

Varga Zsolt Ferenc
Biro Janos
Geodéziai
példatar



Debreceni Egyetem Műszaki Kar
Építőmérnöki Tanszék

DEBRECENI EGYETEM
MŰSZAKI KAR
ÉPÍTŐMÉRNÖKI TANSZÉK

Dr. Varga Zsolt Ferenc

ÉPÍTÉSI ISMERETEK

II. kötet

Geodéziai alapismeretek

Egyetemi jegyzet



Debreceni Egyetemi Kiadó
Debrecen University Press
2018

Sorozatszerkesztő:

Dr. Lámer Géza

Lektorok:

Dr. Czédli Herta

Főiskolai docens

Debreceni Egyetem Műszaki Kar Építőipari Intézet, Építőmérnöki Tanszék

Dr. Kézi Csaba Gábor

adjunktus

Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Ipari folyamatmenedzsment Intézet,
Műszaki Alaptárgyi Tanszék

© Debreceni Egyetemi Kiadó Debrecen University Press,
beleértve az egyetemi hálózaton belüli elektronikus terjesztés jogát is

ISBN 978 963 318 712 8

Kiadta: a Debreceni Egyetemi Kiadó Debrecen University Press

Felelős kiadó: Karácsony Gyöngyi

Nyomdai munkálatokat

a Debreceni Egyetem sokszorosítóüzeme végezte 2018-ban.

www.dupress.hu

ELŐSZÓ

Dr. Szily Kálmán, a Magyar Tudományos Akadémia tudósa és szeretetreméltó főkönyvtárosa *Gyalulat* című, 1835-ben megjelent munkájában a 41. oldalon a *Geometra* címszó után ezeket írja: "földmérő; minthogy azonban a geometra nemcsak $\gamma\epsilon\alpha$ -t vagyis földet mér, hanem más egyéb tárgyakat is: ennél fogva általánosabb néven s helyesebben *mérnök*-nek mondathatik." Tehát a mérnök szó eredendően a földmérőt, geodétát jelölte, aki geodéziával, térképek készítésével foglalkozott.

A geodézia napjainkra a mérnöki szaktudományok egyre szélesebb körével került és kerül kapcsolatba, egyre több szakterülettel van több kapcsolódási pontja. Gondoljunk csak például a műholdas helymeghatározásokra vagy a légi- és űrfelvételek igen széleskörű felhasználási lehetőségeire. Nyilván nem szükséges és nem is lehet cél, hogy minden mérnöki végzettséggel rendelkező ember földmérő is legyen, de egy általános alaptudással, rálátással az igényes szakmaiság biztosítása érdekében rendelkeznie kell. Ennek különös aktualitást ad az a manapság jellemzően sajnálatos tendencia, miszerint a geodézia oktatását egyes képzési területeken teljesen megszüntették. Ezen túlmenően nem áll rendelkezésre olyan átfogó kézikönyv sem, amely egyszerűen és tömören összefoglalva tárgyalja az alsó geodézia jelentősebb témaköreit. Ennek a hiányosságnak a tankönyvi megjelenítésére vállalkoztam a jegyzet elkészítésével, melyben röviden, de komplex szemlélettel mutatom be a geodézia alapjait, oly módon, hogy az olvasó párhuzamosan ismerhesse meg a különböző vetületeket, alappont hálózatokat és kataszteri rendszereket, hazai és nemzetközi viszonylatban egyaránt. Ezen kívül szemléltetem a hagyományos geometriai módszereket, melyek ugyan napjainkra háttérbe szorultak, de mivel ezen módszerek képezik a geodézia alapjait, így ismeretük elengedhetetlen. Mindemellett természetesen tárgyalom a jelenleg használatos műholdas és a lézer technikákat egyaránt.

Az elméleti és gyakorlati ismeretek egy rövid gyűjteményét adom közre ebben a jegyzetben, remélve ezáltal azt, hogy azon hallgatók figyelmét is sikerül felkeltenem, akik korábban nem tanultak geodéziát. Ezért igyekeztem kerülni az idegen nyelvű szavakat, szakkifejezéseket, képleteket, amivel azt a célt szeretném elérni, hogy a nem feltétlenül szakirányban tanuló hallgatók számára is közérthető és világos megfogalmazásban, olvasmányos módon tárgyaljam a földmérési alapismereteket.

A jegyzetet ajánlom a műszaki menedzser, építő, építész és környezetmérnök hallgatóknak, a térképészet és a térinformatika területén dolgozóknak, valamint mindazoknak, akik a geodézia iránt érdeklődnek.

Köszönöm Dr. Lámer Géza főiskolai tanárnak a jegyzet megírására való felkérését és a munka során nyújtott segítségét. Köszönöm továbbá a Debreceni Egyetem

Műszaki Karának, hogy lehetővé tette e kiadvány megjelenését, ezzel is emelve a tárgy oktatási színvonalát.

Debrecen, 2017. szeptember hó 26.

Dr. Varga Zsolt

okleveles birtokrendező mérnök
földmérő mérnök
doctor philosophy
egyetemi adjunktus

DUPRESS

TARTALOM

ELŐSZÓ	3
TARTALOM	5
1. A GEODÉZIA TÁRGYA, FOGALMA ÉS KAPCSOLÓDÓ TUDOMÁNYTERÜLETEI	9
2. VETÜLETI ALAPFOGALMAK	12
2.1. A Föld elméleti alakja	12
2.2. Geodéziai vetületek	16
2.2.1. Nemzetközi vetületek	19
2.2.2. Magyarországon alkalmazott vetületek	20
3. GEODÉZIAI HÁLÓZATOK	25
3.1. Vízszintes hálózatok Magyarországon	27
3.2. Magassági hálózatok Magyarországon	28
3.3. A műholdas helymeghatározás hálózatai	31
3.3.1. Nemzetközi hálózatok, térbeli (3D) alappontok	31
3.3.2. A hazai hálózat (OGPSH – Országos GPS hálózat)	33
4. A GEODÉZIÁBAN ALKALMAZOTT MŰSZEREK	36
4.1. A liebellák	36
4.2. A teodolit	38
4.3. A mérőállomás	40
4.4. A szintező	41
4.5. A műholdas helymeghatározó rendszerek	44
5. FELMÉRÉSI ÉS KITŰZÉSI MÓDSZEREK	52
5.1. Alappontsűrítési és részletmérési eljárások	52
5.1.1. Geodéziai alapfeladatok	52
5.1.2. A tájékozás	53
5.1.3. Előmetszés	54
5.1.4. Oldalmetszés	56
5.1.5. Hátrametszés	56
5.1.6. Ívmetszés	58
5.1.7. Sokszögvonalak	59
5.2. Kitűzési módszerek	61
5.2.1. Ortogonális kitűzés	62
5.2.2. Poláris kitűzés	63

5.2.3. Kitűzés műholdas helymeghatározással	64
6. TÉRKÉPKÉSZÍTÉSI TECHNOLÓGIÁK	66
6.1. Térképkészítés földi eljárásokkal	66
6.2. Térképek előállítása távérzékelés útján	67
6.2.1. Űrfelvételek	69
6.2.2. Ortofotók	70
6.2.3. Lézer szkennelési eljárások	73
7. INGATLAN-NYILVÁNTARTÁSI ISMERETEK	75
7.1. Európa ingatlan-nyilvántartási rendszerei	76
7.2. Magyarország ingatlan-nyilvántartási rendszere	77
8. IRODALOMJEGYZÉK	82
9. INTERNETES HIVATKOZÁSOK	84
10. ÁBRAJEGYZÉK	85
11. TÁBLÁZATJEGYZÉK	89
SZÍNES TÁBLÁK	

DUPress

DUPress

1. A GEODÉZIA TÁRGYA, FOGALMA ÉS KAPCSOLÓDÓ TUDOMÁNYTERÜLETEI

Az emberiség a történeti és technikai fejlődésének következtében ma már képes nagy pontosságú mérések végrehajtására, ezáltal pontos térképek előállítására az őt körülvevő világról. Azonban hibátlan méréseket nem tud végezni, így az előállított térképek is – ha kis mértékben is, de – hibákkal terheltek. Egyrészt a Föld nem szabályos alakú, ezt a felszínt függvényekkel leírni nem tudja, csak helyettesítő felületet tud meghatározni. Végeredményként, ennek a bonyolult és összetett felületnek az ábrázolása jelenik meg síkban, a térképeken, így nyilvánvaló, hogy a térképi ábrázolás sem lehet torzulásoktól mentes. Másrészt a térképi ábrázolás érdekében végzett mérési eredmények sem a mért mennyiségek (szögek, hosszak) valódi nagyságát tükrözik, hanem azok a mérési eljárásból, alkalmazott eszközökből származó hibákkal terheltek.

A tudományterület nagy utat járt be, amíg a mai pontosságát, színvonalát elérte, mindazonáltal a fejlődés ma sem állt meg, így az eszközök pontossága, az új módszerek, mind, még pontosabb és még gyorsabb meghatározások képét vetítik előre. A tudomány lényege azonban nem sokat változott az idők során.

A geodézia a Föld alakjának és méreteinek, valamint a Föld fizikai felszínén és a felszín alatt lévő természetes és mesterséges alakzatok helyének, geometriai méreteinek meghatározásával foglalkozó tudomány. Ebbe a feladatkörbe tartozik az építmények helyének terepi kitűzése, majd a megvalósult létesítmények térképi ábrázolásához szükséges terepi felmérés. A folyamat során adatgyűjtést, adatfeldolgozást, majd térképi megjelenítést különítünk el.

A geodéziát felső- és alsógeodéziára osztjuk. A felsőgeodézia feladata a Föld és a Föld alakját helyettesítő geometriai alakzatok (ellipszoid, gömb) alakjának és méreteinek meghatározása. Az alsógeodézia feladata, a felsőgeodézia meghatározásaira támaszkodva a felszíni és a felszín alatti természetes és mesterséges tereptárgyak helyének, alakjának felmérése vagy kitűzése, illetve azok térképi ábrázolása. Manapság a teljes szakterületet integrálva, mintegy kiterjesztett tartalommal, de mégis összefoglaló néven világszerte geomatikának nevezik. A geomatika magába foglalja geodéziát, a térképészetet, a földrajzi információs rendszereket, a távérzékelést, ezen belül a fotogrammetriát, informatikát, térinformatikát, tehát összefüzi mindazon szakterületeket, melyeknél a földrajzi helyhez kötött információk meghatározása, feldolgozása és tárolása nélkülözhetetlen. Napjainkban megfigyelhető, hogy a geodézia földrajzi helymeghatározással foglalkozó ága egyre inkább integrálódik más szakterületekbe is, ami a geodézia jelentőségének bizonyos értelemben vett csorbulásához vezetett. Sajnos az is megfigyelhető, hogy geodéziát a napi gyakorlatban, miután termékei többnyire nem látványosak (például egy terepen kitűzött út

nyomvonalra, vizuális értelemben nem hasonlítható össze egy épületről készített látványtervvvel), sokszor, „kiszolgáló” tudománynak definiálják és érdemtelenül nem a mérnöki tudományok élvonalában tartják számon.



1.1. ábra. Dániát és Svédországot összekötő híd, ami az utolsó 4 km-en a tenger alatti alagútban folytatódik



1.2. ábra. Atlanti út Norvégiában

Ugyanakkor, ha belegondolunk, földmérés nélkül nem valósulhattak volna meg például olyan csodálatos mérnöki alkotások, melyek hegyeket szelnek át vagy éppen, kontinenseket kötnek össze (az 1.1. ábra és az 1.2. ábra az előző oldalon, vala-

mint az 1.3. ábra).



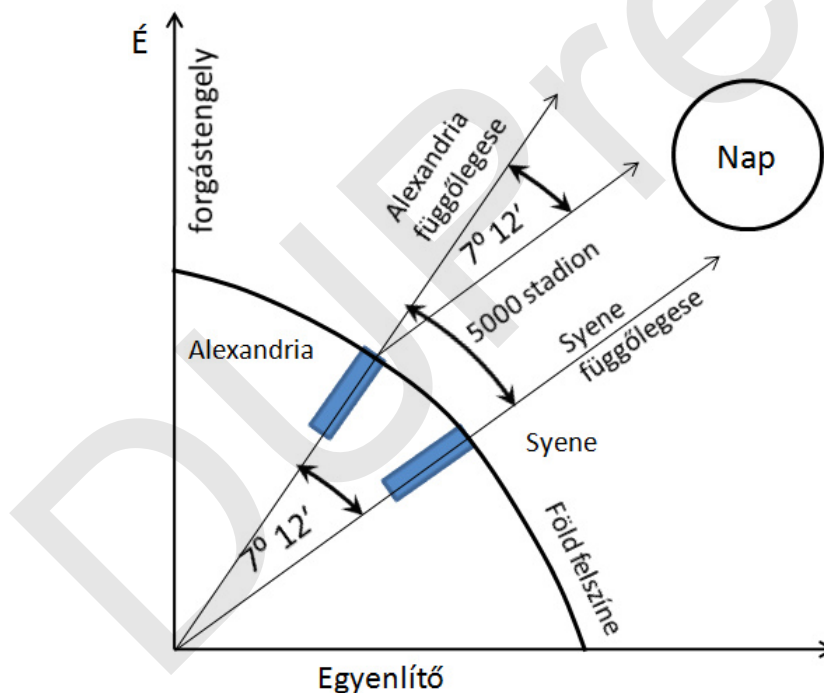
1.3. ábra. Albula vasút, Svájc

2. VETÜLETI ALAPFOGALMAK

2.1. A Föld elméleti alakja

A Földet kezdetben korong alakúnak képelték, ahol a szárazföldeket végtelen kiterjedésű tengerek határolják. A gömb alakra vonatkozó első tudományosan elfogadható hipotézis Püthagoraszról származik (ie. VI. század), aki megfigyelte, hogy a Hold megvilágított felülete mindig köríves, tehát gömb alakú a Föld is.

A gömbalak igazolására első kísérleti mérést Eratoszthenész Pentatlosz végezte ie. III. században (2.1. ábra). A nyári napforduló idején (június 22.) észrevette, hogy a Nílus mentén lévő kutakba (Szüéné «Syene»), a mai Asszuán) a napsugarak árnyék nélkül hatolnak be. A kutak fala függőleges volt, ezért a jelenség csak akkor fordulhat elő, ha a Nap az ég tetőpontjában van, azaz delel. Eratoszthenész tudta, hogy a Föld gömbölyű és feltételezte, hogy a Nílus É felé folyik egy meridián (hosszúsági kör) mentén.



2.1. ábra. Eratoszthenész mérése

Ezért a következő év ugyanazon napján egy másik Nílus menti városba (Alexandria) gnómonnal (árnyékvető pálca) megmérte, hogy a Nap milyen messze delel a zenittől (helyi függőleges dőléspontja az égen), ami a két hely szélesség különbségét adta. Majd mérte az ívhosszat (kocsikerék fordulatszámának meghatározása alapján, stadion mértékegységben) és a középponti szög ismeretében számította a Föld sugarát. Eredményként a Föld sugárra 6269 km-t (mai: 6378 km) a Föld kerületére pedig 39375 km-t (mai: 40077 km) kapott.

Ptolemaiosz (időszámításunk után II. század) volt az első, aki a geometriai alakon túl foglalkozott a Föld ábrázolásának matematikai alapjaival. A ptolemaioszi térképeket követően Európában egészen a XIII. századig a Földalak meghatározása szempontjából jószerivel semmi sem történt.

A Föld körbehajózását követően már viszont egyértelmű bizonyíték állt rendelkezésre arra vonatkozóan, hogy a Föld gömb alakú. Magellán hajósainak 1522-ben – Magellán nélkül ugyan – és egyetlen hajóval (ötten indultak útnak), de sikerült visszatérniük Spanyolországba.

Ekkor, a nagy felfedezések korában egyre inkább olyan térképekre volt szükség – elsősorban kereskedelmi célokból –, melyek pontosabbak, s így felméréseken alapulnak. Ezen felmérések alapjait a fokméréssel végrehajtott háromszögelés jelentette akkoriban. Ezzel a módszerrel nagyobb távolságokat is közvetett úton tudtak számítani. A háromszögelés célja az volt, hogy a több kilométer oldalhosszúságú háromszögek csúcspontjainak koordinátáit kiszámítsák. A távolságok mérése nehézkes és bizonytalan volt (pl. összelátás kellett a két pont között, a távolságokat kocsikerék fordulatszámával pontatlanul határozták meg stb.), háromszögeléssel viszont csak az első háromszög egyik oldalának hosszát mérték meg és fokméréssel meghatározták a háromszög összes belső szögét, melyek alapján közvetett úton számították az ismeretlen oldalak hosszát és a csúcsponti koordinátákat.

Az első ilyen fokmérést, 1525-ben egy párizsi orvos, Y. Fernel végezte. A mérés célja az volt, hogy Eratoszthenész nyomán megméri a Föld nagyságát. E célból, kerékfordulat számlálóval a Párizs és Amiens közötti ívet mérte meg. A Föld sugarára 6373,2 km-t kapott, ami tulajdonképpen megegyezik Eratoszthenész számításával.

Az eddig ismertetett mérések és meghatározások abból indultak ki, hogy a Föld gömb alakú. Newton viszont úgy gondolta, hogy ez nincs így, ezért a tudományos forradalom idején tisztán a gravitációs törvények alapján vezette le a Föld lapultságát, ami $1/230$ értékre adódott (a Föld lapultságának mai értéke $1/298,28$), tehát a Föld a sarkoknál lapult, vagyis „narancs” alakú.

(Megjegyzés. A lapultságot (l) úgy számítjuk, hogy a forgási ellipszoid fél nagytengely (a) és a fél kistengely (b) értékének különbségét elosztjuk a fél nagytengellyel (a .)

Jacques Cassini, francia csillagász mérései viszont ellentmondtak Newton számításainak és azt bizonyították, hogy a Föld a sarkoknál kicsúcsosodó formájú (citrom alakú). A hosszú vitának a francia akadémia két expedíciója (1735. évben Peruban és 1736-ban Lappföldön) vetett véget, melynek eredményei bizonyították, hogy a Föld a sarkoknál lapult forma.

Geodéziai mérések (az előbbi expedíciók) és mechanikai számítások (Newton számítása) útján bizonyítást nyert tehát, hogy a Föld nem lehet gömb alakú, ugyanis forog a saját tengelye körül, ezért annak minden pontjára hat a centrifugális erő. (Megjegyzés. A forgási sebesség az egyenlítő mentén 1675 km/h, a sarkok felé csökken, a sarkoknál lényegében nulla. A Nap körüli keringés sebessége 108.000 km/h Nap távolban lassabb, Nap közelben gyorsabb. Mind a forgás és mind a Nap körüli keringés az óramutató járásával ellentétes irányú.)

A centrifugális erőnek az iránya a forgástengelytől kifelé mutat, hatása az Egyenlítőnél a legnagyobb és a sarkok felé csökken. Ezért a Föld Egyenlítői átmérője nagyobb (Egyenlítőnél megnyúlt forma) mint a sarki átmérője (sarkoknál lapult forma).

A Föld lapultságának meghatározásán kívül még egy felismerésre került sor a perui expedíció eredményei alapján. A dél-amerikai expedíciót Pierre Bouguer (francia matematikus és fizikus) vezette, aki azt tapasztalta, hogy a háromszögeléssel számított és a csillagászati úton meghatározott ugyanazon pontok koordinátái eltérnek egymástól. Ebből azt a következtetést vonta le, hogy a hegy tömegvonzása okozza az eltéréseket. A tömegvonzás következtében a helyi függőleges nem egyezik meg a Föld alakot helyettesítő ellipszoidi normálissal. A Föld elméleti alakját tehát nem lehet kizárólag geometriai úton megadni, mert arra hatással van a tömegeloszlás is. Mivel a Föld tömegeloszlása nem homogén, így a Föld valódi alakját az a szintfelület (az azonos nehézségi erő értékeket összekötő felület) határozza meg, amely minden pontban merőleges a nehézségi erő irányára. (*Megjegyzés.* A szintfelületek azért nem párhuzamosak egymással, mert a Föld tömegeloszlása egyenlőtlen, így a nehézségi erőter erővonalai is térbeli görbék. Ezeket a térbeli görbéket függővonalaknak nevezzük.) A függővonal egy pontjában a függővonal érintője a helyi függőleges irány, melynek irányát a függő jelöli ki, míg a szintfelület érintő síkja egy pontban a helyi vízszintes sík, melyet például libellával tudunk kijelölni (2.2. ábra).



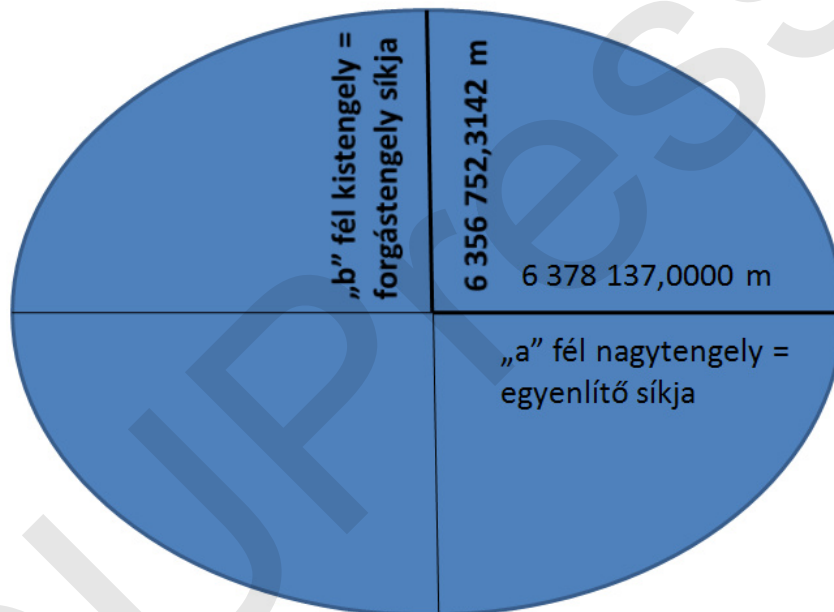
2.2. ábra A geoid, a helyi függőleges és a helyi vízszintes sík

Ezen szintfelület alapján a Föld alakját reprezentáló felületet nem forgási ellipszoidnak, hanem geoidnak (1873. Listing német fizikus után) nevezzük. Ez nem más, mint a földi nehézségi erő potenciáljának valamely közép-tengerszint magasságában lévő szintfelülete. (*Megjegyzés.* A geoidot legegyszerűbben úgy tudjuk elképzelni, ha a tengerek szintjét képzeletben a szárazföldek alatt összekötjük. A valódi földalak tehát nem citrom és nem narancs, hanem inkább krumpli alakhoz hasonlítható.)

A mai ismereteink alapján a Föld egyenlítői sugara kb. 6378 kilométer, az egyenlítői és a sarki sugár hosszának különbsége, vagyis a gömb alaktól való eltérése kb. 21 kilométer. A geoid és a hozzá legjobban illeszkedő ellipszoid közötti eltérések a ± 120 méteres értéket nem haladják meg.

A geoid mint alapfelület csak végtelen számú függvényt tartalmazó sorokkal írható le, így matematikailag nem kezelhető, ezért számításainkhoz szükségünk van egy matematikailag meghatározható (egyszerű, a geoidhoz jól simuló és véges számú függvényt tartalmazó sorokkal leírható) a geoidot helyettesítő alapfelületre.

A földalak harmadik gyakorlati megközelítése (helyettesítő alapfelülete) a forgási ellipszoid, melynek kistengelye egybeesik a Föld forgástengelyével, nagytengelye pedig az egyenlítő síkjában van (2.3. ábra). (*Megjegyzés.* Első megközelítés a geoid, második megközelítés a normál- vagy földi szferoid, de ezek matematikai összefüggései bonyolultak, ezért a gyakorlatban nem használatosak.)



2.3. ábra. Helyettesítő alapfelület, a WGS84 forgási ellipszoid méreteivel

A közelítéshez használt forgási ellipszoidok paramétereit többször meghatározták az idők folyamán (1. táblázat). Ilyen jelentősebb ellipszoidok például: Bessel-féle ellipszoid 1841., Hayford-féle ellipszoid 1924., Krassovskij-féle ellipszoid 1940., valamint az IUGG/67 ellipszoid 1967. és a WGS84 ellipszoid 1984.

1. táblázat. A Magyarországon alkalmazott alapfelületek

Az ellipszoid neve	Közlésének éve	„a” fél-nagy tengely hossza m-ben	„b” fél-kis tengely hossza m-ben	„l” lapultság
Bessel	1842.	6377397	6356078,963	1:299,153
Hayford	1924.	6378388	6356911,946	1:299,152
Kraszovszkij	1940.	6378245	6356863,019	1:298,3
IUGG/1967	1967.	6378160	6356778,516	1:298,247
WGS84	1984.	6378137	6356752,314	1:298,257

A gömböt is tekinthetjük alapfelületnek, abban az esetben, ha a térképezendő terület kisebb, mint 500 km^2 (a munkaterület egy $r < 13 \text{ km}$ sugarú körön belül van). Ekkor az ellipszoid és az ellipszoidhoz a terület középpontjában a legjobban simuló gömb közötti vízszintes eltérések elhanyagolhatók. Gauss módszerével, két alkalommal is kiszámították a különböző ellipszoidokhoz legjobban simuló gömb paramétereit. Így megkülönböztetünk régi és új magyarországi Gauss-gömböket. (Megjegyzés. Az ellipszoid és mindkét gömb érintési pontja a Gellérthegy nevű háromszögelési alappont.)

A síkot is tekinthetjük alapfelületnek, abban az esetben, ha térképezendő terület kisebb, mint 50 km^2 (a munkaterület egy $r < 4 \text{ km}$ sugarú körön belül van). Ekkor a gömb és az gömböt a terület középpontjában érintő sík közötti vízszintes eltérések elhanyagolhatók. (Megjegyzés. A napi mérnöki gyakorlatban ezt alkalmazzuk.)

Így tehát rendelkezésünkre állnak olyan alapfelületek, amelynek egy definiált koordináta rendszerében egy földi pont koordinátáit meg tudjuk határozni. A térképi ábrázolás azonban nem az alapfelületen, hanem síkban történik, tehát az alapfelületet (kivéve, amikor sík az alapfelület is) valahogyan síkba kell fejtenünk úgy, hogy eközben a mérési eredmények a lehető legkisebb mértékben torzuljanak.

2.2. Geodéziai vetületek

Összegezve, tehát, egy földfelszíni pont meghatározását három lépésben tudjuk elvégezni.

- Első lépés: a terepen megmérjük az ismeretlen pontot, méréshez egy választott koordináta rendszert, a helyi függőlegest és a helyi vízszintest használjuk.
- Második lépés: a mérések feldolgozása (számítások) az alapfelület (ellipszoid, gömb) koordináta rendszerében történik.
- Harmadik lépés: az eredményeket felszerkesztjük a térkép koordináta rendszerében.

Mint az látható, mindhárom lépésnek megvan a saját vonatkozási rendszere (1. helyi függőleges, helyi vízszintes, 2. alapfelület koordináta rendszere, 3. a térkép koordináta rendszere), hiszen mérni és számítani csak egy egyértelműen meghatározott koordinátarendszerben tudunk. Ahhoz, hogy a folyamatot a gyakorlatban is végre tudjuk hajtani (eljussunk a terepi mérésektől a térképi ábrázolásig), egyértelmű kapcsolatot kell teremteni a három vonatkozási rendszer között (2.4. ábra).

Első lépésben kapcsolatot kell teremtenünk a terep és az alapfelület között. Ezt úgy valósítjuk meg, hogy a meghatározandó pontot levetítjük az alapfelületre, majd

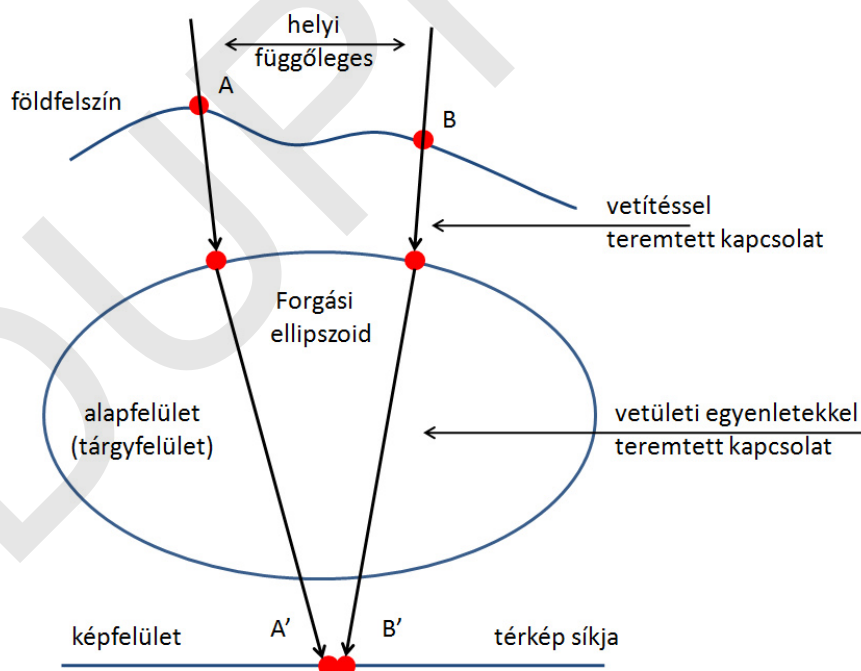
ezen a felületen definiált koordinátarendszerben (pl. földrajzi koordináta rendszer) meghatározzuk a pont koordinátáit (pl. földrajzi szélesség és hosszúság) és számítjuk a földi pont távolságát az alapfelülettől (a pont magassága).

A tengerszint magasságában lévő alapfelületen végzett meghatározást **vízszintes meghatározásnak**, míg az alapfelületi pont és a terepi pont távolságának (a vetítővonal hossza a helyi függőleges mentén) meghatározását **magassági meghatározásnak** nevezzük. (Megjegyzés. A vetítés elhanyagolásokkal jár, melyek mértéke annál kisebb, minél jobban simul az alapfelület a Föld fizikai felszínéhez. A művellet végrehajtásával a *felsőgeodézia* foglalkozik.)

Második lépésben az alapfelület és a térkép síkja közötti kapcsolatot teremtjük meg. Ekkor az alapfelületen meghatározott pontok képét rávetítjük a térkép síkjára (tehát valamely görbült felületről vetítünk síkra). Belátható, hogy két matematikailag definiált felület között egyértelmű matematikai kapcsolat teremthető (speciális esetben geometriai is, melyről részletesen a magyarországi vetületeknél adunk áttekintést).

Harmadik lépésben az eredményeket felszerkesztjük a térképre, melyhez valamelyik térképszerkesztő programot használjuk.

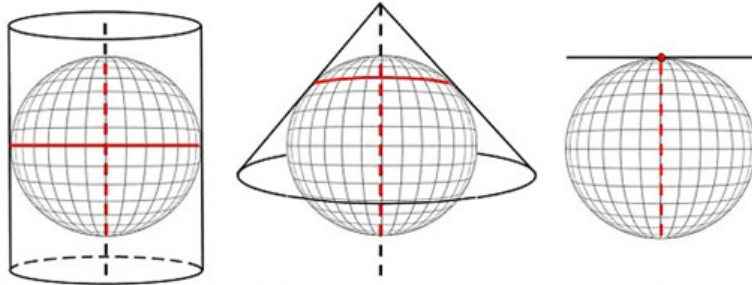
A kapcsolatot a térkép és az alapfelület koordináta rendszere között a **vetületi számítások** teremtik meg. A vetületi számítások során a terep alapfelületi képének a térkép síkjában leképződött képét vetületi képnek, vagy egyszerűen **vetületnek** nevezzük.



2.4. ábra. *A* és *B* terepi pontok térképi ábrázolása

Vetítés módja szerint megkülönböztetünk **valódi** és **képzetes vetületeket**. Az előbbieket esetében a vetítést matematikailag is leírhatjuk és geometriailag is megszerkeszthetjük (perspektív vetítés), míg az utóbbi esetben a tárgyfelület (rendszerint a térképezéshez választott alapfelület) és a képfelület (térkép síkja) közötti kap-

csolatot csak matematikai úton tudunk létrehozni. A vetületek lehetnek henger, kúp vagy sík felületek. A henger és a kúp egy-egy alkotójuk mentén elvágva síkba fejthetők (2.5. ábra).



2.5. ábra Henger, kúp és sík vetületek

A geoidot helyettesítő alapfelületek (gömb, forgási ellipszoid) torzulások nélkül nem fejthetők síkba. Ebből az következik, hogy minél nagyobb a térképen ábrázolni kívánt felületdarab (földfelszín) annál nagyobb torzulásokat szenvednek a szögek, hosszak és területek. Meg lehet határozni azonban olyan vetületi egyenleteket, melyek alkalmazása révén a torzulások mértéke csökkenthető, illetve melyek felhasználásával a szög- vagy a területtorzulás megszüntethető. Ennek alapján a vetületek lehetnek:

- **általános torzulású vetületek**, amikor az alapfelületi szögek, hosszak és területek is torzulást szenvednek a képfelületen (alkalmazásuk kis méretarányú térképek esetében jellemző pl. atlaszokban),
- **területtartó vetületek**, amikor a tárgyfelületi és képfelületi területek arányai nem változnak (pl. földrajzi térképeken használják),
- **szögtartó vetületeknek** nevezzük azokat a vetületeket, melyeknél ugyanazon tárgy és képfelületi pontból, két másik (de a felületen egymásnak megfelelő) két pontba menő irány által bezárt szög egyenlő. Vagyis a tárgy-és képfelületi szögek megegyeznek.

A geodéziában csak szögtartó vetületeket alkalmazunk (pl. földmérési alaptérképek).

Nem létezik olyan vetület, amely a tárgyfelületről a képfelületre úgy vetítene hosszakat, hogy azok alapfelületi és térképi aránya a vetítés során ne változzon. A hosszak, tehát bármely vetületet is alkalmazzuk, torzulás szenvednek. **Hossztartó vetület nincs**. Egyes vetületek esetén léteznek olyan kitüntetett helyzetben lévő vonalak, melyek hossza a vetítés során nem változik, ezek az alapfelületnek és a képfelületnek közös elemei kell, hogy legyenek.

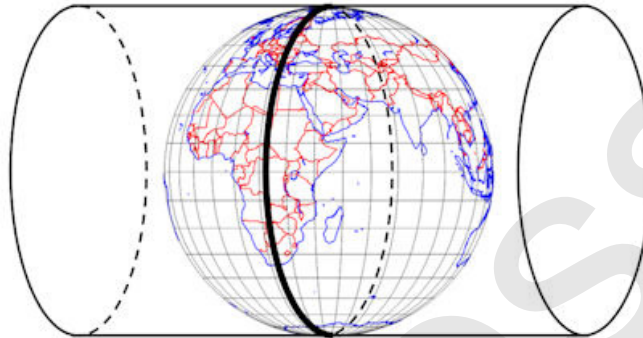
Az előbbieket alapján kijelenthető, hogy a vetületek egyik legfontosabb jellemzője a hossztorzulás, melyet a **hossztorzulási tényezővel** (h) definiálhatunk ($h = d/s$, a képfelületi hossz és alapfelületi hossz hányadosa).

A **térkép méretaránya** (M) egy olyan arányszám, amely megmutatja, hogy a vetületi síkon (alapfelület, pl. egy forgási ellipszoid) lévő távolságok (m) a készített térképen (térkép síkja, mint képfelület) hányad részükre kicsinyítve jelennek meg. Tehát a térképi méretarány nem más, mint egy egységnyi a térképi hossz és a hozzá tartozó alapfelületi hossz (vetületi távolság) hányadosa ($M = 1/m$).

2.2.1. Nemzetközi vetületek

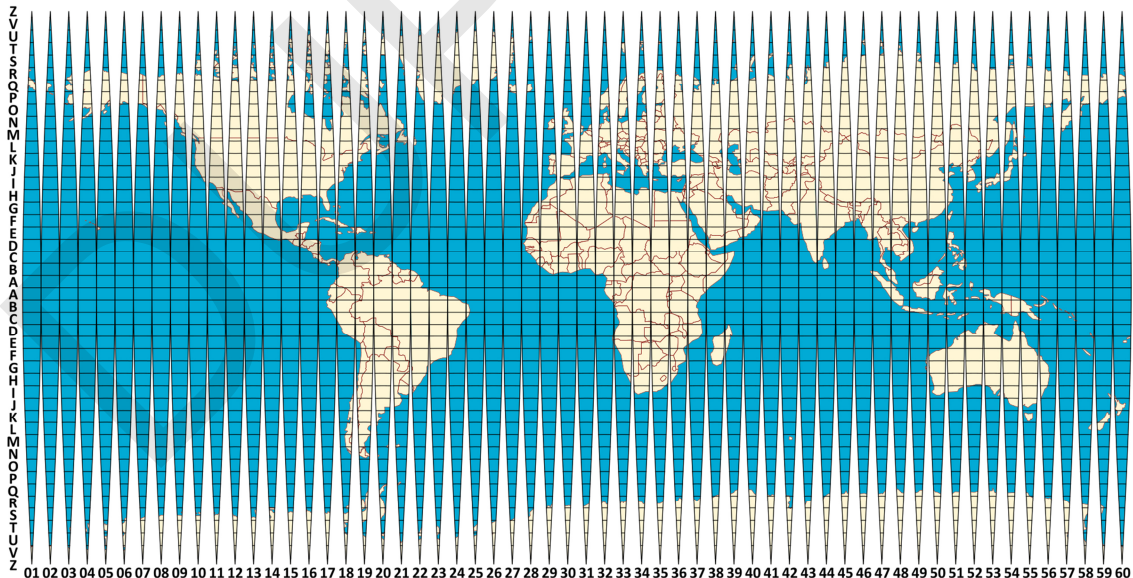
Gauss–Krüger-vetület

A Gauss–Krüger-vetületet nagy, egybefüggő területek ábrázolására használták a volt szocialista tömb országai az 1950-es évektől az ezredforduló elejéig. A vetület alapfelülete a Kraszovszkij-féle forgási ellipszoid, képfelülete pedig a Föld forgástengelyére merőleges elhelyezésű henger (a henger tengelye az egyenlítő síkjában fekszik, és átmegy az ellipszoid középpontján). A vetítés az ellipszoidról szögtartó módon történik közvetlenül a hengerre. (2.6. ábra)



2.6. ábra. A Gauss–Krüger-vetület

A vetítéshez az alapfelületet 60 egyenlő részre osztották a Greenwich-el (kezdő meridián, földrajzi hosszúság értéke 0°) átellenes meridiántól 6° -ként, mely sávokat arab számokkal jelölték. Az Egyenlítőtől északra és délre pedig 4° -os övezeteket hoztak létre, melyeket az ABC nagybetűivel jelöltek, majd a 60 vetületi sávot a síkba terítették (2.7. ábra).



2.7. ábra. A Gauss-Krüger vetületet sávjai és övezetei

Mindegyik sávhoz ugyanaz a koordináta-rendszer tartozik, melynek X koordináta-tengelye a középmeridián (pozitív ága északra mutat), az Y koordináta-tengelye pedig az egyenlítő képe (pozitív ága keleti irányú). Mindegyik koordináta-rendszer kezdőpontja nyugati irányba 500 km-el el van tolvá, ezért csak pozitív értékek vannak egy-egy sáv területén.

A nemzetközi szelvénybeosztásnak megfelelően Magyarország területe a 33. és 34. sávokba és L valamint M övezetekbe esik.

Az UTM vetület

Az UTM (Universal Transverse Mercator) vetületi rendszer az 1950-es évektől kezdődően a NATO tagállamok vetületi rendszere, illetve a GPS (Global Position System – az amerikai rendszer elnevezése) kifejlesztése (1973.) után a műholdas helymeghatározás vonatkozási rendszere is (2.8. ábra). A GPS navigáció terjedésével a vetületi rendszer alkalmazása is egyre szélesebb körű lett. Magyarországon a NATO csatlakozást követően, 1997-től alkalmazza a katonai térképészet. A vetület alapfelülete a WGS84 jelű ellipszoid (World Geodetic System 1984), képfelülete pedig az egyenlítő síkjában elhelyezett metsző henger.



2.8. ábra. UTM vetületi rendszer

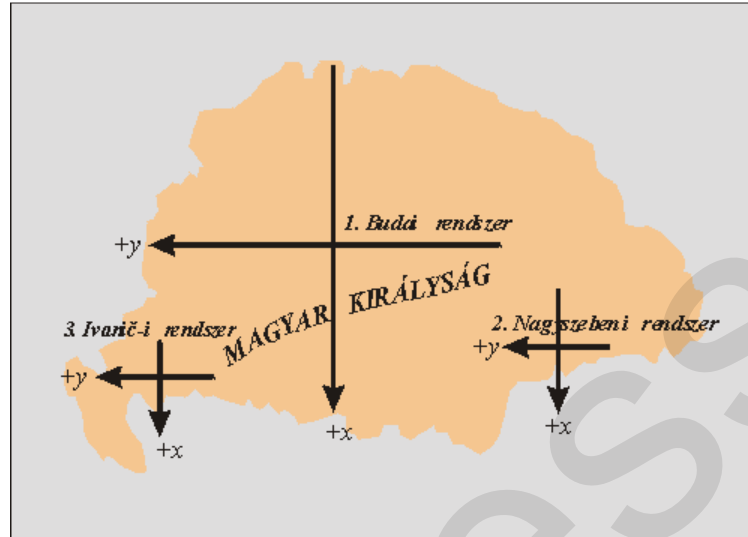
Az északi és déli sarkok a hengeren kívül esnek, ami nem okoz gondot, miután nem lakott, ember által kevésbé használt területekről van szó, így itt nagyobb torzulások is megengedhetők. A vetület jellemzői a Gauss–Krüger-vetületnél leírtaktól tehát csak annyiban térnek el, hogy az UTM vetületnél olyan hengert alkalmaznak, amely nem érinti, hanem metszi az ellipszoidot.

2.2.2. Magyarországon alkalmazott vetületek

Vetület nélküli rendszerek

Az I. katonai felmérés (1766-1785) idején, 10 vetület nélküli rendszert alkalmaztak a Habsburg birodalom térképezésére, melyek közül a Magyar Királyság területére 3 darab esett (2.9. és 2.10. ábrák, lásd a következő oldalon). A vetület nélküli rendszerek elve abban állt, hogy az Oriániai által meghatározott ellipszoidot alkalmazták, melynek fél nagytengelye 3 362 035 öl volt, lapultsága pedig 1/310 volt. A számított koordinátákat változtatás nélkül szerkesztették át a térképre (2.1 fejezet,

2.1. ábrán látható „vetületi egyenletekkel teremtett kapcsolatot” nem alkalmazták a koordinátaszámítás folyamatában). Ennek eredménye az lett, hogy a távolságok jelentős hossztorzulást szenvedtek. A nagy torzulások végett volt szükségük több koordináta-rendszer meghatározására.



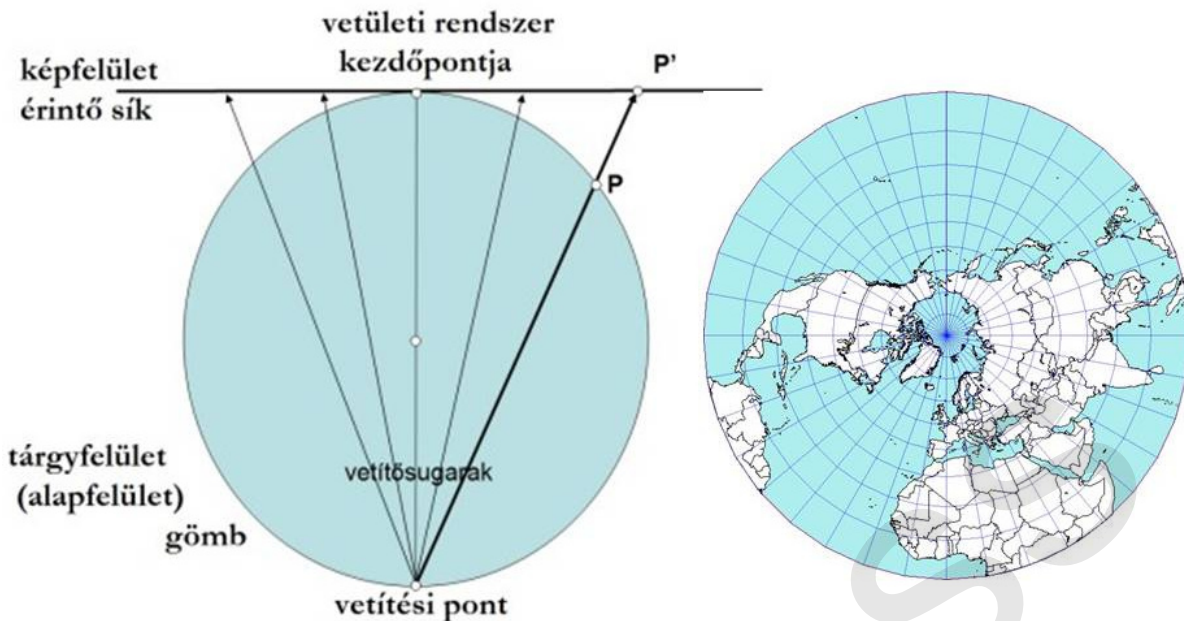
2.9. ábra. Az I. katonai felmérés koordináta-rendszerei



2.10. ábra. I. katonai felmérés Debrecen területéről

Sztereografikus vetületi rendszerek

A sztereografikus rendszer az egyetlen **valós vetület** (lásd a 2.2. fejezetet) melyet az 1900-as évek elejéig Magyarországon a geodéziai vetületként alkalmaztak (2.11. ábra). Alapfelülete gömb, képfelülete pedig érintő sík. Az érintési pont ellenlábaspontja a vetítési pont, amelyből a vetítősugarak kiindulnak.



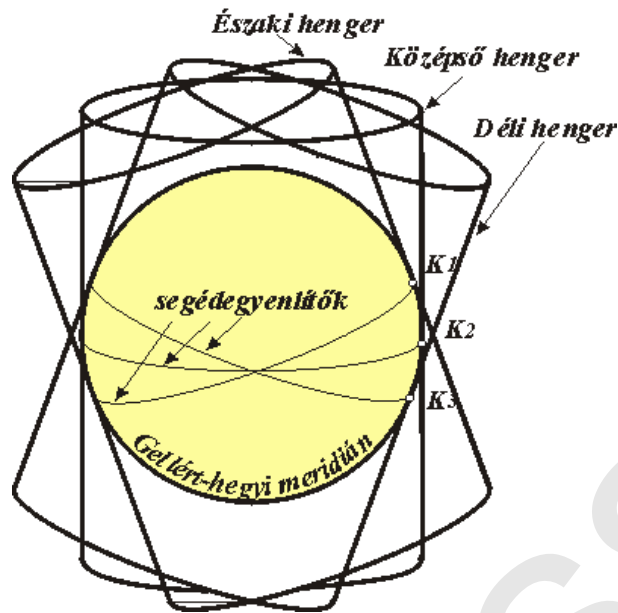
2.11. ábra. A sztereografikus vetület

1860-ban kezdték el alkalmazni a sztereografikus rendszereket. A kettős vetítés során a Bessel-féle ellipszoidról régi magyarországi Gauss-gömbre, onnan pedig síkra vetítettek. A jelentős hossztorzulások miatt a Magyar Királyság területére két rendszert határoztak meg. Az egyik a budapesti rendszer (kezdőpontnak a korábbi vetület nélküli rendszer Budai kezdőpontját fogadták el), a másik pedig a marosvásárhelyi rendszer (kezdőpontja a Késztej-hegy). *(Megjegyzés.* Mivel ennél a vetületnél körnek mindig kör felel meg, ezért kiválóan alkalmas volt csillagászati térképek készítésére.) Ezen kívül 1930-tól alkalmazták a budapesti városi önálló sztereografikus rendszert (ÖV), illetve 1937-től vezették be a katonai sztereografikus rendszert.

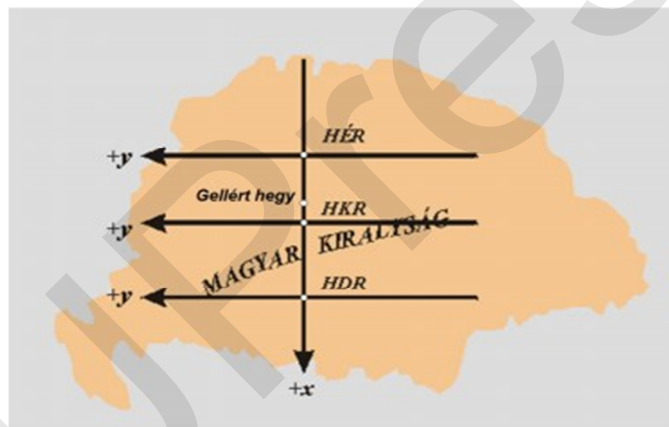
Fasching Antal féle hengervetület

Magyarországon a felméréseknél a sztereografikus rendszer helyett 1908-tól a Fasching Antal által 1906-ban kidolgozott ferdetengelyű érintő hengervetületi rendszert vezették be. Ennél a vetületi rendszernél is kettős vetítést alkalmaztak. A földfelszíni pontokat először a Bessel ellipszoidra, majd régi magyarországi Gauss-gömbre és végül a képfelületre, azaz a ferde tengelyű érintő hengerre vetítették (2.12. ábra, lásd a következő oldalon).

Három, elforgatott érintő hengert (Henger Északi Rendszer HÉR, Henger Középső Rendszer HKR, Henger Déli Rendszer HDR) határoztak meg Magyarország területére, ugyanis az érintő köröktől (torzulásmentes vonal, segédegyenlítő) északra és délre a hossztorzulás elérte a 9 cm-es értéket (2.13. ábra, lásd a következő oldalon).



2.12. ábra. Fasching féle hengervetület



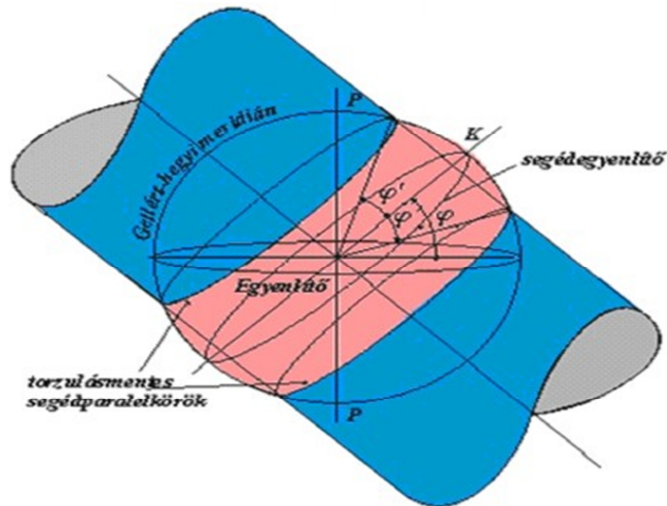
2.13. ábra. Henger Északi -, Henger Középső -, Henger Déli rendszer

EOV rendszer

Magyarország területének térképezésére 1975-ben új vetületi rendszert hoztak létre. A cél az volt, hogy az ország egész területét egy vetületi síkon ábrázolják úgy, hogy a hossztorzulás az országban ne lépje túl az 1:10000-es értéket. A rendszert EOV-nak (Egységes Országos Vetületnek) nevezik.

A rendszer ferde tengelyű metsző henger, ugyanis a henger két párhuzamos gömbi kör mentén metszi a Gauss-gömböt (elhelyezkedése megegyezik a HR rendszer elhelyezkedésével).

Az EOV kettős vetítést alkalmaz, melynek során a földfelszín pontjait az első alapfelületre (IUGG/1967 ellipszoid), majd a második alapfelületre (új magyarországi Gauss-gömb) és végül a képfelületre (ferde tengelyű süllyesztett hengerre) vetítjük (2.14. ábra).



2.14. ábra. EOV: Ferdetengelyű metsző hengervetület

A vetület koordinátarendszere ÉK-i tájolású, $+X$ tengelye a Gellérthegey ponton átmenő meridián képe, míg $+Y$ tengelye pedig a segédegyenlítő képe. A koordinátarendszer kezdőpontját eltolták 650 km-re nyugatra, 200 km-re délre, egyrészt azért, hogy az egész ország területe az első koordináta negyedbe essen, másrészt azért, hogy az X koordináták értékei mindig 400 km-től kisebbek, az Y koordináták pedig 400 km-től nagyobbak legyenek. Az előbbieket által biztosították, hogy az ország területén csak pozitív előjelű koordináta legyen, az utóbbival pedig, hogy az Y és X értékek felcserélésének lehetősége minimális legyen.

3. GEODÉZIAI HÁLÓZATOK

A *geodéziai hálózatokat* különböző rendű alappontok alkotják, melyeket azért hoznak létre, hogy a geodéziai munkáknak (felmérések, kitűzések, magasságmérések) egységes alapot szolgáltatassanak. Az *alappontok* a Föld felszínén kiválasztott és egyértelműen megjelölt olyan pontok, melyek koordinátái elvárt pontossággal ismertek egy meghatározott vonatkozási rendszerben. Az alappontok egységes rendszerét, összefoglaló néven *alapponthálózatnak* nevezzük. A geodéziai feladatokat az alapponthálózatokra támaszkodva hajtjuk végre, melyek során természetes és mesterséges tereptárgyak alakjelző pontjainak, centrumainak, szimmetria tengelyeinek stb. meghatározását végezzük. Ilyenek lehetnek például az épületek, kerítések töréspontjai, aknák középpontjai, burkolatok, jelleghatárok stb. pontjai. Megkülönböztetünk vízszintes és magassági alapponthálózatokat, valamint GPS hálózatokat. A vízszintes hálózatok a pont vízszintes koordinátáinak meghatározására szolgálnak, míg a magassági (szintezési) hálózatokat a pontok magasságmérésére hozták létre. Az OGPSH (Országos GPS Hálózat) pontjai a GPS meghatározások végrehajtására szolgálnak.

Azon geodéziai felmérések útján létrejött pontokat, melyeket a térképi ábrázolás érdekében mérünk, *részletpontoknak* nevezzük.



3.1. ábra. Vízszintes alappont: vasbetonlapos háromszögelési pont, templomtorony és kémény

Ahhoz, hogy egy pontot ne részletpontnak, hanem alappontnak nevezhessünk, a pontnak több követelménynek is meg kell felelnie. Mivel az alappontokat nem egyszeri, hanem több alkalommal szeretnénk használni, ezért azokat a terepen *állandó módon meg kell megjelölni*. A pontok jelölésének folyamatát, *állandósításnak* nevezzük. Ennek két módja van. Az egyik esetben mi létesítjük a pontokat (szeg, betonhasáb, vasbeton mérőtorony stb.), míg a másik esetben választunk a meglévő tereptárgyak közül (kő, templomtorony, gyárkémény stb.) (3.1. és 3.2. ábra, lásd az előző oldalon).



3.2. ábra. Egy külterületi III. rendű magassági alappont, felhívó jellel és egy belterületi I. rendű pont, falicsappal állandósítva

A következő elvárás az alappontokkal szemben az, hogy a pont helye kellő pontosságú legyen, azaz minél kisebb azonosítási hiba terhelje. Ez azt jelenti, hogy egy 2 mm-es furattal rendelkező szeg azonosítási hibája 2 mm is lehet, s így a pontraállítás is ilyen pontossággal végezhető. (*Megjegyzés.* A pontraálláskor a mérőműszert úgy állítjuk a pont fölé, hogy annak függőleges tengelye az alappont központi jelén menjen keresztül.)

Az alappontok meghatározásakor nem annyi mérést végzünk, amennyi azok meghatározásához feltétlenül szükséges, hanem ellenőrző méréseket is végrehajtunk. Ezeket a méréseket **fölös méréseknek** nevezzük.

És végül az alappontokat a **hibahatárok alatti pontossággal** határozzuk meg, ennek következtében a pontok középhibája legfeljebb néhány centiméteres lehet (2. táblázat).

2. táblázat. Vízszintes alappontok és részletpontok követelményei

	alappont	részletpont
állandósítás	állandó módon jelölt	nem feltétlenül jelölt
azonosítás	kicsi azonosítási hiba (< 1 cm)	nagyobb azonosítási hiba (> 1-10 cm)
fölös mérés	mindig van több fölös mérés	általában nincs fölös mérés
pontosság	középhiba < 1-3 cm (rendűségtől függő)	középhiba > 3-10 cm (rendűségtől függő)

A geodéziai alapponthálózatok pontjait úgy határozták meg, hogy először a legnagyobb pontossággal bíró és egyben a legkisebb sűrűségű hálózatot (kerethálózat) alakították ki, majd erre támaszkodva hozták létre az alacsonyabb rendű hálózatokat. Mindig a magasabb rendű (nagyobb pontosságú) hálózatból vezették le a következő alacsonyabb rendű hálózatokat. Ennek megfelelően megkülönböztetünk elsőrendű (legpontosabb) és alacsonyabb rendű hálózatokat.

3.1. Vízsíntes hálózatok Magyarországon

Az ország teljes területét lefedő *első háromszögelési hálózatát* az Osztrák-Magyar Monarchia idején (1859-1907) építették ki a Bécsi Katonai Földrajzi Intézet katonatisztjei. A mérések elve az volt, hogy az országhatárok mentén egy háromszögláncolatot (oldalak hossza 30-50 km volt) határoztak meg, majd ezt egy kitöltő hálózattal egészítették ki, úgy, hogy az egész ország területét lefedje. A hálózat pontatlanságának legfőbb oka az volt, hogy a mérések közel 50 évig elhúzódtak. Ennek következtében a számításokat részenként (nem egységesen) végezték, így a csatlakozásoknál ellentmondások keletkeztek.

A *második országos vízszintes alapponthálózat* kiépítését Magyarországon az első világháborút (1914-1918) követően, részben a megváltozott határok, részben a háború okozta károk utáni újjáépítés hívta életre. Így 1925-ben megkezdődött egy önálló magyar háromszögelési hálózat kiépítése és meghatározása. A teljes hálózat kiépítését azonban megakadályozta a második világháború (1939-1945). Sajnos a háborúban a már meghatározott pontok és mérési jegyzőkönyvek is elpusztultak.

A *harmadik országos vízszintes hálózat*, az EOVA (Egységes Országos Vízszintes Alapponthálózat) kiépítése 1948-ban kezdődött és 1993-ig tartott. A jelenlegi magyar vízszintes (kétdimenziós) hálózat első-, harmad-, negyed-, ötödrendű, valamint felmérési alappontokból áll. Az elsőrendű hálózat kiépítését a klasszikus elvnek megfelelően úgy végezték, hogy először az országhatár mentén létrehoztak egy kerethálózatot, melyet a Duna-Tisza közén egy kereszthálózattal kötöttek össze (3.3. ábra).



3.3. ábra. Magyarország vízszintes kerethálózata

Ezek után a munka gyorsítása és a költségtakarékosság érdekében a két kitöltő hálózatot harmadrendű háromszögekkel (nem 30, hanem 7 km oldalhossz!) sűrítették, ez azt jelentette, hogy a keretláncolaton belül az első és a másodrendű pontok mérése elmaradt. (Ezért nincs Magyarországon másodrendű alappont.) Azonban, hogy az elsőrendű hálózat az egész ország területét lefedje, a kitöltő hálózat harmadrendű pontjai közül, úgynevezett domináns pontokat (leendő elsőrendű pontok)

választottak, melyek felhasználásával fiktív elsőrendű hálózatot vezettek le a keretláncon belüli két területre (3.4. ábra).



3.4. ábra. Magyarország elsőrendű vízszintes hálózata

Az 1960-as években az első és harmadrendű hálózat nem megfelelő pontjait újra meghatározták és számították. Ebben az időszakban már rendelkezésre álltak a fizikai távmérők, melyek a mérések pontosságát és hatékonyságát növelték. Ekkor kapcsolták össze a hazai hálózatot a szomszédos országok hálózataival.

A szocializmus időszakában a hálózat alapfelülete a Kraszovszkij-féle ellipszoid, vetületi rendszere pedig a Gauss–Krüger-vetület volt. 1972-ben azonban új geodéziai alapokat hoztak létre polgári felhasználás céljára. (Ekkor különültek el Magyarországon a polgári és katonai felhasználás geodéziai alapjai.) A polgári alkalmazás alapfelülete az IUGG 67-es ellipszoid és új magyarországi Gauss-gömb (a kettősvetítés miatt), és vetületi rendszere pedig az EO V (Egységes Országos Vetület) lett. Az új vetületi rendszert HD72 (Hungarian Date 1972) elnevezéssel is használjuk, ami magában foglalja az új ellipszoidot (IUGG 67), valamint az 1972-ben újra számított (kiegyenlített) alaphálózatot.

A felsőrendű hálózatot az első- és harmadrendű pontok alkotják, ettől alacsonyabb rendű pontokat az alsórendű hálózatba soroljuk. A negyedrendű hálózat kiépítésének célja az volt, hogy egyenletes ponteloszlás mellett, legalább 1,5-2 km távolságon belül legyen egy vízszintes alappont. Ezen pontokkal találkozhatunk leggyakrabban a napi mérnöki gyakorlatban.

3.2. Magassági hálózatok Magyarországon

Magasságot mérni mindig valamihez képest tudunk. A magassági hálózatok legfőbb célja tehát, hogy alappontokat biztosítsanak a további magasságmérésekhez. A magassági hálózatot, vagy más néven szintezési hálózatot, az egydimenziós alappontok alkotják. A magyarországi szintezési hálózatot úgy alakították ki, hogy először az elsőrendű (legnagyobb pontosságú) hálózatot határozták meg, majd ebből vezették le az alacsonyabb rendű másod, majd ebből a harmadrendű hálózatot és

végül ez utóbbi sűrítése révén a negyedrendű hálózatot hozták létre. Az ötödrendű pontok az előbbi hálózatok valamelyikének felhasználásával kerülnek meghatározásra, mint részletpontok, ezért alappontoknak nem tekinthetők. A szintezési hálózat alappontjait két csoportba soroljuk. Az egész ország területét lefedő első-, másod-, és harmadrendű hálózatokat felsőrendű (országos) szintezési hálózatnak, míg a negyedrendű hálózatot pedig alsórendű hálózatnak nevezzük.



3.5. ábra. A felmérés, korabeli viseletben és műszerrel



3.6. ábra. A nadapi ősjegy

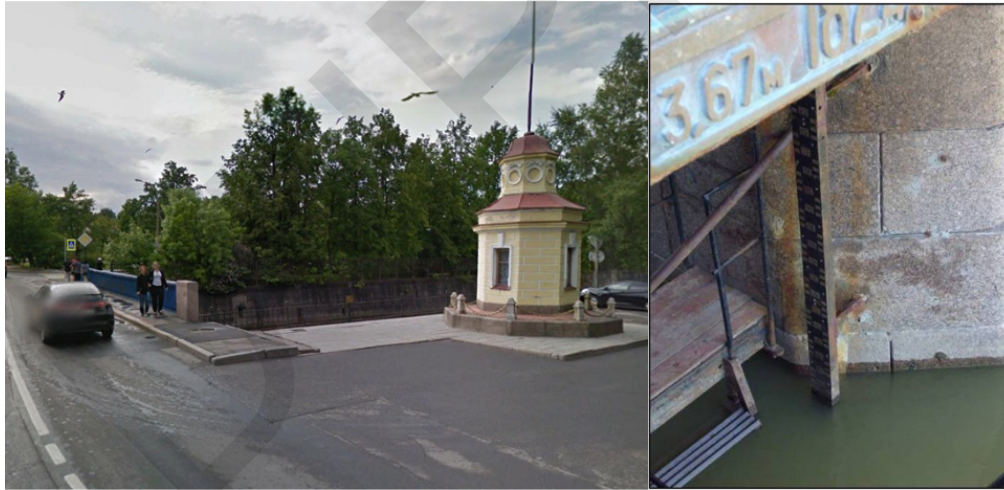
Magyarországon eddig négy alkalommal hoztak létre szintezési hálózatot. Az **I. országos szintezési hálózatot** a bécsi Katonai Földrajzi Intézet kezdte mérni, 1872-től az akkori Osztrák-Magyar Monarchia területén. A felmérést katonatisztek irányították, ezért ezt a felmérési munkát I. országos katonai szintezésnek nevezték (3.5.

ábra, lásd az előző oldalon). Az akkori Magyarország területén 7 főalappontot létesítettek, melyek magasságát az Adriai-tenger középvízszintjéhez képest határozták meg. Ezek közül egy esik az ország jelenlegi területére, mely a Velencei-hegységben lévő Nadap községben található (3.6. ábra, lásd az előző oldalon). A nadapi főalappont (ősjegy) ma is az ország összes szintezési hálózatának számítási kiindulópontja.

Az akkori méréseket azonban komoly hibák terhelték az eszközök kezdetleges volta, a pontok bizonytalan állandósítása, valamint a mérések nagy időintervalluma miatt.

A **II. országos szintezési hálózatot** az első világháborút követően hozták létre. A hálózat kialakítását az indokolta, hogy megváltoztak az államhatárok és az osztrákok a korábbi mérési jegyzőkönyveket nem bocsájtották rendelkezésünkre. Az új hálózat kiépítése Gárdonyi Jenő nevéhez fűződik, így a hálózatot **Gárdonyi-hálózatnak** is nevezik. A méréshez Oltay Károly által szerkesztett szabatos szintezőműszert és mérőlécet használtak, melyet Süss Nándor gyárában készítettek el. A hálózat teljes kiépülése előtt, kitört a II. világháború. Ekkor a hálózat mintegy 60 % - a elpusztult.

A **III. országos szintezési hálózat** a második világháborút követően 1948. és 1964. között épült ki. A hálózat kiépítésének legfőbb célja az volt, hogy az ország újjáépítéséhez alappontokat biztosítson úgy, hogy minden lakott területen legyen legalább egy szintezési alappont. A hálózat kiépítése Bendefy László nevéhez fűződik, ezért a III. hálózatot **Bendefy-hálózatnak** is nevezik.



3.7. ábra. Kronstadti vízmérce, Oroszország

A mérés során mintegy 23500 pontot határoztak meg. A hálózat teljes kiépítése előtt, azonban 1960-ban, elrendelték az Adriai alapszintről a Balti alapszintre való áttérést. A rendelet a kelet-európai szocialista országokra, így Magyarországra is vonatkozott. A balti középtengerszintet a Kronstadt szigetén lévő vízmérce szolgáltatta (3.7. ábra, lásd az előző oldalon). Az áttérés a gyakorlatban úgy valósult meg, hogy az adriai rendszerű pontok magasságát 0,6747 méterrel csökkentették.

Az 1960-2006 évek között az ország geodéziai alapjainak korszerűsítése keretén belül került sor a (ma is használt) **IV. országos szintezési hálózat, az EOMA** (Egy-

séges Országos Magassági Alapponthálózat) létrehozására. Az EOMA kialakításának koncepcióját Joó István dolgozta ki.

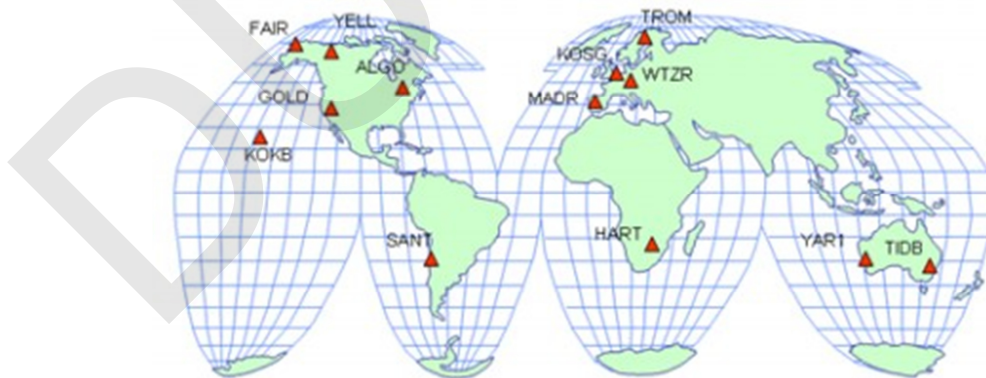
3.3. A műholdas helymeghatározás hálózatai

A műholdas helymeghatározás alapponthálózatai háromdimenziós (három helymeghatározó adattal rendelkező) térbeli hálózatok. Ez a három adat, vagy földrajzi ellipszoidi koordináta, azaz ellipszoidi földrajzi szélesség (ϕ), az ellipszoidi földrajzi hosszúság (λ) és az ellipszoid feletti magasság (h) vagy derékszögű koordináta, azaz Y , X és Z .

Vannak országok, melyek hálózatai egyre inkább integrált hálózatoknak nevezhetők, ami azt jelenti, hogy a hálózatban szereplő pontok rendelkeznek mind magassági, mind vízszintes, mind pedig műholdas meghatározással úgy, hogy mindegyik méréséhez a saját mérés technikáját (mérőműszerét) használták. Vagyis szabatos szintezéssel határozták meg a pontok magasságait, háromszögeléssel a pontok vízszintes koordinátáit és GPS méréssel a pont mindhárom koordinátáját. Országunkban az országos GPS hálózat pontjainak csak a magasságmeghatározása hiányzik, ha ezt elvégeznék, úgy itt is integrált hálózatról beszélhetnénk, de így sajnos nem. A magyar integrált országos geodéziai alappont hálózatot (az INGA-t) a vízszintes (EOVA), a magassági (EOMA), és az országos GPS hálózat (OGPSH) egységesítésével fogják létrehozni.

3.3.1. Nemzetközi hálózatok, térbeli (3D) alappontok

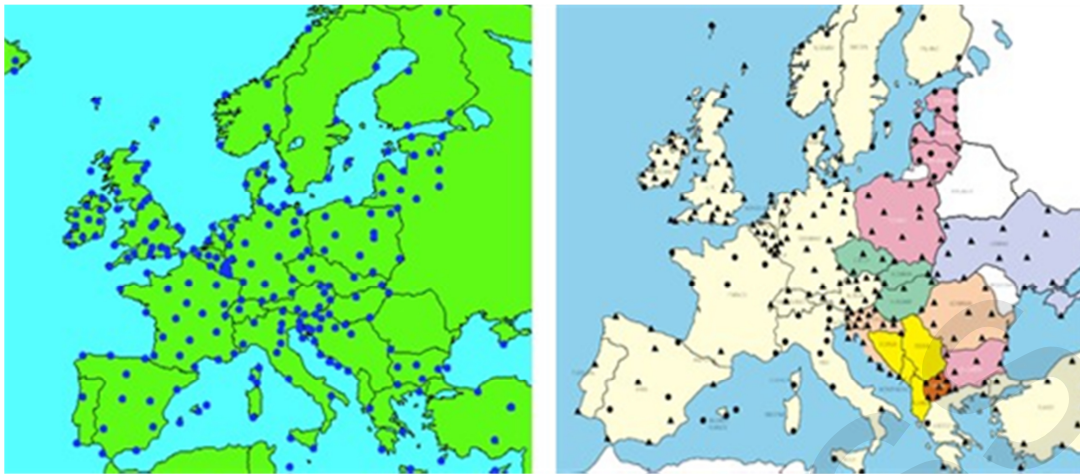
Magyarország NATO csatlakozása (1997.) után a katonai térképészetben áttértek a GPS vonatkozási rendszerére UTM (Universal Transverse Mercator), melynek alapfelülete a WGS-84 (World Geodetic System) jelű ellipszoid, képfelülete pedig egy egyenlítői elhelyezésű süllyesztett henger. A jelenlegi világhálózat az International Terrestrial Reference Frame (ITRF), melynek a földi vonatkozási rendszere az International Terrestrial Reference System (ITRS) (3.8. ábra).



3.8. ábra Az első ITRS rendszer, első megvalósításában (ITRF88)

Az európai tábla évi 2–3 cm-t mozog, ezért az ITRS mellett szükség volt egy európai vetületi koordináta rendszer létrehozására. A rendszert az ITRS alapján 1989-ben hozták létre, így az elnevezése ETRS-89, European Terrestrial Reference System 1989.

Ez egy olyan 3D vonatkoztatási rendszer (*European Reference Frame – EUREF*), amely az Eurázsiai kőzetlemezzel együtt mozog ÉK-i irányba, ezáltal biztosítani tudják a koordináták állandóságát (3.9. ábra).



3.9. ábra. Az EUREF passzív hálózata 1996-ban és 1998-ban

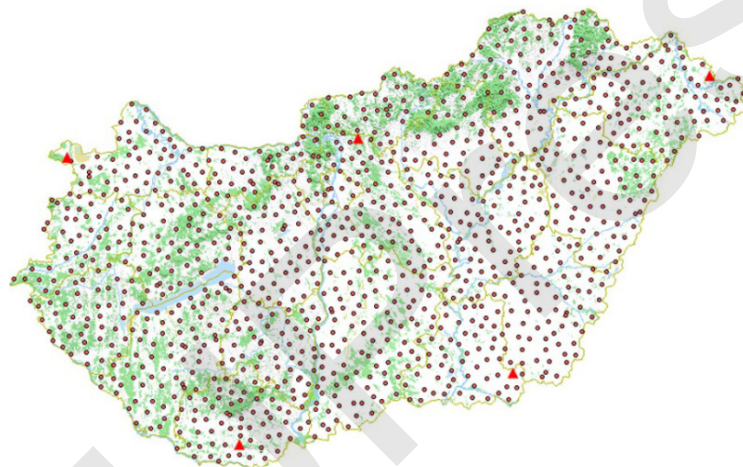
Az ETRS89 koordinátákat hétparaméteres (X , Y , Z elmozdulás, 3 elfordulási szög és a méretarány tényező) a meghatározás évére érvényes (ITRF $_{yy}$ – Nemzetközi Földi Vonatkoztatási Rendszer, amelyben az yy jelzi a meghatározás évét) Helmert-transzformációval számítják. Az ETRS89 rendszernek a különböző megvalósításait a rendszer rövidítése után álló évszámok alapján tudjuk megkülönböztetni, melyek elhanyagolható mértékben ugyan, de eltérnek egymástól. 2006-tól az ITRF2005 érvényes, míg 2008. után az ITRF2008, így ezen időpontok után meghatározott ETRS89 koordinátáknak az ETRF05, illetve ETRF08 jelölést adunk. A hétköznapi gyakorlatban ezeket a koordinátákat egységesen ETRS89 koordinátáknak nevezzük. Az ETRS89 vonatkozási rendszert több ország (Dánia, Horvátország, Lengyelország és Norvégia) is alkalmazza, mint nemzeti koordinátarendszert, elkerülve ezáltal a saját, és a nemzetközi rendszer közötti transzformációt. Magyarországon az ETRS89 rendszert nem alkalmazzuk nemzeti koordinátarendszerként, ennek megfelelően mi a GPS koordinátákat átalakítjuk EO V vetületi síkkoordinátákká és EOMA magasságokká.

Az európai hálózat rendelkezik egy permanens GPS hálózattal. Ez egy olyan aktív hálózat, amely a nap 24 órájában koordináta meghatározást végez. Magyarországon négy ilyen aktív ponttal csatlakozott a hálózathoz, ezek: Penc, Orosháza, Nyírbátor és Budapest.

Létrehoztak egy európai egységes magassági hálózatot is (U ELN – United European Levelling Network), mivel az európai országok a saját rendszereiket használják a magasságmérésekhez, melyek vonatkozási alapszintenként (középtengerszintek) igen eltérők (3.10. ábra).



3.11. ábra: Az OGPSH kerethálózata



3.12. ábra Az OGPSH hálózata

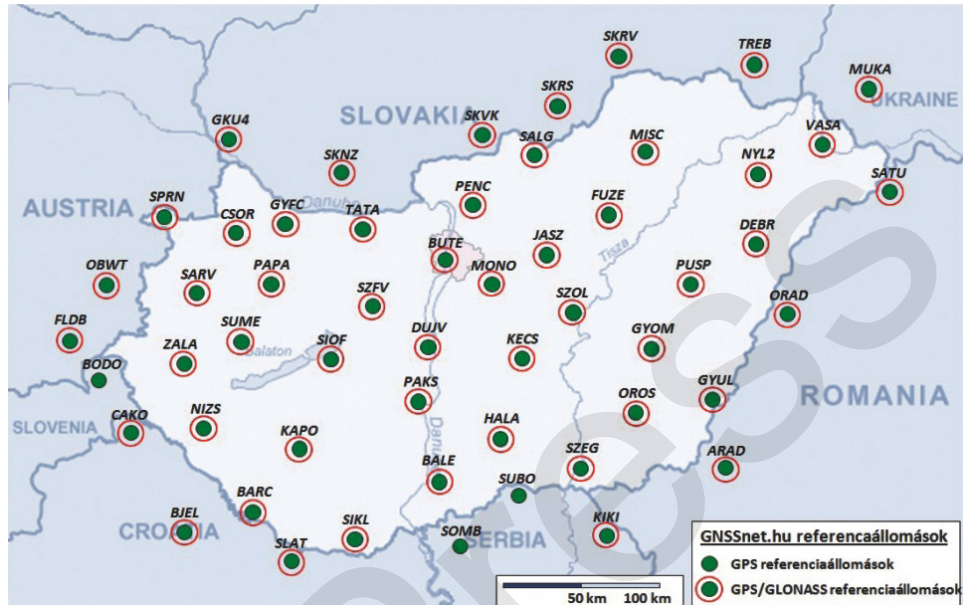


3.13. ábra. Egy betonlapos háromszögelési pont és egy másik keresztmetszete

Ez módszer a betonlapos háromszögelési pontoknál nem szerencsés, hiszen az alsókő került meghatározásra, tehát ha ilyen pontot szeretnénk mérésre használni, úgy

a felsőkövet el kell távolítanunk, majd a munka befejeztével újra helyreállítanunk, ami (gondoljunk csak az ezzel járó munkára, időjárás viszonyokra) igen időrabló művelet (3.13. ábra, lásd az előző oldalon).

Az így kialakított hálózat pontjain kívül tartalmaz még úgynevezett – a hálózat pontjaira – fixre telepített permanens állomásokat, melyek a saját meghatározásukat folyamatosan (0-24 órában) végzik (3.14. ábra).



3.14. ábra. A permanens hálózat

4. A GEODÉZIÁBAN ALKALMAZOTT MŰSZEREK

A tájékozódás mindig fontos szerepet töltött be az emberiség életében. Megfigyelhető például, hogy a szekérutak nagy része (melyek nyomvonalára napjainkra már aszfaltozott burkolatok épültek) az adott falu vagy város „közepén” lévő, távolról is igen jól látható templomtorony (magasságuk elérheti az 50 métert) irányába halad. (*Megjegyzés.* Ezek az utak a magaspont láthatósági tartományának határán – mintegy utolsó korrekcióként – élesen jobbra vagy balra fordulnak egyértelműen a toronyra mutató irányba, vagyis toronyiránt.)

Az ősember barlangrajzokat készített az elejtett állatokról és a vadászterületekről. Az ókori emberek úgy élték az életüket, hogy az őket körülvevő világról (kivéve legfeljebb a szomszédos falvakat) nem sokat tudtak. Információkhoz csak az utazók, kereskedők elbeszélései alapján jutottak. A tájékozódáshoz az égitesteket használták, azonban a Nap, Hold, csillagok állása alapján történő irány meghatározásához metrikus adatokra és mérőeszközre volt szükség. Így alakult ki a szög fogalma, valamint ekkor építették meg a szögmérő műszerek őseit. Az első műszerek irányok meghatározására voltak alkalmasak, melyeket teodolitoknak nevezünk. Később felismerték, hogy nem elegendő az irányt meghatározni, hanem célszerű lenne tudni például a falvak közötti távolságot, hiszen ennek alapján számítható az út megtételéhez szükséges idő. (*Megjegyzés.* A távolság meghatározására ekkoriban például a napi járást vagy a kilőtt nyílvesző által megtett utat használták.)

A helymeghatározás gyakorlati megvalósítása során szögeket és távolságokat mérünk. A geodézia hosszú és folyamatos fejlődése révén létrejöttek azok a műszerek, melyeket manapság irányok és távolságok meghatározására használunk. A műszerek az idők során egyre pontosabbak, egyre kisebb súlyúak és egyre könnyebben kezelhetők lettek.

4.1. A libellák

A libellákat a geodéziai eszközökön a helyi vízszintes sík irányának kijelölésére használjuk.

Megkülönböztetünk csöves és szelencés libellákat. Ezek folyadékkal (általában éter vagy alkohol) feltöltött, a műszerekre szerelt, vagy karókra helyezhető libellák. Ezen kívül alkalmaznak a műszerek kijelzőjén csak virtuálisan megjelenő ún. elektronikus libellákat.

A csöves libella (4.1. ábra, lásd a következő oldalon) egy hengeres üvegedény, melyben a kitöltő folyadék gőze néhány milliméter átmérőjű buborékot alkot. Minden libella használata a buborék állásán alapszik, melyet az üvegedényen lévő osztások („pars” jelentése rész, osztás) alapján tudunk meghatározni. Az osztásvonalak távolsága 2 mm.



4.1. ábra. Leica TC 1010 mérőállomás csöves libellája

A libella állandóját, az egy beosztásrészhez tartozó középponti szög határozza meg. Minél kisebb a libella érzékenysége, ez az állandó annál nagyobb. A csöves és szelencés libellák állandója 1"-50" közötti érték.

A *szelencés libella* (4.2. ábra) annyiban különbözik a csöves libellától, hogy ez kör alakú, így a beosztása nem párhuzamos egyenesek által, hanem koncentrikus körök ábrázolásával jelenik meg a libella üvegfelületén.



4.2. ábra. NI-E3 szintező szelencés libellája

Szelencés libellával felszerelt eszközt alkalmaznak a kitűzött fakarók függőlegessé tételére is (4.3. ábra). (*Megjegyzés.* Abban az esetben, ha a terepen egy vonalban lévő pontsor kitűzése során fakarókat használunk, úgy azokat függőlegessé kell tenni, hiszen a tereppel való metszéspontjuk (pontos kitűzés esetén) ugyan egy vonalban lesz, de a karók felső síkja már nem. Ez abból adódik, hogy libella használata nélkül nem tudjuk függőlegesen elhelyezni a karókat.)



4.3. ábra: Karó beállító libella

Az *elektronikus libellákat* (4.4. ábra) a műszerek kijelzőjén, általában négyzet vagy háromszög alakú jelekkel vagy egy szelencés libella képével jelenítik meg. Ezek az eszközök a helyi vízszintes előállítását ún. kéttengelyű (a dőlést, két egy-

másra merőleges irányban meghatározni képes) kompenzátorokkal oldják meg. A folyamat során látható a hossz- és keresztirányú dőlés, melyeket vagy gon-ban vagy másodpercben numerikusan ki is jeleznek. Ezen libellák használatának előnye leginkább abban áll, hogy amennyiben a műszerünk elmozdul (pl. süllyedés, fagyott talajon állunk, de az olvad, mert közben kisütött a Nap) minek következtében a dőlés túllépi a kompenzációs tartományt, a műszer kijelzőjén egy figyelmeztetés jelenik meg, és az eszköz a mérést letiltja.



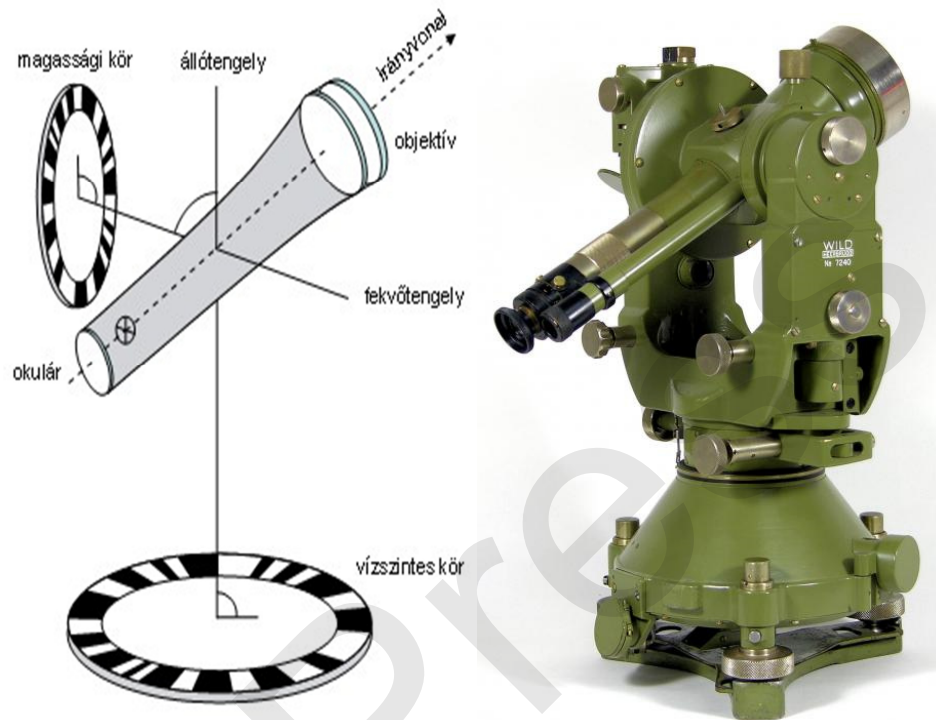
4.4. ábra: Elektronikus libella, Leica TCR 1200

4.2. A teodolit

A geodéziában vízszintes és magassági szögeket, illetve távolságokat mérünk (a távolságok méréséről a 4.2. fejezetben adunk áttekintést). Vízszintes szögnek két térbeli irány – ezt mérjük közvetlenül – vízszintes vetülete által bezárt szöget nevezünk. Magassági szögnek nevezünk azt a szöveget, amelyet a helyi függőlegesen áthaladó síkban egy térbeli irány és annak vízszintes vetülete bezár. A geodéziai műszerek egy része nem magassági szöveget, hanem zenitszöveget mér, ami nem más, mint a helyi függőleges és egy térbeli irány által bezárt szög. Azt a műszert, amellyel tetszőleges nagyságú vízszintes és magassági szöveget tudunk mérni, teodolitnak nevezünk (4.5. ábra, lásd a következő oldalon).

A tetszőleges nagyságú szögek méréséhez szükség van egy 0 – 360 fokbeosztással rendelkező vízszintes (ezt limbuskörnek is szokták nevezni) és magassági körre. Ahhoz, hogy a térbeli pontokat pontosan meg tudjuk irányozni, olyan távcsőre van szükségünk, amely két egymásra merőleges szál tartalmaz (fekvőszál, amelyik a fekvőtengellyel párhuzamos, az álló szál pedig arra merőleges). Az ilyen távcsövet geodéziai távcsőnek nevezünk. A mérések végrehajtásához a távcsövet az álló és a fekvőtengelyek körül elforgathatóvá tették. A képalkotást az objektív biztosítja, míg a kép nagyítását az okulárral tudjuk elvégezni. Irányvonalnak nevezük az objektív optikai középpontját és a szálkereszt középpontját összekötő egyenest, mellyel megvalósítjuk a térbeli irányzást. A méréshez a teodolit vízszintes körét párhuzamossá kell tennünk a helyi vízszintes síkkal, amihez a műszeren elhelyezett

libellákra van szükség. Ezen túlmenően az állótengelynek át kell mennie a mérendő szög csúcsán, amihez különböző vetítő berendezéseket használunk. Ahhoz, hogy a teodolittal megfelelő pontosságú méréseket tudjunk végezni, az eszköz szerkezeti elemeinek az alábbi geometriai feltételeknek (tengelyfeltételeknek) kell eleget tenniük.



4.5. ábra. A teodolit szerkezete és egy Wild T3 teodolit

1. Az állótengelynek a vízszintes kör középpontját kell metszenie és arra merőlegesnek kell lennie
2. A fekvőtengelynek merőlegesnek kell lennie az állótengelyre, a magassági körre, valamint annak középpontját kell metszenie.
3. A geodéziai távcső irányvonalának metszenie kell az állótengelyt és a fekvőtengelyt.
4. A geodéziai távcső fekvőtengely körüli forgatása által létrehozott síknak (állósíknak) merőlegesnek kell lennie a fekvőtengelyre.

A korszerű műszerek esetében a tengelyfeltételek megvalósulása a gyártási folyamat során már nagy pontossággal történik. Sajnos azonban derékszöget még mind a mai napig csak definiálni tudunk, hibátlan derékszög gyártására nem vagyunk képesek, – többek között ezért – minden geodéziai eszköz hibákkal terhelt. Így az eszközök pontossága is nagyrészt, az előbbi hibák nagyságától függ.

4.3. A mérőállomás

A mérőállomások beépített távmérőkkel (optikai és lézer távmérési lehetőségekkel), beépített programokkal, valamint adatrögzítővel rendelkező eszközök. A mérőállomások esetében a vízszintes és a magassági kör leolvasása is elektronikusan történik, melyek eredményét a műszer egy kijelzőn jeleníti meg (4.6. ábra).



4.6. ábra Stonex R1 plus mérőállomás

A mérőállomások a kijelző mellett tasztatúrával (billentyűzet) is rendelkeznek, melyek billentyűinek számával egyes gyártók – nem igen felhasználó barát módon – spórolnak. Igen gyakran csak navigációs gombokat helyeznek el egyes típusokon a 10-es számrendszer számértékei helyett. Az ilyen eszközök használata a manuális koordináta és szögbevétel tekintetében nehézkes, és sok hibalehetőséget hordoz.

A távmérő egységek elektrooptikai úton mérik a távolságot, a jelkibocsátás és annak beérkezése időkülönbségéből, illetve a jel ismert sebességéből számítják a távolságot. Ehhez azonban visszaverő felületre van szükség, ez az ún. prizmaszem és bot, egyszerűen prizma. A lézertávmérő annyiban különbözik az előbbitől, hogy a visszaverő felület bármilyen lehet (kivéve üveg, vízfelület). *Megjegyzés.* Pl. egy épületsarkot akkor is meg tudunk határozni lézertávméréssel, hogy bemennénk a telekre, hiszen ekkor nem kell speciális visszaverő felület (prizma) elég a falsík. Ezekbe a műszerekbe a csöves vagy szelencés libellát váltják ki az elektronikus libellával, amely a kijelzőn grafikusán is megjeleníthető. A műszer dőlését egy kompenzátor ellenőrzi egyrészt azért, hogy a dőlésből származó hibát figyelembe tudja venni, másrészt azért, hogy ha a dőlés meghaladja a kritikus tartományt (dőlésszög), úgy a mérés letiltásával erre a felhasználót figyelmeztesse. A pontraálláshoz (ahhoz, hogy az állótengely a ponton – a mérendő szög csúcsán – menjen keresztül) szükséges optikai vetítőt sok gyártó sajnálatos módon kiváltotta lézer fénnnyel, ami már gyenge napsütésben sem látható. De ugyanakkor érthetetlen módon egy lézer vetítővel és lézer távmérővel felszerelt eszköz nem képes automatikusan meghatá-

rozni a saját műszermagasságát. (Műszermagasság az álláspont felső síkja és a fekvőtengely – magassági kör középpontja – közötti távolságot jelenti.)

A mérőállomások egyes típusai már robot üzemmódban is működtethetők, ami azt jelenti, hogy a prizmán elhelyezett vezérlő egységgel irányíthatók, tehát működtetésükhöz nincs szükség figuránsra (földmérő segéd). Továbbá egyes típusok GPS vevővel is felszerelhetők, ami a mérőállomás tetején lévő fogantyú helyére telepíthető, ezáltal lehetővé téve az azonnali álláspont meghatározást.

A mérőállomások adatrögzítő egységei kétirányú adatforgalomra képesek. Ez azt jelenti, hogy mind a mérőállomásra számítógépre, mind számítógépről a mérőállomásra az adatok továbbíthatók. A továbbításhoz CF (Compact Flash), SD (Secure Digital) kártyákat vagy egyszerűen egy pendrive-t használnak az eszközök, melyekről az adatok a számítógéphez történő csatlakozás után – többnyire egy gyári feldolgozó szoftver alkalmazásával – kiolvashatók. A mérőállomások igen sokféle beépített és beépíthető programokat kezelnek, ilyenek például: a szögmérés végrehajtása és annak digitális megjelenítése, távolságmérés, poláris koordinátaszámítás, pontkapcsolások automatikus számítása – melyekről az 5. fejezetben adunk áttekintést.

4.4. A szintező

Magasságmérések viszonyítási felületeként a szintfelületek közül valamely középtengerszint (alapszintfelület) magasságában lévő szintfelületet (geoidot) használjuk. A meghatározandó pont függővonalán mért távolságot nevezzük tengerszint feletti magasságnak. A magasságokat mérhetjük abszolút és relatív értelemben. Előző esetben az alapszintfelület valamely középtengerszint szintfelülete, míg utóbbi esetben a viszonyítási felület valamely kisebb területre kiterjedő, általunk választott magasságban lévő alapfelület.

A magassági meghatározásokat végezhetjük fizikai magasságméréssel, trigonometriai magasságméréssel, műholdas helymeghatározással, hidrosztatikai vagy geometriai szintezéssel.

A **fizikai magasságmérés** során fizikai mennyiségeket határozunk meg. Ilyen például a barométeres magasságmérés, ami azon az elven alapszik, hogy a légnyomás a tengerszint feletti magasságtól függ, vagyis két ponton mért légnyomás különbségéből a pontok magasságkülönbsége számítható.

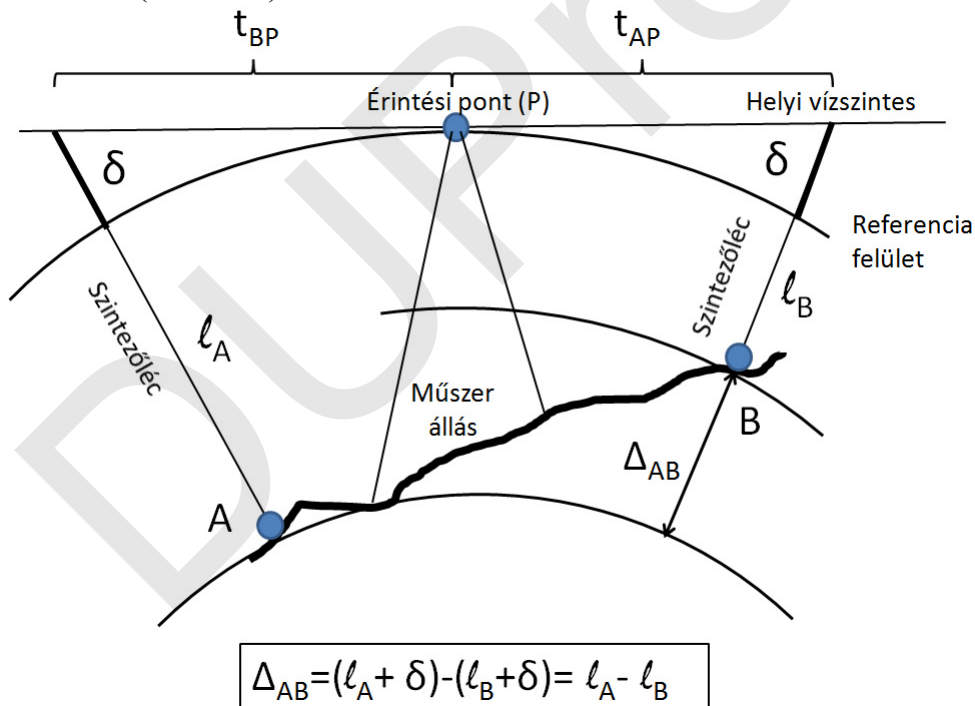
A **trigonometriai meghatározás** során két pont magasságkülönbségét közvetett úton határozzuk meg. Megmérjük azt a magassági vagy zenitszöget, amely a két ponton átmenő függőleges síkban helyezkedik el, illetve mérjük a két pont távolságát. Az így előállt derékszögű háromszögből trigonometriai úton számítható a két pont magasságkülönbsége. A módszer programvezérelt formáját használjuk a napi mérnöki gyakorlatban, például mérőállomással történő tervezési térképek készítésekor.

A **műholdas helymeghatározással** végzett magasságmeghatározások során matematikai geoid-modelleket használnak a mért pont Z koordinátájának számításához. A gyakorlatban többnyire részletmérésekkor használjuk a módszert (például nem burkolt felületeket, földutak, mezőgazdasági területek mérésére).

Két pont magasságkülönbségét úgyis meghatározhatjuk, hogy kijelölünk a két pont felett egy referenciafelületet, és ettől a szintfelülettől megmérjük a két pont legrövidebb távolságát. A mért két távolság különbségként számítható a két pont magasságkülönbsége. Ezt a meghatározást **szintezésnek nevezzük**, melyet végezhetünk hidrosztatikai vagy geometriai úton.

A **hidrosztatikai szintező** egy olyan, közlekedő edények elvén működő műszer, amely egy folyadékkal töltött csőből és a cső két végén elhelyezkedő mérőberendezésből áll. A gyakorlatban a műszert többnyire néhány tíz méterre lévő pontok magasságkülönbségeinek meghatározására használják, de kiegészítő berendezések alkalmazásával akár több km-es távolságok mérése is alkalmas.

A **geometriai szintezés** a magasságmeghatározási módszerek közül a legpontosabb eljárás. Az eljárás során nem egy referenciafelületet, hanem annak egy érintő síkját állítjuk elő. Ettől a helyi vízszintes síktól (horizontsík), melyet a műszeren elhelyezett libella jelöl ki, mérjük a pontokon (kötőpontokon) elhelyezett szintezőlécen a távolságot a lécz talppontjáig (a lécz 0 kezdővonása). Abban az esetben, ha a referenciafelület és a helyi vízszintes sík érintési pontja a meghatározandó pontoktól egyenlő távolságban van, úgy a szintfelületek görbültségéből adódó elhanyagolás a magasságkülönbségek értékeit nem befolyásolja, mivel az mindkét pontnál egyformán jelentkezik, melyet a számítás során ellenkező előjellel veszünk figyelembe, így a hiba kiesik (4.7. ábra).



4.7. ábra. A geometriai szintezés

A helyi vízszintes sík (horizontsík) kitűzéséhez szintezőműszert, a legrövidebb (függőleges) távolságok méréséhez szintezőlécet, míg a szintezőléc függőlegessé tételére szelencés libellát, a lécz magassági mozdulatlanságának biztosítására pedig szintezősarut használunk (4.8. ábra).



4.8. ábra. Kompenzátoros szintező műszer és egy cm beosztású szintezőléc

A szintezőműszerek műszertalpból és a függőleges tengely körbeforgatható távcsőből állnak. Az állótengely függőlegessé tételére csöves vagy szelencés libella szolgál. Attól függően, hogy a távcső irányvonala milyen módon változtatható, megkülönböztetünk libellás (többnyire szintező csavarral ellátott) és automata (kompenzátoros) műszereket. Manapság a gyakorlatban leginkább kompenzátoros műszereket használunk, azok megbízhatósága, egyszerű kezelése és ára miatt. Ezeknél a műszereknél a szelencés libella közepre állítása után a műszerben lévő beállító szerkezet a horizontsíkot (egy kompenzációs tartományon belül) a nehézségi erő hatására automatikusan állítja elő. A távcsőben szálkeresztet láthatunk, ami egy függőleges szálat és három (felső, középső, alsó) vízszintes (fekvő) szálat tartalmaz. Ahhoz, hogy mind a tárgy képét (léc), mind pedig a szálkeresztet egyszerre lássuk élesen, úgynevezett parallaxiscsavart használunk, melynek segítségével objektív által előállított képet a szállemez síkjába tudjuk tolni.

Egyre inkább elérhető árúak az ún. digitális szintezőműszerek, melyek felépítése abban különbözik az előbbieken ismertetett kompenzátoros műszerektől, hogy programokkal vannak ellátva, és a lécleolvasást is automatikusan végzik, aminek eredményét egy kijelzőn meg is jelenítik, illetve a mérési eredményeket adattároló egységükön rögzítik.

A szintezőlécnek hossza többnyire 4-5 méter, ezek készülhetnek fából, fémből, lehetnek összehajthatók és összetolhatók. Beosztásuk szerint centiméteresek, melyek fekete-fehér és piros-fehér színűek és a deciméterek számozva vannak. A lécek osztása alulról felfelé történik, tehát a kezdővonalas a lécz talppontjánál (alsó végénél) van. A digitális műszerekhez ún. vonalkódos szintezőlécet használnak, azok automatizált magasságmeghatározása miatt. A szintezőléc magassági mozdulatlanságát szintezőszaru alkalmazásával biztosítjuk, ami fémből készült három leszúró tűskével rendelkező (három lábon álló), 5-6 cm magas, háromszög alakú eszköz egy félgömbbel a tetején. Ahhoz, hogy a szintezőlécet a mérés idejére függőlegessé tudjuk tenni, szelencés libellát vagy kitémasztó rudakat kell használnunk.

Abban az esetben, ha két pont magasságkülönbségét szeretnénk meghatározni, de a két pont nem látszik össze egy műszerálláspontból (pl. a nagy távolság miatt), úgy **vonalszintezést** kell végrehajtanunk a két pont között. A meghatározást több állás-

pontból végezzük úgy, hogy a két pont között „segédpontokat” jelölünk ki, melyeket kötőpontoknak nevezünk. A szomszédos kötőpontok közötti magasságkülönbségek mérése után azokat előjelhelyesen összegezve eredményeül megkapjuk a két pont (kezdő és végpont) magasságkülönbségét.

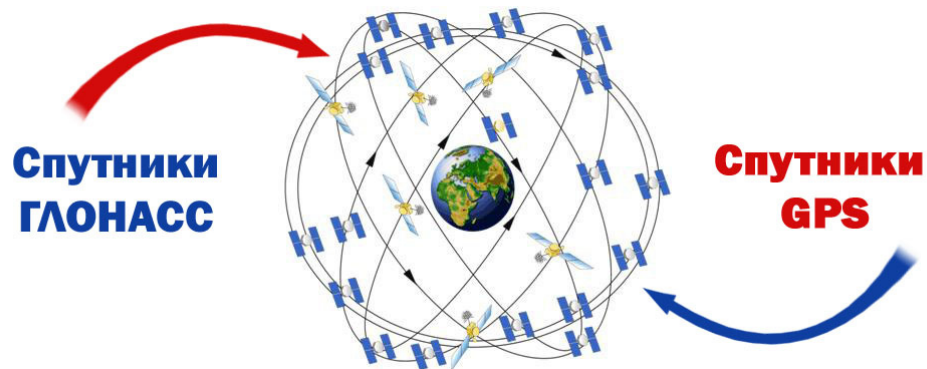
A színtezés szabályai. Színtezést csak kiigazított műszerrel szabad végezni; a mérés során a lécs és műszer távolságok két szomszédos kötőpont között azonosak kell legyenek; a szelencés libella buborékját (az állótengely közelítő függőlegessé tétele érdekében), mindig gondosan középre kell állítani; két szomszédos kötőpont előre és hátra mérése során a parallaxiscsavart átállítani nem szabad; a műszerlábakat és a színtezősarut le kell taposni; a színtezést az ellenőrzés végett a két pont között oda-vissza kell elvégezni; színtezni nem szabad délben, erős napsütésben és szeles időben, színtezést végezni tehát csak arra alkalmas időben szabad.

4.5. A műholdas helymeghatározó rendszerek

A nagy mennyiségű és egyúttal nagy pontosságú koordináta meghatározás legolcsóbb és leggyorsabb módja, a GPS-el történő koordinátamérés. Az eszközök könnyen használhatók, ugyanakkor a szakszerű geodéziai alkalmazásuk, szakképzettséget és nagy körültekintést, gyakorlatot igényel. A műholdas helymeghatározás a Föld bármely pontján, bármely időszakban végrehajtható, ha a meghatározáskor legalább 4 műhold van mérésre alkalmas helyzetben (a meghatározás során 4 ismeretlen van, ezek az X , Y , Z koordináták és az idő).

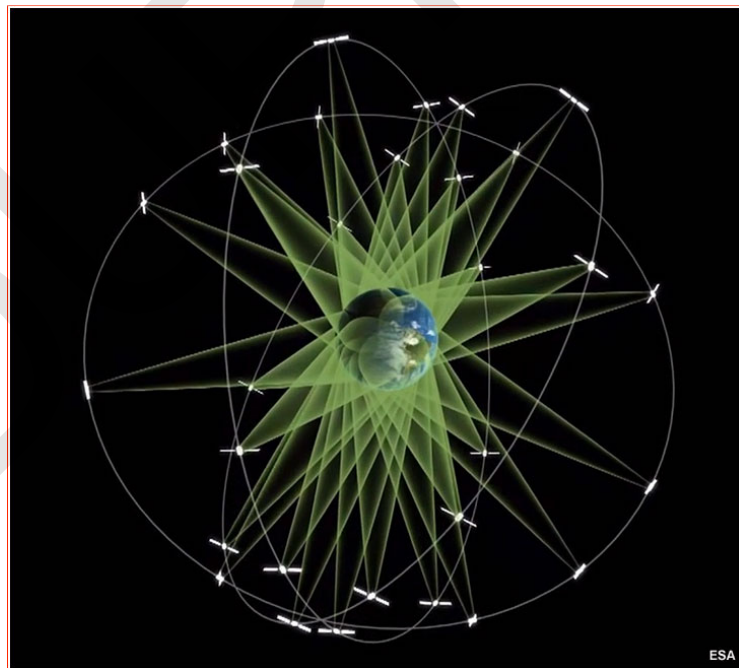
1957. október 4-én a szovjetek állították pályára az első Szputnyik műholdat, melyre válaszul a Johns Hopkins Egyetem kutatói kifejlesztették, majd 1960. április 13-án sikeresen pályára állították az amerikai Transit műholdrendszer (NNSS – New Navigation Satellite System) első működő holdját, a Transit-1B műholdat. A műholdas helymeghatározás megszületésének ezt a dátumot tekintjük.

A csúcstechnológia (időmérés, kódolás, jeltovábbítás, számítástechnika alkalmazása) révén Amerikában 1973. december 17-én mutatták be a NAVSTAR GPS (Navigation System with Timing and Ranging – navigációs műholdas idő- és távolság-meghatározás) 24 műholdból álló rendszerét. Oroszország hasonló rendszere a GLONASS (Globalnaja Navigacionnaja Szputnyikovaja Szisztyema) nevet kapta. A GPS 1994-ben elérte a teljes kiépítettséget (24 műhold 6 pályasíkon), míg a GLONASS finansziális okok miatt csak 2009-re épült ki (24 műhold 3 pályasíkon) (4.9. ábra).



4.9. ábra. A GPS (Спутники GPS) és GLONASSZ (Спутники ГЛОНАСС) műholdak pályái a Föld körül

Az Európai Unió műholdrendszere (GALILEO) sajnos a mai napig nem épült ki. Igaz a teljes rendszer kiépítését manapság már gyorsítja, hogy a Soyuz rakéták helyett olyan Ariane-5 hordozó rakétákat (gyártó: Európai Űrügynökség és az Airbus) alkalmaznak a műholdak pályára állításához, melyekkel egyszerre már két műhold szállítható. A tervezett teljes műholdrendszer a Föld körül három pályasíkon 23 222 ezer km magasságban valósul meg és harminc mesterséges holdból áll majd. A részlegesen kiépített rendszer 2016. december 15-én kezdte meg működését 18 műholddal, melynek vevőberendezései kompatibilisek a GPS és a GLONASSZ vevőkkel (4.10. ábra).



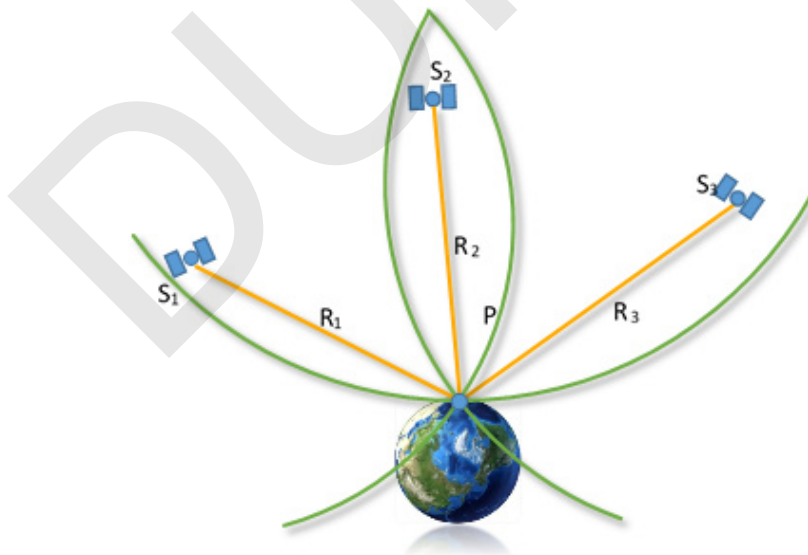
4.10. ábra. A GLONASSZ rendszer műholdjai

A teljes kiépítettséget 2020-ra ígéri az ESA (European Space Agency– Európai Űrügynökség).

Az első kínai rendszer (BeiDou) navigációs szolgáltatásai 2000 óta érhetőek el, elsősorban Kínában és a szomszédos régiókban. 2015-től Kína elkezdte felépíteni a BeiDou (vagy más néven Compass) rendszer globális lefedettséget biztosító változatát, mely a hírek szerint sokkal pontosabb lesz, mint az amerikai GPS rendszer. Jelenleg 23 Compass műhold kering geoszinkron pályán, a teljes kiépítettség 35 holdból fog állni és várhatóan 2020-ra valósul meg. Az említett rendszereken kívül még jó néhány műholdas helymeghatározást biztosító rendszer működik a világon (India, Japán stb.), de ezek csak az adott ország területén használhatók és nem nyújtanak globális szolgáltatást.

A GPS meghatározás geometriai értelemben a térbeli ívmetszésen alapszik. A síkbeli ívmetszésnél két ismert koordinátájú pont és két (az ismeretlen pontokra menő) mért távolság alapján, két körív metszéseként számíthatjuk az új pont koordinátáit. A körívek két pontban metszik egymást, így a feladatnak két megoldása lehet. A három pont (adott pontok és az ismeretlen pont) által alkotott háromszög körüljárási irányából (az óramutató járásával egyező vagy sem) megállapítható, hogy a metszéspontok közül melyik került számításra. A térbeli ívmetszés megoldásához viszont három $Y; X; Z$ koordinátákkal rendelkező pontra van szükségünk. Ez a három pontkoordináta nem más, mint három GPS műhold koordinátája (S_1, S_2, S_3) a Föld feletti térben és a térbeli ívmetszéssel számítandó ismeretlen pont (P), mely a Földön helyezkedik el. Tétélezzünk fel egy idealizált állapotot melyben minden mozdulatlan, a Föld nem forog a tengelye körül és nem kering a Nap körül és a műholdak is mozdulatlanok az égbolton.

Tétélezzük fel továbbá, hogy ismerjük az adott pontok és a meghatározandó pont közötti távolságokat (R_1, R_2, R_3). Ebben a rendszerben az ismeretlen pont koordinátáit három gömb metszéspontjaként számíthatjuk, ahol a gömbök sugarai az ismert pontok távolságai az ismeretlen ponttól (4.11. ábra).



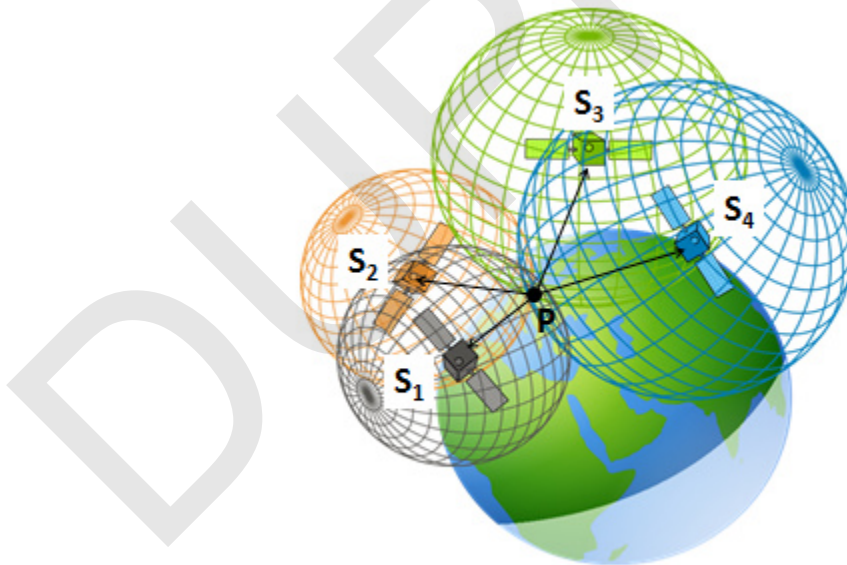
4.11. ábra. Térbeli ívmetszés

Hasonlóan a síkbeli ívmetszéshez (5.1.6. fejezet), ennek a feladatnak is két megoldása lehet. Azonban tudjuk, hogy a „ P ” pontnak egy 6380 km-es sugarú gömbfel-

szín közelében kell lennie, a műholdak pedig ettől a felszíntől kb. 20000 km távolságban vannak. Ezen tények ismeretében egyszerűen kizárható a két meghatározott pont közül az, amelyik a világűrben helyezkedik el. Tehát geometriai szempontból, legalább három távolság és három ismert koordinátájú pont szükséges ahhoz, hogy egy ismeretlen pont koordinátáit (X, Y, Z) számítani tudjuk.

A pontok GPS-el történő meghatározása során feltételezzük, hogy a P ponton lévő vevőben és a műholdakon egyaránt egymással tökéletesen szinkronizált órák működnek. Az S_1 műhold által a t_0 időpontban kibocsátott jel a P ponton lévő vevőhöz Δt idő múlva érkezik. Amennyiben meg tudjuk mérni ezt a Δt futási időt, úgy a c fénysebesség ismeretében a műhold és az ismeretlen P pont közötti távolság számítható.

Ha a távolságméréseket az S_2, S_3 műholdakra is elvégezzük és a holdak geometriája is megfelelő, úgy térbeli ívmetszéssel az ismeretlen P pont koordinátái szintén számíthatóak. Azonban a vevőkben egy kevésbé pontos óra van elhelyezve, ezért ezen órák órahibával (δ) rendelkeznek a mesterséges holdak óráihoz képest. Vagyis a mért távolság is hibával ($c \cdot \delta = \Delta \rho$) lesz terhelt az órahiba miatt. Ezért ezt a távolságot pszeudótávolságnak (*pseudorange*) nevezzük. A vevők órahibái miatt, a meghatározandó pont három ismeretlen koordinátáin kívül van egy negyedik meghatározandó paraméter is, ami az órák szinkronizátlanságából adódik. Így az ismeretlen pont X, Y, Z koordinátáinak és az órahiba meghatározásához négy műholdra történő távolságmérésre van szükség (4.12. ábra).

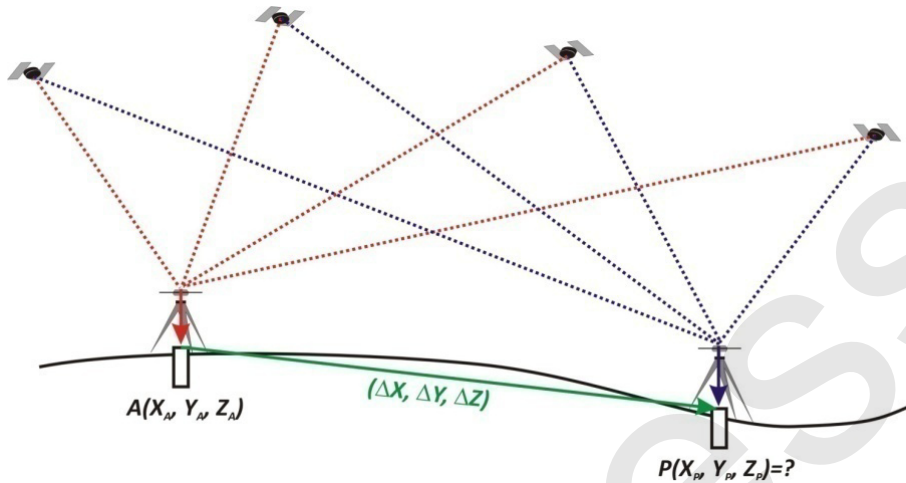


4.12. ábra. A műholdas helymeghatározás elve

Ha a mérés során egyetlen pont X, Y, Z koordinátáinak meghatározása történik, csak a meghatározandó ponton végrehajtott mérések alapján, úgy a módszert abszolút helymeghatározásnak (single point positioning) nevezzük.

Az abszolút helymeghatározásra többnyire a kódmerést alkalmazzuk, de bizonyos feltételekkel fázisméréssel is megvalósítható. Abban az esetben, ha egy ismert koordinátájú ponthoz képest határozzuk meg további pont(ok) $\Delta X, \Delta Y$ és ΔZ koor-

dináta-különbségeit, relatív helymeghatározásról beszélünk. A meghatározás lényege abban áll, hogy a bázisvonal (az ismert és az ismeretlen pontok közötti távolság) mindkét végpontján ugyanazon időpillanatban ugyanazon műholdakat észlelje mindkét vevő. Ha a relatív meghatározást kód-méréssel végezzük, úgy azt differenciális GPS (DGPS) mérésnek nevezzük. Abban az esetben, ha fázisméréssel hajtjuk végre, egyszerűen csak relatív helymeghatározásról beszélünk (4.13. ábra).



4.13. ábra. A relatív helymeghatározás elve

Az Amerikai Geodéziai és Térképészeti Kongresszus szerint a GPS mérések az 3. táblázatban szereplő pontossági kategóriákba sorolhatók:

3. táblázat. A GPS mérések pontossági kategóriái

Pontossági kategória	Ponthiba
tíz méteres	> 10,0 m
több méteres	1,50-10,0 m
méteres	0,50-1,50 m
szubméteres	0,20-0,50 m
deciméteres	0,05-0,20 m
centiméteres	5 mm – 50 mm
milliméteres	< 5 mm

Az első kategóriába a navigációs vevők sorolhatók, melyek pontossága a néhány métertől több tíz méterig terjed. Ezek a vevők kód-mérés alapján végzik a helymeghatározást valós időben, tehát a mérés utófeldolgozást nem igényel. További jellemzőjük, hogy méretük kicsi és könnyen kezelhetők. Hasonló tulajdonságokkal rendelkeznek a következő három csoportba tartozó (méteres, szubméteres, deciméte-

res) eszközök, azzal a különbséggel, hogy ezek a vevők már fázismérésre is alkalmasak. Ezeket az eszközöket nevezzük térinformatikai vevőknek.

A geodéziai meghatározásokat fázismérésen alapuló egy- vagy többfrekvenciás megoldásokkal hajtunk végre olyan vevőkkel, amelyek egyszerre egy vagy több műholdrendszerrel is képesek észlelni. Ezen GNSS vevők már centiméteres pontosságúak.

A legpontosabb eredményt adó kategóriába a geodinamikai GNSS vevők tartoznak, amelyek a geodéziai vevőkhöz képest nagyobb memóriával és stabilabb fáziscentrummal rendelkeznek.

Mérési módszerek szerint megkülönböztetünk statikus és kinematikus méréseket. Statikus mérések közé soroljuk a hagyományos statikus, a gyors statikus és a visszatérési meghatározásokat. A statikus méréskor a meghatározandó vektor mindkét végpontján egy-egy vevő végez egyidejű észlelést ugyanazon műholdakra. A mérés során az egyidejűségen kívül a bázis mindkét pontján legalább 4 azonos műhold észlelése szükséges. A GPS-korszak elején a geodéziai célú meghatározásokra kizárólag relatív statikus módszert alkalmaztak (4. táblázat).

4. táblázat. A statikus mérések jellemző ponthibái

elnevezés	jellemző alkalmazás	jellemző ponthiba	jellemző bázishossz	a mérési periódus időtartama
hagyományos statikus	geodinamika, mérnökgeodézia	< 5 mm	> 10 km	<1 óra (több nap)
gyors statikus	alappontsűrítés	1-2 cm	< 15 km	10-30 perc
visszatérési	alappontsűrítés	1-2 cm	< 15 km	2×(5-10) perc
GPS sokszögelés	alappontsűrítés	1-2 cm	< 15 km	10-30perc

A gyors statikus (angolul: fast static, vagy rapid static) mérések fázis többértelműségeinek számítástechnikai feloldása lerövidítette a mérési időt. A módszer megegyezik a hagyományos statikus eljárással, azzal a különbséggel, hogy a bázishossznak 15 km-nél kisebbnek kell lennie, és egyszerre öt-hat műhold észlelésére van szükség. A pontossági kategóriák a felhasználók pontossági igényeinek rendszerezését szolgálják, melyeknek „jó” geometriai elhelyezkedésűeknek kell lenni. A mérés időtartama ennél a módszernél néhányszor tíz perc. A mérés idejére a műszereket – a mozdulatlanságuk biztosítása végett – célszerű műszerállványon elhelyezni, vagy kitámasztó bottal ellátni.

A visszatérési eljárás során gyors statikus méréseket hajtunk végre az ismert és az ismeretlen pontokon, majd bizonyos idő elteltével (újra inicializálással) a méréseket megismételjük, ekkor már más műhold geometria mellett. A módszerrel centiméteres pontosság érhető el, ezáltal a mérési idő az egyes pontokon néhány percre csökken. A gyors statikus mérést alkalmazzuk IV-ed V-ödrendű alappontsűrítésre, kisalappontok meghatározására, valamint részletmérésre.

A GPS sokszögelés abból áll, hogy két adott pont között határozzuk meg új pontokat. Ha az A pont és a B pont között határozzuk meg (általában két vevővel), az 1., 2. és 3. pontokat (miközben A -ból haladunk B felé), úgy az első periódusban az egyik műszerünk az A ponton helyezkedik el, a másik az 1-es ponton, a második periódusban az 1-es ponton lévő marad a helyén és az A ponton lévő átmegy a 2-es pontra, és így tovább a B pontig.

A kinematikus mérések fajtái: félkinematikus (SGS – Stop-and-gosurvey), valódi kinematikus (TKS – True kinematic survey), valamint valós idejű kinematikus (RTK – Real Time Kinematic). Az RTK megoldáson belül megkülönböztetünk hagyományos RTK és hálózati RTK módszereket. Ennek megfelelően négyféle kinematikus eljárásról beszélhetünk, igaz ezek a módszerek a gyakorlatban nem teljesen különböznek el egymástól.

A félkinematikus (stop and go) módszer alkalmazása esetén két vevőre van szükségünk, az egyiket felállítjuk a referenciaponton (álló vevő), a másikkal pedig (mozgó vevő) elvégezzük az inicializálást OFT (On-The-Fly) módban. Ezek után a mozgó vevővel felkeressük a meghatározandó pontokat és elvégezzük a mérést. A félkinematikus mérés előnye, hogy a meghatározandó pontokon a mérés csupán néhány másodpercet vesz igénybe, hátránya hogy a teljes bejárás időtartamára legalább négy műhold folyamatos észlelésére van szükség. A félkinematikus módszer alkalmas felmérési alappontok és kialappontok meghatározására (pontossága: 1–2 cm + 1 ppm) (5. táblázat).

5. táblázat. A kinematikus mérések fajtái (* saját, ** hálózati RTK bázis)

elnevezés	jellemző alkalmazás	jellemző ponthiba	jellemző bázishossz	feldolgozás
félkinematikus (stop & go)	felmérés	1–2 cm	< 15 km	utólagos
valódi kinematikus	felmérés	1–3 cm	< 15 km	utólagos
RTK	felméréskitűzés	1–3 cm	< 5–10 km* < 40km**	valós idejű

A valódi vagy folyamatos kinematikus (true kinematic, continuous kinematic) módszer abban tér el az előzőekben leírt félkinematikustól, hogy míg az utóbbinál csak az általunk kiválasztott pontok koordinátáit határozzuk meg, addig a valódi kinematikus módszer esetén maga az útvonal meghatározása történik, annak megfelelően, hogy milyen időintervallumokat definiáltunk a meghatározandó pontok rögzítésére. A módszer pontossága 1–3 cm + 1 ppm értékben határozható meg.

1994-ben jelent meg az első hagyományos RTK (RTK – Real Time Kinematic), ami geodéziai pontosságú meghatározások végrehajtását is lehetővé tette. A meghatározás azonban költséges volt, hiszen két darab kétfrekvenciás vevőt kellett a felhasználónak megvásárolnia, majd üzemeltetnie. A permanens állomások kiépítésé-

vel az egyetlen állomásra támaszkodó RTK mérés esetén elegendő volt egyetlen vevő a cm-es pontosság eléréséhez. A technológia lényeges előnye abban áll, hogy nem saját referenciaállomást telepítünk, hanem egy meglévő, folyamatosan üzemelő permanens állomás adatait használjuk referenciaként.

Az RTK technológiában aktív hálózatok teljes kiépítése hozott áttörést. A hálózatok folyamatosan üzemelő permanens állomásai valós idejű adatokat kezdtek szolgáltatni. Ennek következtében 2000. évtől kezdődően kialakult a hálózatos RTK módszer. Ehhez szükség volt Internetre, intelligens szoftverek kifejlesztésére, valamint az RTK-adatok szabványosítására (NTRIP – Networked Transport of RTCM via Internet Protocol). A mérést egy darab kétfrekvenciás vevővel végre lehet hajtani (4.14. ábra).



4.14. ábra. Stonex S9 GPS

A hálózatos RTK módszer lényege abban áll, hogy referenciavevők ismert helyzetű pontokon helyezkednek el és folyamatosan mérnek. A folyamatos mérés alapján az állomások között számíthatók a légköri- és más hibahatásokból adódó korrekciók, melyek valós időben a felhasználók számára továbbíthatók.

Az RTK fő előnye az azonnali helymeghatározás és az, hogy valós időben ismerjük a mérési eredmény pontosságát. Természetesen ennél a módszernél is biztosítani kell legalább öt műhold azonos időben történő észlelhetőségét és a megfelelő műhold-geometriát. Az RTK módszer alkalmas felmérésekre, kitűzésekre egyaránt. A módszer pontossága a táblázatban adott bázishosszak betartása mellett 1–3 cm + 1 pp értékben határozható meg. Attól függően, hogy a műholdak és a vevő közötti távolságokat milyen módszerrel határozzuk meg, beszélhetünk fázismérésről, Doppler mérésről és kód mérésről.

5. FELMÉRÉSI ÉS KITŰZÉSI MÓDSZEREK

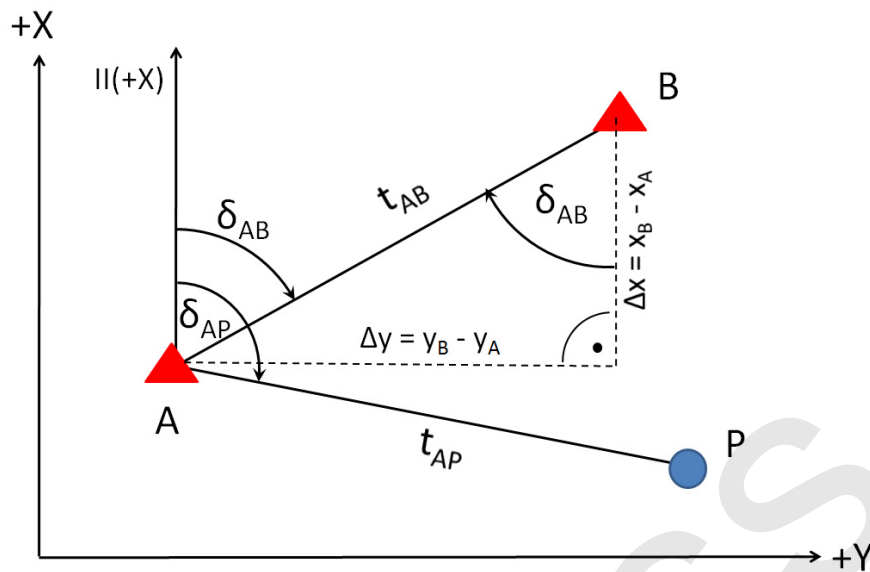
5.1. Alappontsűrítési és részletmérési eljárások

A terepi pontok geodéziai meghatározását ismert koordinátájú alappontokról tudjuk elvégezni. Ezeket a pontokat akkor tudjuk műszerállásként felhasználni, ha a terepen állandó módon meg vannak jelölve (állandósítva vannak) és ismerjük a koordinátáikat, vagyis a térképen szerepelnek. Az ilyen pontokat nevezzük geodéziai alappontoknak vagy háromszögelési pontoknak. A legsűrűbb ponthálózatunkat a negyedrendű alappontok alkotják, de még ezek egymástól való távolsága is 1,5 - 2 km. Figyelembe véve a pontpusztulásokat, a terepakadályokat (épületek, növényzet, domborzati viszonyok stb.) és azt, hogy általában a munkaterületünk közvetlen közelében nincs alappont, úgy újabb alappont meghatározásra van szükségünk. Ezért alappontsűrítést kell végeznünk.

A részletméréshez, alappontsűrítéshez szükséges geodéziai számításokat ma már a műszerekbe integrált programokkal végezzük, de ahhoz, hogy a meghatározásokat helyesen tudjuk végrehajtani, tisztában kell lennünk a különböző geodéziai számítások elvével, ezért ebben a fejezetben a különböző számítási módszereket ismertetem. Pontkapcsolások segítségével, ismert koordinátájú pontokat felhasználva, irányokat és távolságokat mérve tudjuk számítani az ismeretlen (meghatározandó) pont koordinátáit. Egy pont meghatározásához két adatot kell mérnünk. Ez a két adat lehet két távolság, két irány vagy a kettő kombinációja. Attól függően, hogy milyen adatokat mérünk és milyen az irányok geometriája, különböző pontkapcsolási eljárásokról beszélhetünk. Az eljárások tárgyalása során csak azok elvét ismertetem, a számítási módjait, a megoldásukhoz szükséges képleteket nem.

5.1.1. Geodéziai alapfeladatok

A geodézia két alapfeladatára (melyeket főfeladatnak is neveznek) épülnek a geodéziai számítások, a pontkapcsolások. A geodézia első alapfeladata a polárispont számítás. Az első geodéziai alapfeladat számítása során egy ismert koordinátájú pont (az ábrán ez az „A” pont), egy irányszög (δ_{AP}) és egy távolság (t_{AP}) felhasználásával számítjuk az ismeretlen P pont koordinátáit (5.1. ábra).



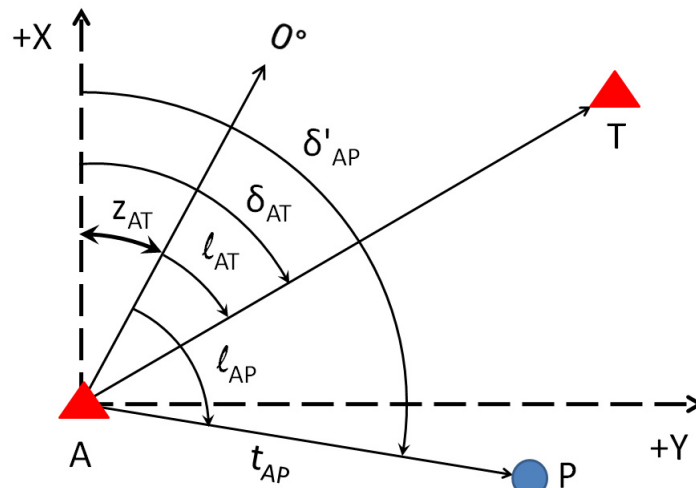
5.1. ábra. Első és második geodéziai alapfeladat értelmezése

Egy egyenes irányszöge alatt azt a szöveget értjük, amelyet egy kezdőirány (+ X tengely) az adott egyenesig az óramutató járásával egyező irányban leír. (Megjegyzés. Miután a geodéziában a szögek értelmezése az óramutató járásával azonos, a matematikában pedig az óramutató járásával ellentétes, ezért a matematikai koordináta rendszer tengelyei a geodéziában fel vannak cserélve, így a geodéziai koordináta rendszer + X tengelye északra, míg a + Y tengelye keleti irányba mutat.) A második geodéziai alapfeladat nem más, mint az első fordítottja, azaz két ismert koordinátájú pont (A és B pontok) koordinátáinak koordinátakülönbségei (Δx és Δy) alapján számítjuk az egyik pontról a másikra menő irányszöveget (δ_{AB}), valamint a két pont távolságát (t_{AB}).

5.1.2. A tájékozás

Ahhoz, hogy egy helyi vagy országos koordinátarendszerben pontos számításokat tudjunk végezni, a műszerálláspontunkon az irányméréseinket tájékoznunk kell. Erre azért van szükség, mert a műszerünk vízszintes körén lévő nulla (kezdővonás) nem feltétlenül az Északi irányba mutat. Nem látunk bele a műszerbe, csak mért irány értékét (továbbiakban: irányérték) tudjuk leolvasni a műszerről, amit az a kezdővonáshoz képest éppen mutat. Természetesen, ha a nulla kezdővonásunk iránya pontosan egybeesne az északi iránnyal (+ X tengely) úgy tájékozásra sem lenne szükség (5.2. ábra, lásd a következő oldalon).

A tájékozás során az állásponton (A) kívül szükség van egy másik ismert koordinátájú pontra, mellyel az előbbi a terepen összelátszik (tájékozó irány „ T ”), s így iránymérést tudunk rá végezni. A tájékozás elvégzése után a feladatunk a „ P ” pont koordinátáinak számítása. Adottak tehát az A és T pontok koordinátáikkal, számítjuk az „ A ” pontról a „ T ” pontra menő δ_{AT} irányszöveget (második geodéziai alapfeladat segítségével). Az „ A ” pontról iránymérést hajtunk végre a „ T ” és „ P ” pontokra és mérjük az ℓ_{AT} és ℓ_{AP} irányértékeket.

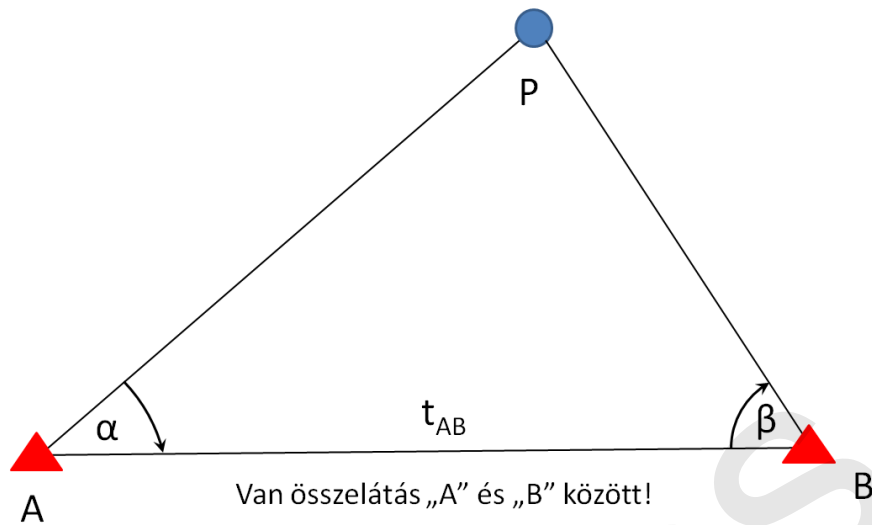


5.2. ábra. Tájékozás az „A” ismert ponton

Ezt követően a számított irányszögből (δ_{AT}) levonjuk a hozzátartozó, mért irányértéket (ℓ_{AT}) és megkapjuk a (z_{AT}) tájékozási szöget (a tájékozási szög bal szára mindig az északi irány, jobb szára pedig a vízszintes kör osztásvonala). Ezek után már nagyon egyszerű dolgunk van, ugyanis a tájékozási szöggel megjavítjuk az ismeretlen pontra menő irányértéket és számítjuk a „P” pontra mutató irányszöveget, ($\ell_{AP} + z_{AT} = \delta'_{AP}$). Az így számított irányszöggel és a mért távolság (t_{AP}) felhasználásával számítjuk ki a „P” pont koordinátáit (első geodéziai alapfeladat).

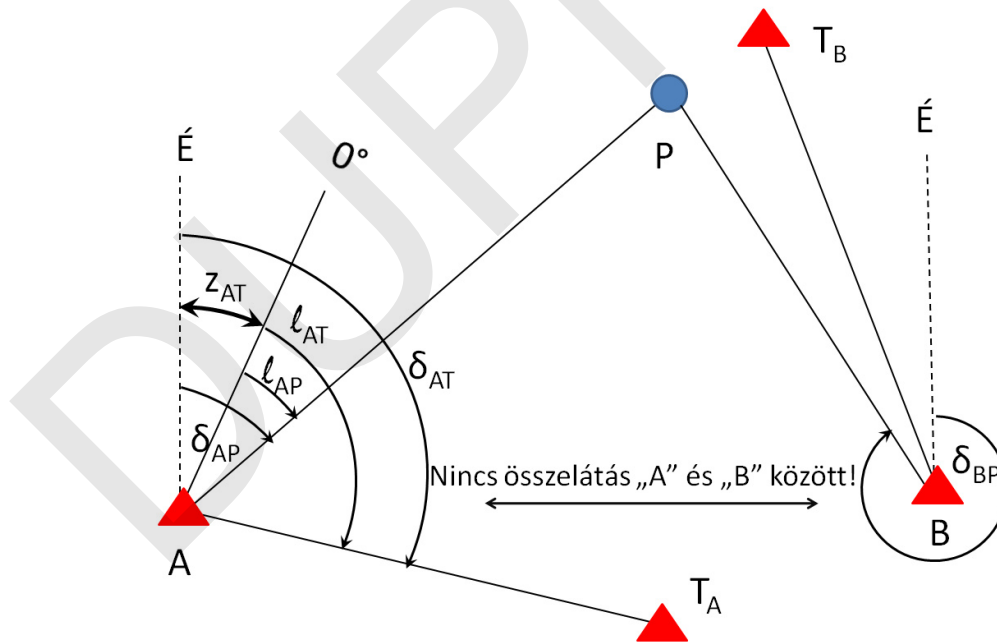
5.1.3. Előmetszés

Mint azt a trigonometriából tudjuk, egy háromszöget egyértelműen meghatároz annak egy oldala és a rajta fekvő két szöge. Tehát, ha ismerjük az adott oldal két végpontjának koordinátáit (a koordinátákból számítani tudjuk az A és B pontok távolságát) és mérjük a két ponton a háromszög belső szögeit, úgy a harmadik pont koordinátája számítható. Az előmetszés elve is ez. Ekkor a két ismert ponton felállítjuk a műszerünket és iránymérést végzünk mind az adott, mind az ismeretlen pontra. Az adott pontra és az ismeretlen pontra menő iránymérésekből számítjuk a háromszög belső szögeit, majd az ismeretlen pont koordinátáit. Mivel a feladat során a háromszög belső szögeit határozzuk meg, ezért ezt a megoldást **belsőszöges előmetszésnek** nevezzük. A számítás során a mért szögeket úgy kell kiegyenlíteni (a hibákat „megszüntetni”), hogy a belső szögek összege 180° legyen. Ezt úgy érjük el, hogy az eltérés harmadával megjavítjuk a belső szögeket. A mérési hibák és a felhasznált alappontok kerethibái (ha kis mértékben is, de az alappontok is mérési és számítási hibákkal terheltek) miatt az új pont előmetszéssel történő meghatározása akkor ad számunkra megbízható eredményt, ha az előmetsző irányok közel derékszögben metszik egymást (5.3. ábra).



5.3. ábra. Belsőszögös előmetszés

Az előbbi megoldás azt feltételezi, hogy a két ismert koordinátájú pont (A és B) összelátászik, tehát a pontok egymásból irányozhatók. A másik megoldás esetén a két adott pont, különböző terepakadályok (növényzet, épületek) miatt nem látszik össze, ezért az irányszögös előmetszés során a két ismert pont koordinátáin kívül szükség van mindkét ponthoz „tartozó” legalább egy-egy (T_A és T_B), a pontról irányozható tájékozó irányra (tehát még két ismert koordinátájú pontra) (5.4. ábra).



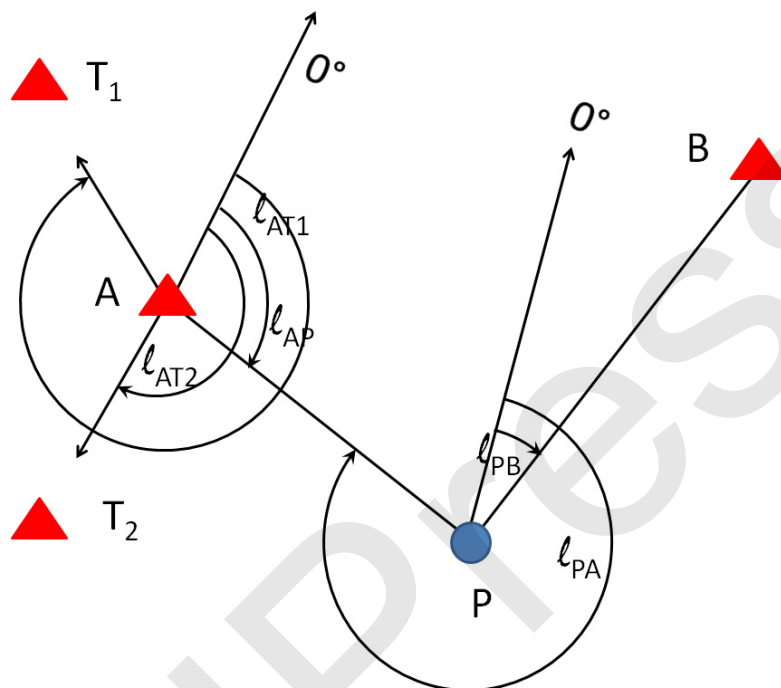
5.4. ábra. Irányszögös előmetszés

(Megjegyzés. A tájékozó irányokra azért van szükség, mert ezek alapján tudjuk mindkét ponton számítani a z_{AT} és z_{BT} tájékozási szögeket – z_{BT} az ábrán nincs jelölve –, vagyis a méréseinket beforgatni az alkalmazott koordináta-rendszer $+X$ irányába, azaz északi irányba tájolni.) A tájékozás után számítani tudjuk az ismeretlen pontra menő irányszögeket (δ_{AP} és δ_{BP}) amelyek felhasználásával pedig az ismeret-

len pont (P) koordinátáit. A megfelelő pontosságú mérések érdekében a tájékozó irányoknak mindig hosszabbaknak kell lenniük a meghatározó irányoktól.

5.1.4. Oldalmetszés

Az oldalmetszés során ismernünk kell, az A és B pontokat, illetve a B pontról mérhető tájékozó irányokat meghatározó pontok koordinátáit. Ezen túlmenően a meghatározandó pontra (P) fel is kell tudnunk állítani a műszerünket (de ha egy magaspontra az új pont – pl. gyárkémény – ott nem tudunk pontraállni) (5.5. ábra).

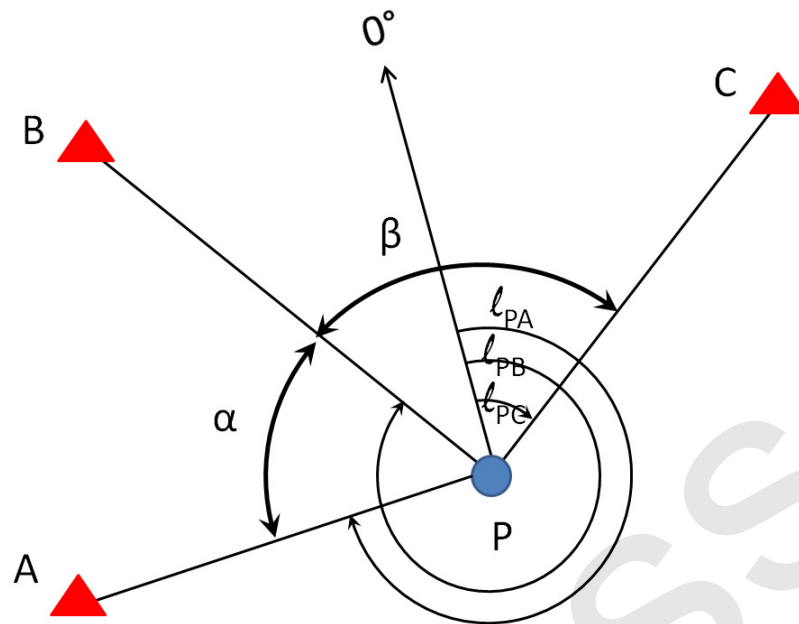


5.5. ábra. Oldalmetszés elve

A mérést úgy végezzük, hogy az A és P pontokon hajtunk végre iránymérést oly módon, hogy az A pontról mérjük a tájékozó irányokat (T_1 , T_2) és mérünk az új pontra. Ezek után felállunk az új ponton (P) és visszamérünk az előbbi álláspontra (A), valamint mérünk egy másik irányra (B). Ez utóbbi mérést nevezzük oldalmérésnek, az irányt **oldalmetsző irány**nak, a feladatot pedig oldalmetszésnek.

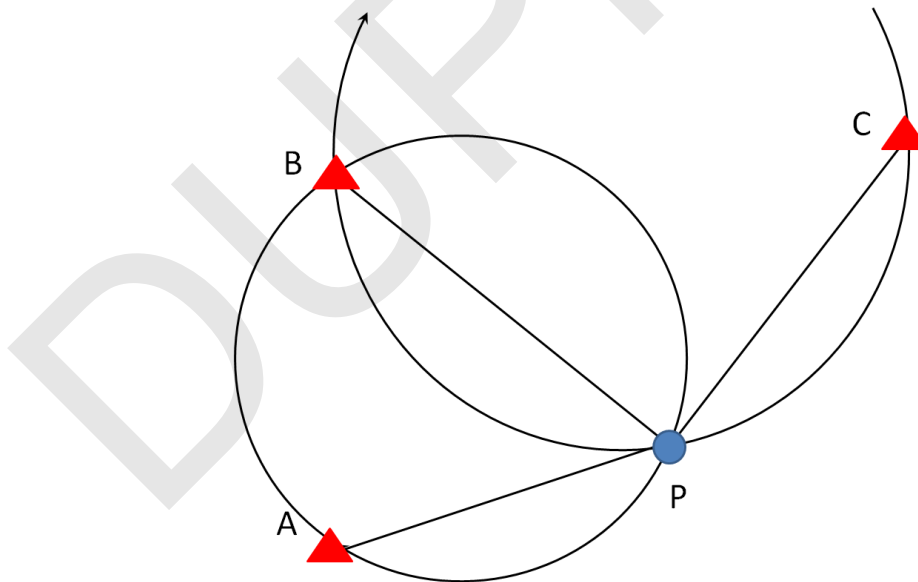
5.1.5. Hátrametszés

Amikor a távolságmérés pontatlansága még jelentős volt (de még a műholdas helymeghatározás korszaka előtt is), azon pontkapcsolásokat használták inkább, melyek tisztán iránymérés alapján voltak végrehajthatók. Ilyen, iránymérések alapján végezhető megoldás a hátrametszés. Ezt a napi mérnöki gyakorlatban is igen kényelmes volt használni, gondoljunk csak arra az esetre, amikor állunk a műszerünkkel egy ismeretlen ponton (pl. egy dombtetőn) és látunk három magaspontra (pl. három falu templomtornyát) melyek jól irányozhatók és a koordinátáit is ismerjük. Tehát a mérés feltétele, hogy a meghatározandó pontra műszerrel fel tudjunk állni, valamint szükségünk van még három (az új pontról irányozható) ismert pontra. Számítjuk az ismert pontokra menő irányok által bezárt szögeket (α, β) (5.6. ábra).



5.6. ábra. A hátrametszés mérése

Ezek után a két szögből és a három koordinátapárból az ismeretlen P pont koordinátái egyértelműen meghatározhatók. A számítás elve az, hogy két alapponton és az új ponton (A, B, P) és (B, C, P) átmenő körök metszéspontja éppen az ismeretlen pont (5.7. ábra).

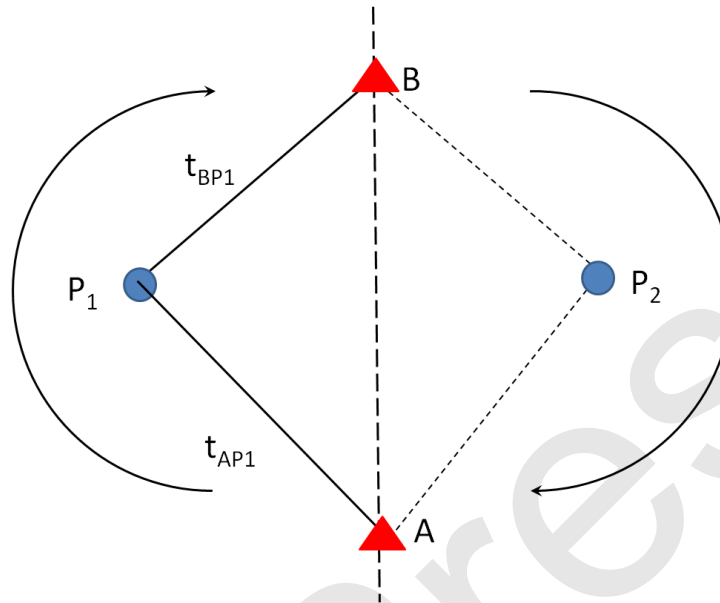


5.7. ábra. A hátrametszés geometriai elve

A feladat nem ad megoldást akkor, ha az új pont a három ismert alappont (A, B, C) által meghatározott körre esik. Ezt a geodéziában veszélyes körnek nevezzük. A pontok elhelyezkedése ideálisnak tekinthető, ha a 3 hátrametsző irány közel 120 fokban zár be egymással.

5.1.6. Ívmetszés

Az ívmetszés során csak távolságokat (t_{AP} , t_{BP}) mérünk, melyhez két ismert koordinátájú (A , B) pontra van szükségünk. A távolságmérés iránya mindegy. A két ismert pont és a két mért távolság az új pont (P) számítására nem ad egyértelmű megoldást, mivel a P pont az AB egyenesre szimmetrikusan is megszerkeszthető (5.8. ábra).



5.8. ábra. Ívmetszés számítása és körüljárási iránya

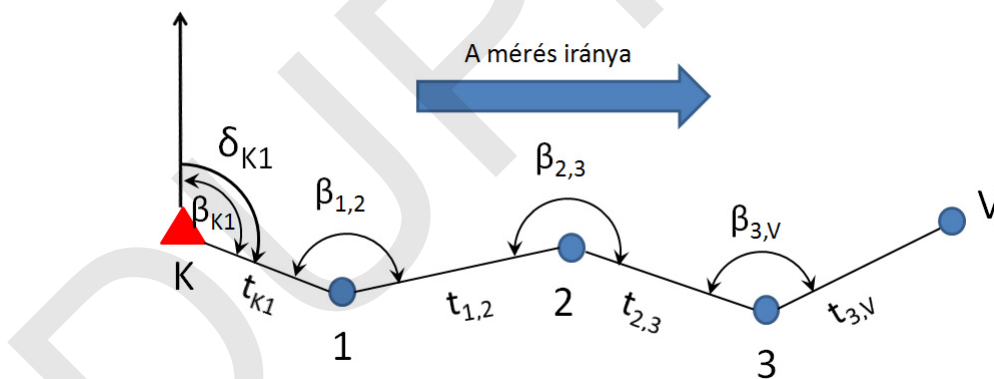
Az egyértelmű meghatározáshoz egy további adatra van szükségünk, ez pedig nem más, mint a körüljárási irány. A geodéziában a szögeket az óramutató járásával azonos irányban értelmezzük, tehát ez a pozitív körüljárási irány. Abban az esetben, ha az $A(P_1)B$ a számítás sorrendje, úgy a P_1 pontot számítjuk, ha $B(P_2)A$ a sorrend, úgy a P_2 pont koordinátáit számítjuk. A számítás során olyan háromszöget oldunk meg, melyben minden oldal ismert (a két ismert pont (A , B) közötti távolságot a pontok koordinátái alapján számítjuk). Először számítjuk az AB oldal mellett lévő valamelyik belső szöveget, majd ennél a pontnál lévő irányyszöveget. Az adott pont koordinátáinak felhasználásával, valamint az irányyszög és a távolság ismeretében számítható poláris pontszámítással (első geodéziai alapeladat) az ismeretlen pont koordinátája. A számítást mind az A , mind a B pontból el tudjuk végezni, ezért a megoldás ellenőrzésére is van lehetőség.

Ezt a pontkapcsolást a napi mérnöki gyakorlatban is alkalmazzuk, például amikor egy tereptárgyat közvetlenül nem tudunk mérni (nem tudjuk odatenni a prizmát vagy a GPS vevőt a mérendő részletponthoz), akkor meghatározunk egy-egy pontot (A -t és B -t) GPS-el, majd megmérjük (pl. lézer távmérővel vagy szalaggal a távolságot) helyes körüljárási irány esetén a műszerünkbe integrált program már számítja is az új részletpont (P) koordinátáit.

5.1.7. Sokszögvonalak

Az alappontsűrítést sokszögeléssel is végrehajthatjuk. A sokszögelés lényege, hogy amennyiben ismertek a szomszédos pontok közötti távolságok (sokszögoldal) és a szomszédos egyenesek közötti vízszintes szögek (törésszögek, melyeket mindig a mérési irány bal oldalán értelmezzünk), úgy a poligon (sokszögvonala) helyzete relatív módon meghatározható. Abban az esetben, ha a sokszögvonala kezdő oldalának irányszöge és kezdőpontjának koordinátái is ismertek, úgy számítható a vonala többi sokszögpontjának koordinátája is. De miért van erre a megoldásra szükség a mai mérnöki gyakorlatban, amikor a részletpontok műholdas meghatározással gyorsan és pontosan meghatározhatók? Ha például olyan helyen van szükségünk alappontra, ahol a terület fedett (erdős területek, sűrűn beépített területek), akkor a munka szabad égbolt híján GPS-el nem végezhető el.

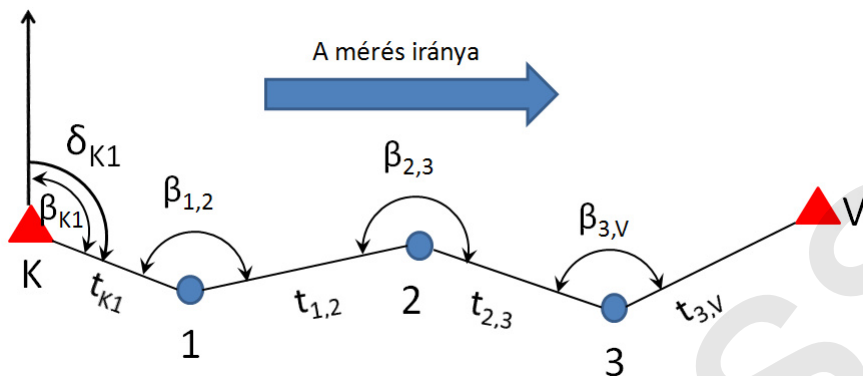
A sokszögelés végrehajtásához különböző típusú sokszögvonalaikat használhatunk. A választás attól függ, hogy hány ismert koordinátájú pontot tudunk felhasználni a meghatározáshoz, milyen azok geometriája és mekkora a tervezett sokszögvonala becslött hossza. A sokszögvonala hossza 1,5 - 2 km lehet, az oldalak hossza pedig általában nem haladja meg a 200 m-t. Elsősorban a vonala hosszát az alkalmazott eszközök pontossága határozza meg, hiszen a hosszú oldalak esetében a távolságmérés pontossága, míg a rövid oldalak esetén a szögmérés pontossága és az irányított pontok központossága van leginkább hatással a meghatározásra. A sokszögvonalaiknak különböző típusai vannak, így megkülönböztetünk szabad, beillesztett, egyszeresen tájékozott és kétszeresen tájékozott sokszögvonalaikat.



5.9. ábra. Szabad sokszögvonala

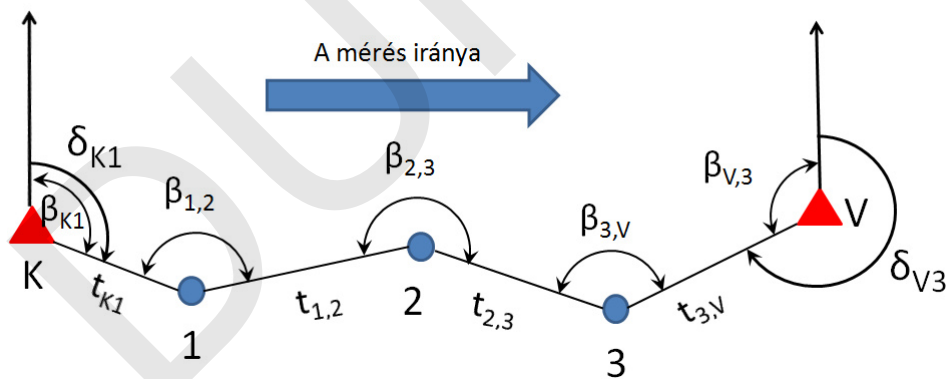
A legegyszerűbb vonala, a szabad sokszögvonala. Ennek lényege, hogy egy ismert álláspontból (K) meghatározzunk egy poláris pontot (1) – első alapfeladat –, majd átállunk az előbb meghatározott pontra és ebből a pontból meghatározzunk egy következő pontot (2), és így tovább. Ezzel a módszerrel szabad sokszögvonalaikat mérünk. Mivel nincs a vonalnak csatlakozása ismert ponthoz, így nem tudunk számítani sem hossz záróhibát, sem szögzáró hibát (a záróhiba a mért és az adott értékek közötti eltérést jelenti), így nincs ellenőrzésünk a mérésünkre. A szög és a hossz záróhibák (ezek a vonala csavarodását eredményezik), annál jelentősebbek lesznek, minél többször állunk át, vagyis minél több sokszögpontot határozzunk meg. Ezért két új ponttól több pont meghatározása ezzel a módszerrel nem célszerű (5.9. ábra).

Az egyszeresen tájékozott sokszögvonal azt jelenti, hogy a vonal két ismert pont között (K és V) helyezkedik el és a kezdőponton tájékozó irány is mérhető. Mivel a vonal csak a kezdőponton van tájékozva (a végponton nem) így szögzáró hiba nem számítható. A végpont koordinátája ismert, melyet a mérési eredményeink alapján számítunk is, így a két érték különbségeként a hosszáró hiba meghatározható. Ennél a típusnál tehát van egy ellenőrzésünk a méréseinkre (5.10. ábra).



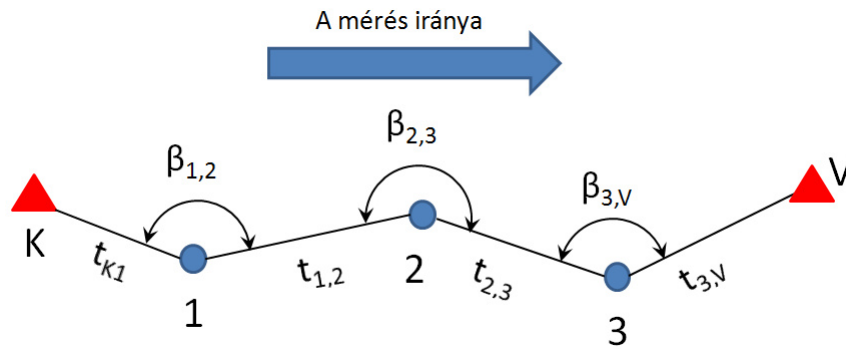
5.10. ábra. Egyszeresen tájékozott sokszögvonal

A kétfősen tájékozott sokszögvonal esetében adottak a kezdő és végpontok koordinátái, valamint a kezdő és végpontokról tájékozó irányok mérhetők, így az e pontokhoz csatlakozó sokszögoldalok tájékozottak. Ebben az esetben tehát szög és hosszáró hiba is számítható. Mivel a sokszögvonalak közül ennél az egy típusnál hajtható végre a hossz- és a szögmérés ellenőrzése együttesen, így ha van rá lehetőségünk, akkor mindig kétfősen tájékozott, kezdő és végpontján (ismert koordinátájú pontok) csatlakozó vonalat vezetünk (5.11. ábra).



5.11. ábra. Kétfősen tájékozott sokszögvonal

A sokszögvonalak speciális típusa a beillesztett sokszögvonal, melynek sem a kezdő sem a végpontján nem tudunk tájékozó irányt mérni. Csak a kezdő és végpont koordináták ismertek számunkra. Ilyen helyzet állhat elő zárt erdőben vagy sűrűn beépített városrészek szűk utcáiban. Méréseinkre egy ellenőrzésünk van, ugyanis csak hosszáró hibát tudunk számítani (5.12. ábra).



5.12. ábra. Beillesztett sokszögvonala

5.2. Kitűzési módszerek

A kitűzések célja valamely tervezés eredményeként létrejött létesítmények töréspontjainak vagy határvonalak részletpontjainak terepen való kijelölése úgy, hogy azok a lehető legjobban illeszkedjenek a környezetükbe. A kitűzéshez a tervezés során a tervező által készített kitűzési helyszínrajzot használjuk. A helyszínrajz készülni helyi vagy országos koordinátarendszerben egyaránt. Ha helyi rendszerben készül, akkor a rendszert (koordináta tengelyek vagy kitűzési főirányok) a tervezőnek definiálnia kell (pl. egy meglévő épület falsíkja az X tengely, az épület sarokpontja az origó és az Y tengely az X -től K -i irányba mutat). Sajnos a mai tervezői gyakorlatban a kitűzési helyszínrajzok az előbb említett koordinátarendszerekben csak a legritkább esetekben készülnek. A tervezők elsődleges szempontja, hogy a rajz a papíron nyomtatáskor elférjen egy alkalmazott méretarányban. Ennek érdekében eltolják, elforgatják azt, ezáltal megváltoztatva a pontok eredeti koordinátáit. Ebből adódóan a földmérő első feladata a kitűzés előtt a tervezett létesítmény pontjainak térképi vagy terepi környezetbe való beillesztése (transzformálása). A művelethez Helmert-transzformációt használunk. Ez egy síkbeli transzformáció, amely alkalmazásával két olyan koordináta-rendszer között tudunk átszámításokat végezni, melyek kezdőpontjai nem egyeznek meg, tengelyeik sem párhuzamosak egymással, valamint a két rendszer között méretarány különbség is fennáll. Azért ezt a transzformációt alkalmazzuk, mert az átszámítás során egy méretaránytényezőt használ (a hosszak arányait nem változtatja meg). A transzformációt közös – mindkét rendszerben ismert – pontok alapján végezzük. A közös pontok kijelölése után transzformációs állandók számítására kerül sor. Lehetőleg kettőtől több közös pontot használjunk, ugyanis ekkor meghatározhatók a két rendszer illeszkedését mutató maradék ellentmondások (ΔY , ΔX koordináta eltérések), így lehetőségünk van a hibás pontok kiszűrésére. Miután rendelkezésünkre áll egy helyi vagy országos koordinátarendszerben lévő terv, hozzákezdhetünk a kitűzés megtervezéséhez. A kitűzéseket a kitűzésre vonatkozó pontossági elvárások függvényében végezhetjük ortogonális, poláris módszerekkel, műholdas helymeghatározással, vagy ezek kombinációival.

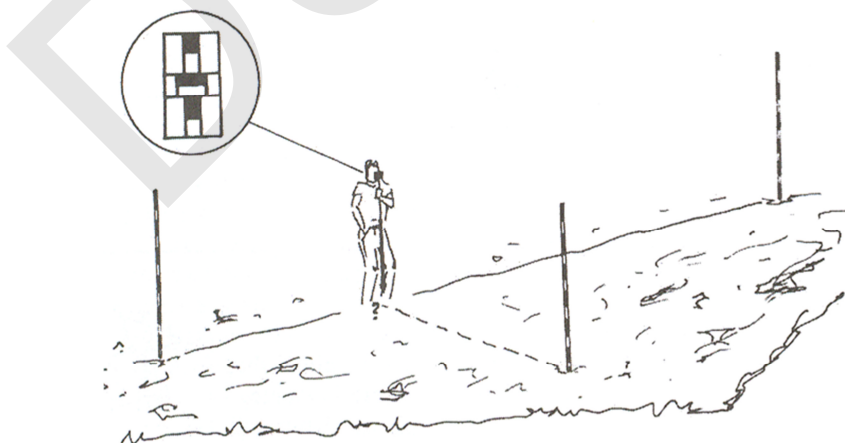
5.2.1. Ortogonális kitűzés

A derékszögű kitűzések legegyszerűbb és legolcsóbb felszerelést igénylő, de egyben „legpontatlanabb” módszere a szögprizmával való kitűzés. A kettős szögprizma két egymás fölé helyezett prizmából áll. A prizmák úgy vannak egymás fölé helyezve, hogy a jobbról és balról belépő és kilépő fénysugarak egymásra merőlegesek és metszéspontjuk egy függőlegesben van, melynek terepszintű pontja a vetítési pont. A prizma látómezeje három részre van osztva, az alsó és felső részen az egyenes két végpontját (jobbra és balra) látjuk, míg középen a velünk szemben lévő (az egyenesre merőlegesen elhelyezett) pont látható (5.13. ábra).



5.13. ábra. A szögprizma

A módszerrel végre tudunk hajtani kitűzést és bemérést egyaránt. A kitűzés során egy ismeretlen (terepen még meg nem jelölt) pont merőleges helyét határozzuk meg, egy térkép-terep azonos vonalához képest (5.14. ábra).



5.14. ábra. Ortogonális kitűzés

A kitűzés során ismerjük a kitűzendő pont (az ábrán a kitűzést végzővel szemben lévő pont) mérési vonalra (a kitűzést végzőtől jobbra és balra lévő kitűző rudak által meghatározott vonal) vonatkozó merőleges távolságait (abcissza: a mérési vonalon, annak kezdőpontjától mért távolság, ordináta: a mérési vonaltól a pont merőleges távolsága). Ezen távolságokat a terepen úgy jelöljük ki, hogy a mérési vonalon mérőszalagot fektetünk le, és a kitűzendő pont mérőszalagról leolvasott abcissza értékénél a szögprizmával a mérési vonalba állunk (egyenesbe állás) úgy, hogy a jobbra és balra lévő két kitűzőrúd képe egy függőlegesbe essen. Ezt a prizmával történő előre hátra mozgással, fokozatos közelítéssel érhetjük el.

Ezek után egy figuráns (földmérő segéd) segédletével a kitűzendő pont irányában (szemben velünk, a mérési vonalra merőlegesen) irányba intéssel egy harmadik kitűző rudat helyezünk el úgy, hogy annak a prizmán létrejött képe, az előbbi kitűző rudak képének függőlegesében legyen. Ekkor a kitűzőrudat leszúrjuk és a kitűzőrúd valamint a prizma talppontja (a részletpontból az alapvonala bocsájtott merőleges, és az alapvonala metszéspontja) között egy második mérőszalagot fektetünk. A mérőszalagon megkeressük a pont ordináta értékét és az így kitűzött pontot fakaróval megjelöljük. A munkát a következő részletpont kitűzésével hasonló módon folytatjuk. A kitűzést a kitűzött részletpontok összemérésével ellenőrizzük.

5.2.2. Poláris kitűzés

A poláris kitűzés a geodéziában leggyakrabban használt kitűzési módszer. A módszert akkor alkalmazzuk, ha részletpontok egy alappont körül csoportosulnak, vagy az alappontsűrítés során úgy tudunk új alappontot meghatározni, hogy az a kitűzendő pontok környezetében legyen. Tipikus példája ennek a külterületen való kitűzés, ahol a térkép-terep azonos pontok száma csekély (nincsenek kerítések, épületek, ha vannak, azok helye is többnyire pontatlan), valamint a kitűzendő pontok között nagyok a távolságok, tehát itt ortogonális kitűzést alkalmazni nem tudunk.

A poláris kitűzéshez egy olyan alappontra van szükségünk, melyről legalább két tájékozó irány (másik vízszintes alappont vagy egy magaspont: templomtorony, kémény stb.) látszik (a gyakorlatban jó, ha egy ilyen irányt találunk), ezen kívül szükségünk van még a poláris kitűzési méretekre, ami az alapponttól (műszerálláspont) a kitűzendő részletpontra számított irányszöveget és az alappont-részletpont távolságát jelenti. Az alappontok (műszerálláspont és tájékozó irányok) közötti összelátást sokszor nehezítik és olykor lehetetlenné is teszik a domborzat, a növényzet, épületek stb. A tájékozó irányoknak közel merőlegesnek kell lennie egymásra és mindenképpen hosszabbak kell, hogy legyenek, mint a poláris irányok. Amennyiben van összelátás a pontjaink között, úgy teodolitunkkal felállunk az ismert alapponton és iránymérést hajtunk végre a tájékozó irányokra. Számítjuk a tájékozási, több tájékozó irány esetén a középtájékozási szöveget (a tájékozási szögek átlaga), melyet a kitűzendő pont irányszögével (ez az érték ismert) előjelhelyesen összegezve megkapjuk a kitűzendő pontra mutató irányt. Ezt a szöveget beállítjuk műszerünkön. Így kijelöltük azt az irányt, melynek terepi vetületén elhelyezkedik az ismeretlen pont, de még nem tudjuk, hogy pontosan hol. Ezért a kijelölt irányban a kitűzendő részletpont-álláspont távolságtól valamennyivel nagyobb távolságban elhelyezünk egy kitűző rudat, melyet irányba intünk, ezáltal pontosan az irányvonalban he-

lyezünk el. Ezek után a műszerálláspont és a kitűzőrúd között mérőszalagot húzunk ki és megkeressük a mérőszalagon a pont távolságát (ismert érték), majd a pontheletet fakaróval, szeggel, festéssel stb. jelöljük meg. Ezzel egy részletpont kitűzését elvégeztük, a további részletpontok kitűzését hasonló módon hajtjuk végre. A mérőszalagos távolságmérésből adódó hiba miatt, a módszert az állásponttól maximum 100-200 méterre lévő pontok kitűzésére használhatjuk. Az iránymérés hibája például 30"-es elhanyagolás (pontatlanság) esetén 1,5 cm-es vízszintes hibát okoz 100 méteren, melynek nagysága a távolsággal egyenes arányban nő. Amennyiben a poláris kitűzést mérőállomással végezzük, úgy műszerünkbe beírjuk vagy exportáljuk a felhasználandó alappontok és a kitűzendő részletpontok pontszámaihoz tartozó koordinátáit és a műszerünkbe épített tájékozó és kitűzési programok a megfelelő pontok irányzása (irányzott pont pontszámának megadása) után, a tájékozás számításait automatikusan elvégzik. A tájékozás után a kitűzendő részletpont pontszámának megadása után a pontra vonatkozó beállítandó irány megjelenik a kijelzőn. A műszerünk függőleges tengelye körüli elforgatásával beállítjuk az irányt, ezt az eszközök nulla érték (000° – 00' – 00") kijelzésével jelzik a kijelzőn. Ezek után a figuráns egy, a távolság és irányméréshez szükséges prizmával a kezében megáll a kitűzendő pont közelében. A műszeres – nagy távolság esetén – rádióon vagy telefonon keresztül, illetve kézjelekkel irányba inti a prizmát. Ezek után elektronikus távolságmérést végez a prizmára. A műszerek kijelzőjén ekkor az előjelhelyes eltérés jelenik meg (méterben, általában centiméter élességgel), ami a prizma aktuális helye és a kitűzendő részletpont között éppen fennáll. Ezt az eltérést (a hibát) a műszeres közli a figuránssal (pl. negatív előjel esetén, gyere felém 2,53 m-t vagy pozitív eltérés esetén, távolodj 2,53 métert), aki az elhangzott értékkel elmozdítja a prizmát. Többnyire az elmozdulás következtében a prizma mérendő irányból is elmozdul, így a prizmát újból irányba inti, majd ismét távolságot mér rá. Amennyiben ismét eltérés adódik a távolságban, úgy a folyamatot az előzőeknek megfelelően folytatja. A fokozatos közelítés általában addig tart, amíg a távolságban 2 cm alatti, az irányban pedig 30" alatti eltérést nem mérünk. *(Megjegyzés. Az előbbi értékek a kitűzéshez használt eszköz pontosságától és az adott, kitűzendő részletpontokra, a feladatban előírt pontosságától függenek.)* A mérőállomással történő kitűzés során, a poláris irányok hossza, a mért legkisebb tájékozó irány hosszától nem lehet nagyobb, tehát a módszerrel akár 1 km-től nagyobb távolságra lévő pontok kitűzését is el lehet végezni. A kitűzést ebben az esetben is ellenőrizni kell. Az ellenőrzés történhet a kitűzött részletpontok összemérésével vagy a pontok, egy független alapponttól történő újbóli kitűzésével vagy bemérésével.

5.2.3. Kitűzés műholdas helymeghatározással

A műholdas helymeghatározást kitűzésre, valós idejű koordináta meghatározás (RTK – Real Time Kinematic) módszerével célszerű használni. A meghatározások során figyelembe kell venni, hogy még ideális külső körülmények esetén is (nyitott, elektromos interferenciától mentes terület, 45 fokos szögben szabad égbolt, minimum 5 műhold észlelése, megfelelő műhold-geometria stb.) a kitűzendő pont meghatározási pontossága vízszintes értelemben ± 2 cm. Kitűzéskor a vevőt a kezünkben tartva a kijelzőn megjelenő Északi irányhoz képest mozgunk előre hátra, jobb

és balra, mindaddig, amíg a kívánt ponthelyhez nem érünk. Ebből a mozgásból adódóan (a vevő nem minden pillanatban függőleges) a részletpontok kitűzése során a vízszintes meghatározásunk hibát fog tartalmazni. Miután a mai napig, vízszintes meghatározást pontosabban tudunk végezni, mint magasságit, így természetesen a magassági meghatározás pontossága rosszabb, ez az érték magassági értelemben a ± 4 cm-t is elérheti. A kitűzések során vetületi koordinátákat határozunk meg, így szükség esetén azokat a kitűzési hálózatunkba kell transzformálni. Nem célszerű egyes kitűzési megoldásokat alkalmazni. A mérőállomással és műholdas helymeghatározással történő meghatározások eltérő koordinátákat eredményeznek, azok pontossága is eltérő. A kitűzött pontok nem lesznek homogének. Ez esetben gondoskodnunk kell a koordináták egységesítéséről, valamely transzformációs eljárással. A kitűzött részletpontokat az esetleges durva hibák kiszűrése érdekében minden esetben ellenőrizzük, melynek eredményeit a mérési vázlatunkon rögzíteni szükséges. Vízszintes értelemben az ellenőrzés történhet a legegyszerűbb módszerrel, mérőszalaggal történő összeméréssel, míg magassági értelemben szintezéssel.

6. TÉRKÉPKÉSZÍTÉSI TECHNOLÓGIÁK

6.1. Térképkészítés földi eljárásokkal

A földi felmérés célja, a természetes és mesterséges tereptárgyak töréspontjainak, (alakjelző pontjainak) a térképi ábrázolása. A felmérés történhet csak vízszintes $(Y;X)$ koordináták meghatározásával, vagy $(Y;X;Z)$ koordináták mérésével. A kizárólag magassági felmérés – a térkép-terep azonos vagy már korábban vízszintesen meghatározott pontok kivételével – nem értelmezhető, ugyanis azokat vízszintes értelemben a térképen elhelyezni nem tudjuk. A vízszintes felmérés során a legfontosabb feladat az elhatárolás. Elhatároláskor a terepen meg nem jelölt határokat (pl. két ingatlan között nincs kerítés) jelöljük meg – többnyire a használat alapján – azért, hogy azok töréspontjait be tudjuk mérni. De többnyire elhatárolásra akkor is szükség van, ha a részletpontok egyértelműen beazonosíthatók, ugyanis ha a munkánk során eltérő felmérési módszereket alkalmazunk, úgy mindkét alkalmazott módszer esetén célszerű ugyanazt a részletpontot bemérni, ehhez pedig tudnunk kell, hogy korábban melyik lett meghatározva. Gondoljunk csak arra, hogy egy felmérés során akár már az is ellentmondáshoz vezethet, ha egy kerítésoszlop (12-15 cm széles) melyik sarkát mérjük. Ezen kívül szükség lehet a pontok újbóli meghatározására pl. ellenőrzés, hibajavítás céljából is. A részletpontokat azok azonosíthatósága és jelentősége alapján első-, másod-, és harmadrendű csoportokba soroljuk. Az elsőrendű pontok csoportjába a telekhatárok jól azonosítható pontjait, a másodrendű csoportba az épületsarkokat, míg a harmadrendű csoportba a terepen nem jelölt (pl. úttengely, árokszél stb.) pontokat soroljuk. A felmérések során a koordinátamérésre vonatkozó pontossági előírások is a rendűségnek megfelelőek, tehát az elsőrendű a legpontosabb, a harmadrendű pedig a legpontatlanabb koordináta.

A vízszintes meghatározás legegyszerűbb módszere – melyet még manapság is igen gyakran használunk kiegészítő meghatározásként – a derékszögű koordinátamérés.

Ennek során két, térkép-terep azonos pont által meghatározott vonalra mérünk be egy vagy több pontot úgy, hogy meghatározzuk az új pont merőleges távolságát (ordináta) a vonaltól, illetve mérjük a pont talppontjának (ezt úgy kapjuk, hogy a pontból merőlegest bocsájtunk ki az alapvonalra, ekkor a két egyenes metszéspontja lesz a talppont) távolságát az alapvonal kezdőpontjától (abscissa). Így megmértük a térképezendő pont helyi rendszerű koordinátáit, melyeket a térképi vonalra fel tudunk szerkeszteni. A szerkesztést a magyar kataszteri munkák során a digitális térképszerkesztésben kizárólagosan használt és elfogadott ITR (interaktív térképszerkesztő rendszer) program felhasználásával végezhetjük. *(Megjegyzés. Az analóg térképek korszakában a derékszögű szerkesztést ún. Majzik-féle háromszög felrakóval végezték.)*

A részletmérések előtt alappontsűrítést kell végeznünk. Az alappontsűrítést a létesítendő alappontok helyének kiválasztásával kell kezdenünk. Vizsgálva a szomszédos pontokkal való összelátást, külső tájékozó irányok láthatóságát, a részletmérési lehetőséget az adott pontról, illetve olyan alkalmas helyet kell választanunk, hogy a pont fennmaradása biztosított legyen. Ezek után a pontok állandósítását kell elvégeznünk. Amennyiben van rá lehetőségünk, úgy a mesterséges tereptárgyak közül válasszunk (akna fedlapok centrumai, határkövek, közművek jelölő pontjai stb.). Amennyiben erre nincs lehetőség, úgy végezhetjük kővel, szeggel és végső esetben karóval is. A karót a terepfelszínig üssük le, biztosítva ezáltal a stabilitását és fennmaradását. A pontokról pontleírást kell készítenünk, ami tartalmazza a pont és környezetének helyszínrajzát, valamint a pont néhány jellemző távolságát a környező tereptárgyakhoz képest, annak érdekében, hogy a pont fellelhető és visszaállítható legyen. Az alappont meghatározása történhet mérőállomással vagy műholdas helymeghatározással. Utóbbi esetben a pont meghatározását legalább 180 epochán keresztül (epocha – a műholdas helymeghatározással végrehajtott mérések egységnyi időtartama, 1 epocha, kb. 1 másodperc) mérjük. Az alappontok magassági meghatározását minden esetben szintezéssel végezzük a környező magassági alappontok felhasználásával. Az így állandósított és meghatározott alappontok felhasználásával hozzákezdhetünk a részletméréshez. Az egyes alappontokon felállítva a műszert, az álláspont tájékozása után, poláris pontként határozhatjuk meg az új pontok vízszintes koordinátáit, míg a magasságokat trigonometriai magasságméréssel mérjük. Mérőállomások használatakor a folyamat (Y ; X ; Z mérése) programvezérelt formában, egyszerre, egy gombnyomásra megy végbe. A műholdas meghatározással végzett részletméréskor a pontok magasságai nem szintezett magasságok, azokat a műszer geoid modell alapján határozza meg, így megbízhatóságuk kisebb, ezért ez esetben GPS magasságokról beszélünk. Nem szabad ugyanazon munkaterületen szintezett és GPS magasságokat használni a részletmérések során, mert magasságilag nem lesz homogén a felmérés, ezért magassági ellentmondásokhoz vezet.

6.2. Térképek előállítása távérzékelés útján

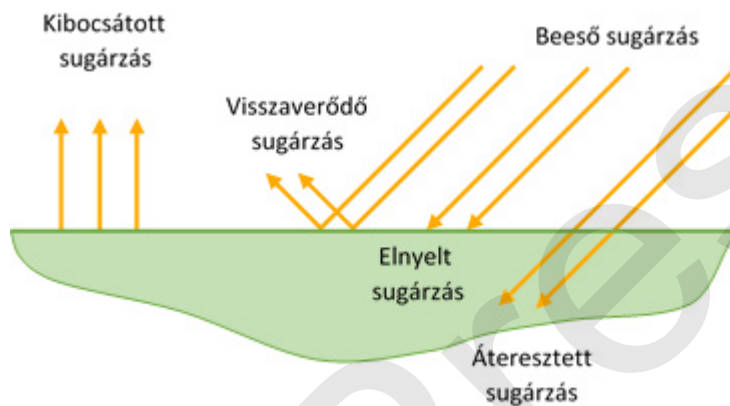
A távérzékelés során, a földfelszínen lévő természetes és mesterséges tereptárgyak méreteiről, anyagi összetételeiről úgy gyűjtünk adatokat, hogy azzal közvetlen kapcsolatba kerüljenek.

Az adatgyűjtést a térbeli adatnyerés helyének szempontjából három csoportra oszthatjuk. Légi távérzékelésről beszélünk, amikor a felvételeket a Föld légkörében mozgó repülő eszközről (drón, hőlégballon, sárkányrepülő, helikopter, kisrepülőgép) fedélzetén elhelyezett kamerával, detektorral készítjük. Amennyiben a távérzékelést valamilyen üreszközre (mesterséges hold, űrsikló, űrállomás) szerelt érzékelő rendszerekkel hajtjuk végre, úgy ezt a technológiát űr-távérzékelésnek nevezzük. A harmadik csoportba a földi fotogrammetriai vagy közel-fotogrammetriai eljárások tartoznak.

Az érzékelés történhet lézersugarakkal, mikrohullámokkal történő mérésekkel, valamint a felszín által visszavert vagy a tereptárgyak saját maguk által kibocsájtott sugárzás érzékelése útján. A különböző hullámhosszú elektromágneses energia származhat természetes (passzív távérzékelés) vagy mesterséges forrásból (aktív

távérzékelés). Természetes energiaforrás a Nap, de ezen kívül a földfelszín és a földfelszíni tereptárgyak is lehetnek energiaforrások a távérzékelés számára, mivel a hőmérsékletük az abszolút 0 °C fok fölött van. Mesterséges energiaforrásokról akkor beszélünk, amikor az érzékelő saját energiaforrással rendelkezik, ilyen a radar és a lézeres távérzékelés. Az energia útja az atmoszférán keresztül a földfelszínig tart. A sugárzás azon része, amely a légkörön való áthaladás során nem szóródott szét, nem nyelődött el, eléri a földfelszíni tereptárgyakat, illetve a földfelszínt, ahol kölcsönhatásba kerül az ott található objektumokkal.

A kölcsönhatás során (6.1. ábra) az objektum fizikai tulajdonságaitól, az elektromágneses sugárzás hullámhosszaitól függően a beérkező energia egy része elnyelődik, másik része tovább halad, illetve visszaverődik.



6.1. ábra. Az elektromágneses sugárzás kölcsönhatása a földfelszínnel

A folyamat során nemcsak érzékeljük az objektumokról az elektromágneses hullámok által közvetített információkat, hanem rögzítjük, majd feldolgozzuk és értelmezzük is azokat.

A felvevő berendezés méri és rögzíti a beérkező energiamentységet és telemetrikus úton továbbítja a földi vevőállomásra. Az elektromágneses sugárzást három tulajdonságával jellemezhetjük: a hullámhosszal, a sebességgel és a frekvenciával. Két szomszédos hullám maximuma közötti távolságot hullámhossznak (λ), az egységnyi idő alatt ugyanazon ponton áthaladó maximumok (csúcsok) számát frekvenciának (ν) nevezzük. Mivel a fény sebessége állandó érték, ezért a hullámhossz és a frekvencia fordítottan arányosak egymással, és alkalmazhatók az elektromágneses sugárzás egyértelmű jellemzésére.

A távérzékelésben az elektromágneses hullámokat leggyakrabban a hullámhosszal és az elektromágneses spektrumon belül elfoglalt helyükkel jellemezzük. A teljes spektrumtartománynak csak bizonyos részét használhatjuk távérzékelésre, ugyanis azok a hullámhossztartományok, melyeknél teljes elnyelődés jön létre, a távérzékelés számára alkalmatlanok. A távérzékelő rendszerek a látható fény, a közeli infravörös, a közepes (rövidhullámú) vörös, a távoli (termális vagy hőinfra) vörös és mikrohullámú tartományokat használják.

6.2.1. Űrfelvételek

A Földről az amerikai Explorer-6 műhold készítette az első űrfelvételt 1959-ben. Erőforráskutatás céljából az első műholdat 1972. júliusában ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite) néven állították pályára, melyet 1975-ben a NASA (National Aeronautics and Space Administration) Landsat-1 névre keresztelt át.

Ezt követően a technológiák fejlődésével kezdetét vette más államok erőforrás kutató műholdjainak pályára állítása, s miután az űrfelvételek szerepe egyre inkább nőtt, mind a gyakorlati, mind a tudományos életben, így megjelentek a magán tőkéből finanszírozott műholdak is.

Az űrfelvételek készítése az elektromágneses sugárzáson alapszik, melynek során a különböző letapogató rendszerek az eltérő hullámhosszokon beérkező energiákat érzékelik és rögzítik.

A letapogató során olyan műholdképek jönnek létre, melyek pixelekből (picture element – képelem) állnak kvantálás után. Minden egyes pixelnek egy egész szám az értéke, ami arányos a pixel földi területéről visszavert sugárzás átlagával az adott csatornán mérve. A műholdképeket a felbontásukkal jellemezzük. Ennek megfelelően megkülönböztetünk térbeli, geometriai, spektrális, időbeli és radiometriai felbontásokat.

A térbeli felbontással jellemezzük a kép azon tulajdonságát, amely egy pixel földfelszíni méretét írja le. Minél nagyobb a pixel földfelszíni megfelelője, annál részletgazdagabb és minél kisebb, annál részletgazdagabb.

A pixel mérete leginkább a szenzorok érzékenységtől függ. Ez azzal magyarázható, hogy a kisebb intenzitásra való érzékenység által lehetővé válik a kisebb területek detektálása, ezáltal kisebb pixel méretű képek előállítás. Például a francia Spot 7 műhold multispektrális csatornájának felbontása 6×6 m, míg a nagy energiamentységet gyűjtő pankromatikus csatornájának térbeli felbontása pedig $1,5 \times 1,5$ m. A Landsat műhold termális csatornájának felbontása 60×60 m, multispektrális felbontása 30×30 és a pankromatikus felbontása pedig 15×15 m.

Azt, hogy a felvételen az egymás melletti vagy egymáshoz közeli objektumok milyen mértékben különböztethetők meg egymástól (a legkisebb tárgy mérete), a geometriai felbontással tudjuk kifejezni. Ez azt jelenti, hogy hiába osztunk fel utólag pl. egy 10×10 m pixelt 1×1 méteres pixelekre (tehát hiába csökkentjük a pixel méretet) ez nem eredményez részletesebb, több információval rendelkező képet.

A műholdak érzékelő berendezései egy-egy hullámhossz-tartományban készítene felvételeket, ezeket sávoknak nevezzük. A spektrális felbontás azt jelenti, hogy egyidejűleg hány képsávban készülhetnek a felvételek.

Az időbeli felbontás a műhold visszatérési idejét jelenti ugyanarra a földrajzi helyre. Ez az érték mutatja meg azt a legkisebb időintervallumot, amelynél ugyanarról a területről adatokat tudunk gyűjteni. A legrövidebb visszatérési idővel (1 nap, szélességtől függően) a Quick Bird, míg a leghosszabbal (26 nap) a Spot rendelkezik.

A radiometriai felbontás az elektromágneses sugárzás intenzitásának kifejezésére szolgál. Gyakorlatilag a szenzorok mérési szintjeinek számát határozzuk meg vele, vagyis azt, hogy az adatokat az egyes pixelek hány biten írják le. Például a Terra és

Aqua műholdak radiometriai felbontása 12 bit. Ez azt jelenti, hogy a pixelek egy-egy sávban legfeljebb 2^{12} (4096) különböző értéket vehetnek fel, tehát ebben az esetben az egyes pixelek értéke 0–4095 közötti egész szám lehet. Tehát megállapítható, hogy minél magasabb az egyes felvételek mérési szintjeinek a száma, annál nagyobb információ tartalom érhető el a képeken. 13 bit felett azonban a nagy jelzaj arány miatt a mérés korlátokba ütközik.

6.2.2. Ortofotók

A digitális ortofotók készítésekor a terep felszínéről légifényképeket készítenek, melyeknek a soron belül és a sorok között is átfedéssel kell rendelkezni. Annak érdekében, hogy minden felvételezett felületrész legalább két felvételen képződjön le (a sztereo mérés érdekében) a soron belüli legalább 60%, a sorok közötti átfedés pedig legalább 20–30% kell, hogy legyen.

A digitális kép rögzítését szenzorok biztosítják, melyek a vetítési középponttól kameraállandó távolságban helyezkednek el. Az így létrejött digitális mérőképnek ismerjük a belső és a külső adatait, melyek alapján a felvételezés kori sugárnyaláb geometriailag visszaállítható. Az ortofotó-térképek előállításának lépései a következők: belső tájékozás, külső tájékozás, ami a relatív és abszolút tájékozást foglalja magában, valamint (digitális felület modell alkalmazásával) az ortorektifikációt.

A belső tájékozás során egy térbeli képkoordináta rendszert illesztünk a távérzékelte felvételek pixel-koordinátarendszerére úgy, hogy a képi koordinátarendszer origója a kameratengely és a képsík dőfspontja legyen, a „z” tengelye pedig az optikai tengely melynek értéke megegyezik a fókusztávolsággal. A két rendszer közötti áttéréshez olyan transzformációs egyenleteket kell meghatározunk, melyekben az objektív és az érzékelő elrajzolási hibáinak korrekciója is szerepel.

A légifotogrammetriában alkalmazott eszközök közül kiemelt jelentőséggel bír a modern digitális kamerák adatgyűjtése mellett a képi expozíció helyének meghatározására szolgáló GPS alapú helymeghatározó, valamint a kamera tengely elfordulási szögeit meghatározó inerciális rendszerek használata. Ezen eszközök szinkronizált adatgyűjtése (az expozíció ideje rögzítésre kerül) lehetővé teszi, hogy a repülést követően korlátozott pontossággal, de rendelkezésre álljanak a képek külső tájékozási elemei, amelyek felhasználásával fotogrammetriai feldolgozást hajthatunk végre. A gyakorlatban ezen adatok jó kiinduló értéket szolgáltatnak a képek térbehelyezését szolgáló légiháromszögelési eljárások számára. A külső tájékozást végrehajthatjuk két lépésben, ekkor relatív és abszolút tájékozást végzünk és megoldhatjuk egy lépésben, amikor a képeket illesztjük a tárgy koordinátarendszerébe, kollineáris egyenletek alapján.

A képek egymáshoz viszonyított helyzetének meghatározására a relatív (kölcsonös) tájékozás szolgál, mely két távolságaránnyal és három elforgatási szöggel fejezhető ki. Célja, a két kép perspektív centrumából a képek összetartozó homológ, vagy kapcsoló (Tie) pontjain keresztül menő egyenesek térbeli metsződése és ez által a térmodell létrehozása.

Napjainkban az automatikus relatív tájékozást alkalmazzák, ahol az összetartozó pontok meghatározását szoftverekkel végzik. A szoftverek a képi egyeztetés során elkészítik a képek piramisrétegeit, majd statisztikai módszerekkel felülről lefelé ha-

ladva összehasonlítják a képi tartalmakat (image matching). A különböző kis felbontású piramis rétegek (2, 4, 8, 16 stb.) általában az előkészítés során kerülnek előállításra. A képillesztési technikák használatosak az automatikus kapcsolópont legyűjtéseknél, a légiháromszögelés során, az automatikus DFM (digitális felszínmodell) előállítás esetén, valamint a digitalizált analóg képek automatikus belső tájékozása esetében. A céljuk az, hogy az egymással átfedésben lévő képeken megkeressük az egymásnak megfelelő (ún. homológ) pontpárokat. Az összehasonlítás során a következő három módszer (képillesztési eljárások) valamelyikét használják: területi, alaki és reláció vizsgálat.

A területi vizsgálat LSM (least squares method), a képpontok intenzitás értéke alapján történik. A leggyakoribb megoldása a keresztkorreláció számításával a legjobb illeszkedés keresése a legkisebb négyzetek módszerével. Előfordul a terület alapú vagy statisztikus elnevezése is. Pixel alatti pontosságot eredményez (gyakorlatban 1/10 pixel is elérhető).

Az alaki vizsgálat FBM (feature based method) során az alaki tulajdonságok kerülnek elemzésre. A módszer először is igényli az alapvető képi formák kinyerését úgymint például foltok, élek, elágazások, sarkok stb. Ez történhet a képfeldolgozás standard szegmentálási, élkimelési műveletei segítségével. Az illesztések a feltárt formák között történik meg. Az alakzati jellemzők gyakran stabilabbak a formák leképződése miatt.

A relációs vizsgálat (relational matching), során kapcsolati megfeleltetés történik. A módszer geometriai és egyéb kapcsolatokat használ a képi tulajdonságok és szerkezetek alakzati tulajdonságai között. Az összhangot (hasonlóság) fa-típusú kereső eljárásokkal határozza meg.

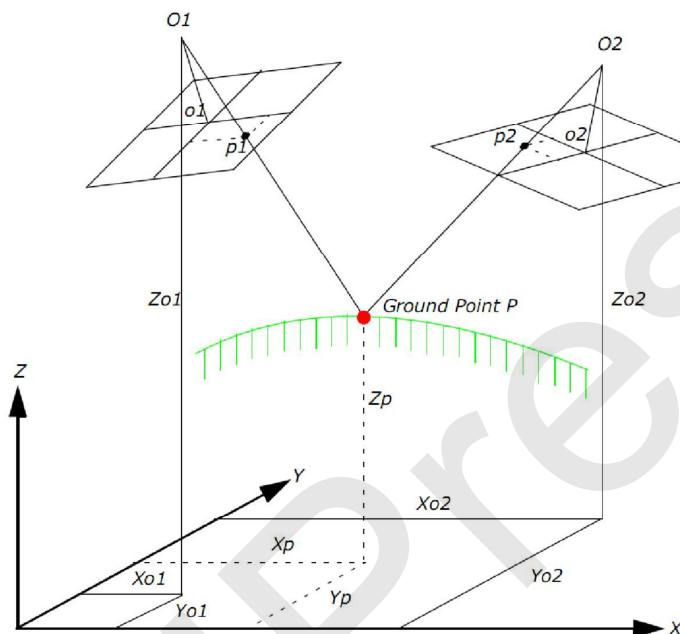
Az orientáció befejező lépése során a relatív tájékozással létrehozott térmodelleket ismert vetületű és koordinátájú illesztőpontok (GCP, Ground Control Point) felhasználásával a GCP pontok vetületi rendszerébe illesztjük. A folyamatot abszolút tájékozással nevezzük.

Az abszolút tájékozás során a képek térbeli pozícióját három elforgatási szöggel és három koordinátával kell megadnunk. Az illesztőpontok mérése pedig történhet előre jelöléssel, vagy a felvételezést követő utólagos pontméréssel.

A sok kép, kevés illesztőpont elvét ott alkalmazzák, ahol a képek más pozíciókból való elkészítése nem jelent túlzott költségnövekedést (pl. drónokra telepített fényképezőgépekkel). Az így akár többszöri ismételt területfedést alkalmazva a bevont képek számának növelésével javítható a tömbkiegyenlítés kondíciója, mert ismert belső adatokkal rendelkező kamera esetén a képenkénti 6 ismeretlen bevitelen túl, sokkal több mérést tudunk végrehajtani ugyanazon terepi pontra.

Az abszolút tájékozás végrehajtása történhet térbeli hátrametszéssel, melynek hátránya, hogy sok illesztőpontot igényel (minimum három pont képenként) és ketős térbeli pontkapcsolással, melynek lényege hogy a képek vetítési centrumából a kapcsolópontokon keresztül húzott egyenesek a földfelszíni pontban kell, hogy metsszék egymást. Ezen túlmenően a három pontnak egy síkban kell elhelyezkednie (6.2. ábra).

A gyakorlatban azonban olyan kiegyenlítési módszereket alkalmaznak, amelyek több felvétel együttes, párhuzamos feldolgozásával nagyobb pontosság elérését is lehetővé teszik. Ez az eljárás (amikor a relatív és az abszolút tájékozást egy lépésben hajtjuk végre) a sugárnyaláb kiegyenlítés (Bundle Block Adjustment). Ekkor a szoftver a tájékozást lépésenként (legkisebb négyzetek kiegyenlítése szerint) számítja mindaddig, amíg a hibákat ki nem egyenlíti. Ehhez a felszíni illesztőpontok kiegyenlített koordinátáit és a kapcsoló pontok értékeit egy ütemben számítja, így a teljes mintaterület tájékozása is egy lépésben valósul meg.



6.2. ábra. Kettős térbeli pontkapcsolás

A sugárnyaláb kiegyenlítés után a tájékozott felvételekről az adott vetületi rendszerben koordinátákat ($Y; X; Z$) nyerhetünk.

A térképi ábrázolás ortogonális vetületben történik, a légifelvételek pedig centrális vetítéssel készülnek, ezért térképi alapfelülethez (referencia-sík) képest a perspektív (általános helyzetű képsík) torzulás és ún. domborzati torzulás (a terep magassági különbségeiből eredő helyzeti hiba) terheli a képi pontok geometriai helyzetét (pozícióját). Ezeket a helyzeti hibákat küszöböljük ki az ortofotó gyártás során. A domborzat torzító hatását digitális domborzatmodell alkalmazásával tudjuk csak csökkenteni. A folyamatot ortorektifikációnak (képhelyesbítésnek) nevezzük, melynek során az input (kiinduló) képet perspektív torzulásoktól mentes képpé transzformáljuk.

A transzformációt úgy hajtjuk végre, hogy minden egyes pixel földfelszíni magasságának ismeretében számítjuk a pixelek középpontjainak a geocentrikus koordinátáit, majd ugyancsak ezt a földfelszíni magasságot hozzárendeljük a pixel centrumának $Y; X$ koordinátáihoz, ezáltal meghatároztuk a pixel térbeli helyzetét. Ezen térbeli pixel középpontja és a felvevő rendszer perspektív centruma meghatároz egy egyenest, ami metszi a felvételt. Ahol ez a dőféspont elhelyezkedik, azt a pixelt kell hozzárendelni a módosított kép számított pixeléhez. A szoftveres feldolgozás esetén

meg kell adnunk a tájékozott képek síkbeli méreteit meghatározó koordinátákat és a kép felbontását is. Ezek után az általunk felhasználni kívánt terepmodell alapján a program automatikusan számítja az ortofotó korrigált pixeleit. A digitális ortokorrekció végterméke a digitális ortofoto-térkép.

Az utóbbi évtizedben a professzionális digitális kamerák az azokkal egy adathordozó rendszert képező GPS helymeghatározó és inerciális elfordulás és dőlésszögmérő rendszerek a gyakorlatban teljesen elterjedtek, alkalmazásuk kiváltotta a korábban sok évtizedig használt analóg kamerákat és film adathordozókat. A digitális kamerákat gyártók fokozatosan növelik a professzionális digitális kamerák felbontását és a tárhelyek méretét. Ez utóbbiban a hagyományos, ún. Winchester típusú adathordozókat felváltják a szilárdtest SSD memóriával szerelt berendezések. A speciális igényeknek megfelelően, a technológia fejlődésével elérhetővé váltak nem metrikus, kis formátumú kamerák, melyek autonóm (drón, pilóta nélküli) repülő eszközök használatával, gyors adatnyerést tesznek lehetővé. A hozzájuk kapcsolódó szoftverek által napjainkra DFM és ortofókészítésre alkalmas rendszerekké váltak.

6.2.3. Lézer szkennelési eljárások

A mérést a repülőeszközön elhelyezett szenzor által kibocsájtott lézersugárral végzik. A szenzor pásztázza a felszínt, majd rögzíti a visszaverődéseket. A felvételzés pontos helyzetének, valamint a lézersugár irányának, futási idejének ismeretében előállítható a felmért terület pontfelhője az adott vetületi rendszerben.

A mérési technológiát lézer szkennelésnek nevezik, míg más országokban alkalmazzák az ALS, Airborne Laser Scanning, Airborne LIDAR, Light Detection and Ranging, illetve Airborne Laser Swath Mapping, ALSM elnevezéseket is.

A gyártók is eltérő megnevezéseket alkalmaznak, így például: ALTM – Airborne Laser Terrain Mapping (Canada), ALAMS – Airborne Laser Altimetry Mapping System (Eurosense, Belgium), FLI-MAP – Fast Laser Imaging Mobile Airborne Platform (Fugro-Inpark NL), GGL Airborne Laser Profiler System, Saab TopoEye stb.

A lézer letapogatás legelterjedtebb technikai megoldásai: oszcilláló tükrös, forgó poligon, nutáló tükrös és optikai szálaskenner. Az alkalmazott technikai megoldások határozzák meg a mért pontfelhő mintázatát és sűrűségét.

Az oszcilláló tükrös szkennelés működési elvének lényege, hogy a mérendő terület felé irányított lézerfény útját egy oszcilláló tükrös megtöri, melynek eredményeképpen a felületen a mért pontok fűrészfogas, vagy végükön görbült cikk-cakk elrendezésűek lesznek. Miután ezen rendszerek nyílásszöge egyszerűen változtatható, valamint a szkennelési frekvencia és a repülési sebesség szinkronizálásával homogén pontsűrűség érhető el, ezért gyakran alkalmazzák pl. Leica eszközökben. Forgó poligon alkalmazásakor a lézer irányát, egy egyirányba forgó pl. hatszög alakú poligon (melynek oldalai tükrök) változtatja a forgás következtében. A mért pontok által alkotott vonalak párhuzamosak lesznek egymással. Ez a letapogatási módszer adja a pontok leghomogénebb eloszlását.

Ha a fény útját egy nutáló tükrös töri meg, akkor a mért pontok egymást metsző ellipszis alakzatban helyezkednek el. A metsződés miatt, a korábban detektált pontok egy része újra felmérésre kerül. A módszer előnye a nagy pontsűrűség. Az opti-

kai szálás megoldás annyiban különbözik a nutáló tükröstől, hogy itt az impulzusokat optikai szálak bocsájtják ki és gyűjtik össze (Toposys rendszerek). A mért pontok a felszínen egymást metsző köröket írnak le. Az optikai szálás megoldással másodpercenként 83000 pont is mérhető. A légi lézerszkenner rendszerek alkalmazásának célja a nagy pontosságú térbeli adatok nyerése, melyek felhasználásával digitális domborzatmodellek DDM (Digital Terrain Model – DTM) és digitális felszínmodellek DFM (Digital Surface Modell – DSM) állíthatók elő. A lézeres távérzékelési technológia előnyei a következőkben foglalhatók össze: nagy a mérési pontok sűrűsége; gyors az adatnyerés és a feldolgozás, illetve az adatok pontossága mind vertikális, mind horizontális értelemben nagy; a mérés erős esőzés, havazás, köd kivételével időjárás és napszak független; erdős területek domborzata is detektálható, hiszen a lézer áthalad a sűrű növényzeten; a digitális adatok georeferáltak, a feldolgozáshoz minimális földi meghatározásra van szükség.

7. INGATLAN-NYILVÁNTARTÁSI ISMERETEK

Ahhoz, hogy minden tulajdonos jogbiztonságban tudhassa a saját ingatlanát (épületek, telkek, szántó és erdő területek stb.) valakinek ezt a biztonságot biztosítania és szavatolnia kell. Ezt általában az adott állam szavatolja, de egyes országokban ún. jogcím biztosítók nyújtják a garanciát. Vannak olyan országok ahol a tulajdon nincs biztonságban (pl. Afrika egyes részei), így ezekben a térségekben a beruházások is elmaradnak, hiszen nincs az a befektető, aki jogbiztonság megléte nélkül (nincs arra garancia, hogy az érintett ingatlan a tulajdonában marad) építene gyárat, szállodát stb. ezeken a területeken. Ezekben az országokban az „erősebb” törzsek egyszerűen elveszik mások ingatlanjait, majd azokat sajátjuknak kiáltják ki. Ezért szükséges, hogy az ingatlanok kiemelkedő jogi védelmet élvezzenek. A jogi védelemhez azonban nyilvántartásra van szükség, ami jellemzően szerződésekből, okiratokból és kataszterből, vagy ezeknek megfelelő egységekből áll.

„A földnyilvántartás az az eljárás, mely hivatalosan bejegyzi a földhöz kapcsolódó jogokat (az ingatlanokra vonatkozó) közjegyzői okirat, szerződés vagy jogcím alapján. Ez azt jelenti, hogy van egy hivatalos, földhöz kapcsolódó jogokat tartalmazó okirat (földnyilvántartás) vagy egy hivatalos, szerződéseket nyilvántartó okirat, mely egy adott földdarab jogi helyzetének változásaira vonatkozik. Ez megadja a választ arra a kérdésre, hogy **ki** és **hogyan?**” Vagyis ki és milyen jogcímen szerezte magát az ingatlant.

A földnyilvántartás két alaptípusát különböztetjük meg: az egyik a **szerződés, közjegyzői okirat alapú nyilvántartás**, ahol a közjegyző által hitelesített szerződést, mely dokumentum leírja az adott tranzakciót, regisztrálják. Mivel a szerződést önmagát nem vizsgálják, így nem bizonyítható annak jogszerűsége, ezért bármely tranzakció előtt, az állítólagos tulajdonosnak ellenőriznie kell a másik fél tulajdonjog jogosultságát. Ez a rendszer használatos azon országok esetében, melyek jogrendszere a római jogon alapul (pl. Franciaország, Spanyolország, Olaszország, Belgium, Hollandia), valamint azok volt gyarmatai (Dél-Amerika, Észak-Amerika egyes részei, néhány Afrikai és Ázsiai ország).

A másik földnyilvántartás a **bejegyzés alapú rendszer**. Itt nem a szerződést, hanem a tranzakció jogi következményeit (pl. magát a jogot) regisztrálják. Tehát a jog, a bejegyzéssel (regisztrációval) keletkezik. Ebben a rendszerben az állam garantálja a nyilvántartásba bejegyzett jogokat. A rendszer Angliában, Írországon, Nigériában, Svájcban, Németországban, Ausztriában, Magyarországon, Egyiptomban, Törökországban, Svédországban, Dániában, Csehországban, Szlovákiában használatos.

A kataszter egy adott ország, vagy körzet ingatlanait tartalmazó, és a határvonalak felmérésén alapuló módszeresen megszervezett nyilvános adatleltár.

Az ingatlanok rendszerezett azonosítására megkülönböztető jelöléseket használnak. Az ingatlan körvonalait és a földrészletazonosítót általában együtt ábrázolják a nyilvántartással a nagy méretarányú térképeken, és így leolvasható a különböző ingatlanok természete, mérete, értéke és a jogok, amelyek a földrészletekhez kötődnek. Megadja a válaszarra, hogy **hol** és **mennyi**? Vagyis arra kapunk választ, hogy az ingatlan hol helyezkedik el és mekkora annak területe, milyenek a határai.

A földrészletek egyértelmű azonosításához helyrajzi számokat alkalmazunk. Ez az azonosító kapcsolja össze a térképet a földnyilvántartással (az ingatlan tulajdoni lapjával). Ami a földrészletek határait illeti, azok lehetnek általános és rögzített határok. Az **általános földrészlet határok**, fizikai objektumokhoz (fasor, erdő széle, út széle, vízfolyás stb.) csatlakoznak, a pontos földrészlet határ ezeken belül található (pl. Anglia). A **rögzített földrészlet határok** a tulajdonosok által elhatárolt, pontos felmérésből keletkeznek, és ezeket rögzítjük a térképen (kataszterben). Ebben az esetben a határok jogilag rögzítve és garantálva vannak mindenki számára (pl. Magyarország). A földnyilvántartás és a kataszter általában, mint egy interaktív rendszer (a **ki és hogyan** együtt a **hol és mennyivel**) kiegészíti egymást, a „földnyilvántartásba vételt” vagy „föld bejegyzést” általában arra használjuk, hogy ez a két összetevő teljes egészében összetartozzon.

7.1. Európa ingatlan-nyilvántartási rendszerei

A magyar ingatlan-nyilvántartási rendszer könnyebb megértése érdekében, célszerű megismerni néhány európai ország nyilvántartási rendszerét.

Az **ausztriai telekkönyv** főkönyvből és okmánytárból áll. A főkönyv betéteket tartalmaz, melyekre a dologi jogokat és terheket, visszavásárlási jog és elővásárlási jog, bérleti jog, haszonbérleti jog szerzése, átruházása, korlátozása és megszüntetése, jegyzik be. A telekkönyvet a bíróságok vezetik, mely nyilvános, azt bárki megtekintheti, annak tartalmáról feljegyzést készíthet, és arról másolatot kérhet.

A rangsor (hasonlóan, mint a magyar nyilvántartásban) elve szerint a telekkönyvbe történő bejegyzések sorrendje, a bejegyzésre vonatkozó kérelem benyújtásának időpontjához igazodik és ettől az időponttól tekintik a bejegyzést hatályosnak. Egy ingatlan esetleges, többszöri eladása esetén a tulajdonjog a kérelmét elsőként benyújtót illeti meg. A telekkönyvet tehát a bíróságok, míg a katasztert (nyilvántartási térképet) egy önálló hivatal, a földmérési és földadó kataszteri hivatal vezeti.

A **német telekkönyv** négy részből áll: az ingatlan adatait tartalmazó rész, a jogszüneteket és jogcímekeket tartalmazó rész, a terheket és korlátozásokat és a jelzalogjogot tartalmazó részekből.

Ausztriához hasonlóan, Németországban is a telekkönyvet a járásbíróságok vezetik. A német telekkönyvnél is érvényesül a nyilvánosság elve, a telekkönyvet bárki megtekintheti, arról feljegyzést készíthet, másolatot kérhet. Abban az esetben, ha valaki, aki bízott a telekkönyv hitelességében (jóhiszemű jogszerző) akkor is jogot szerez, ha a bejegyzés hibás volt.

A rendszer hasonló az osztrák telekkönyvi nyilvántartáshoz. A telekkönyv számítógepes vezetése után is megmaradt a kataszter és a telekkönyv önállósága.

Az **angolszász rendszer** szerződés alapú, azaz a tulajdonjog változás a szerződés-kötéssel bekövetkezik. A tulajdonjog változás nyilvántartásba történő bejegyezteté-

se kötelező, azonban erre csak akkor kerülhet sor, ha a tulajdonjogot a nyilvántartó hivatal vagy bíróság elismeri. A jóváhagyást, hirdetmény kifüggesztése előzi meg, mely ellen bárki kifogással élhet, csak ezt követően történhet meg a bejegyzés. Az ingatlanokról vezetett nyilvántartás három részből áll. Az első rész a birtoklap, mely az ingatlanok jellemzőit tartalmazza, a második részben a birtokos személyes adatait, a birtok jogcímét és a korlátozásokat tartják nyilván, míg a harmadik rész a teher nyilvántartó könyv, ami a terhelő jogok nyilvántartására szolgál. Nyilvántartás csak részben nyilvános, ugyanis az első és második rész, csak a tulajdonos hozzájárulásával tekinthető meg.

Hasonlóan az angolszász rendszerhez az ingatlan tulajdonjoga **Franciaországban** is a szerződés-kötéssel átszáll, viszont az ingatlant terhelő jogok csak a nyilvántartásba történő bejegyzéstől hatályosak. A nyilvántartó rendszerben mind az ingatlanokat, mind pedig a tulajdonosokat külön tartják nyilván. A bejegyzést itt is az okirat közzététele, kifüggesztése előzi meg. A rangsort itt is a kérelem beérkezésének időpontja határozza meg. Az okiratok készítői (közjegyzők, ügyvédek, közigazgatási szervek) kötelesek az okiratokat a nyilvántartásnak átadni, annak érdekében, hogy a nyilvántartás a valósággal egyező, illetve a kifüggesztés biztosított legyen. Nyilvántartás nem nyilvános, tehát az adatok harmadik fél részére csak a tulajdonos hozzájárulásával adhatók ki.

7.2. Magyarország ingatlan-nyilvántartási rendszere

Magyarországon a telekkönyvek vezetése 1972. január 1-jétől került át a bíróságoktól a földhivatalokhoz. Ezt megelőzően nálunk is két nyilvántartást vezettek az ingatlanokról, melyek egyike a földadó kataszteri nyilvántartás, a másik pedig a telekkönyvi nyilvántartást volt. A földadó kataszteri nyilvántartást a földhivatalok, míg a telekkönyvet a bíróságok vezették. Mivel egyik nyilvántartás sem volt teljes, mindemellett a nyilvántartások részben át is fedték egymást, így egy ingatlan közhiteles állapotát hitelt érdemlően tanúsítani csak a két rendszer egybevetése után lehetett. A párhuzamos nyilvántartást úgy szüntették meg, hogy szervezeti összevonást hajtottak végre, azaz mindkét rendszert a földhivatalokba integrálták.

Az így létrejött rendszer jelenkori feladatai: az ingatlan-nyilvántartás, a földműves nyilvántartás, a kataszteri térképek nyilvántartása és változás vezetése, valamint a földhasználat, földforgalom és földvédelem nyilvántartása. (Néhány adat a jelenlegi nyilvántartásból: bejegyzett földművesek száma 1 537 799 és 4653 mezőgazdasági szövetkezet; a bejegyzett, erdők nélküli termőterület nagysága: 5 878 861 ha; föld ár országos átlaga 2016-ban: 1.4 millió Ft/ha; a bejegyzett természetvédelmi területek száma 452 768 db, a valóságban azonban 1 334 775 természetvédelemmel érintett terület található a 2015-ös adatok alapján.)

Az ingatlan-nyilvántartást az ingatlan-nyilvántartásról szóló 1997. évi CXLI. törvény szabályozza. Az ingatlan-nyilvántartás településenként tartalmazza az ország valamennyi ingatlanának törvény szerint meghatározott adatait, az ingatlanhoz kapcsolódó jogokat és jogi szempontból jelentős tényeket. Az ingatlan-nyilvántartás tartalmazza továbbá az oda bejegyzett személyeknek a nyilvántartáshoz szükséges, e törvényben meghatározott, személyazonosító és lakcímadatait is. Ennek megfelelően a nyilvántartás az ingatlanok következő adatait tartalmazza: fekvés, helyrajzi

szám, terület, művelési ág, minőségi osztály, kataszteri tisztajövedelem. A fekvés nem más, mint a község vagy város különböző rendeltetésű része, így a kül- és belterületek, illetve a zártkertek tartoznak ide. Belterületnek a város vagy község lakóterületi részét tekintjük, melynek határát az illetékes önkormányzat a rendezési tervben rögzíti. Abban az esetben, ha egy város területén több belterület is van (pl. Debrecen), úgy azt a belterületet, ahol az önkormányzat székhelye van, központi belterületnek nevezik.

A belterület határán kívül helyezkednek el az erdő és mezőgazdasági művelést szolgáló területek, melyeket külterületeknek neveznek. A különleges külterületek, vagyis a zártkertek, olyan külterületies jellegű apróparcellás területek, ahol elsősorban szőlő és gyümölcsstermesztés folyt. Általában egy községhez egy zártkert tartozott, de a nagyobb lakossággal bíró települések több zártkertet is kialakítottak.

Az ingatlan-nyilvántartásban minden önálló ingatlant külön helyrajzi számmal kell ellátni. Egy község közigazgatási területén egy helyrajzi szám csak egyszer fordulhat elő. (Megjegyzés. Az ország egy másik településén viszont lehet ugyanolyan helyrajzi szám, ezért, ha egy ingatlant szeretnénk megtalálni a nyilvántartásban, úgy a helyrajzi szám mellett szükséges ismernünk a község nevét is.)

Az ingatlan nyilvántartásban a **földrészletek** területeit, valamint az **alrészletek**, **alosztályok** és **egyéb önálló ingatlanok** területeit is méterrendszerben, (ha, m²) m²-re kerekítve tartják nyilván. A **földrészlet** a föld felszínének természetben összefüggő, közigazgatási vagy belterületi határ által meg nem szakított területe, amelynek minden részén azonosak a tulajdoni vagy a vagyonnevelői (kezelési) viszonyok. Abban az esetben, ha egy földrészlet eltérő művelési ágakat is magában foglal (pl. erdő és szántó), úgy ezeket **alrészletekként** tartják nyilván, ha területük egyenként eléri a legkisebb területi mértéket, azaz a 400 m² - t, erdőknél az 1500 m²-t, ellenkező esetben a szomszédos alrészlethez kapcsolják. A művelési ágak fajtái: szántó, rét, legelő, szőlő, kert, gyümölcsös, nádas, erdő, fásított terület, halastó, művelés alól kivett terület. Az egy földrészleten belül lévő alrészleteket (eltérő művelési ágú területek) az egymástól való megkülönböztetés végett a következő kisbetűkkel jelöljük: *a, b, c, d, f, g, h, j, k, l, m, n, p, r, s, t, v, x, y, z*. Ebből az következik, hogy egy földrészleten belül lévő alrészletek legnagyobb száma 20 lehet. **Alosztályokkal** a földrészlet határokra belül lévő eltérő földminőségű területrészeket jelölik. A korábbi nyilvántartási rendszerben (1875. év) a földek tiszta hozadékát a terméseredmények, árak és költségek alapján határozták meg. Mivel az eredmények az ország különböző részein eltérők voltak, ezért becslőjárásokat hoztak létre (211-t az országban), majd a művelés alatt álló területeket a különböző becslőjárásokban 1-8 minőségi osztályokba (az 1 osztály a legjobb minőségű termőterület) sorolták. A kataszteri tisztajövedelem (1 kataszteri holdra vonatkoztatott jövedelem, napjainkra áttértünk a hektárra) kifejezésére az aranykoronát és a fillért használták és használjuk ma is. Ennek megfelelően például 1 ha, 1-es minőségű szántó a hajdúböszörményi becslőjárásban 38 aranykorona 20 fillért ér.

Egyéb önálló ingatlanok csoportjába soroljuk az épületet, a pincét, a földalatti garázst és más építményt, ha az nem vagy csak részben a földrészlet tulajdonosának a tulajdona.

Az ingatlan-nyilvántartás a *tulajdoni lapból*, a *nyilvántartási térképből*, *okirat-tárból* és a *törölt bejegyzések jegyzékéből* áll.

FŐVÁROSI KERÜLETEK FÖLDHIVATALA
Budapest, XI., Budafoki út 59. 1519 Pf. 415.

Oldal: 1/1

Tulajdoni lap - szemle
2000. 10. 25. 09:25:10

lap oldalszáma:
aktuális lap/összes lap

BUDAPEST XXII. KER.
Belterület 23456/8/A/13

a tulajdoni lap másolat típusa

1223 BUDAPEST XXII.KER. Vadvirág utca 14. 2. emelet ajtó: 13

Széljegy:23537/2000.10.05
FŐVÁROSI ILLETÉKHIVATAL 1054 BUDAPEST V.KER. Bajcsy-Zsilinszky út 36-38.
Jelzálogjog törlés iránti kérelem

ingatlan megnevezése,
számszerű adatai

I. RÉSZ				
megnevezés	terület m ²	szobák száma	eszméi hányad	eszméi hányad
lakás	51	2	0	249/10000
Bejegyző határozat:9892/1999/1999.01.18.				
2. Bejegyző határozat:740021/5/1997/1997.02.08.				
Társasház				
Az önálló ingatlanhoz tartoznak az alapító okiratban meghatározott helyiségek.				

tulajdonjogi adatok

3. hányad: 1/1
Jogcím: vétel
bejegyző határozat:10235/1999/1999.08.08.
Jogállás: tulajdonos
név: Gábor Áron
szül.: 1955.01.01.
a. név: Kiss Gizella
cím: 1225 BUDAPEST XXII.KER. Gábor út 252.

egyéb jogok és tények

III. RÉSZ

1. bejegyző határozat:7690/1/1999/1999.12.01.
Jelzálogjog:312000 Ft, azaz háromszázhatvanöt ezer Ft tőketartozás és járulékaik erejéig
Jogosult:
név: FŐVÁROSI ILLETÉKHIVATAL
cím: 1054 BUDAPEST V.KER Bajcsy-Zsilinszky út 36-38.

aláírás,
kiadó földhivatal pecsétje

TULAJDONI LAP VÉGE

7.1. ábra. A papír alapú tulajdoni lap másolat

Az ingatlan-nyilvántartásban az ingatlan adatait, valamint az ingatlanhoz kapcsolódó jogokat és jogilag jelentős tényeket, továbbá azok jogosultjait és a jogosultak adatait a tulajdoni lapra kell bejegyezni, feljegyezni, illetve azon átvezetni (7.1. ábra).

A tulajdoni lap három részből áll, melyeket római számokkal jelölnek. A tulajdoni lap I. része fölött olvashatók a széljegyek, melyek az ingatlanhoz kapcsolatos beérkezett, de még nyilvántartásba át nem vezetett (széljegyzett, érkezési dátummal ellátott) ügyirat iktatószámát tartalmazzák. Amennyiben széljegyet a tulajdoni lap nem tartalmaz, úgy nincs folyamatban lévő (le nem zárt) ingatlan nyilvántartási ügy a földrészlettel kapcsolatban.

A tulajdoni lap I. része az ingatlan következő adatait tartalmazza: *a)* a település nevét, ahol az ingatlan fekszik, *b)* az ingatlan helyrajzi számát, fekvésének (belterület, külterület) megjelölését és területnagyságát, *c)* belterületen – és amennyiben rendelkezésre áll – külterületen lévő ingatlannál az utca (tér, körút stb.) nevét és a házszámot, *d)* a művelési ágat és a művelés alól kivett terület elnevezését, alrészlet jelét, *e)* a minőségi osztályt, kataszteri tisztajövedelmet, *f)* az épület fő rendeltetés szerinti jellegét (lakóház, üdülő, gazdasági épület stb.), *g)* utalást az ingatlan mindenkoros tulajdonosát megillető telki szolgalmi, illetőleg földhasználati jogra, *h)* az ingatlan jogi jellegét (társasház, szövetkezeti ház, műemlék, bányatelek, helyi vagy

országos jelentőségű védett terület, régészeti vagy történeti jelentőségű védett terület, tanya stb.), *i*) földminősítési mintatér megjelölését, *j*) ingatlan-nyilvántartási szempontból szükséges egyéb adatot.

A tulajdoni lap II. része az ingatlanhoz kapcsolódó következő jogokat, illetve annak jogosultjait, és az ingatlanra, valamint a jogosultakra vonatkozó tényeket tartalmazza: *a*) a tulajdonjogot, valamint a tulajdonos kiskorúságát vagy gondnokság alá helyezés tényét, *b*) állami tulajdonban álló ingatlan esetén az állam tulajdonosi jogait gyakorló szervezet megnevezését, *c*) a vagyonkezelői jogot.

A tulajdoni lap III. része az ingatlanhoz kapcsolódó következő **jogokat**, illetve azok jogosultját tartalmazza: *a*) megállapodáson és bírósági határozaton alapuló földhasználati jogot, haszonélvezeti jogot és használat jogát, *b*) lakásszövetkezeti tagot megillető állandó használati jogot, *c*) telki szolgalmi jogot, *d*) állandó jellegű földmérési jelek, valamint villamosberendezések elhelyezését biztosító használati jogot, továbbá vezetékjogot, vízvezetési és bányaszolgalmi jogot, valamint törvény rendelkezésén alapuló közérdekű szolgalmi és használati jogot, *e*) elő- és visszavásárlási, valamint vételi jogot, *f*) tartási és életjáradéki jogot, *g*) jelzálogjogot (önálló zálogjogot) és végrehajtási jogot.

A tulajdoni lap III. része tartalmazza továbbá az ingatlanhoz vagy a bejegyzett jogokhoz, illetve annak jogosultjaihoz kapcsolódó következő **tényeket**: *a*) a III. részben bejegyzett jogosult kiskorúságát vagy gondnokság alá helyezésének tényét, *b*) a jogosulttal szemben megindított felszámolási eljárást, végelszámolást, *c*) a külföldi székhelyű vállalkozás fióktelepének, kereskedelmi képviselőjének cégjegyzékeről történő törlésének tényét, *d*) bírósági ítéleten alapuló tulajdoni korlátozást, *e*) bírósági vagy hatósági határozaton alapuló telekalakítási és építési tilalom elrendelésének tényét, valamint egyéb építésügyi korlátozást, *f*) kisajátítási és telekalakítási eljárás megindításának tényét, *g*) a körzeti földhivatali határozat elleni fellebbezés és a megyei földhivatali határozat elleni bírósági jogorvoslati kérelem benyújtásának tényét, *h*) a bejegyzés, feljegyzés és az adatváltozás átvezetése alapjául szolgáló, vagy azzal kapcsolatos bírósági határozat elleni felülvizsgálati kérelem benyújtásának tényét, *i*) a szerződésen vagy végintézkedésen alapuló elidegenítési és terhelési tilalmat, *j*) az 1997. évi CXLI tv. 64. §-ában meghatározott perek és büntetőeljárás megindítását, *k*) az árverés, a nyilvános pályázat kifizetésének tényét, *l*) a zárlatot, zár alá vételt, zár alá vételt megelőző biztosítási intézkedést, *m*) tulajdonjog fenntartással történt eladást, *n*) a bejegyzés, feljegyzés és az adatváltozás átvezetése iránti kérelem vagy megkeresés elutasítását, *o*) a törölt zálogjog ranghelyének fenntartását, a ranghellyel való rendelkezés jogáról való lemondást, valamint jelzálogjog ranghelyének előzetes biztosítását, *p*) ranghely megváltoztatását, *q*) az ingatlan-nyilvántartási eljárás felfüggesztésének tényét, *r*) jogerős hatósági vagy bírósági határozattal megállapított tartós környezetkárosodás tényét, mértékét és jellegét, *s*) az épület létesítésének vagy lebontásának a tényét, *t*) olyan egyéb jogot vagy tény, amelynek bejegyzését törvény elrendeli.

Az okirattár a bejegyzések alapjául szolgáló okiratokat, illetőleg ezek hitelesített másolatait, a bejegyzés iránti kérelmeket, megkereséseket, valamint az ingatlan-nyilvántartási ügyben keletkezett más iratokat tartalmazza.

A magyar ingatlan nyilvántartás nyilvános, tehát az oda bárki betekinthez és a szolgáltatási díj megfizetése után másolatot kérhet.

A **tulajdoni lapról kiadható másolat** lehet teljes, kivonatos másolat vagy szemle. A **teljes másolat** az érvényes bejegyzések mellett, tartalmazza a megszünt bejegyzéseket is.

A **kivonatos másolat** tartalmazza a teljes érvényes bejegyzéseket, míg a megszünteket csak utalással.

Az adatszolgáltatás leggyakoribb formája **a szemle**, mely csak az érvényes bejegyzések adatait (aktuális állapotot) tartalmazza.

2016-ban a földhivatalok az országosan mintegy 7 millió tulajdoni lap másolatot adtak ki, melynek 3 %-a papíralapú, 97 %-a pedig elektronikus tulajdoni lap volt.

Az **ingatlan-nyilvántartási térkép** az ingatlan-nyilvántartás szempontjából a következőket tartalmazza: *a)* a település neve és térképszelvény száma, *b)* a település közigazgatási határvonala, valamint a belterület, külterület határvonala, *c)* földrészlet határvonala és helyrajzi száma, *d)* épület, építmény, *e)* alrészlet határvonala, jele és megnevezése, *f)* a földminősítési mintatér, valamint a földminősítéssel megállapított minőségi osztályok határvonalai, *g)* dűlőnév, utcanév és házszám, *h)* közterületről, illetve más ingatlanáról nyíló pince bejárata.

Az ingatlan-nyilvántartási térképről másolat igényelhető.

Magyarországon a földügyi nyilvántartást a megyei (19 db) és körzeti (mintegy 120 db) földhivatalok végezték, melyek közül a megyei hivatalokat a 2011-ben létrejött kormányhivatalok főosztályaiba (élelmiszerlánc biztonsági és földhivatali főosztály) sorolták, a korábbi körzeti földhivatalokat pedig a járási hivatalok földhivatali osztályaiba integrálták, ezzel önállóságuk megszűnt.

8. IRODALOMJEGYZÉK

- Agapiou, A. – Alexakis, D. D. – Hadjimitsis D. G.: Spectral sensitivity of ALOS, ASTER, IKONOS, LANDSAT and SPOT satellite imagery intended for the detection of archaeological cropmarks, *International Journal of Digital Earth*, 2014.
- Ádám József, Dr. – Rózsa Szabolcs, Dr.: GNSS elmélete és alkalmazása. Oktatási segédlet, Budapest, 2012.
- Ádám József, Dr. – Rózsa Szabolcs, Dr. – Takács Bence, Dr.: GNSS elmélete és alkalmazása. Budapest, 2012.
- Babós Lajos, Dr.: Kertépítészeti geodézia. Mezőgazdasági kiadó, Budapest, 1979.
- Bácsatyai László, Dr.: Geodézia I. Sopron, 2002.
- Bácsatyai László, Dr.: Magyarországi vetületek. Sopron, 2005.
- Bellian, J.A. – Kerans, C. – Jennette, D. C.: Digital Outcrop Models: Applications of Terrestrial Scanning LIDAR Technology in Stratigraphic Modeling. *Journal of Sedimentary Research*, 2005.
- Brovelli, M.A. – Cannata, M. – Longoni, U.M.: LIDAR Data Filtering and DTM Interpolation Within GRASS. *Transactions in GIS*:155–174., 2004.
- Burai, P.: Távérzékelési módszerek összehasonlító elemzése mezőgazdasági mintaterületeken. Doktori értekezés, 2007.
- Busics, Gy. – Engler, P. – Guszlev, A. – Jancsó, T.: Digitális adatgyűjtési technológiák, FVM Vidékfejlesztési, Képzési és Szaktanácsadási Intézet. A közép fokú agrárszakképzés tankönyve, Budapest, 2009.
- Csató, É.: Műholdadatok térképészeti alkalmazása. Doktori értekezés. Eötvös Loránd Tudományegyetem., Budapest, 2000. <http://lazarus.elte.hu/hun/digkonyv/csato/csato.htm>
- Csepregi Szabolcs, Dr. – Gyenes Róbert, –Tarsoly Péter, Dr.: Geodézia I. Székesfehérvár, 2013.
- Czímber, K.: A vektortérképtől az ortofotó automatikus előállításáig. Előadás – Nemzetközi Térinformatika Világnap, Térinformatika a Kormányzati Feladatok Végrehajtásában, november 14., Budapest, 2001.
- Czímber, K.: Légifelvétel kiértékelés a DigiTerra Map segítségével. Előadás. Műszaki Térinformatika Konferencia, november 12-13., Budapest, 2001.
- Czímber, K.: Hatékony légifelvétel kiértékelés a DigiTerra Map segítségével. Előadás. XI. Országos Térinformatikai Konferencia, Szolnok, 2001.
- Kraus, K.: Photogrammetry: Geometry from images and laserscans (2. kiadás). Walter de Gruyter, Berlin – New York., 2007.

- Krauter András, Dr.: Geodézia. Műegyetem kiadó, Budapest, 2007.
- LEICA Geosystems Geospatial Imaging: Leica Photogrammetry Suite Project Manage., 2006.
- Lillasand, T. M. – Kiefer, R. W. – Chipman, W. J.: Remote Sensing and Interpretation, John Wiley and Sons, Inc., 2007.
- Naranjo, J. E. – Jiménez, F. – Aparicio, F. – Zato J.: GPS and Inertial Systems for High Precision Positioning on Motorways. Journal of Navigation, 2009.
- Sárközy Ferenc, Dr.: Térinformatika, BME WEB, Budapest, 1998.
- Tahar, K.N. – Ahmad, A. – Akib, W.A.A.W.M.: "UAV-based stereovision for photogrammetric survey in aerial terrain mapping", Computer Applications and Industrial Electronics (ICCAIE), 2011 IEEE International Conference on, 2011.
- Tarsoly Péter, Dr.: Geodézia II. Székesfehérvár, 2013.
- Tarsoly, P.: Térbeli helymeghatározás navigációs műholdrendszerrel. Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar. 2010.
- Tímár Gábor, Dr. – Molnár Gábor, Dr.: Térképi vetületek és alapfelületek. Budapest, 2013.
- Varga Zsolt: Különböző felbontású légi- és űrfelvételek pontosságvizsgálata geodéziai referencia mérések alapján. PhD értekezés, Debrecen, 2016.
- Vágó, J. – Seres, A. – Hegedűs, A.: Alkalmazott térinformatika 2. Digitális egyetem, 2011.
- Verőné, W. M.: Fotointerpretáció és távérzékelés 1, A távérzékelés fizikai alapjai. Nyugat-magyarországi Egyetem, 2010.
- Verőné W. M.: Fotointerpretáció és távérzékelés 2, Felvevőrendszerek. Nyugat-magyarországi Egyetem, 2010.
- Verőné, W. M.: Fotointerpretáció és távérzékelés 5, Távérzékeléssel szerzett adatok számítógépes kiértékelés. Nyugat-magyarországi Egyetem, 2010.
- Verőné W. M.: Fotointerpretáció és távérzékelés 3, A lézer alapú távérzékelés. Nyugat-magyarországi Egyetem, 2010.
- Verőné W. M.: Földhasználati tervezés és monitoring 3. Távérzékelés, mint földhasználati adatforrás. Nyugat-magyarországi Egyetem, 2010.
- Zhang, J. – Cheng, B.: "Distribution optimization of ground control points in remote sensing image geometric rectification based on cluster analysis", Proc.SPIE 7497, MIPPR 2009: Medical Imaging, Parallel Processing of Images, and Optimization Techniques, 2009.

9. INTERNETES HIVATKOZÁSOK

1. http://agt.bme.hu\tutor_h\terinfor\t34a.htm
2. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_GEH1/ch01s03.html
3. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_GEH2/index.html
4. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_GEH4/index.html
5. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_GEH5/index.html
6. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_GEH6/index.html
7. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_GEH7/index.html
8. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_GED4/ch01s04.html
9. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_ged8/ch01s02.html
10. http://www.agt.bme.hu/tantargyak/msc/bmeeoafmlt1/BMEEOAFMLT1_jegyzet.pdf
11. http://www.geotronic.hu/pdf/47_2010_fvm.pdf
12. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_nmt14/ch01s04.html
13. http://www.nyme.hu/fileadmin/dokumentumok/emk/efelt/docft/03_oktatas/02_jegyzete/bacsatyai_2003_geodezia.pdf
14. http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027_TOP7/ch01s03.html
15. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_TOP2/ch01s04.html
16. http://www.unimiskolc.hu/~foldrajz/hallgato/segedlet/Muholdas_taverzekeles_alapjai.pdf
17. <http://www.geo.u-szeged.hu/~joe/fotogrammetria/GeoInfo/geoinfo4.htm>
18. <http://www2.le.ac.uk/departments/physics/research/eos/format-eo/lecture-notes/matching-of-satellite-aerial-and-close-range-images>
19. https://www.washingtonpost.com/business/technology/new-surveillance-technology-can-track-everyone-in-an-area-for-several-hours-at-a-time/2014/02/05/82f1556e-876f-11e3-a5bd-844629433ba3_story.html
20. <http://tlp.law.pitt.edu/ojs/index.php/tlp/article/viewFile/123/126>
21. <http://www.geo.u-szeged.hu/~laci/ab-GeoInfo-tananyag/ch04s03.html>
22. <http://geo.emk.nyme.hu/17854.html?&L=1&id=17854&type=0>
23. https://www.fig.net/organisation/comm/7/activities/reports/events/Delft_seminar_95/paper2.html
24. <http://www.agt.bme.hu/varga/ingatlan/jegyzet/jegyzet.htm>
25. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_INY1/ch01.html

10. ÁBRAJEGYZÉK

- 1.1 ábra. Dániát és Svédországot összekötő híd, ami az utolsó 4 km-en a tenger alatti alagútban folytatódik
(forrás:<http://twistedgifter.com/2015/09/oresund-bridge-turns-into-tunnel-and-connects-denmark-and-sweden/>)
- 1.2. ábra. Atlanti út Norvégiában
(forrás: <http://twistedgifter.com/2013/03/roads-to-drive-before-you-die/>)
- 1.3. ábra. Albula vasút, Svájc
(forrás:<http://twistedgifter.com/2013/11/rhaetian-railway-albula-bernina-landscapes/>)
- 2.1. ábra. Erasztótenész mérése
(Saját szerkesztés)
- 2.2. ábra. A geoid, a helyi függőleges és a helyi vízszintes sík
(http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_TOP1/ch01s05.html)
- 2.3. ábra. Helyettesítő alapfelület, a WGS84 forgási ellipszoid méreteivel
(Saját szerkesztés)
- 2.4. ábra. A és B terepi pontok térképi ábrázolása
(Saját szerkesztés)
- 2.5. ábra. Henger, kúp és sík vetületek
(Saját szerkesztés)
- 2.6. ábra. A Gauss–Krüger-vetület
(forrás: <http://www.wikiwand.com/fi/Karttaprojektio>)
- 2.7. ábra. A Gauss–Krüger-vetületet sávjai és övezetei
(forrás:https://cs.wikipedia.org/wiki/aussKr%C3%BCgerovo_zobrazen%C3%AD#/media/File:Division_of_the_Earth_into_Gauss-Krueger_zones_-_Net.svg)
- 2.8. ábra. UTM vetületi rendszer
(http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_TOP2/ch01s04.html)
- 2.9. ábra. Az I. katonai felmérés koordináta rendszerei
(forrás:<http://www.agt.bme/varga/vetulettan/katvet.html#ellipszoid>)
- 2.10. ábra. I. katonai felmérés Debrecen területéről
(forrás:<http://mapire.eu/hu/map/firstsurvey>)
- 2.11. ábra. A sztereografikus vetület
(forrás:http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_TOP2/ch01s04.html)

- 2.12. ábra. Fasching féle hengervetület
(forrás: http://www.agt.bme.hu/staff_h/varga/vetulettan/katvet.html)
- 2.13. ábra. Henger Északi -, Henger Középső -, Henger Déli rendszer
(forrás: http://www.agt.bme.hu/staff_h/varga/vetulettan/katvet.html)
- 2.14. ábra. EOY: Ferdetengelyű metsző hengervetület
(forrás: http://www.agt.bme.hu/staff_h/varga/vetulettan/katvet.html)
- 3.1. ábra. Vízszintes alappont: vasbetonlapos háromszögelési pont, templomtorony és kémény
(forrás: http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027_GEH2/ch01s04.html)
- 3.2. ábra. Egy külterületi III. rendű magassági alappont, felhívó jellel és egy belterületi I. rendű pont, falicsappal állandósítva
(forrás: <http://www.bekesijarasok.hu/kormanyhivatali-hirek/a-foldmeresi-alappontok-ellenorzeserol>)
- 3.3. ábra. Magyarország vízszintes kerethálózata
(http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_GEH2/ch01s02.html)
- 3.4. ábra. Magyarország elsőrendű vízszintes hálózata
(forrás: http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_GEH2/ch01s03.html#id480756)
- 3.5. ábra. A felmérés, korabeli viseletben és műszerrel
(forrás: <http://www.ftf.bfkh.gov.hu/portal/index.php/hirek-aktualitasok/393-unnepseg-a-nadapi-szintezesi-foalappontoknal>)
- 3.6. ábra. A nadapi ősjegy
(forrás: <http://www.turautak.com/cikkek/latnivalok/epiteszeti-ertekeink/nadapi-szintezesi-osjegy.html>)
- 3.7. ábra. Kronstadti vízmérce, Oroszország
(forrás: www.googleearth)
- 3.8. ábra. Az első ITRS rendszer, első megvalósításában (ITRF88) résztvevő 13 állomás
(forrás: http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_MHM7/ch01s02.html)
- 3.9. ábra. Az EUREF passzív hálózata 1996-ban és 1998-ban
(forrás: http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027_MHM6/ch01s02.html)
- 3.10. ábra. A nemzeti magasságok és az egységes európai hálózat magassági eltérései cm-ben
(forrás: <http://www.ec-gis.org/sdi/ws/evrs/SACHER.pdf>)
- 3.11. ábra. Az OGPSH kerethálózata
(forrás: http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_MHM6/ch01s03.html)
- 3.12. ábra. Az OGPSH hálózata
(http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_MHM6/ch01s03.html)

- 3.13. ábra. Egy betonlapos háromszögelési pont és egy másik keresztmetszete
(forrás: Dr. Csepregi Szabolcs, Gyenes Róbert, Dr. Tarsoly Péter: GEODÉZIA I. Székesfehérvár, 2013)
- 3.14. ábra. A permanens hálózat
(<https://www.gnssnet.hu/index.php?r=site%2Frealtime>)
- 4.1. ábra. Leica TC 1010 mérőállomás csöves libellája
(Saját szerkesztés)
- 4.2. ábra. NI-E3 szintező szelencés libellája
(Saját szerkesztés)
- 4.3. ábra. Karó beállító libella
(Saját szerkesztés)
- 4.4. ábra. Elektronikus libella, Leica TCR 1200
(Saját szerkesztés)
- 4.5. A teodolit szerkezete és egy Wild T3 teodolit
(forrás: http://www.dehilster.info/geodetic_instruments/1937_wild_heerbrugg_t3_theodolite.php)
(forrás: http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_GED4/index.html)
- 4.6. ábra. Stonex R1 plus mérőállomás
(forrás: <http://www.stonexpositioning.com/index.php/en/products/total-stations>)
- 4.7. ábra. A geometriai szintezés
(Saját szerkesztés)
- 4.8. ábra. Kompenzátoros szintező műszer és egy cm beosztású szintezőléc
(Saját szerkesztés)
- 4.9. ábra. A GPS (Спутники GPS) és GLONASSZ (Спутники ГЛОНАСС) műholdak pályái a Föld körül
(<http://vb2.userdocs.ru/informatika/521681/index.html?page=21>)
- 4.10. ábra. A GLONASSZ rendszer műholdjai
(forrás: <http://www.esa.int/ESA>)
- 4.11. ábra. Térbeli ívmetszés
(forrás: TARSOLY 2010 alapján szerkesztve)
- 4.12. ábra. A műholdas helymeghatározás elve
(forrás: <http://clipart-library.com/clipart/566692.htm>, alapján, átszerkesztve)
- 4.13. ábra. A relatív helymeghatározás elve
(<http://www.geo.info.hu/geo/geodezia/gpsmese.pdf>)
- 4.14. ábra. Stonex S9 GPS
(forrás: http://www.gpslink.hu/stonex_termek.php#)
- 5.1. ábra. Első és második geodéziai alapfeladat értelmezése
(forrás: Dr. Csepregi Szabolcs, Gyenes Róbert, Dr. Tarsoly Péter: GEODÉZIA I., Székesfehérvár, 2013 alapján átszerkesztve)

- 5.2. ábra. Tájékozás az „A” ismert ponton
(Saját szerkesztés)
- 5.3. ábra. Belsőszöges előmetszés
(Saját szerkesztés)
- 5.4. ábra. Irányszöges előmetszés
(Saját szerkesztés)
- 5.5. ábra. Oldalmetszés elve
(Saját szerkesztés)
- 5.6. ábra. A hátrametszés mérése
(Saját szerkesztés)
- 5.7. ábra. A hátrametszés geometriai elve
(Saját szerkesztés)
- 5.8. ábra. Ívmetszés számítása és körüljárási iránya
(Saját szerkesztés)
- 5.9. ábra. Szabad sokszög vonal
(Saját szerkesztés)
- 5.10. ábra. Egyszeresen tájékozott sokszög vonal
(Saját szerkesztés)
- 5.11. ábra. Kettősen tájékozott sokszög vonal
(Saját szerkesztés)
- 5.12. ábra. Beillesztett sokszög vonal
(Saját szerkesztés)
- 5.13. ábra. A szögprizma
(Saját szerkesztés)
- 5.14. ábra. Ortogonális kitűzés
(forrás: Csepregi Sz. (2000): Földméréstan I.)
- 6.1. ábra. Az elektromágneses sugárzás kölcsönhatása a földfelszínnel
(Varga 2016)
- 6.2. ábra. Kettős térbeli pontkapcsolás
(LEICA Geosystems Geospatial Imaging 2006)
- 7.1. ábra. A papír alapú tulajdoni lap másolat
(<http://www.foldhivatal.hu>)

11. TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. táblázat. A Magyarországon alkalmazott alapfelületek
(<http://www.agt.bme.hu/varga/vetulettan/katvet.html#ellipszoid>)
2. táblázat. Vízsíntes alappontok és részletpontok követelményei
(forrás:http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_GEH1/index.html)
3. táblázat. A GPS mérések pontossági kategóriái
(<http://www.geo.info.hu/geo/geodezia/gpsmese.pdf>)
4. táblázat. A statikus mérések jellemző ponthibái
(<http://www.geo.info.hu/geo/geodezia/gpsmese.pdf>)
5. táblázat. A kinematikus mérések fajtái (*saját, ** hálózati RTK bázissal)
(<http://www.geo.info.hu/geo/geodezia/gpsmese.pdf>)

DUPress



1.1. ábra. Dániát és Svédországot összekötő híd, ami az utolsó 4 km-en a tenger alatti alagútban folytatódik



1.2. ábra. Atlanti út Norvégiában

Építési ismeretek. 2. Kötet
Dr. Varga Zsolt: Geodéziai alapismeretek
Színes táblák



1.3. ábra. Albula vasút, Svájc



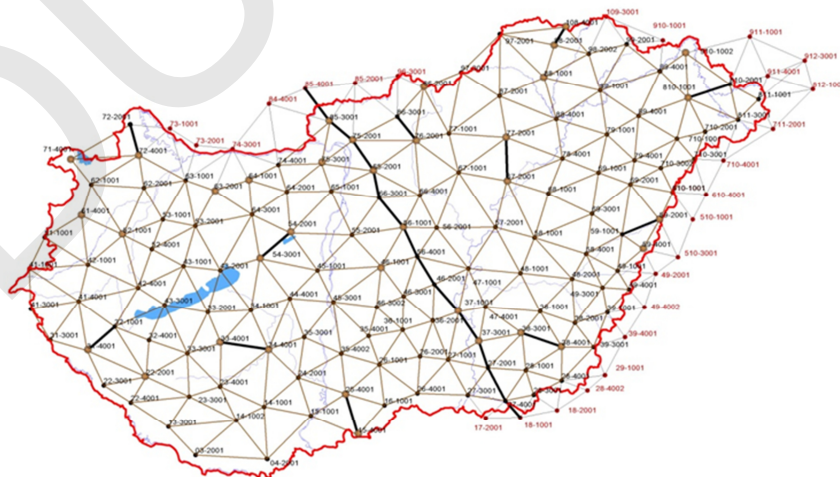
Építési ismeretek. 2. Kötet
Dr. Varga Zsolt: Geodéziai alapismeretek
Színes táblák



3.1. ábra. Vízszintes alappont: vasbetonlapos háromszögelési pont, templomtorony és kémény



3.2. ábra. Egy külterületi III. rendű magassági alappont, felhívó jellel és egy belterületi I. rendű pont, falicsappal állandósítva



3.4. ábra. Magyarország elsőrendű vízszintes hálózata

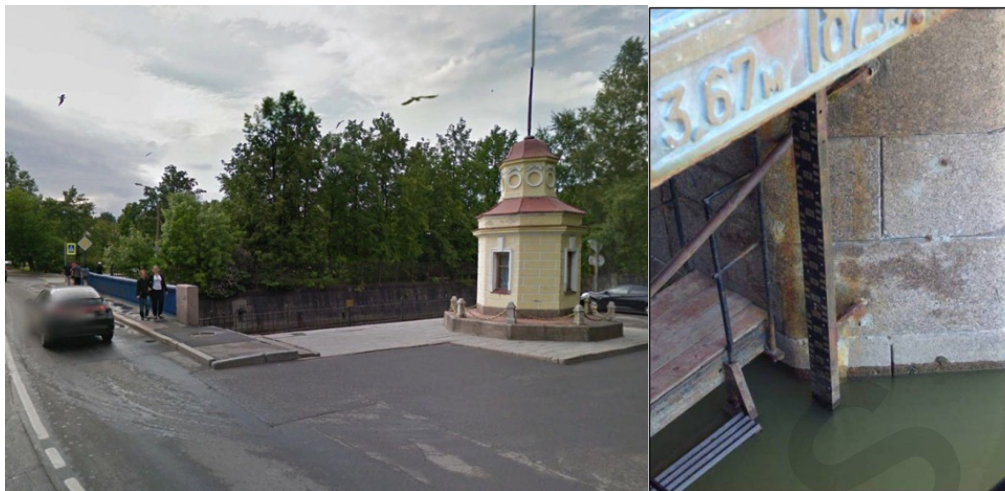
Építési ismeretek. 2. Kötet
Dr. Varga Zsolt: Geodéziai alapismeretek
Színes táblák



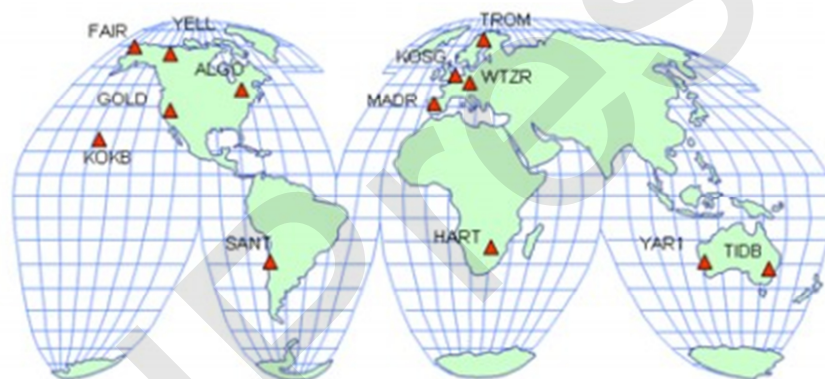
3.5. ábra. A felmérés, korabeli viseletben és műszerrel



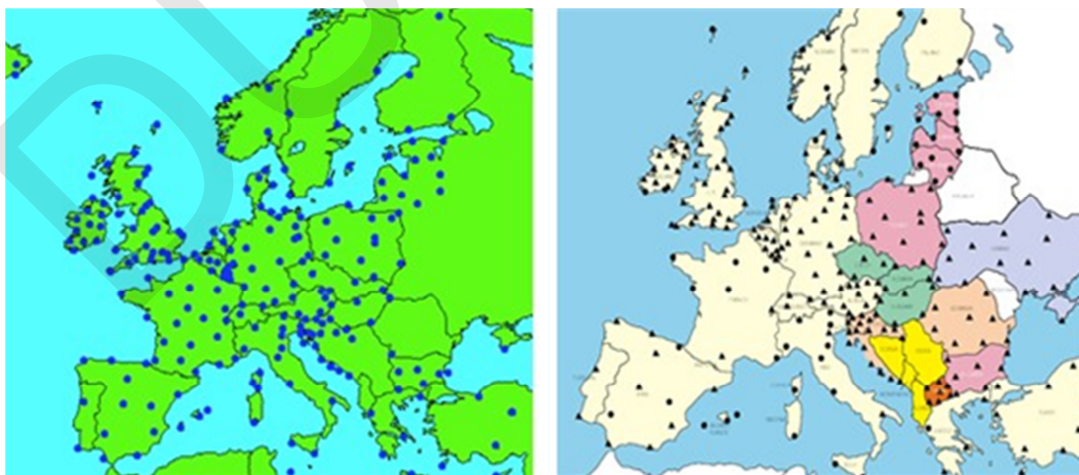
3.6. ábra. A nadapi ősjegy



3.7. ábra. Kronstadti vízmércé, Oroszország



3.8. ábra Az első ITRS rendszer, első megvalósításában (ITRF88)

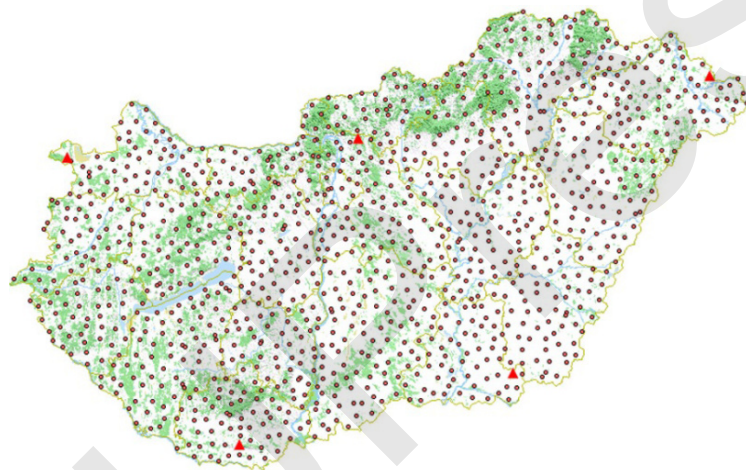


3.9. ábra. Az EUREF passzív hálózata 1996-ban és 1998-ban

Építési ismeretek. 2. Kötet
Dr. Varga Zsolt: Geodéziai alapismeretek
Színes táblák



3.11. ábra: Az OGPSH kerethálózata



3.12. ábra Az OGPSH hálózata



3.13. ábra. Egy betonlapos háromszögelési pont és egy másik keresztmetszete



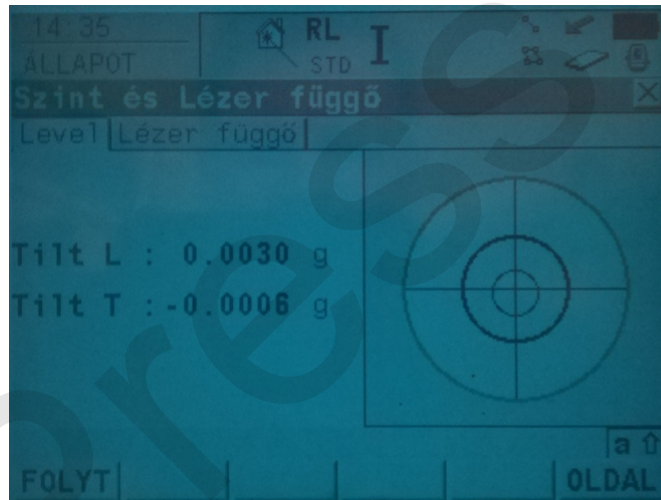
4.1. ábra. Leica TC 1010 mérőállomás csöves libellája



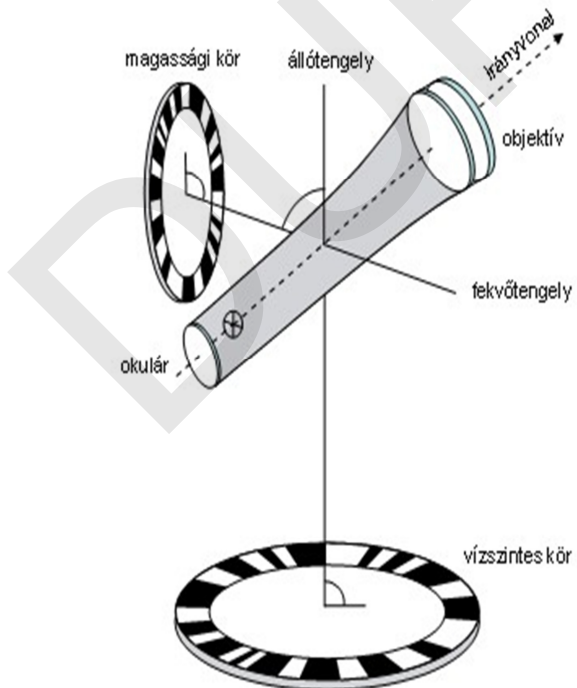
4.2. ábra. NI-E3 szintező szelencés libellája



4.3. ábra: Karó beállító libella



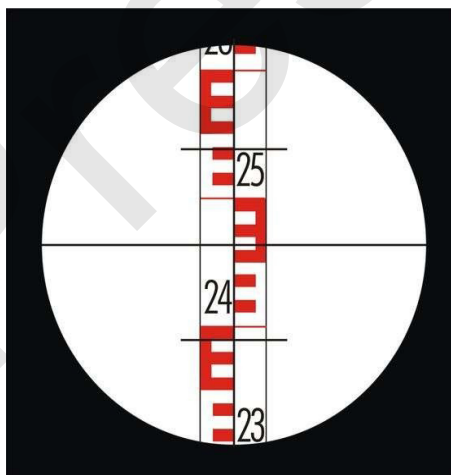
4.4. ábra: Elektronikus libella, Leica TCR 1200



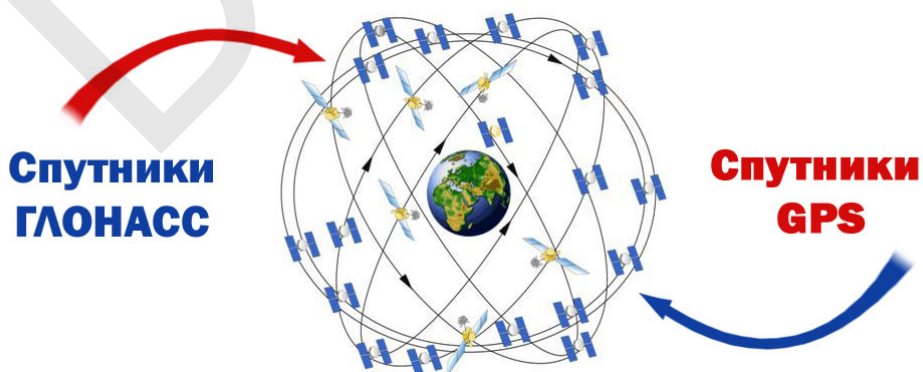
4.5. ábra. A teodolit szerkezete és egy Wild T3 teodolit



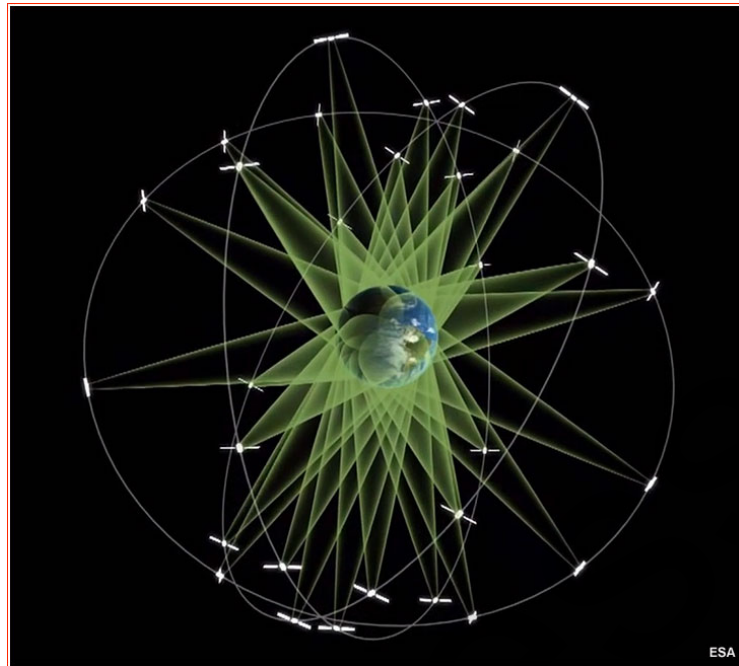
4.6. ábra Stonex R1 plus mérőállomás



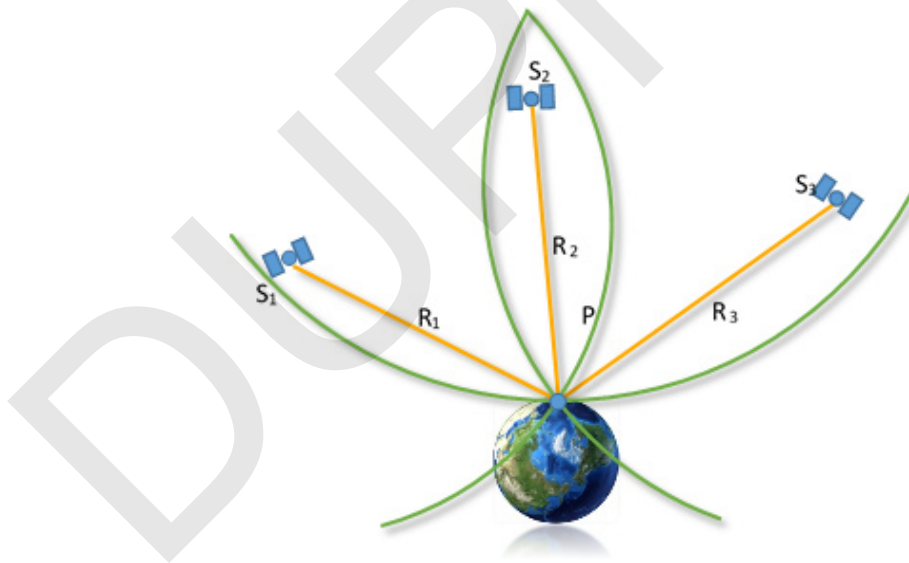
4.8. ábra. Kompenzátoros szintező műszer és egy cm beosztású szintezőléc



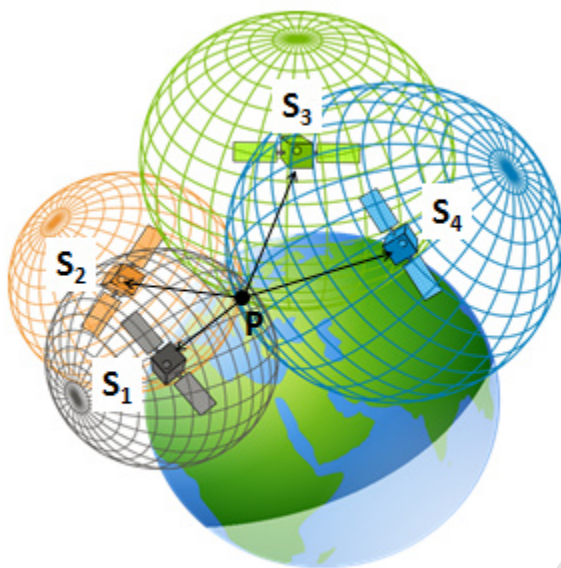
4.9. ábra. A GPS (Спутники GPS) és GLONASSZ (Спутники ГЛОНАСС) műholdak pályái a Föld körül



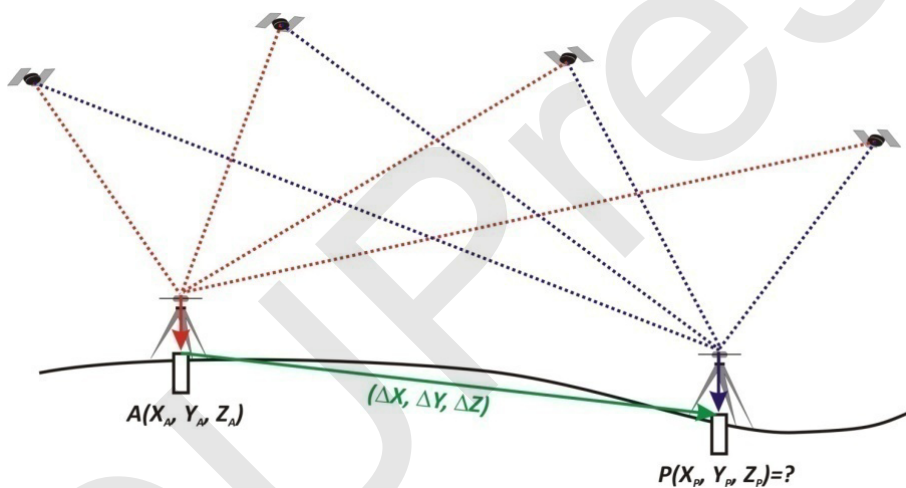
4.10. ábra. A GLONASSZ rendszer műholdjai



4.11. ábra. Térbeli ívmetszés



4.12. ábra. A műholdas helymeghatározás elve



4.13. ábra. A relatív helymeghatározás elve



4.14. ábra. Stonex S9 GPS