

Heilmann János

Vízszintes alappontok magasságának meghatározása

 **NSZFI**
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:

Alappontsűrítés és terepi adatgyűjtés feladatai

A követelménymodul száma: 2246-06 A tartalomlelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-009-50

VÍZSZINTES ALAPPONTOK MAGASSÁGÁNAK MEGHATÁROZÁSA

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

A földmérési vállalkozás ahol Ön dolgozik, háromdimenziós terepfelmérést végez. A terepi munka első fázisában meg kell határozni a felméréssel érintett területen található felmérési alappontok tengerszint feletti magasságát. Tervezze meg!

- első feladatként, a magasságmeghatározás módszerei közül milyen eljárást választana a vízszintes alappontok magasságainak meghatározásához, figyelembe véve a terepi adottságokat,
- második lépésként pedig gondolja át, milyen sorrendbe végezné el terepi munkáját!

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

A VÍZSZINTES ALAPPONTOK MAGASSÁGÁNAK MEGHATÁROZÁSI LEHETŐSÉGEI

Vízszintes földmérési alappontoknak tekintjük azokat a terepen állandó módon megjelölt pontokat, melyeknek milliméter pontossággal azonosítható középpontjának ismerjük egy önkényesen kiválasztott derékszögű koordinátarendszerben az Y és X koordinátáit. A vízszintes földmérési alappontokat, azok terepi állandósítási módjait, a 2239-06 modul 004 számú szakmai tartalomelem füzetében mutattuk be. Hazánkban az országos földmérési vízszintes alappont-hálózat alappontjai, mely első-, másod-, harmad-, negyed és ötödrendű pontokból áll, átlagosan 1200-1500 méteres távolságra vannak egymástól. Ez a lefedettség az egyes geodéziai felmérések, kitűzések elvégzése nem elegendő, ezért az országos földmérési vízszintes alappont-hálózaton belül további úgynevezett felmérési alappontot kell meghatározni. Ezeknek a vízszintes alappont-sűrítési terepmunkáknak a folyamatát mutattuk be a 2246-06 modul 004, 005, 006, 007 és 008 sorszámú szakmai tartalomelem füzetekben. A vízszintes felmérési alappontok tengerszint feletti magasságának meghatározására több módszer lehetséges:

- szintezés,
- tahimetrálás,
- trigonometriai magasságmérés,
- globális helymeghatározó rendszerrel végzett magasságmérés,

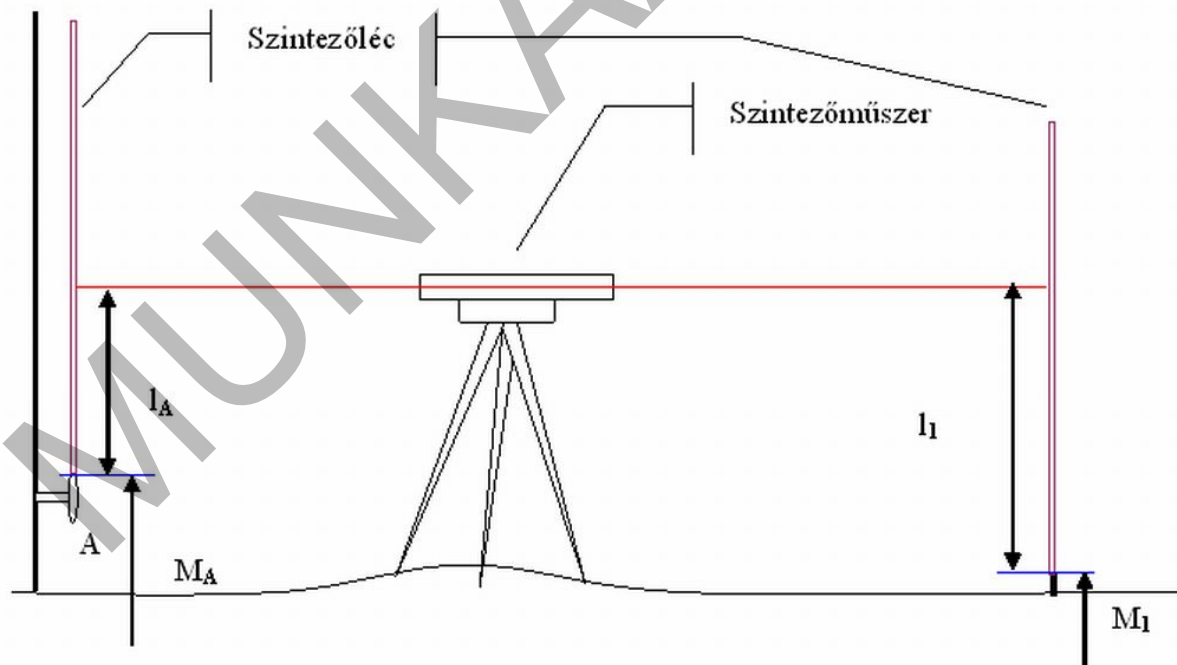
- barometrikus magasságmérés,
- sztereofotogrammetriai eljárással történő magasságmeghatározás.

A felsorolt módszerek közül az optikai tahiméterekkel történő magasságmeghatározást a geodéziai műszaki gyakorlat napjainkban már nem használja, ha ez az eljárás érdeklődésre tart számot, ajánljuk dr. Csepregi Szabolcs Földméréstan II. (FVM Képzési és Szaktanácsadási Intézet, Budapest, 2006) című tankönyvét. A globális helymeghatározó rendszerrel végzett magasságmeghatározást a 2246-06 modul 008 sorszámú szakmai tartalomelem füzetben bemutattuk. A barometrikus magasságmérés viszonylagos pontatlansága miatt hazánkban nem terjedt el. A sztereofotogrammetriai eljárással történő magasságmeghatározást a 2241-06 modul 003 és 004 sorszámú szakmai tartalomelem füzetekben megtalálhatóak.

A következő fejezetekben a műszaki gyakorlat kettő legjellemzőbb módszerének, a szintezéssel és trigonometriai magasságméréssel történő vízszintes alappont magasságmeghatározásainak lényegét, műszereit és terepi munkafolyamatát mutatjuk be.

MAGASSÁGMEGHATÁROZÁS SZINTEZÉSSSEL

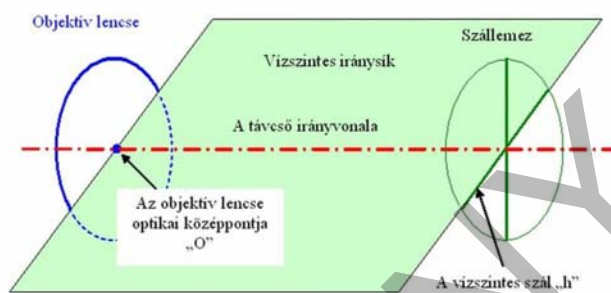
A szintezés a földmérési műszaki gyakorlat leghagyományosabb magasságmeghatározási módszere. Lényege: a szintezőműszer segítségével a terepen létrehozuk nagy pontossággal a helyi vízszintes síkot, és ennek metszését olvassuk le egy ismert magasságú (A), illetve egy ismeretlen magasságú (1) alppontra helyezett szintezőlécen.



1. ábra. A szintezés elve

Az ismeretlen (1) jelű pont magasságát (M_1) úgy kapjuk, hogy az ismert pont (A) tengerszint feletti magasságához (M_A) hozzáadjuk az "A" pontra állított folyamatos osztású mérőlécen tett leolvasást (l_A), majd ebből az összegből kivonjuk az "1" pontra állított folyamatos osztású mérőlécen tett leolvasást (l_1). $M_1 = M_A + l_A - l_1$

A színtezés pontos végrehajthatóságának feltétele az, hogy a folyamatos osztású mérőléceket függőlegesen kell a pontjelekre helyezni és nagy pontossággal kell a színtezőműszerrel a vízszintes iránysíkot kijelölni. Vízszintes iránysíknak nevezzük a geodéziai távcsőben található szálkereszt vízszintes szálára (h) és az objektív lencse optikai középpontjára (O) illesztett elméleti síkot.

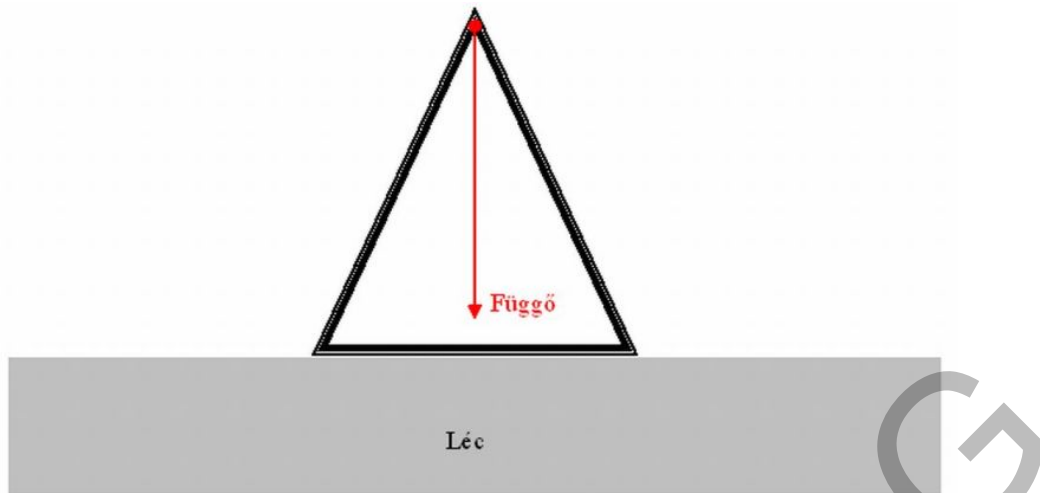


2. ábra. A vízszintes iránysík

A vízszintes iránysíkvízszintes tételének megértéséhez bemutatjuk a színtezőműszert és tartozékait.

A SZÍNTEZŐMŰSZER ÉS TARTOZÉKAI

A színtezőműszerek, mint a helyi vízszintes sík előállításának eszközeinek működési elve már az ókorban ismert volt a babiloniaknál, egyiptomiaknál, kínaiaknál. Jellemző eszköz volt a függős háromszög, mellyel hosszabb léceket lehetett vízszintesé tenni.

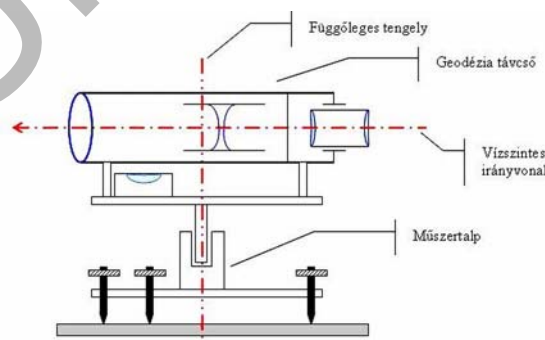


3. ábra. A függős háromszög

1. A szintezőműszer szerkezeti felépítése

A napjainkban használatos szintezőműszerek kettő fő részből állnak, a mérés alatt mozdulatlan műszertalpból, és a körbeforgatható alhidádéból. A **műszertalphoz** tartozik, lentől felfelé haladva:

- a **talplemez**, háromszög, vagy kör alakú jellemzően kettős fémlemez, közepén egy furat található, mely segítségével csatlakoztatható a műszerláb fejezetéhez;
- a **három talpcsavar**, a talplemezhez csatlakoznak, segítségükkel az állótengely függőlegessé tehető, és a műszer törzséhez kapcsolódnak;
- az **állótengely perselye**, a műszer törzsén található, ebbe illeszkedik az állótengely mely mérés alatt elforgatható;
- **vízszintes (limbusz) kör**, a legtöbb szintezőműszeren megtalálható segítségével kis pontossággal vízszintes szög mérés, szögkitűzés végezhető el.



4. ábra. A szintezőműszer szerkezete

A műszer felső része az alhidádé, mely a mérés alatt 360 fokban körbe forgatható, ennek főbb részei:

- **az állótengely**, az állótengely perselyébe illeszkedik;
- *a vízszintes kör indexe*, segítségével a vízszintes körön az elforgatás mértéke olvasható le;
- **a geodéziai távcső**, napjainkban egy olyan belső képállítású távcső, melyben egy függőleges és három vízszintes szál található, (az alsó és felső vízszintes szál a középső száltól egyenlő távolságra lévő Reichenbach szálak, a lécleolvasás ellenőrzésére szolgálnak, segítségükkel deciméter pontosságú vízszintes távmérés végezhető), az állótengelyre merőlegesen helyezkedik el a geodéziai távcső;
- **szelencés libella**, segítségével az állótengely függőlegessé tétele végezhető el, a három talpcsavarral a libella buborékját állíthatjuk középre;
- **vízszintes irányító (parány) csavar**, az állótengely körüli finom kismértékű elmozdítást, azaz a pontos irányzást teszi lehetővé;

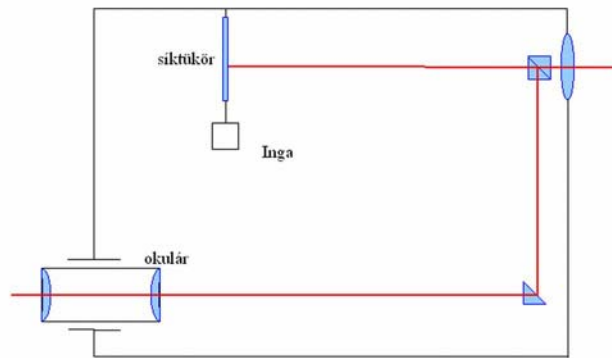
Az alhidádé fontos része a vízszintes irányítók pontos vízszintessé tételét szolgáló műszerelem, mely lehet egy nagy pontosságú csöves libella, vagy egy kompenzátor.

A csöves libellával ellátott szintezőműszereket **szintezőlibellás szintezőműszereknek** nevezzük. Esetükben a fekvőtengelyre úgy van ráépítve a geodéziai távcső, hogy ahhoz képest kis mértékben emelni vagy süllyeszteni lehet a szintezőcsavar segítségével. A geodéziai távcső és a szintezőlibella általában egybe van építve, tengelyeik párhuzamosak, tehát ha a szintezőcsavarral a szintezőlibella buborékját középre hozzuk, akkor geodéziai távcső tengelye vízszintessé válik és így a szálkereszt fekvő szála és vele együtt vízszintes irányítók is vízszintes lesz. Napjaink földmérési műszaki gyakorlatában, a szintezőlibellás szintezőműszert, csak speciális feladatok elvégzése esetén használjuk.



5. ábra. Hagyományos (optikai) kompenzátoros szintezőműszer

A hagyományos szintezőműszerek másik csoportja a **kompenzátoros szintezőműszerek**, más néven az önbeálló, vagy automata-szintezőők. Ebben az esetben a vízszintes irányítót nem egy csöves libella, hanem egy kompenzátor teszi pontosan vízszintessé. A kompenzátor jellemző megoldásának lényege az, hogy a közelítően vízszintes geodéziai távcső irányvonalát úgy kell megtörni a távcső belsejében, egy pontban, hogy az objektíven áthaladó vízszintes fénysugár a szálkereszt középpontján képződjön le. Ezt egy fizikai ingával érik el. Technikailag sok féle megoldást alkalmaztak a kompenzátor működtetésére, létezik, ingás, rugós, prizmás, tükrös felfüggesztés. A következő ábrán egy síktükör felfüggesztésű, kompenzátort mutatunk be.



6. ábra. Felfüggesztett síktükrös kompenzátor

2. A műszerállvány

A szintezés végrehajtásakor a szintezőműszert műszerállványra kell helyezni. A műszerállvány felső része lekerekített háromszög, vagy kör keresztmetszetű alumínium öntvény, közepén egy összekötőcsavarral, mely néhány cm-rel oldalirányban eltolható. Az összekötő csavarral lehet szintezőműszert a műszerlábhoz erősíteni. A műszerláb fejezetéhez csuklósan csatlakozik három fából, vagy alumíniumból álló láb. A lábak általában két egymásba csatlakozó kihúzható részből állnak, így hosszuk beállítható és egy szorítócsavarral rögzíthető. A lábak hegyes fémsarúba végződnek, taposóval, amivel földbe nyomhatók.



7. ábra. Összecsukott fa műszerláb¹

¹ Dr. Csepregi Szabolcs: Földmérés II. FVM Képzési és Szaktanácsadási Intézet, Budapest, 2006.

3. A szintezőléc

Szintezéskor a szintezőműszer fekvő (vízszintes) szálának helyzetét olvassuk le a szintezőlécen. A szintezőléc egy folyamatos osztású mérőléc. Keresztmetszete kb. 2x5 cm négyzet keresztmetszetű 3–4 méter hosszúságú alumíniumból, régebben fából készült léc. Egyszerűbb kezelhetősége miatt középen csuklósan összecsuksukható, vagy teleszkóposan egymásba csúsztatható, ez esetben szállításkor mindössze 1 méter hosszúságú.

MUNKANYELV



8. ábra. A hagyományos szintezőlé

A szintezőlécet a mérés alatt függőlegesen kell tartani, ennek segítésére egy szelencés léclibellát erősítenek rá. A szintezőléc számozása alulról folyamatos, legkisebb beosztása 1 cm, így méréskor négy számjegyet olvasunk le, az első kettő számjegyet a ráírt számjegyek alapján olvassuk le, a harmadik számjegyet a cm beosztású sávok megszámlolásával nyerjük, a negyedik számjegyet (mm beosztást), becsléssel kapjuk.

4. A szintezősarú

Vonalszintezéskor, illetve amikor a műszerállásról nem látszik az ismert és az ismeretlen magasságú pont, akkor a szintezőlécet egy szabadon kiválasztott kötőpontra kell tenni. A kötőponton a szintezőlécet nem szabad a talajra tenni, hanem egy egyszerűen kivitelezett gömbfelületű pontra. A kötőpontokat tehát csak a mérés idejére, ideiglenesen jelöljük meg. Követelmény a jelöléssel szemben a mozdulatlanság, és jel felső gömbfelülete. A kötőpontok jelölésének lehetőségei:

- facövek, gömbfejű szeggel,
- vascsövek,
- szintezősarú.



9. ábra. Szintezősarúk

A fa- és vascövek hátránya az, hogy a leolvasás előtt földbe kell verni, utána pedig ki kell szedni, ezért leggyakrabban használt kötőpont jel a vassarú. Általában lekerekített háromszög, vagy kör alakú vas, esetleg alumínium öntvény, közepén fémgömb található, erre kell állítani a szintezőlécet. A szintezősarú alján három vastüske található, segítségükkel a sarú, a talajba nyomható.

5. Az elektronikus szintezők és forgótükros laser szintezők

Az elektronikus, digitális szintezőműszerek elektronikus képfeldolgozás alapján végzik a kettes számrendszerben kódolt szintezőléceken az automatikus leolvasást.

Szerkezetileg a hagyományos szintezőműszerhez hasonló, digitális szintezőt, a műszerláb fejezetére helyezük és a talpcsavarokkal a szelencés libella segítségével az állótengelyt, közelítően függőlegessé tesszük. Ezzel a műszert mérésre kész helyzetbe hoztuk, a kódolt szintezőlécet megirányozva a leolvasás, és a mérési eredmények regisztrálása gombnyomásra automatikusan történik. A digitális szintező kijelzőjén, műszertípustól függően megjeleníthető a lécleolvasás, a hátra előre irányzás magasságkülönbsége, a műszer léc vízszintes távolsága is. Beépített programjai alapján kitűzésre is alkalmas, az előzetesen bevitt ismert pont magasságához hozzáadja a rajta álló lécleolvasást és az így kapott műszer látsíkjából levonja a kitűzendő ponton álló lécleolvasást. Egyes műszerek kitűző laser fénnel is el vannak látva, ezzel 100–150 méterig a magassági kitűzés még egyszerűbben elvégezhető.



10. ábra. Digitális szintezőműszer

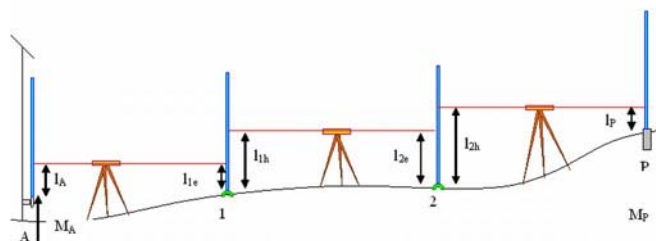
Ipari geodéziai, tereprendezési feladatokhoz a forgótükros lézerszintezőket jól lehet használni. A műszer egy függőleges tengelykörül forgó tükör segítségével vízszintes laser fény-nyalábot állít elő $\pm 1''$ pontossággal (ez 100 méteren a vízszintes síktól 0,5 mm-es eltérést jelent). A leolvasást a függőlegesen tartott lécen végezhetjük el, megállapítva a lézersík metszésvonalának helyét a szintezőlécen.



11. ábra. A LASER szintező

VÍZSZINTES ALAPPONTOK MAGASSÁGÁNAK MEGHATÁROZÁSA SZINTEZÉSSEL

Vízzszintes alappontok magasságát cm pontosan kell meghatározni, ezért a szintezéssel történő magasságmérés legegyszerűbb módszere is alkalmazható. Ez az eljárás a **műszerhorizont segítségével** történik a magasságmeghatározás. A módszer lényegét az 1. ábrán bemutattuk. Az ismert magasságú pontra (A) állított szintezőlécen leolvasott értéket (I_A) hozzáadjuk az ismert pont (M_A) magasságához és megkapjuk a műszerhorizont értékét ($M_H = M_A + I_A$). Műszerhorizontnak, más szóval műszer-látsíknak nevezzük a szintezőműszer vízszintes irány síkjának tengerszint feletti magasságát. A magasságilag meghatározandó pontokra (1) állítjuk a szintezőlécet és leolvasunk rajtuk (I_1), majd ezeket a leolvasásokat levonva a műszerhorizontból nyerjük az új pontok tengerszintfeletti magasságait ($M_1 = M_H - I_1$). Ez a megoldás egyszerű, gyors, megbízható és pontos, de kettő hátránya van. Az első hátrány az, hogy korlátozott a hatótávolsága, ezért **kötőpontok segítségével**, a műszerhorizont "átvitelével" nagyobb távolságon, domborzatosabb terepen is alkalmazható. A második problémát az mérés önellenőrzésének hiánya jelenti, a méréssel kapcsolatos hibák nem derülnek ki, ezért mindhárom vízszintes szálon le kell olvasni, három kötőpontonál többet nem szabad létesíteni és a mérést meg kell ismételni.



12. ábra. Szintezés kötőpontok segítségével

A **kötőpontok segítségével** történő vízszintes alappont magasságmeghatározása, esetén egy ismert magasságú pontról (A) az új pontig egy vagy több műszerállással egy vonalban végzett „hátra” és „előre” mérésekkel végezzük a mérést. Az új pont (P) magasságát az ábra jeleinek értelmezése alapján kétféleképpen is számíthatjuk. Az egyik esetben a kezdő "A" pont (M_A) magasságához hozzáadjuk a hátra (I_A) lécleolvasást, így megkapjuk az első műszerállás műszer-horizontját, a szintezőműszer vízszintes irányának magasságát, majd ebből az értékből levonjuk az előre (I_{1e}) lécleolvasást és megkapjuk az első kötőpont magasságát (M_1), ezt a számítási sorozatot folytatjuk addig, amíg az új P ponthoz érünk.

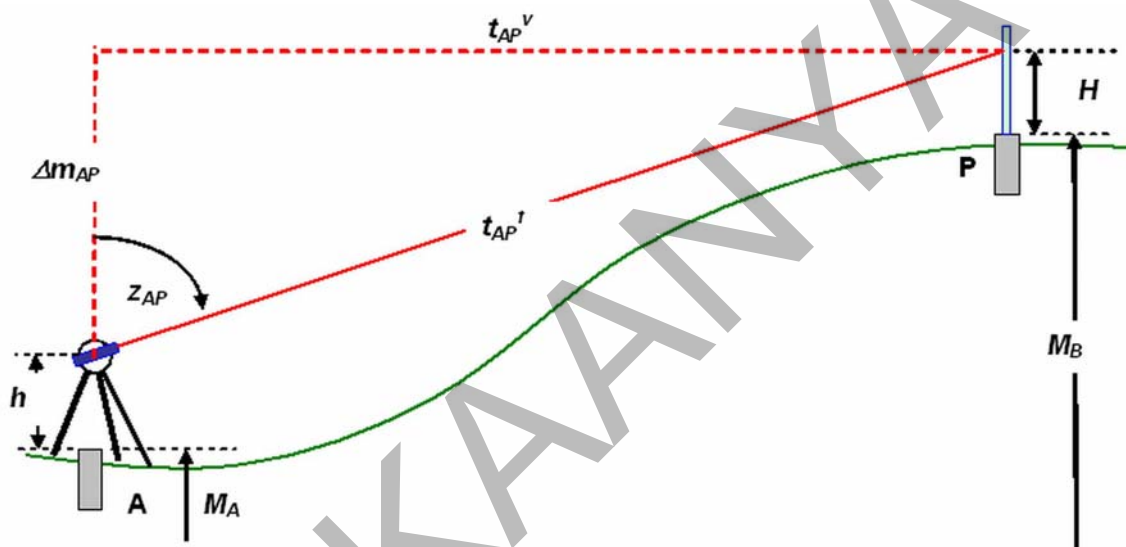
$$M_A + I_A - I_{1e} + I_{2h} - I_{2e} + I_{3h} - I_{3e} + I_{nh} - I_{ne} = M_P$$

A második esetben képezzük álláspontonként a magasságkülönbségeket, a $\Delta m = I_{hátra} - I_{előre}$ képlettel, majd a magasságkülönbségek előjelhelyes összegét hozzáadjuk a kezdőpont magasságához, és megkapjuk az új pont magasságát. $M_A + \sum (I_h - I_e) = M_P$. A műszerállásokat úgy kell megválasztani, hogy a műszer lécs távolságok közel azonosak legyenek.

A kötőpontok segítségével történő vízszintes alappont magasságmeghatározása optimális esete az, amikor a vonal végpontja is ismert magasságú alappont. Ezt a módszert, amikor a meghatározandó alappontokat olyan vonalba foglaljuk, melynek kezdő és végpontja ismert magasságú pont **vonalszintezésnek** nevezzük. Azért optimális ez a megoldás mert magassági záróhiba számítható, mely alapján a magasságmérés eredménye megbízhatóvá válik. A vonalszintezést, mint a magassági alappont-meghatározás legklasszikusabb esetét a 2246-06 modul 010 sorszámú szakmai tartomelem füzetében mutatjuk be.

MAGASSÁG MEGHATÁROZÁS TRIGONOMETRIAI MAGASSÁGMÉRÉSEL

A trigonometria magasságmérés a szintezés mellett a második legfontosabb hagyományos magasságmérési módszer melynek eredményeként az ismeretlen magasságú pont magasságát cm pontossággal tudjuk meghatározni. Napjaink földmérési műszaki gyakorlatának kettő ok miatt is gyakran alkalmazott módszere. Egyrészt a vízszintes alappontok magasságának meghatározása jellemzően egy időben történik a vízszintes koordináta meghatározással és ekkor trigonometriai magasságmérés mérési elemeinek gyűjtése leegyszerűsödik. Másrészt mérőállomással történő alappont koordináta meghatározás gyors korszerű és olcsó, alkalmazási lehetősége sokrétűbb, mint a szintezés esetén. A trigonometria magasságmérés számítását a következő ábra jelöléseinek értelmezése alapján tudjuk elvégezni.

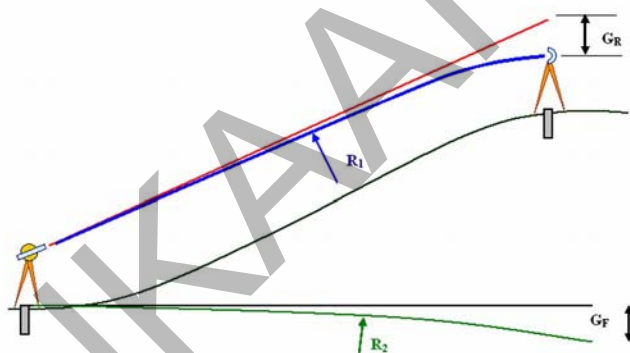


13. ábra. A trigonometriai magasságmérés elve

Adottnak tekintjük az „A” pont tengerszintfeletti magasságát (M_A). Mérjük az „A” ponton felállított teodolittal, mérőállomással a magassági kör beosztásának módja szerint régi műszereken az α magassági szöget, (mely a Z_{AP} szög 90 fokra való kiegészítése), vagy napjaink műszereivel a Z_{AP} zenitszöget. Mérjük továbbá a t_{AP}^f ferde távolságot az „A” és „P” pontok között általában mérőállomással, fizikai távmérővel, valamint egy kézi mérőszalaggal a műszerünk fekvőtengelyének a földmérési kő tetejétől mért magasságát, a műszermagasságot és a H jelmagasságot, amit a reflektor optikai középpontja magasságának tekintünk a „P” pont pontjelének felső síkjától mérve. Számítandó a „P” pont tengerszint feletti magassága az M_P .

Az ábra alapján leolvasható, hogy a P pont magassága az $M_P = M_A + h + \Delta m - H$ képlettel kiszámítható. Az összefüggés elemei között csak a Δm magasságkülönbség ismeretlen. A Δm számítása t_{AP^f} és α ismeretében: $\Delta m = t_{AP^f} \cdot \sin \alpha$ összefüggéssel számítható, a t_{AP^f} és Z_{AP} ismeretében: $\Delta m = t_{AP^f} \cdot \cos Z_{AP}$ összefüggéssel számítható. Az a részszámítási megoldás is választható, hogy először kiszámítjuk a t_{AP^v} vízszintes távolságot, t_{AP^f} és α ismeretében: $t_{AP^v} = t_{AP^f} / \cos \alpha$ képlettel, a t_{AP^f} és Z_{AP} ismeretében: $t_{AP^v} = t_{AP^f} / \sin Z_{AP}$ képlettel, majd t_{AP^v} és α ismeretében: $\Delta m = t_{AP^v} \cdot \operatorname{tg} \alpha$ képlettel, t_{AP^v} és Z_{AP} ismeretében: $\Delta m = t_{AP^v} \cdot \operatorname{ctg} Z_{AP}$ képlettel.

A trigonometria magasság számítása az $M_P = M_A + h + \Delta m - H$ képlettel földgömbület és a refrakció együttes hatása miatt csak 400 méter vízszintes távolságig alkalmazható. Nagyobb távolságok esetén az "A" ponton átmenő szintfelület már nem tekinthető síknak, hanem jó közelítéssel gömbnek, melynek sugara a Földsugárral ($R=6378$ km) egyezik. A magasságmérést a refrakció is befolyásolja. A refrakció miatt a mért zenitszög kisebb, mint a valóságos, mert a refrakció körívének érintője magasabbra mutat, mint ahol az irányzott jel van. Ez a magasságkülönbség a refrakció hatása miatt jön létre. A refrakció hatása a látszólag a jelmagasságot növeli. A refrakció hatásának mértéke függ a légköri körülményektől, az irányvonal egy lefelé görbülő vonal lesz, jó közelítéssel ez is körív.



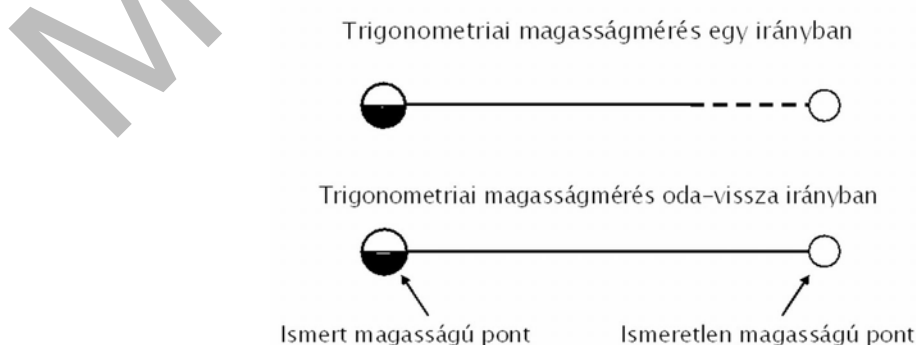
14. ábra. A Föld gömbületének és a refrakció görbületének hatása a trigonometriai magasságmérésre

A földgörcbület nagyobb hatású, mint a refrakció, mert a Föld sugara kisebb, mint átlagosan a refrakció, az irányvonal görbültségének sugara. A refrakció görbe sugara Gauss meghatározása alapján, átlagosan mintegy 8-szorosa a Föld sugarának ($1/8 = 0,13$). A refrakció és a földgörcbület együttes hatása 400 méteres vízszintes távolság esetén +1 centiméterrel növeli a számított trigonometriai magasságot és 1000 méternél éri el a +4 centimétert. A műszaki gyakorlatban tehát 400 méter fellett, táblázat segítségével javítjuk a számított magasságot. Ennél nagyobb, 4000 méternél nagyobb távolságoknál a refrakció koefficiens értékét nem lehet a 0,13 átlagos értékkel figyelembe venni, ekkor olyan mérési módszert kell használni, amelynek következményeként a görcbületi hatások kiesnek. Ennek legegyszerűbb megoldása, ha szimultán mérést végzünk. A szimultán mérés alatt azt értjük, hogy a mérendő magasságkülönbség mindkét végpontján felállunk, és egyszerre végzünk mérést a másik pontra. A két mérésből számítjuk a magasságkülönbséget és a két mérés számtani közepe (a visszamérés előjelének megváltoztatása után) már mentes a görcbületi hatásoktól, a refrakció és a földgörcbület hatásától. A szimultán mérés viszonylag nehézkesen szervezhető, ezért a műszaki gyakorlatban a magasságkülönbségeket lehetőség szerint általában oda-vissza mérjük, igaz, hogy nem egy időben, de ezt már csak az a hiba terheli, ami a légköri körülmények változásából bekövetkezik.

A mérőállomások elterjedése miatt a trigonometriai magasságmérés széles körben hatékonyan alkalmazható, megfelelő pontosságú magasságmeghatározási módszer.

VÍZSZINTES ALAPPONTOK MAGASSÁGÁNAK MEGHATÁROZÁSA TRIGONOMETRIAI MAGASSÁGMÉRÉSSEL

Trigonometriai magasságméréssel történő magasság meghatározás a földmérési műszaki gyakorlatban több féleképen is megvalósítható. Legegyszerűbb esete, amikor az új pont magasságának meghatározása érdekében magassági szögmérést, és ha lehetséges fizikai távmérést végzünk oda-vissza az ismert és az ismeretlen pontról. Kiszámítjuk mindkét mérésből a magasságkülönbséget, majd ennek számtani közepét (hiszen mindkét mérésünket azonos súlyúnak tekintjük) előjelhelyesen hozzávonjuk az ismert pont magasságához és így nyerjük az ismeretlen pont magasságát. A következő ábrán mutatjuk be az egyirányú és az oda-vissza irányú trigonometriai magasságmérés előírt rajzi jelölését.

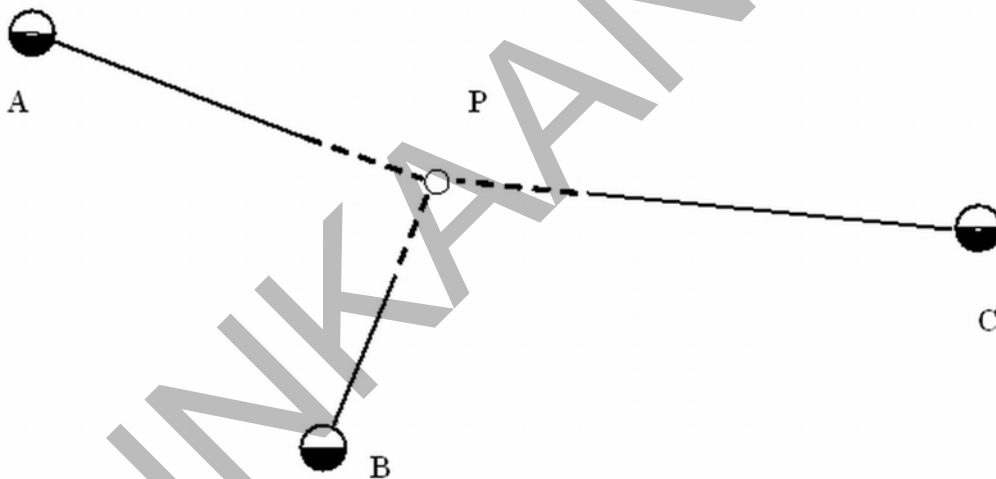


15. ábra. A trigonometria magasságmérés alapeseteinek rajzi jelölése

1. A trigonometriai metszések

A vízszintes alappont-sűrítés bemutatásánál, a 2246-006 és 007 számú szakmai tartalom elem füzetekben alkalmazott fogalomrendszer alapján a trigonometriai magasságmérésnél a választott, vagy lehetséges álláspontok szerint megkülönböztethetünk: trigonometriai előmetszést, trigonometriai hátrametszést, és akár a kettő vegyes alkalmazását trigonometriai "oldalmetszést" is.

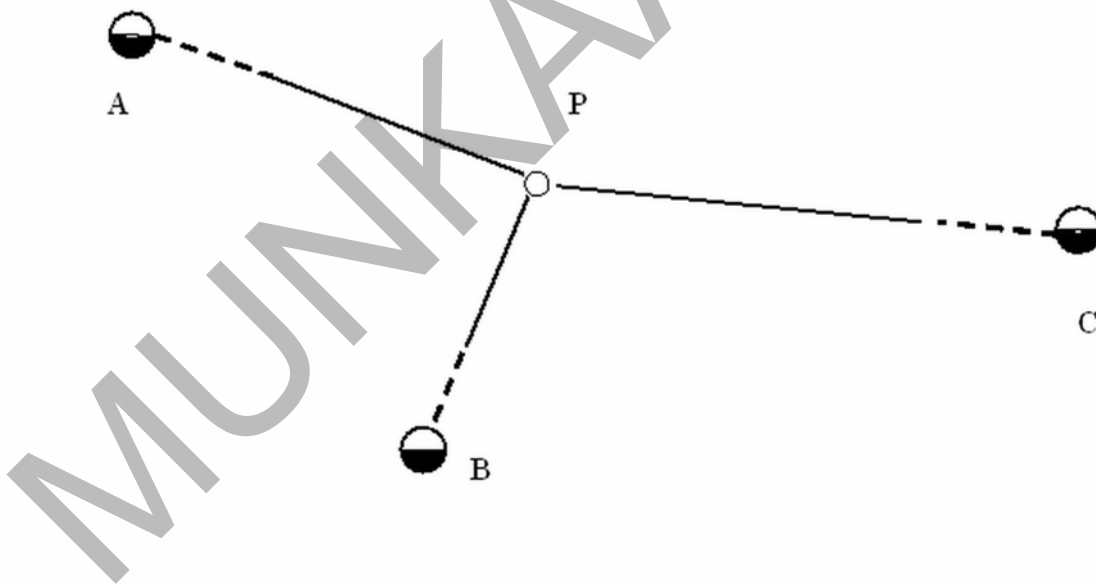
A **trigonometriai előmetszést**, akkor alkalmazzuk, amikor több ismert magasságú ponton felállva "oda" mérésekkel határozzuk meg az új pont magasságát. Az új pont gyakran nem megközelíthető (pl. egy templomtorony, de lehet egy hozzá nem férhető hegycsúcs is). A Föld legmagasabb hegycsúcsát is így határozta meg Everest földmérő, akiről a Mont Everestet nevezték el, (Kínaiul Csomolungma, tibeti nyelven Sagarmatha) a 8848 m magas hegycsúcsot, Kína, Tibet és Nepál határán.



16. ábra. Trigonometriai előmetszés

A trigonometriai előmetszéskor a fenti ábra alapján kiszámítjuk az álláspontokról mért magasságkülönbségek a Δm_{AP} -t, a Δm_{BP} -t és a Δm_{CP} -t, majd ezeket előjelhelyesen hozzávonjuk az álláspontok magasságához, így kapjuk a P pont magasságát. Ezek a magasságok nem fognak megegyezni. Az eltérés a mérés hibái miatt keletkezik. Az új pont magasságaként az előzetes magasságok középértékét fogadjuk el. Egyszerűbb esetben vehetjük az előzetes értékek számtani középértékét. A geodéziai műszaki gyakorlatban általában a súlyozott középértékét számítjuk. Az egyes magasságok súlyát a következő logikai megfontolás alapján vesszük fel, a közelebbi a állásponttól pontosabban tudunk mérni, jobban meg tudjuk határozni az új pont magasságát, mint távolabbról. A súly tehát azt jelenti, hogy a számított előzetes magasságokat nem tekintjük azonos megbízhatóságúnak, ha valamelyik értéknek 2 a súlya az azt jelenti, mintha az értéket kétszer vettük volna be a számításba. Gyakorlatban súlyként a távolság négyzetének reciprokát használjuk.

A **trigonometriai hátrametszést**, akkor alkalmazzuk, amikor csak az ismeretlen magasságú ponton állunk fel műszerünkkel és több ismert magasságú pontra "vissza" mérésekkel határozzuk meg az új pont magasságát. Ez a megoldás azért mert csak egy ponton kell felállnunk.



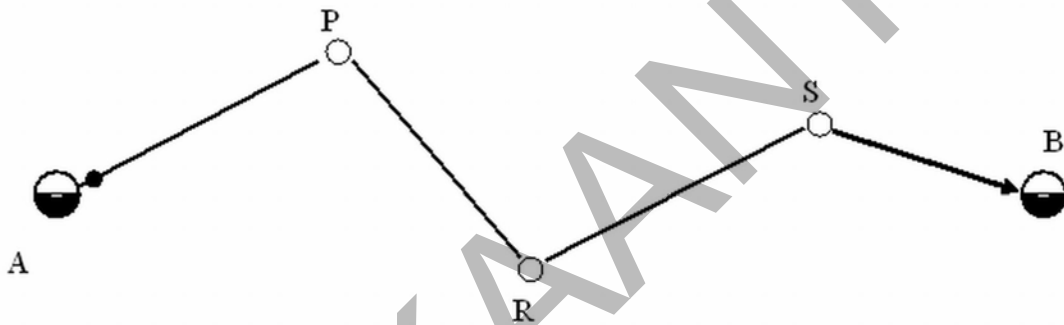
17. ábra. Trigonometriai hátrametszés

Az álláspont magasságát is hasonlóan számoljuk, mint a trigonometriai előmetszésnél. Az állásponttól, az új pontról mért magasságkülönbség vissza irányban megmért magasságkülönbségnek tekinthető, tehát a $\Delta m_{AP} = -\Delta m_{PA}$.

A trigonometriai "oldalmetszés", mint a trigonometriai előmetszés és trigonometriai hátrametszést vegyes alkalmazása ritkábban fordul elő, alkalmazásánál ügyelni kell az "oda" és "vissza" mérések magasságkülönbség előjeleinek helyes alkalmazására.

2. Trigonometriai magassági vonal

A trigonometriai magassági vonal esetében az ismeretlen magasságú pontokat a szintezési vonalhoz hasonlóan kettő ismert magasságú pont közé folyamatos vonalba foglaljuk. Az egymást követő pontok között összelátás szükséges, meg kell mérni a szomszédos pontok közötti magasságkülönbség számításához szükséges mérési elemeket, lehetőség szerint oda-vissza.



18. ábra. Trigonometriai magassági vonal

A trigonometriai magassági vonal alkalmazása során lehetőségünk nyílik önellenőrzésre, és az új pontokra (P, R, S) megfelelően ellenőrzött, megbízható magasságot tudunk számítani. Optimális esetben mérjük és számítjuk valamennyi oldal magasságkülönbségét oda-vissza, az oldal magasságkülönbségének a számtani középértéket tekintjük, úgy, hogy az előjelének az oda mérés előjelét vesszük. Képezzük a számított magasságkülönbségek összegét ($\Delta m_{AP} + \Delta m_{PR} + \Delta m_{RS} + \Delta m_{SB} = \Delta m_{AB}$), ezt hibás magasságkülönbségnek tekintjük valamint a kezdő (A) és záró pont (B) adott magasságának különbségét ($\Delta m_{AB} = M_B - M_A$) ezt hibátlan magasságkülönbségnek nevezzük. A mérés magassági záróhibáját a hibátlan és hibás érték különbsége adja, az adott magasságok különbségéből kivonva a mért magasságkülönbségek összegét (hibátlan mínusz a hibás). A magassági záróhibát az egyes mért magasságkülönbségekre osztjuk rá. A hiba elosztását a távolságok négyzete arányában végezzük. Nagyobb távolságú (nagyobb távolságnégyzetű) magasságkülönbségekre nagyobb javítást adunk. Végül az új pontok magasságát, úgy számítjuk, hogy a kezdőponthoz hozzáadjuk az első mért magasságkülönbséget és az első oldalra eső javítást, majd az első pont most számított magassághoz hozzáadjuk a második kiegyenlített magasságkülönbséget, és ezt így folytatjuk a záró-pontig, ennek meg kell egyeznie a megadott tengerszint feletti magassággal (M_B).

A VÍZSZINTES ALAPPONTOK MAGASSÁG-MEGHATÁROZÁSI MUNKÁINAK SZERVEZÉSE

A földmérési műszaki gyakorlatban a magasságmeghatározási munkák szervezésének legfontosabb munkafázisai megegyeznek egymással függetlenül attól, hogy országos vízszintes alappont, vagy felmérési alappont magasságát kívánjuk meghatározni. Ebben a fejezetben az állami földmérés, az országos vízszintes alappont-hálózat sűrítésének munkafolyamatát leíró, ma is hatályos, A.5. Szabályzatának legfontosabb feladatcsoportjait tekintjük át, kiemelve a vízszintes alappontok magasságmeghatározásával kapcsolatos feladatokat.

1. Irodai előkészítés

Hagyományosan az adatgyűjtést, a koordinátajegyzék, a kitűzési vázlat és a kitűzési jegyzőkönyv előkészítését jelenti. Az adatgyűjtés során a területileg illetékes megyei, illetve körzeti földhivaltól, vagy a Földmérési és Távérzékelési Intézettől be kell szerezni az érintett területre eső vízszintes és magassági alappontok pontleírásainak másolatait. A pontleírás másolatokat összefűzve készítjük el a kitűzési jegyzőkönyvet, az alappontok adatait koordinátajegyzékbe szerkesztve nyerjük a koordinátajegyzéket. A kitűzési vázlat az érintett terület olyan térkép-kivágata, mely tartalmazza az ismert és kigyűjtött vízszintes és magassági alappontokat. Mindhárom munkarész (a koordinátajegyzék, a kitűzési vázlat és a kitűzési jegyzőkönyv) digitálisan is készülhet.

2. Helyszíni előkészítés

Ebben a munkafázisban elvégzendő feladat az adott (ismert) pontok terepi helyszínelése, döntés az esetleg szükséges ideiglenes jelek elhelyezéséről és az ideiglenes jelek megépítése. A legfontosabb részfeladat az adott (ismert) pontok terepi helyszínelése, ennek során fel kell keresni a térkép és pontleírás másolatok alapján az összes ismert vízszintes és magassági alappontot, az alappontok környezetét meg kell tisztítani és meg kell állapítani, hogy a pontjel sérülésmentességét és meg kell vizsgálni más pontokkal való összeláthatóságát is.

3. Az új alappontok helyének megtervezése, kitűzése és állandósítása

Az új vízszintes alappontok helyének irodai tervezése, a terepen történő kitűzése, ideiglenes megjelölése és állandósítása munkalépéseket és az ezekkel kapcsolatos adminisztrációt, az újonnan állandósított alappontok pontleírásainak elkészítését, a kitűzési (mérési, számítási) vázlat kiegészítését csak akkor kell elvégezni, ha a vízszintes alappont-sűrítés keretén belül történik az alappontok magasságának meghatározása. Abban az esetben, amikor már meglévő vízszintes alappontok magasságának meghatározása a feladat, akkor ez a munkafázis teljes egészében elhagyható.

4. Mérések előkészítése

El kell készíteni kitűzési vázlat kiegészítésével, továbbfejlesztésével a **meghatározási tervet** (felmérési alappontok meghatározása esetén a mérési számítási vázlatot). A tervezés során, a megrendelői kívánások alapján, a terepi körülmények és a rendelkezésre álló mérőeszközök, műszerek figyelembevételével alapján meg tervezni a vízszintes alappontok magassági meghatározásának műszaki és gazdaságossági szempontból legoptimálisabb megoldásait. El kell dönteni, mely pontokat használunk álláspontként, ezekről milyen mérési elemeket mérünk meg, milyen műszereket, mérőeszközöket használunk a terepen és hány ember – földmérő, figuráns – szükséges a terepmunkához.

A mérések előtt, még az irodában meg kell vizsgálni a kiválasztott mérőeszközök műszerek állapotát, szükség szerint el kell végezni a javításukat, kiigazításukat. A mérőeszközök **vizsgálatát és igazítását**, a távmérőeszközök komparálását részletesen bemutattuk a 2246-06 modul 004, 005, 006, 007, 008 és 010 sorszámú szakmai tartalomlemez füzetekben, ezért most címszavakban csak felelevenítjük, hogy az egyes mérőeszközöknél, műszereknél milyen vizsgálat elvégzésére van szükség.

- Szintezés esetén meg kell vizsgálni a szintezőműszer vízszintes irányvonalának vízszintességét, a fekvő szál vízszintességét, a kompenzátor horizont ferdeségét, a szintezőléc állapotát, osztáshibáját.
- Trigonometriai magasságmérés esetén, a szögmérőműszer kollimáció hibáját, a fekvőtengely ferdeségét, a magassági indexhiba mértékét kell feltétlenül megvizsgálni. A távmérőnél fontos hibaforrás lehet a mérőfelszerelés – távmérő és reflektor – összeadó-állandója és a távmérő szorzóállandója.

A mérések előkészítésének utolsó fázisaként a mérési eredmények rögzítésének módját kell biztosítani. Elektronikus terepi adatrögzítés esetén meg kell vizsgálni az adatrögzítő műszaki állapotáról, gondoskodni kell tartalék tápforrásokról, töltőegységekről, a meglévő, gyűjtött alapadatok szükséges mennyiségét fel kell tölteni. Hagyományos jegyzőkönyvi adatrögzítés esetén a feladatnak megfelelő mérési jegyzőkönyveket a szükséges számban biztosítani kell, nagy mennyiségű mérés esetén célszerű a jegyzőkönyvi lapokat tízesével fűzötté, összefűzni.

5. A terepi mérés végrehajtása

A **szintezéssel** történő vízszintes alappontok magasságának meghatározásakor nem kell szigorúan betartani a vonalszintezés magassági alappont-sűrítésre vonatkozó szabályait, hiszen esetünkben csak cm pontosságú magasságmérés a feladat.

- A szintezés során a mérési számítási vázlat (meghatározási terv) alapján kell az adott vízszintes alappontok magasságát megmérni és a mérési adatokat a terepen egyértelműen rögzíteni, a szükséges és lehetséges önellenőrzéseket elvégezni.
- A szintezőműszer felállítása után a szelencés libellát középre hozzuk, a kompenzátor működését ellenőrizzük.
- A leolvasás alatt a szintezőlécet függőlegesen kell tartani és három szálon végezzük el a leolvasást.
- Törekedjünk arra, hogy a műszer-léc távolságok egy állásponton belül közel azonosak legyenek.
- Használjunk kötőpontok esetén szintezősarut.

A **trigonometria magasságméréssel** történő vízszintes alappont magasság meghatározásakor a szög- és távmérőműszerek terepi használatára vonatkozó szabályok, a pontra-állás, irányzás, két távcsőállásban való mérés, meteorológiai adatok mérése, megegyeznek a vízszintes alappont-sűrítés bemutatásánál megismertekkel. Külön kiemeljük:

- a műszermagasságot, a földmérési kő, szeg felső lapjától a szögmérő műszer fekvőtengelyéig cm pontosan meg kell mérni,
- a jelmagasságot, földmérési kő, szeg felső lapjától a jel irányzott pontjáig, a prizma közepéig, szintén cm pontosan kell megmérni,
- a magassági megírányzást a magassági paránycsavar használatával kell befejezni,
- zenitszög leolvasását kettő távcsőállásban kell végrehajtani,
- a magassági szögmérést a refrakció hatásának csökkentése érdekében nyáron erős napsütés esetén a déli órákban nem szabad elvégezni,
- a trigonometriai mérési oldalakat, amennyiben lehetséges oda-vissza kell megmérni.

A terepmunka során minden esetben be kell tartani és be kell tartatni a baleset megelőzési és munkavédelmi szabályokat. A méréseket úgy kell elvégezni, hogy a természeti és épített környezetet megóvjuk, a tulajdoni viszonyokat messzemenően figyelembe vesszük. A terepi munkát úgy fejezzük be, hogy a mérési számítási vázlatban (meghatározási tervben) tervezett összes mérés mérési elemét gondosan megmértük, a terepi önellenőrzéseket elvégeztük és minden mérési adatot egyértelműen rögzítettünk.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

Ön a komplex feladatát, egy értékelést, és egy munkafolyamat tervezést akkor tudja jól elvégezni, ha a bemutatott szakmai információtartalmat kellő mélységben áttanulmányozta és képes eddig szerzett földmérési szakmai és általános tudását együttesen alkotó módon alkalmazni. A geodézia műszaki gyakorlati tevékenység, melynek általános szabályai az ókori egyiptomi Nílus áradást követő földosztás kimérésektől több mint 2000 év alatt kifejlődött, állami utasításokkal, szabályzatokkal és munkahelyi előírásokkal világszerte gondosan szabályozott. A földmérő munkát jellemzően munkacsoportban, megfelelő önellenőrzés, belső ellenőrzés és megrendelői átvételi ellenőrzés mellett végezzük. Ezért a feladat végrehajtás minél jobb szintű végrehajtásának érdekében javasoljuk, hogy szükséges tudáselemek elmélyítésére a következőképpen járjon el.

1. A felszerelés és a magasságmérési módszer kiválasztása

- Munkahelyén, vagy a képzőhelyen *kérjen szintező felszerelést*. A szintező felszerelésnek egy szintezőműszerből – elsőként hagyományos automata műszert válasszon – műszerállványból, szintezőlécből és szintezősarúból áll. Vizsgálja meg a szintezőműszer elhelyezését a műszerdobozban, azonosítsa a doboz tartalmát! Vizsgálja meg a műszerlábát és a szintezőlécet tárolási, szállítási állapotában, majd hozza őket mérési állapotba! Állítsa fel a szintezőműszert, azonosítsa a tanult műszerelemeket, vizsgálja meg a geodéziai távcső működését, végezzen irányzást. Olvasson le a szintezőlécen! Próbálja ki a szintezősarú használatát!
- Második lépésként *kérjen egy teodolitot* hozzátartozó műszerlábbal. Vizsgálja meg a teodolit elhelyezését a műszerdobozban, azonosítsa a doboz további tartalmát! Vizsgálja meg a műszerlábát tárolási, szállítási állapotában, majd hozza mérési állapotba! Állítsa fel a teodolitot, azonosítsa a tanult műszerelemeket, vizsgálja meg a geodéziai távcső működését, végezzen vízszintes és magassági irányzást! Olvasson le a vízszintes és magassági körön!
- Harmadik lépésként *kérjen egy mérőállomást vagy fizikai távmérőt* műszerlábbal, reflektorral (prizmával) hozzátartozó prizmobottal, vagy műszerlábbal. Vizsgálja meg a műszer elhelyezését a műszerdobozban, azonosítsa a doboz további tartalmát! Vizsgálja meg a műszerlábát, prizmobotot tárolási, szállítási állapotában, majd hozza őket mérési állapotba! Állítsa fel a mérőállomást vagy fizikai távmérőt, azonosítsa a tanult műszerelemeket, vizsgálja meg a műszer működését, végezze el a prizma beirányzást! Mérjen ferde és vízszintes távolságot!

A fenti három részfeladatot munkacsoportban, de legalább tanuló társával párban végezze, szaktanári (tapasztaltabb munkatársi) támogatással, felügyelettel. Ezután, a konkrét terepi viszonyok és munkafeladat (magasságilag meghatározandó pontok száma, távolságuk az ismert pontoktól, terepi magasságok) alapján már dönthet, hogy melyik műszer-együttest és ezzel mérési módszert választaná.

2. A terepi munka szervezésének megtervezése

Szerezzen be bármelyik közép- vagy felsőfokú földmérő, térinformatikai szakképzéssel foglalkozó intézménytől, esetleg munkahelyi felettesétől egy vízszintes alappontok magassági meghatározását leíró műszaki tervet, munkanaplót (szakdolgozatokban is megtalálja ezeket a munkarészeket). Tanulmányozza a dokumentumokat, vesse össze a SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM, "A vízszintes alappontok magasság-meghatározási munkáinak szervezése" fejezetében leírtakkal! Készítsen tervet a terepi munka folyamatáról, a választott magasságmérési módszer figyelembevételével!

MUNKANYELVI

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat: A szintezőműszer és tartozékai

1, Rajzolja le a szintezőműszer szerkezetét, a két fő rész szerinti bontásban és írja az ábra mellé a szerkezeti elemek elnevezéseit! (8 pont)

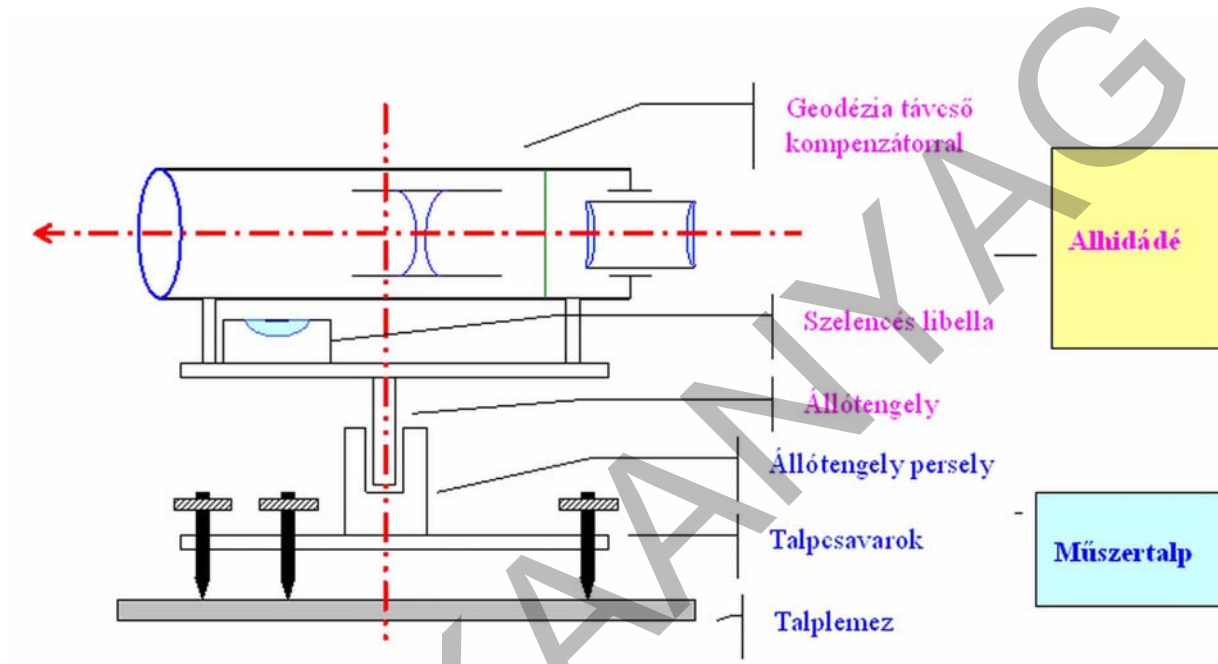
2, Rajzolja le szintezőműszerek szátkeresztjét, nevezze meg a szátlakat! (3 pont)

3, Sorolja fel a kompenzátoros szintezőműszer lehetséges hibáit! (4 pont)

MEGOLDÁSOK

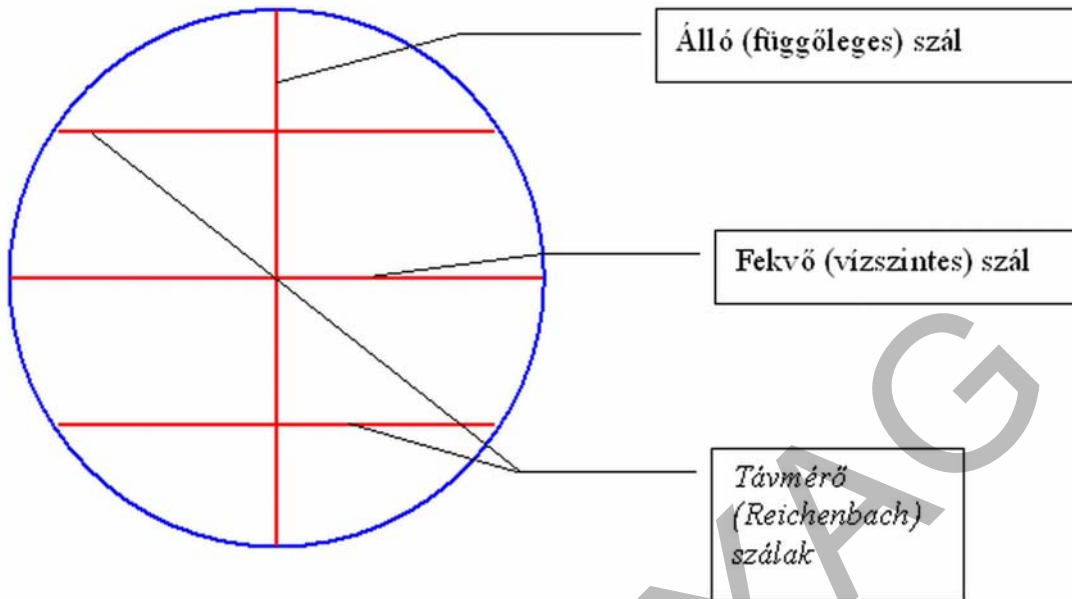
1. feladat: A szintezőműszer és tartozékai

1, Rajzolja le a szintezőműszer szerkezetét, a két fő rész szerinti bontásban és írja az ábra mellé a szerkezeti elemek elnevezéseit! (8 pont)



19. ábra

2, Rajzolja le szintezőműszerek szálkeresztjét, nevezze meg a szálakat! (3 pont)



20. ábra

3, Sorolja fel a kompenzátoros szintezőműszer lehetséges hibáit! (4 pont)

- az irányvonal vízszinteségének hibája
- a fekvő irányszál vízszinteségének hibája
- a kompenzátor horizontferdeségének hibája
- a szelencés libella igazítatlanságának hibája

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

Dr. Csepregi Szabolcs: Földméréstan I. Agrárszakoktatási Intézet, Budapest, 2000.

Dr. Csepregi Szabolcs: Földméréstan II. FVM Képzési és Szaktanácsadási Intézet, Budapest, 2006.

Dr. Busics György: Földméréstan III. Agrárszakoktatási Intézet, Budapest, 1999.

A.5. Szabályzat az országos vízszintes alapponthálózat sűrítésére, FÖMI, Budapest, 1980

AJÁNLOTT IRODALOM

Dr. Vincze László: Földméréstan IV. FVM Képzési és Szaktanácsadási Intézet, Budapest, 2005.

A(z) 2246–06 modul 009–es szakmai tankönyvi tartalomeleme felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

| | |
|---|---------------------------------------|
| A szakképesítés OKJ azonosító száma: | A szakképesítés megnevezése |
| 54 581 01 0010 54 01 | Földmérő és térinformatikai technikus |

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:
14 óra

MUNKANYAG

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv
TÁMOP 2.2.1 08/1-2008-0002 „A képzés minőségének és tartalmának
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet
1085 Budapest, Baross u. 52.
Telefon: (1) 210-1065, Fax: (1) 210-1063

Felelős kiadó:
Nagy László főigazgató