felmérésekhez, ahol a felmért pontokat pontszámmal, pontkóddal illetve manuálén történő megjelöléssel azonosíthatjuk. A valódi kinematikus módszert jellemzően domborzatmérésre alkalmazhatjuk, hiszen ebben az esetben a mérések között szabályos időközök telnek el, nem a terep jellemző pontjait mérjük. Meg kell említeni, hogy a GNSS mérések nagy előnye, hogy nincsen szükség összelátásra a referenciaállomáson elhelyezett vevővel, csupán az égboltra való szabad rálátást kell biztosítanunk.

Az inicializálás tekintetében elsősorban a menet közben történő (OTF) inicializálást részesítjük előnyben, hiszen itt nincsen szükség statikus mérésre a felmérés megkezdése előtt. Természetesen amennyiben ismert koordinátájú alapponton is el tudjuk végezni az inicializálást, akkor az is gazdaságosan végrehajtható. Az RTK módszer alkalmazásánál természetesen az inicializálást (ciklustöbbségek feloldása, FIX megoldás) meg kell várjuk a mérés előtt, de ez csupán néhány másodpercet vesz igénybe normál körülmények között.

Az adatrögzítési időköz több tényezőtől függ. A félkinematikus méréseknél néhány másodperces adatrögzítési időközt állítunk be, hogy ne kelljen túl hosszú ideig a részletpontokon méréseket végeznünk (általában 1-2 epocha elegendő). Valódi kinematikus mérésnél a mérési időköz egyben meghatározza a felmért pontok térbeli sűrűségét is. Így a vevő sebessége is befolyásolja az adatrögzítési időközt. Valós idejű kinematikus (RTK) méréseknél a mérési időköz általában 1 másodperc, de akár 10-20 mérést is végezhetünk másodpercenként. A modernebb RTK vevőkön nem csak konstans adatrögzítési időköz állítható be, hanem a vevő által megtett távolság függvényében is beállítható az adatrögzítés időköze.

A felmérésekhez felhasználandó mérési eszközök és technológiák kiválasztását befolyásolhatja a felméréendő terület jellege. Az RTK technológia korlátja, hogy a rádióadók hatótávolsága jellemzően 1,5-2 km-re korlátozott, míg hálózati RTK alkalmazása esetén a GPRS lefedettség miatt kényszerülhetünk utófeldolgozott technika alkalmazására. Ezekben az esetekben akár a valódi kinematikus, akár a félkinematikus módszer alkalmazható a mérés céljának függvényében.

Összegezve tehát ismét megállapíthatjuk, hogy a részletes felmérés esetén is nagyon fontos szerepet játszik a mérések előkészítése. A megfelelő műszer és mérési technológia kiválasztása mellett a mérési terület függvényében ügyelnünk kell a mérések tervezésére, a megfelelő műholdgeometria biztosítására. Célszerű olyan mérési ablakokat választani, amikor egyidejűleg minimum 7-8 műhold látható.

#### ***13.3.3.1. Az RTK kitűzés munkafolyamata***

Az RTK technológia előnye, hogy egyszerre biztosítja a geodéziai pontosság elérését a valós idejű adatszolgáltatással, így ez az egyetlen mérési módszer, ami geodéziai kitűzések végrehajtására is alkalmas. A kitűzés munkafolyamata a következő szakaszokra bontható.

A kitűzendő pontok koordinátajegyzékének előkészítése. A tervezési folyamat során előállíthatók a mérnöki létesítmény alakjelző pontjainak koordinátái. Ezek a koordináták nagy kiterjedésű és alacsonyabb kitűzési pontosságot igénylő létesítmények esetén lehetnek EOV vetületi koordináták, illetve szerkezeti kitűzések esetén helyi koordináták is. A szerkezeti kitűzések esetén meg kell vizsgálni, hogy az RTK mérési technológia biztosítani tudja-e a szerkezeti kitűzéssel kapcsolatos pontossági igények kielégítését.

A koordinátajegyzék elkészítése során ügyelni kell a pontszámozás egyértelműségére, a kitűzendő pontokon kitűzési terven vagy helyszínrajzon célszerű ábrázolni. Mivel az RTK technológiával geocentrikus elhelyezésű térbeli derékszögű koordinátákat határoznak meg a globális koordinátarendszerben (WGS-84, ITRFyy, ETRFyy), ezért fel kell állítanunk a koordinátarendszerek közötti transzformációs egyenleteket és definiálnunk kell azok paramétereit.

A transzformációs paraméterek meghatározása abban az esetben ha a kitűzendő koordináták EOV vetületi koordináták, akkor az OGPSH alappontok segítségével kerülnek meghatározásra. A munkaterület környezetében található 4-6 OGPSH pont alapján levezethetők a helyi térbeli hasonlósági transzformáció paraméterei (lásd a transzformációkról szóló fejezetet). Meg kell említenünk, hogy ugyanerre a célra a legtöbb RTK vevő ma már a VITEL valósidejű transzformációs eljárást alkalmazza, így ebben az esetben nem kell külön transzformációs paramétereket meghatározni, hanem az országosan használt paraméterkészletet (7 paraméter és további korrekciók) használhatjuk.

Önálló helyi rendszerben történő kitűzés esetén a kitűzést megelőzően meg kell határozni a transzformációs paramétereket, ehhez meg kell mérni az illesztőpontok térbeli derékszögű koordinátáit a globális vonatkoztatási rendszerben (WGS-84, ITRFyy, ETRFyy). Ezt követően az illesztőpontok ismert helyi koordinátái alapján meghatározhatjuk a transzformációs paramétereket (pl. egylépcsős transzformációs eljárással). A transzformációs paraméterek meghatározását követően azokat be kell állítanunk a vevő kezelőszoftverében is, hogy a későbbiekben elegendő legyen csak helyi koordinátákat megadni a kitűzésekhez.

A helyszíni szemle során felkeressük a munkaterületet, meggyőződünk arról, hogy az illesztőpontok és a referenciapont valamint a kitűzendő létesítmény környezete GNSS mérések végrehajtására alkalmas. Rádiós átjátszás esetén a rádióadó hatósugara lefedi-e a munkaterületet, hálózati RTK esetén van-e megfelelő GPRS lefedettség.

A referenciavevő üzembehelyezését követően elkezdjük a pontok kitűzését. A kitűzés során a mozgó vevő antennatartórúdon helyezük el, majd az inicializálást követően pontról pontra haladva megkezdjük a kitűzést.

A kitűzés során a vevő kezelőszoftvere navigációs eszközökkel (iránytű, távolságkijelzés) segít a kitűzendő pont helyzetének meghatározásában. A pont közvetlen környezetében általában az északi irányhoz, a Naphoz vagy pedig valamilyen ismert koordinátájú ponthoz tájolva a kijelzőn található térképet derékszögű méretekkkel (jobbra-balra, előre-hátra) tudjuk a pontos kitűzést végrehajtani. A pont megjelölése után lehetőségünk van az ellenőrző mérés elvégzésére, amelyet követően a vevő tárolja a kitűzött pont koordinátáit és így a ponthibák kimutathatóak.