

Geodéziai hálózatok 6.

A szintezési hálózatok és a magassági alappontsűrítés

Dr. Busics, György

Geodéziai hálózatok 6.: A szintezési hálózatok és a magassági alappontsűrítés

Dr. Busics, György

Lektor: Dr. Németh, Gyula

Ez a modul a TÁMOP - 4.1.2-08/1/A-2009-0027 „Tananyagfejlesztéssel a GEO-ért” projekt keretében készült. A projektet az Európai Unió és a Magyar Állam 44 706 488 Ft összegben támogatta.

v 1.0

Publication date 2010

Szerzői jog © 2010 Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar

Kivonat

Ez a modul a magyar szintezési hálózatokat mutatja be, valamint segít eligazodni a magasságméréssel és magassági hálózatokkal kapcsolatos fogalmak között. Részletesen ismerteti az EOMA kialakulását, hierarchiáját, állandósítási módjait és pontszámozását. Röviden leírja a negyedrendű vonalszintezés technológiájával végzett magassági alappontsűrítés munkafolyamatát.

Jelen szellemi terméket a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. törvény védi. Egészének vagy részeinek másolása, felhasználás kizárólag a szerző írásos engedélyével lehetséges.

Tartalom

6. A szintezési hálózatok és a magassági alappontsűrités	1
1. 6.1 Bevezetés	1
2. 6.2 Az egydimenziós (1D) pontmeghatározás alapfogalmai	1
2.1. 6.2.1 A magasság értelmezése és mérése	1
2.2. 6.2.2 Különböző magasságfogalmak	2
2.3. 6.2.3 A szintezési hálózatokkal kapcsolatos fogalmak	3
3. 6.3 Történeti áttekintés a magyarországi szintezési hálózatokról	5
3.1. 6.3.1 Az I. országos (katonai) szintezési hálózat	5
3.2. 6.3.2 A II. országos (Gárdonyi-féle) szintezési hálózat	6
3.3. 6.3.3 A III. országos (Bendefy-féle) szintezési hálózat	7
3.4. 6.3.4 A IV. országos szintezési hálózat, az EOMA	8
4. 6.4 A magassági alappontok állandósításának áttekintése	13
5. 6.5 Magassági alappontsűrités negyedrendű vonalszintezéssel	15
5.1. 6.5.1 A negyedrendű vonalszintezés munkaszakaszai	15
5.2. 6.5.2 A magasságszámítás lehetőségei	16
5.3. 6.5.3 A negyedrendű vonalszintezés munkarészei	17
6. 6.6 Magassági részletmérés ötödrendű vonalszintezéssel	17
6.1. 6.6.1 Az ötödrendű vonalszintezés munkaszakaszai	17
6.2. 6.6.2 Az ötödrendű vonalszintezés munkarészei	18
7. 6.7 A magassági alappontok számozási rendszere	18
8. 6.8 Összefoglalás	21

A táblázatok listája

6-1. A négy országos szintezés összefoglaló adatai.	11
6-2. A negyedrendű és ötödrendű szintezés összehasonlítása.	17
6-3. A magassági alappontok számozásának áttekintése a Bendefy-hálózatban.	19
6-4. A magassági alappontok számozásának áttekintése az EOMA-ban.	19

6. fejezet - A szintezési hálózatok és a magassági alappontsűrítés

1. 6.1 Bevezetés

Ez a modul a magyar szintezési hálózatokat mutatja be, valamint segít eligazodni a magasságméréssel és magassági hálózatokkal kapcsolatos fogalmak között. Részletesen ismerteti az EOMA kialakulását, hierarchiáját, állandósítási módjait és pontszámozását. Röviden leírja a negyedrendű vonalszintezés technológiájával végzett magassági alappontsűrítés munkafolyamatát.

Ebből a modulból az Olvasó megismerheti:

- a magasságfogalmakat és a szintezési hálózatokkal kapcsolatos fogalmakat,
- a magyar szintezési hálózatok történetét,
- az EOMA kialakulását, felépítését,
- a magassági alappontsűrítés hagyományos technológiáját.

A modul (fejezet) elsajátítása után képes lesz:

- eligazodni a különböző magasságfogalmak között,
- különbséget tenni szintezési vonal és szintezési szakasz között,
- különbséget tenni negyedrendű és ötödrendű vonalszintezés között,
- megérteni az EOMA szerepét,
- megtervezni egy magassági alappontsűrítést,
- következtetni a magassági alappont számából annak rendűségére.

2. 6.2 Az egydimenziós (1D) pontmeghatározás alapfogalmai

2.1. 6.2.1 A magasság értelmezése és mérése

Egy geodéziai pont magasságának meghatározása látszatra egyszerűbb feladatnak tűnik, mint a vízszintes helyzet meghatározása, valójában bonyolultabb esettel állunk szemben. A magassági meghatározáshoz is definiálni kell egy alapfelületet. A magasságmeghatározás alapfelülete a geoid, amely fizikai fogalom, és bonyolultabb, szabálytalan felületet jelent a vízszintes mérések alapfelületéhez, az ellipszoidhoz képest.

Geoid alatt egy olyan szintfelületet értünk, amely egy kiválasztott közepes tengerszinten megy át. A **szintfelületet** a Föld nehézségi erőtere határozza meg; ez olyan felületet jelent, amelyre a nehézségi erő iránya mindenütt merőleges. A szintfelület minden egyes pontjában a nehézségi erőter energiaértéke (vagy potenciálértéke) azonos, ezért ekvipotenciális felületnek is nevezik. A nehézségi erő a Föld gravitációs erejének és a tengely körüli forgás miatt fellépő centrifugális erőnek az eredője, ennek iránya jelöli ki a helyi függőlegest. A nehézségi erőt a g nehézségi gyorsulás jellemzi, amely az Egyenlítőn a legkisebb ($g=9,78 \text{ m/s}^2$), és a pólusokon a legnagyobb ($g=9,83 \text{ m/s}^2$). A nehézségi erő értékét (így a geoid alakját) befolyásolja a földrajzi hely (függ a földrajzi szélességtől), a Föld egyenetlen tömegeloszlása és a domborzat. Két különböző szintfelület potenciálértékének különbsége bármely pontban azonos, de a két szintfelület távolsága változó. Ezért mondjuk, hogy a szintfelületek nem egyenközűek.

A szintfelületek száma végtelen, ezek közül egy kiválasztott ponton átmenőt nevezünk **geoidnak**. A Föld egyenetlen, szabálytalan tömegeloszlása miatt a geoid is egy szabálytalan felület. A kiválasztott pont rendszerint

egy tenger közepes vízszintjét (a **középtengerszintet**) jelöli. A kiválasztott szintfelülettől a pont függővonalán mért távolságokat tengerszint feletti magasságnak is mondjuk. A kiválasztott középtengerszint neve alapszint, vagy alapszintfelület. A középtengerszintet figyelő, értékelő készülék a *mareográf*. A geodéziában magasság alatt a szintfelületek közötti távolságot értjük.

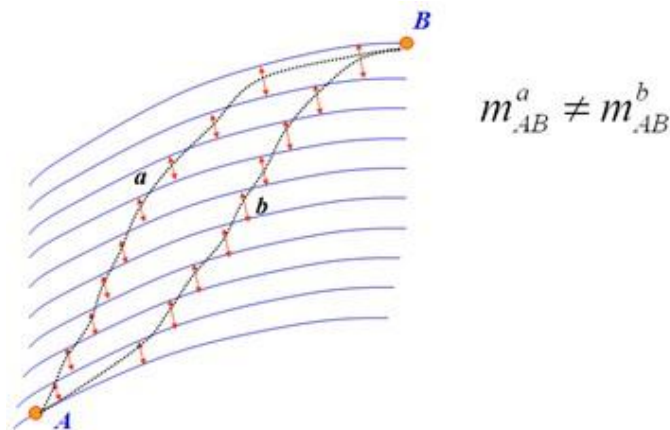


6-1. ábra. Szabatos (felsőrendű) szintezés közút mellett

A magasságmérés ősi, de máig egyik legpontosabb módszere a **geometriai szintezés**, amelynek elveivel már megismerkedtünk. A szintezés során a szintezőműszerrel egy szintfelület érintősíkját állítjuk elő és megmérjük a kötőpontokon elhelyezett szintezőlécek talppontjának távolságát ettől az érintősíktól. Mivel a műszer és a kötőpontok távolsága korlátozott (néhányszor 10 méter), az alappontok magasságkülönbsége csak több műszerállással, a mért magasságkülönbségek összegzésével állítható elő. Felhívjuk a figyelmet arra, hogy a magassági alaphálózatok szintezését a szabatos szintezés módszerével végzik, amelynek részletes szabályaival majd a Mérnökgeodézia és a Felsőgeodézia tantárgyban ismerkedünk meg. Itt csak annyit jegyzünk meg, hogy az elsőrendű szintezést eltérő időpontban más-más személynek kell oda-vissza irányban végeznie, szabatos szintezőműszert és invárbetétes lécpárt alkalmazva, stabil (vascövek) kötőpontokkal, legfeljebb 35 méteres műszer-léc távolsággal.

2.2. 6.2.2 Különböző magasságfogalmak

Képzeld el, hogy az Egyenlítő egy pontjától az Északi sarkig végzünk szintezést két útvonalon. Az *a* jelű útvonalon egy meridián mentén haladunk sok-sok műszerállással, a *b* jelű útvonal pedig olyan, hogy az előzőhöz képest sokkal több műszerállásunk van az Egyenlítő térségében. Tegyük fel, hogy semmilyen mérési hiba nem terheli mérésünket. Ha összegeznénk a két útvonal mentén, a tökéletesnek tekintett szintezésből kapott magasságkülönbségeket, nem ugyanazt az értéket kapnánk az *a* és a *b* esetben. Ennek oka, hogy mi az egyes műszerállásokban a szintfelületek közötti magasságkülönbséget mérjük, viszont a szintfelületek – ahogy az előzőekben említettük – nem egyenközüek. Ha több műszerállás van az Egyenlítő mentén a *b* útvonalon, akkor ott a mért magasságkülönbség nagyobb lesz. A szintezéssel kapott magasságkülönbség (és magasság) tehát önmagában nem alkalmas a magasság jellemzésére, mert az útvonaltól függ az értéke. Ezért alakultak ki különböző magasságfogalmak.



6-2. ábra. A szintezés eredménye függ az útvonaltól

Egy P pont **geopotenciális értéke** (K_P) a P ponton átmenő szintfelület és egy alapszintfelület (a nulla potenciálértékű geoid) potenciálkülönbsége. A gyakorlati értéke úgy határozható meg, ha az alapszinttől a P pontig minden egyes (i -dik) szintezési szakasz esetén nemcsak az m_i magasságkülönbséget mérjük meg, hanem a nehézségi gyorsulás g_i értékét is. Ezután az n számú szintezési szakaszra a magasságkülönbségek és a nehézségi gyorsulás-értékek szorzatát összegezzük. A szorzat (a geopotenciális érték) mértékegysége kilograméter, ami nem hosszúság-jellegű, hanem munka-jellegű mennyiség.

$$K_P = \sum_1^n g_i \cdot m_i$$

6.1. egyenlet

Egy P pont **ortométeres magassága** (H_P) alatt a P ponton átmenő szintfelület és a geoid távolságát értjük a P pont függővonalán mérve. A gyakorlatban a P pont geopotenciális értékét elosztják a P pontra jellemző (a függővonal menti) nehézségi gyorsulás átlagértékével.

$$H_P = \frac{K_P}{g_P}$$

6.2. egyenlet

Egy P pont **dinamikai magasságát** (H_P^{din})

$$H_P^{din}$$

) úgy számítják ki, hogy bármely P pont geopotenciális értékét ugyanazzal a számértékkel osztják el, nevezetesen a $\phi=45^\circ$ földrajzi szélességre jellemző nehézségi gyorsulás átlagértékével, amelyet jelöljünk g_{45} -tel.

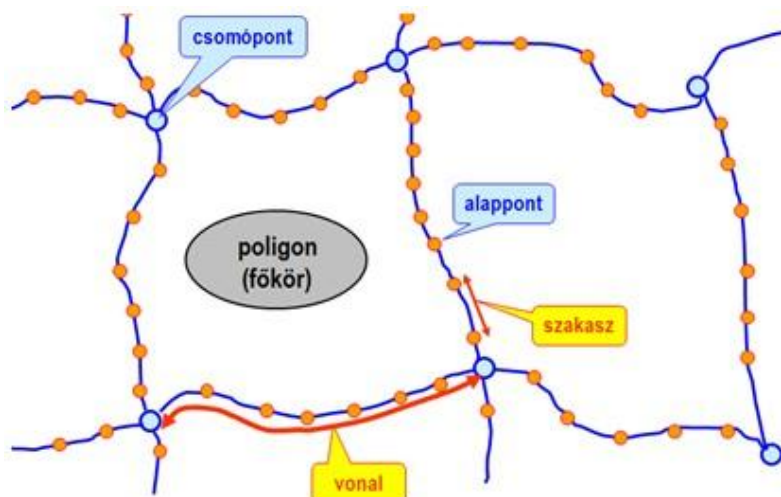
$$H_P^{din} = \frac{K_P}{g_{45}}$$

6.3. egyenlet

Az ortométeres magasság kiküszöbölte a geopotenciális érték azon hátrányát, hogy nem hosszúság-jellegű. Azonban az ortométeres magasságnak is van hátránya: az azonos ortométeres magassággal bíró pontok nincsenek egy szintfelületen (hanem a geoiddal párhuzamos felületen). Az azonos dinamikai magassággal bíró pontok egy szintfelületen vannak, de a magassági mérőszám a szintezésből nyert értéktől jelentősen eltér.

2.3. 6.2.3 A szintezési hálózatokkal kapcsolatos fogalmak

A folyószabályozási, árvízvédelmi, vízépítési, vasútépítési és más tervezési munkák megkívánták, hogy nagyobb területre, egész országokra kiterjedő egységes magassági alapszintet és magassági hálózatot hozzanak létre. Ilyen magassági alapponthálózatok a szintezés módszerével a XIX. században minden fejlett országban kiépültek.



6-3. ábra. Szintezési fogalmak szemléltetése az elsőrendű hálózatban

Egy országos szintezési hálózat kiépítésekor a gondos tervezést követően telepítik (állandósítják) a magassági alappontokat (szintezési tárcsákat, falicsapokat, gombokat). A magassági alappontokat többnyire utak vagy más vonalas létesítmények mentén állandósítják, tekintettel arra, hogy gyalogosan könnyen lehessen közlekedni a szintezés közben, és ne legyen nagy a magasságkülönbség két kötőpont között. Az állandósított magassági alappontok egymástól való távolsága sem lehet 1-1,2 km-nél nagyobb, ugyanis szabatos szintezésnél nem lehet 26-nál több műszerállás és a rendelkezésre álló légrézégmentes időtartam is korlátozott. Két szomszédos szintezési alappont közötti útvonalat **szintezési szakasznak** nevezzük. A szintezési szakasz végpontjai (a szomszédos magassági alappontok) a szakaszvégpontok, jelölésük: *SZVP*. Az egymás utáni szintezési szakaszok (egy pontból kiindulva és ugyanoda visszajutva) egymásba záródó köröket, ún. **poligonokat** vagy más szóval **szintezési főköröket** alkotnak. A szomszédos szintezési főkörök (poligonok) közös csatlakozási pontjai a **csomópontok**. Az országhatár mentén lehetnek nem záródó poligonok, ezeket **félpoligonoknak** nevezzük. Egy-egy ország területén az elsődlegesen létrehozott szintezési poligonok (főkörök) és félpoligonok alkotják az elsőrendű szintezési hálózatot. Az elsőrendű szintezési hálózatban a csomópontok közötti útvonalat **elsőrendű szintezési vonalnak** nevezzük. Ha egy csomópontból (például az országhatár miatt) nem lehet egy másik csomópontba eljutni, csak egy alappontba, akkor a „szabad szintezési vonalat” **szárnyvonalnak** nevezzük. Azt is mondhatjuk, hogy az elsőrendű hálózat elsőrendű szintezési vonalakkól és/vagy poligonokból (félpoligonokból) épül fel.

Mivel a szintezési hálózatot sok évtizedig kívánjuk használni, szükség van olyan alappontokra, amelyek bizonyosan fennmaradnak hosszú időn keresztül és „őrzik a magasságot”. A különleges módon állandósított magassági alappontokat, amelyeket mozgásmentes helyen, biztonságos védelemmel ellátva telepítenek, **magassági főalappontoknak** nevezzük.

Magyarországon az elsőrendű poligonok átlagos kerülete meghaladta a 300 km-t, egy elsőrendű szintezési vonal átlagos hossza pedig a 100 km-t, tehát nagy területet ölel át egy elsőrendű poligon. Ilyen ritka hálózat gyakorlati célra nem alkalmas, mert csak hosszú vonallal lehetne a meglévő pontokhoz csatlakozni, így a hálózatot tovább kell sűríteni. Erre nálunk három ütemben került sor: az elsőrendű hálózatot egy másodrendű hálózat, majd egy harmadrendű hálózat kiépítése követte. Az első-, másod- és harmadrendű szintezési hálózat alkotja Magyarországon a **felsőrendű hálózatot**, ami egyben az országos magassági alapponthálózat is. Az országos magassági hálózat kiépítésének célja az volt, hogy átlagosan 4 km²-ként legyen magassági alappont az országban, gyakorlatilag minden egyes településre jusson legalább egy magassági alappont. Az elsőrendű poligonokon belül, az elsőrendű pontokból kiinduló másodrendű vonalak általában 2-6 csomópontban találkoznak. A másodrendű poligonokon belül harmadrendű vonalak alkotják a harmadrendű hálózatot illetve a harmadrendű poligonokat.

Az országos hálózat létrehozására általában a szabatos szintezés módszerét alkalmazzák (a kivételes és egyedi módszerről, a GPS-es magasságmeghatározásról az 5.2. fejezetben lesz szó). Minden műszerállásban a kötőpontok magasságkülönbségét kétszer méri, a két érték között nem lehet 0,24 mm-nél nagyobb eltérés. Minden szakaszt oda-vissza irányban mérnek. Az oda-vissza úton mért szakasz-magasságkülönbségek eltérése az ún. észlelési differencia, amelyre rendüségétől függő hibahatár vonatkozik.

Egy-egy szintezési vonal megmérése után kiszámítják a szintezés kilométeres középhibáját (*m*) a következő képlettel:

$$m = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{n} \sum \frac{d^2}{t}}$$

6.4. egyenlet

ahol:

n a vonal szintezési szakaszainak száma,

d a szakasz észlelési differenciája mm-ben,

t a szintezési szakasz hossza km-ben (minimális értéke 0,25).

Az országos hálózat méréséhez csak olyan szintezőműszer használható, amelynek kilométeres középhibája nem haladja meg a 0,30 mm-es értéket.

Amennyiben az országos magassági hálózat sűrűsége nem elegendő, akkor magassági alappontsűrítéssel negyedrendű magassági alappontokat hozhatunk létre ott, ahol erre igény mutatkozik.

3. 6.3 Történeti áttekintés a magyarországi szintezési hálózatokról

Magyarországon – a sajátos történelmi helyzet és természetesen a technikai fejlődés következtében – eddig négy országos szintezési hálózat volt.

Az első hálózat 1873-tól kezdődően, az Osztrák-Magyar Monarchia területén létesült. A két világháború közötti második hálózat – bár elkészült a mérése –, de a kiegyenlítésére és használatba vételére már nem kerülhetett sor. A II. világháborút követően 1948 és 1964 között került sor a harmadik hálózat kiépítésére. Az 1970-es évektől megindult a kéregmozgási vizsgálatokra is alkalmas Egységes Országos Magassági Alapponthálózat (EOMA) kialakítása, amely 2006-ban fejeződött be. A hagyományos szabatos szintezési technológia szigorú szabályozásával, értő alkalmazásával és megújításával a magyar szakemberek jó eredményeket értek el az országos magassági hálózatok kiépítésében.

3.1. 6.3.1 Az I. országos (katonai) szintezési hálózat

Szintezéseket végeztek a XVII-XVIII. században is, de ezek helyi jellegű, önálló, nem tengerszinthez kapcsolt magasságmérések voltak. Az első országos jellegű szintezési hálózat kiépítésére 1872-től került sor az akkori Osztrák-Magyar Monarchia tagállamaiban, a bécsi Katonai Földrajzi Intézet szervezésében. A munkát katonatisztek irányították és végezték, nevezik ezért „katonai szintezésnek” is. **Hét főalappontot** építettek ki hegysek felszíni sziklafelületét lecsiszolva és obeliszkkal védve.



6-4. ábra. Az I. szintezési hálózat elsőrendű vonalai

Egy ilyen főalappontot állandósítottak 1873-ban a Velencei-hegységben lévő **Nadap** községben, amelynek magasságát 1888-ban vezették le az Adriai-tenger középvízszintjéhez képest. Azóta ez a ma is létező pont, illetve ennek abszolút magassága Magyarország összes szintezési hálózatának számítási kiindulópontja. (Annak ellenére van ez így, hogy az Adriai középtengerszint meghatározása 1875-ben csak 9 hónapos mareográf-megfigyelésen alapult és azt már a következő években is 9 cm-rel eltérőnek találták, továbbá a hálózati méréseket is komoly hibák terhelték.). A nadapi főalappontot **szintezési ősjegynek** vagy őspontnak is nevezik.



6-5. ábra. A nadapi szintezési ősjegy obeliszkje

A pontok állandósítása a vonalak mentén 3-4 kilométerenként épületekben elhelyezett ún. **furatos falitáblákkal** történt, amelyhez függő léccel lehetett csatlakozni. Az átlagosan 2 km hosszú szakaszok más végpontjait csak festéssel, illetve véséssel jelölték meg megfelelő építmények, műtárgyak (hidak) vízszintes felületén.

A mérés egy-egy műszerállásban meglehetősen hosszadalmas volt, akár 20-25 percre is eltartott. A leolvasás ugyanis 3 irányszálon történt a léccel egyik, majd másik oldalán, de a leolvasások előtt és után a szintezőlibellát is le kellett olvasni és a távcsövet a két leolvasás között a műszertalpból kiemelve át kellett forgatni. Csak egyetlen, fenyőfából készült léccel használtak, így azt a hátra-leolvasást követően át kellett vinni az előző kötőpontra. A szintezés viszonylagos pontatlansága a következő tényezőknek volt tulajdonítható:

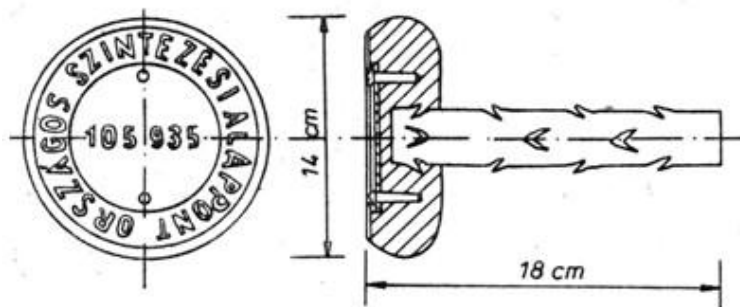
- Az alkalmazott műszer szerkezete kezdetleges volt.
- A fából készült lécek változtatták méretüket, és nem voltak megfelelő alkalommal komparálva.
- A szakaszvégpontok egy részének állandósítása nem volt megfelelő.
- Hosszú idő, néha több év is eltelt az oda-vissza szintezések között, a pontok közben elmozdultak.



6-6. ábra. Furatos falitábla és mérése függő léccel

3.2. 6.3.2 A II. országos (Gárdonyi-féle) szintezési hálózat

Az első világháborút követően új államok jöttek létre a térségben, a monarchia felbomlásával a közös mérésügyi szervezet is megszűnt, az eredeti jegyzőkönyvek és adatok Bécsben maradtak. Az új határok közötti ország új szintezési hálózatának kiépítése 1921-ben kezdődött. A méréshez a Műegyetem tanárának, *Oltay Károlynak* a tervei szerint új, szabatos szintezőt készítettek a Süss gyárban, amelyen 3 szálon kellett leolvasni. A 3 méteres, fél cm-es sávú osztású lécek fából készültek, mindkét oldalukon (egyik oldalon piros, másikon fekete színű) osztásokkal, de a léceket naponta kétszer komparálták. A műszer-léccel távolságot 50 méterben, a szintezési szakasz hosszát 1200 méterben maximálták. A hálózat kiépítése *Gárdonyi Jenő* nevéhez fűződik.



6-7. ábra. Szintezési tárcsa a magasság feltüntetésével

Az épületekben elhelyezett pontokat öntöttvasból készült falicsappal, illetve falitárcsával állandósították. Ez utóbbinál a pont tengerszint feletti magasságát is elhelyezték egy öntöttvas körlapon a tárcsára erősítve, amit természetesen csak a számítást követően lehetett megtenni. Vízszintes felületeken (hidakban) bronzból, majd öntöttvasból készült gombokat helyeztek el. Alkalmos építmény hiányában szintezési követ (kőben gombot, illetve csapot) alkalmaztak.



6-8. ábra. A II. szintezési hálózat poligonjainak záróhibái (mm) és kerülete (km)

Az elsőrendű szintezési poligonok száma 36, átlagos kerületük 260 km volt. Az elsőrendű poligonokon belül másodrendű vonalakat vezettek. A poligonzáró hibák és a középhibák azt mutatják, hogy ez a hálózat a kor színvonalát méltón képviselte, pontossága hasonló volt más európai országokénak. Sajnos, mire a hálózat teljesen kiépült, kitört a II. világháború, amelynek során a hálózat jelentős része, mintegy 60 %-a, elpusztult. A hálózat teljes kiegyenlítésére is csak a háborút követően, 1949-ben került sor, de a számítás eredményei – a pontpusztulás miatt – gyakorlati célokra csak kis mértékben szolgálhattak.

3.3. 6.3.3 A III. országos (Bendefy-féle) szintezési hálózat

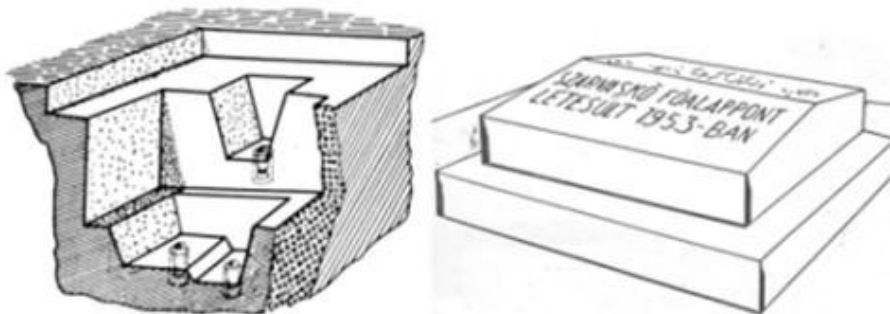
A háborús újjáépítést és a műszaki gyakorlatot szolgáló következő, immár III. hálózat 1948 és 1964 között épült ki. Célja az volt, hogy minden lakott településen legyen legalább egy szintezési alappont; – ez meg is valósult, közel 23500 pont létesült, ami 1 pont/4 km² átlagos pontsűrűséget jelent.



6-9. ábra. Az III. szintezési hálózat első- és másodrendű vonalai

A hierarchikus felépítés szerint az országos felsőrendű hálózat első-, másod- és harmadrendű vonalakból illetve pontokból épült fel. Az elsőrendű hálózat 1948 és 1956 között készült el, és 33 poligonból állt. A másodrendű vonalakat 1950-1958 között, a harmadrendűeket 1950 és 1964 között mérték. A hálózat kiépítése, a munkálatok irányítása *Bendefy László* (1904-1977) nevéhez fűződik, nevezik ezért Bendefy-hálózatnak is.

8 darab ún. **sziklás főalappont**-ot létesítettek, hegységek sziklakibúvásaira telepítve; ezek földalatti üregben elhelyezett 3-3 gombot jelentenek, két fedlappal védve. Az előző hálózat meglévő pontjait természetesen felhasználták és más, helyi önálló magassági hálózatok pontjait is bevonták a mérésbe. Az alappontok állandósítása alapvetően nem változott: csap, gomb, illetve kőben gomb maradt. Kialakítottak ún. **vállas szintezési kő**-típust, amelynél a föld felett és a föld alatt is helyeztek el gombot. Használtak olyan előregyártott kőfejeket, amelyeket helyszínen betonozott cölöpre helyeztek.



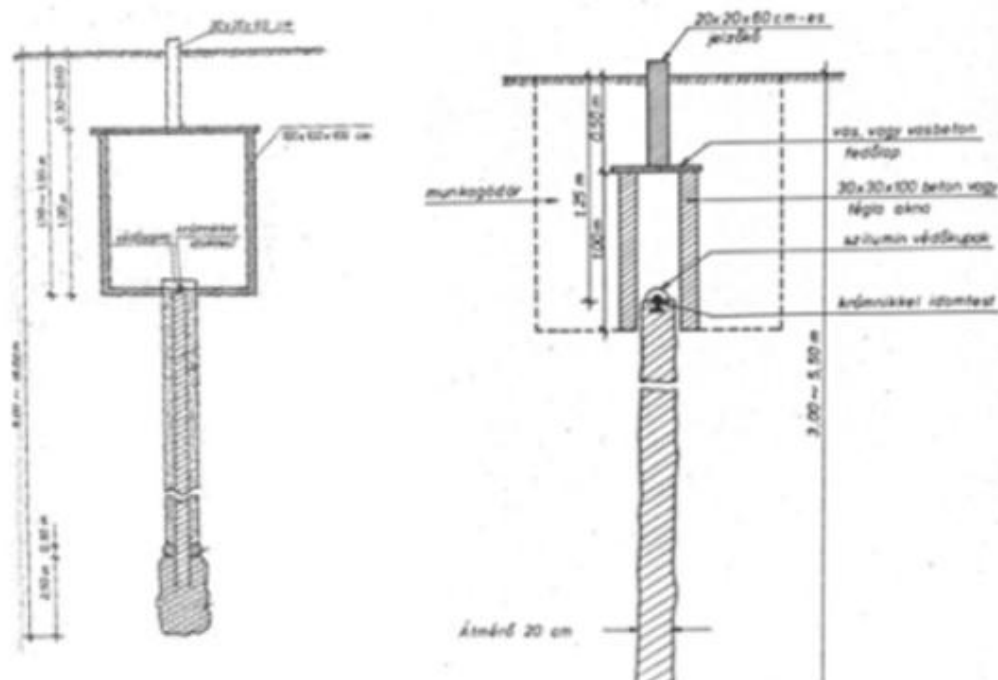
6-10. ábra. Főalappont az 1950-es évekből

A mérőfelszerelés viszont lényegesen változott a korábbihoz képest: Wild N3 szabatos szintezőműszert és invárbetétes lécpárt használtak, kitámasztással, a szabatos szintezés szabályai szerint.

A hálózat kiépítése közben, 1960-ban rendelték el, hogy a kelet-európai szocialista országokban az Adriai alapszintről a Balti alapszintre kell áttérni. Ez lényegében a Nadap pont (és minden adriai rendszerű pont) magasságának 0,6747 méterrel való csökkentését jelentette. Az áttérés természetesen sok kellemetlenséggel járt.

3.4. 6.3.4 A IV. országos szintezési hálózat, az EOMA

Az 1960-as évek közepétől, a nemzetközi geodéziai szervezetek részéről különös figyelem irányult az ismételt szintezésekre, amelyektől a földkéregmozgás függőleges összetevőjének meghatározását várták. Magyarországon is sor került egy szintezési hálózat tervezésére és kiépítésére, ugyanis ilyen célra a meglévő hálózat pontjai – állandósításuk miatt – nem voltak megfelelőek.



6-11. ábra. Főalappont és K-pont állandósításának metszete az EOMA-ban

Olyan új típusú, földalatti állandósítási módokat dolgoztak ki, amelyek a felszín mozgásaitól (talajvízszint-változás, fagyhatás, ülepedés) mentesítik a pont mozgását, hogy az valóban a földkéreg mozgását reprezentálja. Ezeket a kéregmozgásvizsgáló pontokat nevezzük **K-pont**nak (másképpen: **KKP** – Közbenső Kéregmozgási Pont). Mintegy 800 darab K pont telepítésére és mérésére került sor az 1960-as évek végétől kezdődően.

A K-pontok szemlélésével, állandósításával egyidőben tapasztalták azt a nagymérvű pontpusztulást, amit az építkezések, épület- és útfelújítások okoztak, s amit csak részben sikerült pótolni. Így merült fel egy újabb országos hálózat kiépítésének gondolata, amely célszerűen a kéregmozgásvizsgáló hálózatra épülhet. Ismeretes, hogy ebben az időben került sor az új magyar vízszintes vonatkozási rendszer (HD72) bevezetésére is (EOVA, EOV, EOTR). Így az ország geodéziai alapjainak korszerűsítése keretében dolgozták ki az Egységes Országos Magassági Alapponthálózat, röviden az **EOMA** koncepcióját. Az EOMA kiépítése – és az új geodéziai alapok kialakításának irányítása – *Joó István* nevéhez fűződik.

Az EOMA első-, másod- és harmadrendű hálózatra tagolódik, célja ennek is az 1 pont/4 km² átlagos pontsűrűség biztosítása. Az elsőrendű hálózat azonos az ún. 0. rendű kéregmozgásvizsgáló hálózattal, amelynek mérését 1973 és 1978 között végezték. Egy-egy elsőrendű poligonon belül a másod- és harmadrendű hálózat kiépítését rendszerint egy munkafolyamatban végzik. 1980 óta folyik ilyen sűrítés, ez a munka azonban finanszírozási problémák miatt lassan haladt, 1998-ig csak az ország keleti felét érintő poligonokon belül készült el, majd 2000 után felgyorsult a sűrítés folyamata, amely végül is 2006-ban fejeződött be.

Az EOMA elsőrendű hálózatát 27 vonalból kialakított 11 poligon alkotja, ezek 22 szárnyvonallal csatlakoznak a szomszédos országokhoz illetve az európai szintezési hálózathoz. A hálózat csomópontjainak száma 17. Az elsőrendű vonalak teljes hossza 3900 km, ezek 90 %-a az előző hálózat valamely első-, másod- vagy harmadrendű vonalával azonos, és csak 10 %-ban új kiépítésű vonal.

Az EOMA tudományos szempontból legértékesebb részét a kéregmozgási pontok képezik, amelyek főalappontok vagy Közbenső Kéregmozgásvizsgáló Pontok (KKP) lehetnek.

A szintezés technológiájára, az észlelés módszerére vonatkozóan több kísérleti mérés történt, amelyek eredményei alapján alakították ki a végleges szabályokat. Néhány Magyarországon alkalmazott szabály és tapasztalat:

A maximális műszer-léc távolságot 35 méterre csökkentették. A tapasztalatok szerint a 25-30 méteres léctávolság a legkedvezőbb és a leggyakoribb.

A legmegfelelőbb lécleolvasási sorrend vizsgálatára három módszert vizsgáltak: HHEE, HEEH és HHEE-EEHH sorrendet. Szimultán mérések alapján a következő km-es középhibák adódtak a három sorrendnél: 0,81mm, 0,45 mm, 0,35 mm. Az elsődrendű hálózatnál javaslatként ezért a harmadik sorrendet tartották a legjobbnak, de a gyakorlatban időtakarékoság miatt a **HEEH** (hátra-előre-előre-hátra) sorrendben végezték az észleléseket. Az elsődrendű hálózatban kezdetben a jegyzőkönyvvezető manuálisan írta a jegyzőkönyvet, de semmilyen számítást nem végzett, hanem naponta postai úton a vállalat központjába küldte el a jegyzőkönyveket, ahol azokat feldolgozták. Így az oda-vissza mérések esetleges megismétlésére is a központból kapott utasításra került sor. Később a Sharp PTA 4000 kézi számológépet használták a mérési adatok terepi rögzítésére, a jegyzőkönyvvezető ebbe billentyűzte be az észlelő által diktált leolvasásokat, ezzel lehetővé vált a leolvasások azonnali ellenőrzése és megismétlése, ha az egy állásban mért két magasságkülönbség eltérése a hibahatártól, azaz 0,24 mm-től jobban különbözött.

Magyarországon a 70-es évek óta szinte kizárólag a MOM gyár NiA3 (NiA31) kompenzátoros szintezőműszerét használták felsőrendű szintezésre, felváltva az addigi libellás Wild N3 műszert. Kísérletek alapján a km-es középhiba átlagos körülmények között a NiA3-nál 0,3 mm-re, a Wild N3-nál 0,4 mm-re adódott. Az 1990-es évek közepétől megjelentek a digitális szintezők és a vonalkódos szintezőlécek. A mérési időtartam alapvetően nem változott, egy műszerállásban átlagosan 3,5 percre tehető.

A kompenzátoros műszer rezgésérzékenységének csökkentésére olyan műszerállványt készítettek, amelynek fémcsőből készült lábaiban fagyálló folyadékban lévő fémtestek vannak, amelyek a rezgéseket csillapítják. A kézremegés csillapítására a mikrométer csavar rugós kiképzésű.

A lécek komparálását a mérési idény előtt és után végezték. Hőmérsékletet 4-6 műszerállásonként mértek, ma erre digitális hőmérővel minden állásban sor kerül. Kötőpontként vascöveket használtak, de a 80-as évektől ezt egyre inkább felváltotta a burkolatba vert Hilti szeg.

6-1. A négy országos szintezés összefoglaló adatai. táblázat -

	I. hálózat	II. hálózat	III. hálózat	IV. hálózat
Létesítés ideje	1872-1914	1921-1939	1948-1964	1968- 2006
Km-es középhiba	4-5 mm/km	0,46 mm/km	0,79 mm/km	0,49 mm/km
I. r. poligonok száma	69	36	33	11
I. r. vonalak hossza	18210 km	6285 km	6143 km	3900 km
Főalappontok száma	1 (Nadap), 7(össz)	1db (Nadap)	1+ 8 db	1+8+32 db
Állandósítás	Furatos tábla, vízsz. felület	Falitárcsa, falicsap, kő bronzgombbal	Falicsap, vállas kő, gomb	„K” pont (földalatti), csap, kő, gomb
Mérőpálya	Vasúti töltés, földút	Közút, vasúti- és csatorna töltés	Közút, vasúti- és csatorna töltés	Csak közút

A szintezési hálózatok és a
magassági alappontsűrítés

Szakasz hossza	1500-2500 m	1200 m	1200 m	1000 m (1500 m)
Műszer	Starke-Kammerer szintező	Oltay-Süss féle szintező	Wild N3 libellás szintező	MOM NiA3 kompenzátoros
Léc	Telítetlen fenyőfából készült 1 db kettősosztású lécz + függőléc	3 m hosszú, fél cm-es, kétoldali beosztású, fából készült lécpár	Invarbetétes lécpár	Invarbetétes lécpár
Léctávolság	60-80 m	Max. 50 m	Max. 40 m	Max. 35 m
Kötőpont	Vassaru és acélcövek	Facövek gömbölyű fejű szeggel	Facövek és vascövek	Vascövek, hilti
Mérési idő (észlelés+átállás)	20-25 perc	6-8 perc	4-5 perc	3,5-4 perc
Hálózat rövid neve	„katonai”	„Gárdonyi-féle”	„Bendefy-féle”	EOMA
Munkát végző szerv	Bécsi Katonai Földrajzi Intézet	Háromszög-elő Hivatal	Budapesti Geodéziai és Térképészeti Vállalat	BGTV, PGTV, vállalkozások

Külön szervezési feladatot jelentett annak biztosítása, hogy más észlelő, más napszakban végezze az oda- és a vissza irányú mérést, ami az elsőrendű hálózatban szabály volt. A másodrendű hálózatban ugyanazon észlelő végezheti az oda-vissza mérést, de ellentétes napszakban, kivéve a tartósan borult időt. A forgalom növekedésével egyre inkább gondot jelent a biztonságos, balesetmentes munkavégzés körülményeinek biztosítása.

A hibahatárok mm-ben: elsőrendű hálózatban

$$1,2 \cdot \sqrt{L}$$

, másodrendű hálózatban

$$2,0 \cdot \sqrt{L}$$

> , harmadrendű hálózatban

$$3,0 \cdot \sqrt{L}$$

, ahol L a szakasz, a vonal, vagy a poligon hosszát jelenti km-ben, attól függően, hogy észlelési differenciáról, magassági záróhibáról vagy poligon-záróhibáról van szó. A kéregmozgási poligonoknál a poligon-záróhiba

$$0,9 \cdot \sqrt{L}$$

értéknél mindig kisebb volt.

Az eredeti elképzelés szerint 20-25 évenként kerülne sor a kéregmozgási hálózat (EOMA elsőrendű hálózat) újramérésére és a mozgások kimutatására. 2007-ben elkezdődött az EOMA elsőrendű hálózatának újramérése, amit nemcsak a pontmozgások indokoltak, hanem a GNSS technológia magasságmeghatározásával szembeni pontossági igények is (az ellipszoidi magasságot minél kisebb transzformációs hibával lehessen tengerszint feletti magassággá átalakítani, amihez GPS/EOMA közös pontok is szükségesek).

A hálózat újramérésének szükségességét mutatja a pontok nagyarányú mozgása két alföldi területen. A III. és a IV. országos hálózat közös pontjai magasságának összehasonlításakor derült ki, hogy Szeged illetve Debrecen

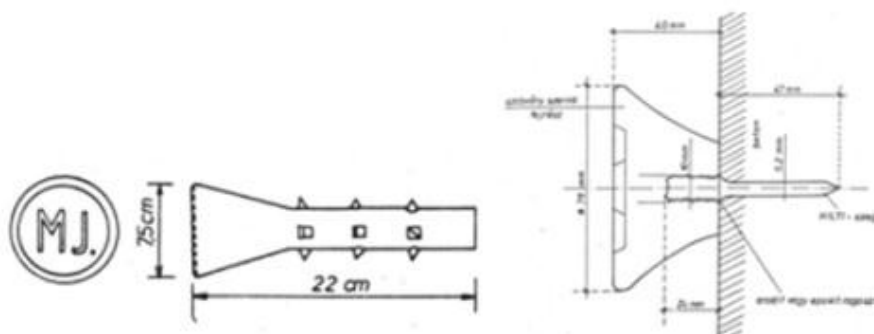
környéke 10-15 cm-t süllyedt az olajbányászat illetve a vízkivétel miatt. Ilyen mértékű kerethibák már a gyakorlati feladatok megoldását is veszélyeztetik.

Az EOMA másod- és harmadrendű hálózatának sűrítése az Alföldön 15 évet vett igénybe, mivel 1989-től a munka lelassult. Érthető, hogy a politikai változások, a privatizáció inkább a digitális térképek készítésének gyorsítását kívánták meg és nem az alpmunkák folytonosságát. Jó magassági alapadatokra azonban az autópálya-építéseknél, az árvízi töltések, műtárgyak stb. építésénél és számos más felhasználói igény kielégítésénél alapvető szükség van, ami csak megbízható magassági alaphálózatra támaszkodva lehetséges.

4. 6.4 A magassági alappontok állandósításának áttekintése

A történeti részben megemlítettünk néhány régebbi állandósítási módot. Most az EOMA-ban alkalmazott magassági pontjelöléseket foglaljuk össze.

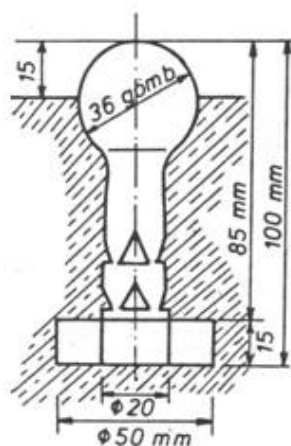
Az EOMA elsőrendű hálózatában körülbelül 4700 szakaszvégpont van (ebből mintegy 3900 az előző hálózatból átvett); az SZVP-k 44 %-a falicsap, 40 %-a szintezési kő és 16 %-a szintezési gomb. Hasonló az arány a három leggyakoribb jel-típus között a másod- és harmadrendű hálózatban is.



6-13. ábra. Szintezési csap és belőtt szegre erősített csapfej

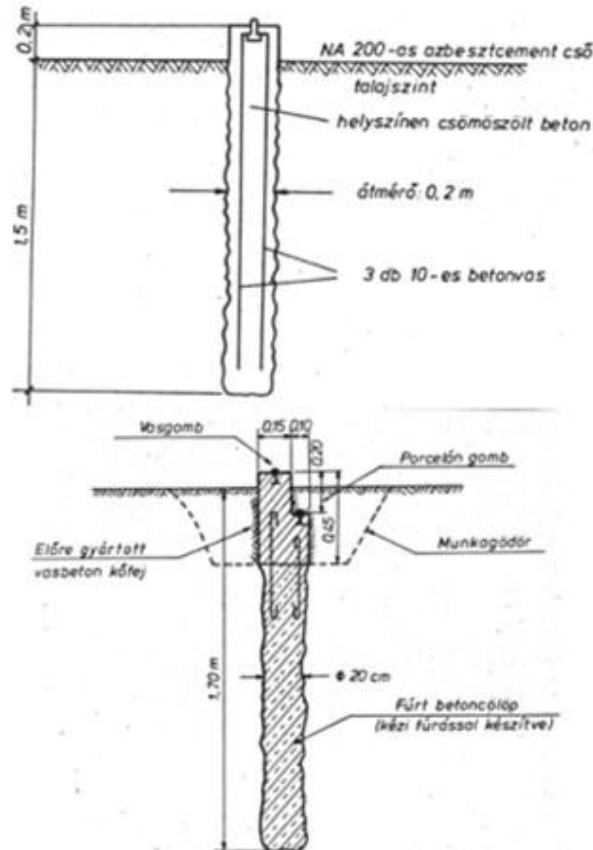
Az MJ (magassági jegy) feliratú **falicsapot** megállapodott, régebbi épületek falában, a talajtól mintegy 25 cm magasságban helyezik el úgy, hogy lehetőleg közterületről megközelíthető legyen. A beépítésnél az öntöttvas csapot kiékelik és 1:3 keverési arányú betonba ágyazzák. A csapnak legalább 4 cm-re (inkább 6-8 cm-re) kijebb kell érnie a lábazati faltól, hogy a lécezt rá lehessen helyezni. Az MJ felirat függőleges állású legyen. A betonnak a fal síkjában történő elsimítása után a kiálló vasfejet rozsdagátló festékkel bekenik.

Az EOMA-ban bevezettek olyan **csapfejeket**, amelyeket hilti szegre lehet rácsavarozni. A legalább 70 mm hosszúságú hilti szegret monolit beton falakban (beton panelekben) belövással rögzítik. A csapfejnek szorosan kell tapadnia az épület falához, ezért amikor a hilti szegre rácsavarozzák a csavarmentes részt és csapfej falhoz érintkező részét megfelelő ragasztóanyaggal bekenik. Az MJ felirat függőleges állására ilyenkor nem kell tekintettel lenni. Tilos ezt az állandósítást alkalmazni terméskő- vagy téglafalaknál.



6-14. ábra. Szintezési gomb

A **szintezési gombot** vízszintes burkolt felületek esetén, elsősorban hidaknál alkalmazzák. Ha öntöttvasból készül, rozsdásodik, így rendszeres festést igényel. A szintezési gombot ugyanúgy ki kell ékelni, bebetonozni és lefesteni, mint a falicsapot. A falicsap és a szintezési gomb anyaga és mérete szabványosított (MSZ 4475-53, MSZ 4474-50).



6-15. ábra. Szintezési kő (normál és vállas, előregyártott)

Szintezési követ olyan területre (külterületen) alkalmaznak, ahol nincsenek csap vagy gomb elhelyezésére alkalmas építmények. A pontosabb elnevezés **kőben gomb**, mert nem egyszerű kőről, hanem betonba épített szintezési gombról van szó. Az EOMA-ban kétféle szintezési követ különböztetünk meg, mindegyik helyszíni betonozással készül.

A **normál szintezési kő** esetében egy körülbelül másfél méter mélységű, 20 cm átmérőjű fűrt lyukat a helyszínen 1:4 keverési arányú betonnal öntenek ki. A talajszint feletti részt egy 20 cm átmérőjű, a talajszinttől 20 cm-re kiálló, hengeres műanyag (vagy azbesztcement) csővel zsálazzák ki, ennek a tetejébe építik be a rozsdamentes anyagból készített szintezési gombot.

A **mélyalapos szintezési kő** lehet fűrt lyukba csömösölt vasbetoncölöp vagy földbevert acélrúd. Mindkét esetben a pont felső része 1,7 m hosszú, 20 cm átmérőjű azbesztcement csőbe a helyszínen csömösölt betoncölöp, amely a normál szintezési kőhöz hasonlóan 20 cm-re áll ki és újabban rozsdamentes gombbal van ellátva. A követ 1,5 m mélységig egy 30 cm átmérőjű másik cső veszi körül, a két cső között gyöngykavicssal töltik ki. A fűrt lyuk mélysége a talajszint alatt a helyi talajviszonyoknak megfelelően 3,5-5,0 méter. Sziklaréteg esetén kisebb is lehet ez a mélység. A vasbeton cölöpöt teljes hosszában vasalni kell. A földbevert acélrudas állandósításnál az acélrúd felső része köré készül a vasbeton oszlop.

Minden K-pont és szintezési kő mellé **figyelemfelhívó jelet** állítanak. Kivételt képeznek azok a pontok amelyek fennmaradása jel nélkül is biztosított (parkokban, templomkertekben). A jel rendszerint piros-fehér színű betonoszlop, ami segíti a megtalálást és a gépi kaszálásakor is „figyelmeztet”. A betonoszlop 1,6 m hosszú és 1 m-re áll ki a földből, a tetejétől kezdve 50 cm-es sávban piros ez alatt fehér színű. A betonoszlopot a szintezési

kőnek az úttal ellentétes oldalára kell leásni a kőtől 0,5-1,0 méterre. Sajnos, a figyelemfelhívó jelek olyan vandál személyeknek is jelezhetik a pontjelet, akik azt elpusztítják.

A pontvédelem fokozott formája, amikor a mélyalapozású szintezési kő köré 1 méter átmérőjű vasbeton hengergyűrűt (kútgyűrűt) ásnak le a földbe, 60 cm-re a földbe süllyesztve. A kútgyűrűt ilyenkor két darab figyelemfelhívó jellel (betonoszloppal) fogják közre, amelyeket az úttal párhuzamosan helyeznek el.

5. 6.5 Magassági alappontsűrítés negyedrendű vonalszintezéssel

5.1. 6.5.1 A negyedrendű vonalszintezés munkaszakaszai

A negyedrendű vonalszintezés célja további magassági alappontok létrehozása az országos magassági alapponthálózatban belül, amennyiben erre igény van. Másképpen fogalmazva: a cél magassági alappontsűrítés, helyi igények kielégítésére. A létrehozott negyedrendű magassági alappontok nem részei az országos hálózatnak.

A magassági alappontsűrítés munkafolyamatát ugyanazokra a részekre (munkaszakaszokra) bontjuk fel, mint ahogyan azt a vízszintes pontsűrítésnél tettük, a teendők természetesen különböznek, amelyeket a következőkben foglalunk össze.

Az **irodai előkészítés** itt is adatgyűjtést és irodai tervezést jelent. A központi adattárból illetve a megyei földhivataltól (lásd 5.5. fejezet) beszerezzük a munkaterületre eső országos magassági alappontok pontleírásait és alappontnyilvántartási térképének másolatát. Ha volt a területen már helyi pontsűrítés annak adatait a megyei földhivatal térképtárában találjuk. Az alappontokat célszerű egy alkalmas méretarányú saját térképen (például az 1:10000 méretarányú topográfiai térkép másolatán) is ábrázolni. A topográfiai térkép segít a helyszíni tájékozódásban, pontfelkeresésben, de segíti az új ponthelyek kiválasztását is, hiszen tartalmazza az építményeket, középületeket (állandósításra alkalmas helyeket), azon a munkaterület jól áttekinthető, a helyi célnak megfelelő alkalmas helyszínek már irodai tervezéssel is kiválaszthatók.

A **helyszíni előkészítés** során felkeressük az adott magassági alappontokat (szemlélés) és döntünk az új pontok helyéről (kitűzés). A szemlélés során az adott pontok meglétéről, azonosságáról, épségéről és mérhetőségéről győződünk meg. Problémát jelent például, ha egy falicsapot a lábamat felújítása (burkolás) miatt áthelyeztek (megváltozott a magassága), beburkoltak (nem helyezhető rá a lécz), meglazítottak (nem őrzi a magasságot, mozog). Az új pontok kiválasztásánál a következő szempontokat ajánlatos figyelembe venni:

Közterületről megközelíthető legyen a pont, a hozzáférés ne ütközzön akadályba.

Megállapodott, feltehetően nem mozgó építmény legyen a csap vagy gomb számára kiválasztva (régie épület, híd).

A 4 méteres szintezőlécet akadálytalanul fel lehessen állítani, a tető vagy valamilyen kiálló elem ne legyen útban.

A pont ne kerüljön veszélyes helyre: magasfeszültségű villanyvezeték alá, vagy igen forgalmas helyre.

A pont fennmaradása feltehetően hosszú ideig biztosított legyen.

Az **állandósítást** a leírt lehetőségek szerint, a helyi viszonyoknak megfelelően végezzük el. Ha helyszíni betonozásra kerül sor, jól kötő, erős anyagot kell használni (1:3 keverési arányú betont), gondoskodni kell a beton locsolásáról. A mérésel meg kell várni a teljes kötés idejét. Az állandósítást követően készítjük el az új pont helyszínrajzát a pontleírás nyomtatványon. A ceruzás helyszínrajzot egyelőre piszkozat (ún. *impurum*), ez alapján készül majd a végleges pontleírás (régebben tussal, ma gépi szerkesztéssel és nyomtatással). A helyszínrajz készítésére a 3.10.4. fejezetben írtak általánosan vonatkoznak. A szintezési alappont pontleírásán a helyszínrajz mellett szöveges *helyszínrajzi leírást* is készítünk. Ebben például megírjuk, ki a tulajdonosa az épületnek, az épület vagy építmény pontosan melyik részén található a pont, általában hogyan található (közelíthető) meg. Vonalas létesítmény (út) esetében méter élességgel megadjuk a szelvényszámot. Külső utak melletti pontoknál a rajz keretvonalánál nyíllal jelezzük a legközelebbi település nevét és irányát. A helyszínrajzot északra tájolva kell elkészíteni. Szintezési csap esetén feltüntetjük a csap tetejének terepszinttől való távolságát, cm élességgel (*f* betűvel jelölve).

A **mérést** szintezőműszerrel, a negyedrendű vonalszintezés szabályai szerint végezzük. Optikai szintezőműszer esetén három szálon olvasunk le, a leolvasásokat erre a célra kialakított jegyzőkönyvbe írjuk. A kötőpontok három leolvasásból számított magasságkülönbsége és a középső szálon tett leolvasásból képzett magasságkülönbség 2 mm-nél jobban nem térhet el. Ezt minden műszerállásban a továbbhaladás előtt (a műszer és a léce felemelése előtt) ellenőrizni kell. Ezzel biztosítjuk, hogy a leolvasásnál nem követünk el durva hibát. A kötőpontokon szintezősarut kell elhelyezni. A műszer-léce távolság legfeljebb 70 méter lehet, ennek egyezőségét hátra-előre irányban elegendő lépéssel vagy szemre biztosítani. Az egyes szintezési szakaszokban páros számú műszerállásnak kell lennie. A szintezést oda-vissza irányban kell végezni, a rendszeresített jegyzőkönyvben az oda-vissza mérés azonos lapon, „párhuzamosan” kerül dokumentálásra. A mérési jegyzőkönyvben képezzük a szakaszvégpontok magasságkülönbségét. Az oda és a visszamérés közötti különbség (az észlelési differencia) nem haladhatja meg a

$$15 \cdot \sqrt{t}$$

[mm] hibahatárt, ahol t a szakasz hossza km-ben. Ha a mérést digitális szintezővel, adatrögzítéssel végezzük, nem szükséges a leolvasásokat ismételtetni, hiszen durva leolvasási hibával nem kell számolni. A mérési jegyzőkönyvet ez esetben is ki kell nyomtatni. A mérési jegyzőkönyvnek – szokásos módon – a műszer típusát számát, az észlelő nevét, a mérés körülményeit kell tartalmaznia.

A mérést követően a **számítás** következik, amelynek lehetőségeit a következő alfejezetben külön részletezzük.

A **zárómunkák** során belső vizsgálattal meghatározzuk a munka minőségét, tisztázzuk és összeállítjuk a magassági alappontsűrítés munkarészeit, amelyeket külön alfejezetben mutatunk be.

5.2. 6.5.2 A magasságszámítás lehetőségei

Az új negyedrendű magassági alappontok számítására három lehetőséget mutatunk be: a pontonkénti számítás elvét (szintezési vonalak kialakítását), a szintezési csomópont kialakítását és a szintezési hálózat együttes kiegyenlítését.

Szintezési vonalak kialakítása esetén a pontonkénti számítás elvét alkalmazzuk a magasságszámításra. A **szintezési vonal** ez esetben két adott magassági alappont közötti útvonalat jelent. A kézi számítást ún. vonal-összeállítási jegyzőkönyvben végezzük, ahol előírjuk a vonal pontszámait, a mérési jegyzőkönyvből átírjuk az egyes szakaszok oda-vissza magasságkülönbségeit (mm élességgel) és az egyes szakaszok hosszát (km egységben, 0,1 km élesen), amit térképről is levehetünk esetleg becsléssel, vagy a három szálon tett leolvasásokból állapítunk meg. Az oda-vissza mért értékek közepelésével képezzük a szakaszmagasságkülönbségeket, amelyeket a teljes vonalra összegzünk: ez a vonal mért mért magasságkülönbsége. A végpontok ismert magasságából képezzük az adott magasságkülönbséget. Az adott és a mért magasságkülönbség eltérése a **magassági záróhiba**, amelynek maximális értéke

$$15 \cdot \sqrt{t}$$

[mm] lehet, ahol t a vonal hosszát jelenti km-ben. A magassági záróhibát a szakaszok hossza arányában kell az egyes szakaszok magasságkülönbségére ráosztani, majd képezni az új pontok végleges magasságát. Amennyiben egy vonalat kiszámoltunk, az ebben a vonalban lévő pontok a továbbiakban adott pontnak tekinthetők, azokba már csatlakozhat egy következő szintezési vonal.

Szintezési csomópontot hasonló okokból alakítunk ki, mint ahogyan azt a vízszintes pontmeghatározás esetén tárgyaltuk. Szeretnénk, ha a magassági kerethibákat illetve az elkerülhetetlen véletlen jellegű mérési hibákat minél egyenletesebben (területre, nemcsak vonalra kiterjedően) osztanánk el. Azt kívánjuk elérni, hogy minél több mérés eredmény vegyen részt az új pontok magasságának meghatározásában, ne alakuljanak ki nagyon hosszú szintezési vonalak. **Szintezési vonal** alatt ez esetben az adott magassági alappont és a csomópont közötti útvonalat értjük. Először képezzük az egyes vonalak mért magasságkülönbségét (az előző bekezdésben írtaknak megfelelően), majd ezeket a megfelelő adott magassághoz hozzáadva, a csomópont előzetes magasságát. Annyi előzetes magasságunk lesz, ahány vonal „befut” a csomópontba, de legalább 3. A csomópont végleges magasságát súlyozott átlagként kapjuk, ahol a súly fordítva arányos a vonal hosszával. Miután a csomópont végleges magasságát megkaptuk, a magassági záróhibát és annak elosztását ugyanúgy képezzük, mint az egyszerű szintezési vonal esetében.

Szintezési hálózat kiegyenlítését akkor végezzük, ha rendelkezünk megfelelő cél-szoftverrel, szintezési hálózatkiegyenlítő szoftverrel. Különösen digitális bemenő adatok esetén ajánlatos ez a megoldás, mert akkor a számítás is bizonyos mértékig automatizálható. A kiegyenlítés bemenő adatai nemcsak a szakaszok magasságkülönbségei, azok hossza és az adott pontok magasságai, hanem a súlyozást is meg kell választani. A súlyozásra az $1/t$ értéket választjuk, vagyis a magasságkülönbségek súlya a szakasz hosszával fordítottan

arányos. Az előzetes számítások során az intelligens program automatikusan kiszámítja az új pontok előzetes magasságát, zárt köröket alakít ki, kimutatja az egyes vonalak és a zárt poligonok magassági záróhibáját, így lehetőség van az esetleges durva hibák felfedezésére. A javítási egyenletek felállítása és a normál-egyenletrendszer megoldása után az új pontok kiegyenlített magasságait, azok középhibáit és a mért magasságkülönbségek javításait kapjuk meg. A számítást itt is dokumentálni kell.

5.3. 6.5.3 A negyedrendű vonalszintezés munkarészei

A zárómunkák során összeállítják a negyedrendű vonalszintezés munkarészeit, amelyet vizsgálat és nyilvántartás céljából átadnak az illetékes megyei földhivatalnak. Az új pontokat megyénként illetve vonalanként számozzák, ezért ismerni kell az adott megyében utoljára nyilvántartásba vett vonal számát. A pontszámozást a 4.6 fejezetben tárgyaljuk.

A negyedrendű vonalszintezés munkarészeire a régebbi F7 szabályzatban találunk mintát. A dokumentumok felsorolása:

Magassági pontjegyzék. Ez megfelel a vízszintes pontok koordináta-jegyzékének, de itt csak pontszámokat és magasságokat találunk. Külön csoportosítják az adott és az új pontokat, rendűség szerint, számsorrendben beírva. Az új pontok esetében szöveges leírást is adnak, ami megfelel a pontleírás hasonló tartalmának.

Negyedrendű vonalszintezés mérési és számítási **vázlata.** Alkalmas (1:10000 vagy 1:4000) méretarányban készül, fekete-fehér színben. Vékony vonallal a fontosabb síkrajzi elemeket, elsősorban vonalas létesítményeket tartalmazza, a szintezési szakaszokat vastag vonallal jelöljük, mégpedig görbe vonallal, követve a mérés útvonalát. Kézi számítás (vonallal-összeállítás, csomópont) esetén az egyes vonalak kezdetét vastag ponttal, a végét nyílal jelezzük, megírjuk a vonal sorszámát. Gépi számításkor (kiegyenlítésnél) a számítás szempontjából nem beszélhetünk vonalakról, de a nyilvántartás végett kialakíthatunk vonalakat.

Negyedrendű vonalszintezés **mérési jegyzőkönyve.** Ez lehet a rendszeresített formanyomtatvány (kézi jegyzőkönyvezetésnél) vagy az adatrögzítőből kiolvasott eredmények értelmezhető nyomtatott listája.

Negyedrendű vonalszintezés **számítási jegyzőkönyve.** Kézi számításnál a rendszeresített vonal-összeállítás, kiegyenlítésnél nyomtatott számítási jegyzőkönyv.

Pontleírások. Régebben forma-nyomtatvány szerint kézzel (tussal, sablonnal megírva) készült pausz papírra, ma számítógépes szerkesztéssel készül, nyomtatva. A magasságot milliméter élességgel kell feltüntetni. Külön szöveges részben további adatokat kell megadni a pont könnyebb felkereséséhez.

Műszaki leírás. Tényszerűen, röviden le kell írni az alkalmazott technológiát és eszközöket, ki kell térni a mérés és állandósítás körülményeire. Tájékoztatót kell adni a felkeresett adott pontok állapotáról (jelentés az alappontokról).

6. 6.6 Magassági részletmérés ötödrendű vonalszintezéssel

6.1. 6.6.1 Az ötödrendű vonalszintezés munkaszakaszai

Az ötödrendű vonalszintezés célja magassági részletmérés, tehát nem alappontsűrítés, így elvileg nem is tárgya e jegyzetnek. Az összehasonlítás és a tisztánlátás érdekében azonban röviden tárgyaljuk ezt a témát is. Erre még egy indokunk van: a vízszintes alappontok magasságát gyakran ötödrendű szintezéssel határozzák meg, így ez kiegészíti a vízszintes pontmeghatározást (részletesebben az 5. 1. fejezetben). A munkaszakaszok kis eltéréssel ugyanazok, mint a negyedrendű vonalszintezésnél.

6-2. A negyedrendű és ötödrendű szintezés összehasonlítása. táblázat -

	negyedrendű	ötödrendű
cél	magassági alappontsűrítés	magassági részletmérés

a felmérés szolgálata	közvetett, megelőzi a felmérést	ez maga a felmérés
módszer	vonalszintezés szintezési szakaszokban	vonalszintezés, de „közép” leolvasások is vannak
mérés ismétlése	oda-vissza mérés	csak egyirányú
kötőpont jelölése	csak saru vagy alappont	lehet vízszintes felület is
jegyzőkönyv	külön a mérésről és számításról	mérés és számítás együtt
magassági záróhiba [mm]	$15 \cdot \sqrt{l}$	$30 \cdot \sqrt{l}$

Az **irodai előkészítés** során adatgyűjtést végzünk, kigyűjtjük a munkaterületre eső országos és negyedrendű magassági alappontok pontleírásait. Megtervezzük a szintezési vonalakat, arra törekedve, hogy minél közelebbi alappontokról, minél több magassági részletpontot lehessen meghatározni. Célszerű itt is topográfiai vagy nagyméretarányú térképet beszerezni az áttekintéshez.

A **helyszíni előkészítés** során felkeressük az adott magassági alappontokat, meggyőződünk azok felhasználhatóságáról. Megtervezzük a vonalszintezés optimális útvonalát. Részlemérés lévén természetesen itt nincs állandósítási teendő.

A **mérést** szintezőműszerrel, az ötödrendű vonalszintezés szabályai szerint végezzük. Optikai szintezőműszer esetén itt is három szálon olvasunk le, a leolvasásokat erre a célra kialakított jegyzőkönyvbe írjuk. Minden műszerállásban a továbbhaladás előtt itt is ellenőrizzük a leolvasások helyességét, a negyedrendűnél írtak szerint. Két lényeges változás a negyedrendűhöz képest, hogy a kötőpont vízszintesnek tekinthető felület is lehet (például a lécs ráhelyezhető egy mérendő kő tetejére, mint kötőpontra), továbbá a szintezést csak egy irányban kell végrehajtani.

Egy-egy műszerállásban nemcsak „hátra” és „előre” leolvasást végezhetünk, ami a vonalszintezést biztosítja, hanem „közép” leolvasást is tehetünk részletpontokra. Hossz- és keresztoszlelvény felvételnél, terepszintezésnél, közmű aknáknak bemérésénél és más hasonló magassági részletmérésnél ez gyakori.

A mérést követően a **számítást** ugyanazon jegyzőkönyvben végezzük, mint a mérést. A magassági záróhibát az egyes szakaszokra egyformán is ráoszthatjuk, mm élességgel. A magassági részletpontok magasságát is mm élességgel számítjuk, de a továbbiakban csak cm élességgel használjuk fel.

A **zárómunkák** során összeállítjuk az ötödrendű vonalszintezés munkarészeit.

6.2. 6.6.2 Az ötödrendű vonalszintezés munkarészei

Magassági részletpontok jegyzéke. Számsorrendben tartalmazza a pontok magasságát cm élességgel és a pont jellegét. Ha vízszintes alappontok magassági meghatározásáról van szó, akkor a koordináta-jegyzék magassági oszlopába írjuk be a megfelelő magasságot.

Ötödrendű vonalszintezés mérési és számítási vázlata. Alkalmas (1:10000 vagy 1:4000, 1:2000) méretarányban készül, zöld színnel feltüntetve a szintezési vonalakat, fekete színnel a síkrajzot.

Ötödrendű vonalszintezés mérési és számítási jegyzőkönyve. A formanyomtatvány együtt tartalmazza a mérést és a számítás eredményét.

Műszaki leírás. Tényszerűen, röviden le kell írni az alkalmazott technológiát és eszközöket, kitérve a mérés céljára és körülményeire.

7. 6.7 A magassági alappontok számozási rendszere

Az országos magassági alappontok számozási rendszere az elsőrendű poligonokhoz és az adott szintezési vonalhoz kötődik. A pontszám általánosan három részből áll: poligonszám+vonalszám+pontsorszám. Mivel a jegyzet írásakor még kétféle magassági alapponthálózat él Magyarországon, mindkét hálózat számozási rendszerét ismertetjük.

Pontszámozás a Bendefy-hálózatban

Az elsőrendű pontok száma négyjegyű: az első két szám az elsőrendű vonal számát, a második két számjegy a vonalon belüli pontszámot jelenti. Mivel az elsőrendű vonalak határolnak el két poligont, így egyikhez sem tartoznak, a poligonszám hiányzik (példát lásd a 4.3. táblázatban). A másod- és harmadrendű pontok száma hatjegyű: az első két jegy annak az elsőrendű poligonnak a száma, amelyben a vonal található. A második két számjegy a vonal száma, az utolsó két jegy pedig a vonalon belüli pontsorszám. Hasonlóan épül fel a harmadrendű pontok száma, azzal a különbséggel, hogy míg másodrendű vonalnál a vonalszám 10 alatti, addig harmadrendű vonalnál 10 feletti.

6-3. A magassági alappontok számozásának áttekintése a Bendefy-hálózatban. táblázat -

rendűség	pontszám képzésének leírása	példa
elsőrendű	vonalszám + 01-től induló pontszám	1301
másodrendű	poligonszám + vonalszám (<10) + pontszám	140612
harmadrendű	poligonszám + vonalszám (>10) + pontszám	141326
negyedrendű	megyekód + kötőjel + vonalszám + kötőjel + pontszám	07-13-12
pontpótlás esetén:		
	Eredeti pontszám + törtvonal + római szám	1301/I

Az általunk sűrített negyedrendű pontok száma is hatjegyű, de a kettes számcsoportokat kötőjel választja el és jelentésük más, mint az országos alappontoknál. Az első két számjegy a megye azonosítója, az ún. megyekód, amely 01-20 közötti szám (01: Budapest, ... 20: Zala megye). A második két jegy a megyén belüli vonalszám, az utolsó két jegy a sorszám. Megyehatáron áthaladó vonalnál a megyekód változik, de a pontsorszámozás folyamatos lehet.

Ha pontpótlásra, áthelyezésre kerül sor, akkor a legközelebbi (vagy elpusztult) pontszám után egy törtjelet követően római számokkal jelölték az újabb pontokat.

Pontszámozás az EOMA-ban

Az Egységes Országos Magassági Alpponthálózatban hasonló elveket követtek, mint az előző hálózatnál, de vannak kisebb eltérések. Az országos alppontok pontszáma mindig nyolcjegyű, minden egyes jegyet mindig kiírnak (akkor is, ha az zérus). A pontszám utolsó számjegye az ún. **jelzőszám**, amely általában az állandósítás sorrendjére utal, első esetben mindig 1, majd ha pótlásra kerül a sor, eggyel nő (hasonlóan a levezetett pontok számozásához). A jelzőszámot egy kötőjel választja el az első hét jegytől. Az első hét számjegy felépítése: poligonszám (két jegy), vonalszám (két jegy), pontsorszám (három jegy).

6-4. A magassági alppontok számozásának áttekintése az EOMA-ban. táblázat -

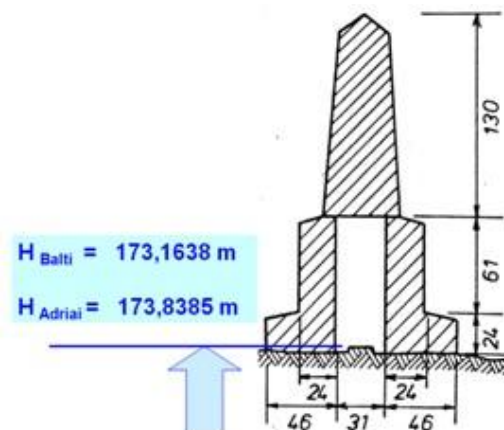
rendűség	pontszám képzésének leírása	példa
elsőrendű SZVP	poligonszám (mindig: 00) + vonalszám ++ pontszám (>100) + kötőjel + jelzőszám	0013136-1

másodrendű SZVP	poligonszám + vonalszám (<20) + + pontszám (>100) + kötőjel + jelzőszám	1013108-1
harmadrendű SZVP	poligonszám + vonalszám (>20) + + pontszám (>100) + kötőjel + jelzőszám	0626124-1
negyedrendű	4 (mindig) + megyekód + vonalszám + pontszám + + kötőjel + jelzőszám	40701326-1
különleges pontok:		
főalappont	poligonszám (00) + vonalszám (00) + + pontszám (<41) + kötőjel + ikerpont száma	0000008-2
elsőrendű KKP	poligonszám (00) + vonalszám + + pontszám (<100) + kötőjel + jelzőszám	0013025-1
másodrendű KKP	poligonszám + vonalszám (<20) + + pontszám (<100) + kötőjel + jelzőszám	1016024-1
pontpótlás esetén:		
	Eredeti pontszám + jelzőszám eggyel nő	0013136-2

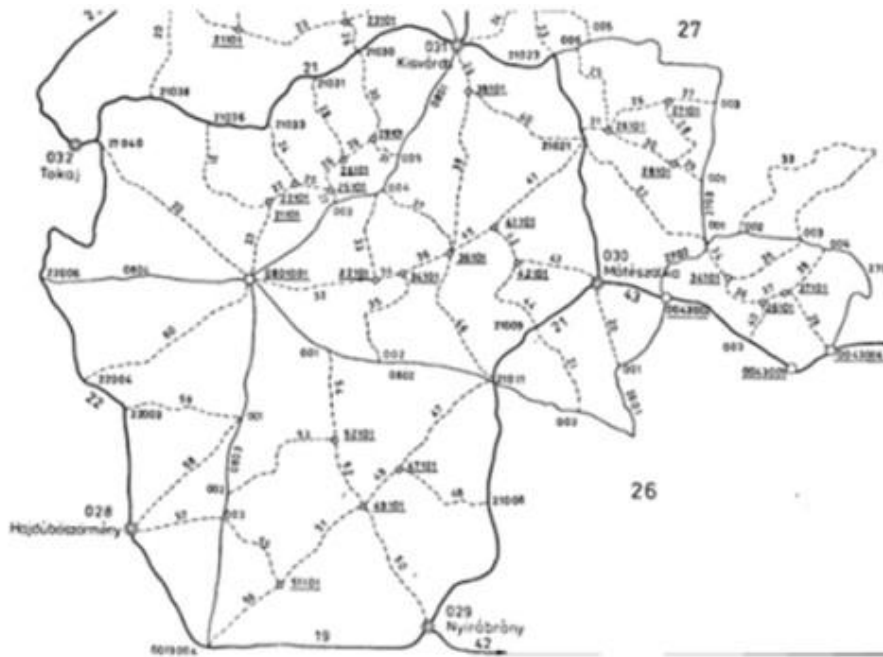
Az elsőrendű pontok esetében kiírják a 00 poligonszámot, majd következik az elsőrendű vonal száma és a pontsorszám. A pontsorszám a szokásos állandósítású szakaszvégpontok esetében 101-től indul, míg a kéregmozgásvizsgálati pontoknál (K-pont vagy KKP) 001-től.

A másodrendű pontok száma az elsőrendű poligon számával kezdődik, majd ezt követi a vonal száma. A másodrendű vonalak száma 01-től indul (és mindig 20 alatti), míg a harmadrendű vonalak számozása 21-től kezdődik. Vannak másodrendű KKP-k is, de harmadrendűek nincsenek.

A 40 darab EOMA főalappont száma is ilyen elvek szerint épül fel, de itt a poligonszám is, és a vonalszám is csupa zérus. A főalappontok jelzőszáma az ikerpontokat vagy a sziklaüregben lévő különböző idomtesteket jelöli. Az első számú főalappont a nadapi. A nadapi őspontnak (Nadap I.) is van száma: 0000001-0 (tehát a jelzőszám itt kivételesen nulla). Az 1952-ben állandósított, akkoriban Nadap-II.-nek jelölt főalappont EOMA-száma: 0000001-1.



6-16. ábra. A nadapi őspont metszete



16-17. ábra. Másodrendű és harmadrendű vonalak a 08-as számú poligonban

Amennyiben elpusztul egy EOMA alappont és a közelben pótolják azt, csak a jelzőszám nő eggyel. A földfeletti állandósítású pontoknál az 1-5 jelzőszámok erre a célra vannak fenntartva. A 6-9 jelzőszámokat a vonalban elhelyezett újabb (beillesztett) pontok sűrítésekor adják.

8. 6.8 Összefoglalás

A magassági alapponthálózatok a legrégebben kialakult geodéziai hálózatok. Magyarországon ezidáig négy országos szintezési hálózatot hoztak létre, elkezdődött az EOMA újramérése. Ebben a modulban a hazai szintezési hálózatok történetét, állandósítását, felépítését ismerhettük meg. Kiemelten kezeltük a magassággal és a szintezési hálózatokkal kapcsolatos fogalmakat, elnevezéseket. Részletesen ismertettük az EOMA kiépítését, sajátosságait, pontszámozását. Bemutattuk a magassági alappontsűrítés hagyományos technológiáját, a negyedrendű vonalszintezést.

Önellenőrző kérdések:

1. Miért nem egyértelmű adat a szintezésből kapott magasság?
2. Miért alakultak ki különböző magasságfogalmak, mi ezek lényege?
3. Mit értünk szintezési vonalon elsőrendű és alacsonyabb rendű hálózatban?
4. Mi a különbség szintezési vonal és szintezési szakasz között?
5. Mi a napi szintezési főalappont jelentősége?
6. Milyen állandósítási módokat ismer a régebbi (EOMA előtti) szintezési hálózatokban?
7. Milyen állandósítási módokat ismer az EOMA-ban?
8. Mi a főalappont?
9. Mi a KKP?
10. Melyek a negyedrendű vonalszintezés munkaszakaszai?
11. Melyek a negyedrendű vonalszintezés munkarészei?
12. Mi a különbség a negyedrendű és az ötödrendű vonalszintezés között?

13. Mi a pontszámítás elve az EOMA-ban?
14. Mi az azonosság és a különbség a Bendefy-féle hálózat és az EOMA között?

Irodalomjegyzék

- Bendefy L.: *Szintezési munkálatok Magyarországon 1820-1920.* Akadémiai Kiadó, Budapest, 1958.
- Busics Gy. (2009a): *Alappontjaink és alaphálózataink sorsa. Geodézia és Kartográfia, 2009/9. 10-14.*
- Földváry Szabolcsné: *Alaphálózatok II.* BME egyetemi jegyzet. Tankönyvkiadó, Budapest, 1989.
- Hazay I. – Szalontai L.: *Országos felmérés és műszaki földrendezés. 595 old.* Tankönyvkiadó, Budapest, 1973.
- Joó I. – Raum F.: *A magyar földmérés és térképészet története. MTESZ-GKE, Budapest, 1993-1996. I., II., III. kötet.*
- Joó I.: *Felsőrendű mérések. Főiskolai jegyzet. Székesfehérvár, 1999.*
- Kenyeres A. – Borza T. (2000): *Technológia fejlesztés a III. rendű szintezés GPS technikával történő kiváltására. Geodézia és Kartográfia, 2000/1. 8-14.*
- Kenyeres A. – Csizmadia M-né – Horváth J. – Kisasszondi F. (2002): *A GPS-szel végzett EOMA III. rendű hálózatsűrítés tapasztalatai. Geomatikai Közlemények V. kötet, MTA GGKI, Sopron, 2002. 285-291.*
- Kenyeres A. – Seeman J. (1999): *Az OGPSH pontok tengerszint feletti magasságának meghatározása GPS technikával. Geodézia és Kartográfia, 1999/1. 18-23.*
- Mihály Sz. – Kenyeres A. – Papp G. – Busics Gy. – Csapó G. – Tóth Gy. (2008): *Az EOMA modernizációja. Geodézia és Kartográfia, 2008/7. 3-10.*
- Miskolczi L.: *Kéregmozgások vizsgálata szabatos szintezésekkel.* Akadémiai Kiadó, Budapest, 1973.
- Németh Gy. – Busics Gy.: *Alappontmeghatározás. Főiskolai jegyzet. 170 old.* EFE FFFK, Székesfehérvár, 1993.