

# **Mérnökgeodézia 11.**

## **Földalatti mérések**

**Ágfalvi, Mihály**

---

## Mérnökgeodézia 11.: Földalatti mérések

Ágfalvi, Mihály

Lektor: Dr. Dede, Károly

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

Ebben a modulban a földalatti mérnöki létesítmények tervezése, építése és üzemeltetése során felmerülő geodéziai feladatok megoldását tárgyaljuk. A földalatti körülmények között végzett geodéziai munkák eszközeit, műszereinek és módszereinek nagy részét korábbi korok bányamérési szakemberei alakították, fejlesztették ki. Ezek azonban nemcsak a bányaterekben, hanem más földalatti munkálatoknál is jól alkalmazhatók. Ebből kiindulva a modulban ezért bányamérési ismeretekkel foglalkozunk. Ezeknek az ismereteknek a birtokában más – természetes vagy mesterségesen kialakított - földalatti terek geodéziai feladatai is sikeresen megoldhatók.

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

---

# Tartalom

11. Földalatti mérések .....	1
1. 11.1 Bevezetés .....	1
2. 11.2 Földalatti létesítményekkel kapcsolatos geodéziai tevékenység általános áttekintése ..	1
3. 11.3 Bányamérés .....	2
3.1. 11.3.1 Bányászati alapfogalmak .....	3
3.2. 11.3.2 Bányüzemek vízszintes alapponthálózatai .....	6
3.2.1. 11.3.2.1 A kapcsolás és tájékozás megoldásának alapesetei .....	7
3.2.2. 11.3.2.2 Tájékozás giróteodolittal .....	8
3.2.3. 11.3.2.3 Az azimut meghatározása .....	12
3.2.4. 11.3.2.4 Tájékozás geometriai úton, az aknafüggélyezés .....	13
3.2.5. 11.3.2.5 A föld alatti vízszintes alapponthálózatok meghatározó mérései .	16
3.3. 11.3.3 Bányüzemek magassági alapponthálózatai .....	20
3.3.1. 11.3.3.1 Szintezés a föld alatti terekben .....	21
3.3.2. 11.3.3.2 Aknamélységmérés .....	22
3.4. 11.3.4 Kitűzések föld alatti térben .....	24
3.5. 11.3.5 Bányaműveletek okozta felszínmozgások mérése .....	26
4. 11.4 Összefoglalás .....	28



---

# 11. fejezet - Földalatti mérések

## 1. 11.1 Bevezetés

A modulban összefoglalt tananyag tanulása előtt ajánljuk, hogy ismétlje át a tantárgy 3., 4., 5. és 10. moduljában írottakat. Amennyiben ez nem lenne elég a modulban foglalt tananyag megértéséhez, forduljon a szerzőhöz.

Ebben a modulban a mélyművelésű bányászattal kapcsolatos geodéziai (bányamérési) feladatokat ismerhetik meg.

Részletesen foglalkozik a modul a földalatti alapponthálózatok (vízszintes és magassági) meghatározásának módszereivel. Hangsúlyosan tárgyalja a modul, a felszíni és földalatti vízszintes alapponthálózatok összekapcsolásának, a földalatti hálózat tájékozásának megoldásait. Alapos ismereteket szerezhetnek a giróteodolitokkal végzett azimut meghatározás, a kapcsolóháromszög meghatározásáról. Megismerik a föld alatt végzett sokszögelés a felszíni mérésektől eltérő sajátosságait.

A magasságmérések tárgyalásakor megismerik a földalatti magassági hálózat létrehozásának módszereit, a felszíni és a földalatti hálózat kapcsolását szolgáló aknamélységmérést.

A befejező részekben megismerik a földalatti kitűzési feladatokat, és a bányaműveletek okozta felszínmozgások meghatározásának módszereit.

A modul tananyagának elsajátítása után képesek lesznek:

- a geológiai-geofizikai kutatásokat támogató geodéziai mérések végrehajtására,
- a bányanyitások időszakában szükséges bányamérési feladatok elvégzésére,
- a felszíni és földalatti vízszintes és magassági hálózatok meghatározására, azok kapcsoló és tájékozó méréseinek végrehajtására,
- a földalatti terekben szükséges kitűzések és ellenőrző mérések végrehajtására,
- a bányaműveletek okozta felszínmozgások mérésre és kiértékelésére.

## 2. 11.2 Földalatti létesítményekkel kapcsolatos geodéziai tevékenység általános áttekintése

Régi korok fennmaradt emlékei alapján tudjuk, hogy e korok embere is épített már földalatti létesítményeket. E létesítmények már ekkor is, hasonlóan a mai korhoz, a legkülönbözőbb célok (bányászat, szállítás, közlekedés, védelem stb.) szolgálták. Az egyik legrégebbi – mintegy 3400 éves – emlék a núbiai Bekhen hegység aranybányáinak helyszínrajza.

De más, jellegzetes földalatti építmények emlékei is maradtak ránk. Az időszámításunk előtti VI. századból ismerjük a Szamoszi Eupalinos vízvezető tárolójának munkálatait. Az alagút kihajtása két irányból történt, így az első áttérési mérés is hozzá kapcsolható. A legrégebbinek tartott közúti alagutat a rómaiak készítették mintegy 2000 évvel ezelőtt Nápoly és Pozzuoli között.

Az újabb korban, a XVIII. században lendült fel újra az alagútépítés a nyugat-európai csatornahálózatok létrehozásakor. A XIX. században a nagy vasútépítések, míg a XX. században a közúti közlekedés gyors fejlődése teszi szükségessé az alagútépítést.

A modern városok jellegzetes építményei a földalatti vasutak. Az első a XIX. században, a hihetetlenül gyorsan fejlődő Londonban épült meg. A város közlekedési problémáit megoldandó, 1830-ban merült fel a földalatti vasútépítés gondolata. Több előkészület után 1860-ban kezdtek hozzá a metró (**Metropolitan Railway**) építéséhez és 1863-ban helyezték üzembe az első szakaszát a Paddington vasútállomás és a Farrington Street között. London után, elsőként az európai kontinensen, a millenniumi kiállításra készült el Budapesten a Sugárút

(ma Andrásy út) alatt haladó földalatti (kéregvasút. 1896. április 11-én adták át, és a belváros és a Városliget közötti kapcsolatot teremtette meg.

E rövid kis történelmi kitérő után először rendszerezzük a földalatti létesítményeket:

- bányászathoz (elsősorban mélyművelésű bányákhoz) tartozó létesítmények,
- alagutak (közúti, vasúti, közmű stb.),
- földalatti tömbszerűen kiépített létesítmények (üzemek, raktárak, óvóhelyek, védelmi építmények stb.),
- barlangok, üregek (természetes úton kialakult földalatti terek).

A felsorolt földalatti létesítmények tervezésével, építésével, üzemeltetésével kapcsolatos geodéziai munkák technológiájukban, módszereikben alapvetően megegyeznek. Ezek a módszerek, technológiák hosszú évszázadokon keresztül elsősorban a mélyművelésű bányák geodéziai munkálatait segítő ún. **bányamérés** fejlődése során alakultak ki, ezért a modul tananyagát túlnyomórészt ez a témakör adja. Bár a klasszikus mélyművelésű bányászat világszerte visszaszorulóban van, mégis érdemes a bányamérés módszereit, műszereit, eljárásait megismerni, mert csak azok birtokában tudjuk az egyéb földalatti létesítmények megvalósításakor jelentkező feladatokat is megoldani.

A bányamérés három jól elkülönülő időszakban segíti a bányászati tevékenységet:

- geológiai és geofizikai kutatások,
- bányanyitás,
- bányauzem működtetése.

A geológiai-geofizikai kutatások a bányászatban a művealó érc- és ásványtelepek feltárását, egyéb építményeknél a talajmechanikai viszonyok felmérését jelentik. A kapcsolódó geodéziai munkákat (alappontsűrítés, fűrőlyukak, kutatóaknáknak kitézése, bemérése stb.) szinte kizárólag a felszínen végzik. A terepi munkákat, majd az ezt követő adatfeldolgozást a geodézia eddig megtanult eszközeivel, módszereivel kell elvégezni.

A bányanyitás időszakában (vagy a földalatti tér kialakításának kezdetén) először az üzemi tervezéshez, majd az azt követő kitézéshez szükséges vízszintes- és magassági alappontok meghatározása, térképek, térképszerű tervek (pl. tervezési térkép, lásd MGE 2 modul 2.2.1 fejezet) elkészítése. Ezt követi a nyitó bányaterek (aknák, főfeltáró vágatok), üzemi terek, majd a felszíni műtárgyak (aknatorony, akna udvari épületek, üzemi utak stb.) kitézése. A geodéziai tevékenység részben áttevődik a földalatti terekre, és a földalatti mérésekben már sajátos, a földfelszíni mérési módszerektől eltérő, a bányamérésben kialakult megoldásokat, speciális mérőeszközöket alkalmazunk.

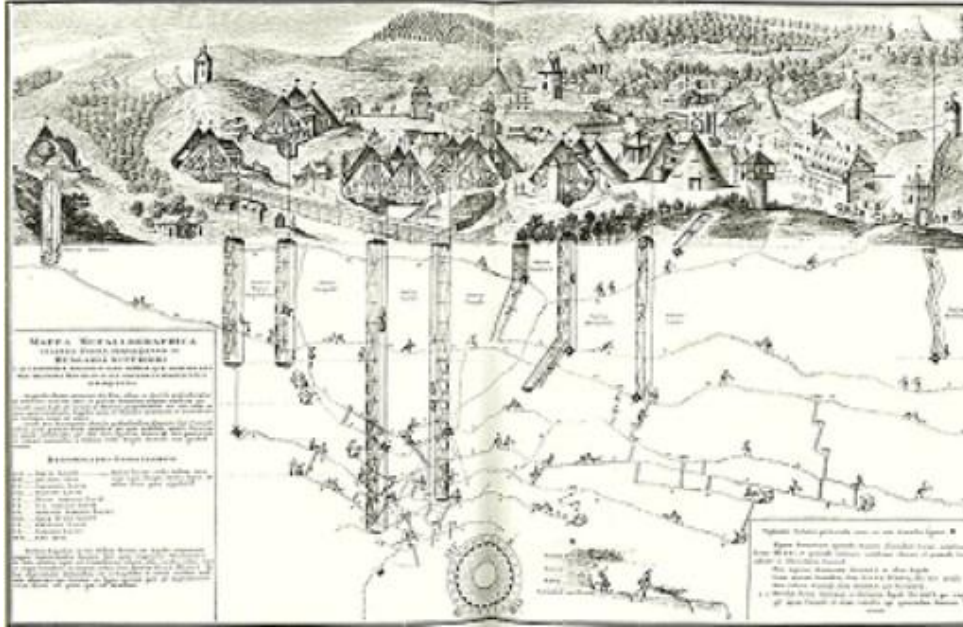
A bányauzem (a földalatti építmény) létesítésekor, működtetésekor, főleg a bányaterekben sokirányú és folyamatos a geodéziai tevékenység. Az alapponthálózatok létrehozása, sűrítése, karbantartása a bányaterekkel megbontott egyensúlyú környezetben, ahol – szemben az egyéb földalatti létesítményekkel - a terek kiépítése és biztosítása csak ideiglenes, ismétlődő munkákat jelent. Bányaterekben a művelést irányító kitézések, a kitermelt hasznos és meddő anyagok mennyiségének meghatározása mellett folyamatosan nyomon kell követni – az ún. konvergencia mérésekkel – a kőzetnyomás következtében deformálódó földalatti vágatok állapotát. Általános, és gyakori feladat mesterségesen kialakított földalatti terek (főleg bányák és földalatti alagutak) kialakításakor és üzemeltetésekor a fölöttük lévő terepfelszín, a felszínen levő létesítmények esetleges mozgásának vizsgálata. Bányaműveléskor a bányamérők rendszeres feladatát jelenti a termeléssel kapcsolatos térképek szerkesztése mellett a bányakárok felmérése, a védőpillérek kitézése; feltárási, bányaművelési tervek elkészítéséhez az adatszolgáltatás stb. E feladatok megoldása a hagyományos geodéziai módszerek mellett speciális ismereteket és gyakorlatot igényel.

### 3. 11.3 Bányamérés

A modul következő részében a bányamérés feladatai közül csak néhány – elsősorban a mélyművelésű bányák nyitásával, a feltárással és az üzemeléssel kapcsolatos – geodéziai feladatot tárgyalunk.

A bányászattal kapcsolatos mérések nagyon régi keletűek. A bányamérés kezdeti feladatai közül elsőrendű volt a bányahatár kitűzés. A korai, ún. törpebányászat idején a határvillongások igen gyakoriak voltak, így a mérési munkák nagy részét a határmegállapítás képezte <sup>1</sup>.

Hazánkban szintén évszázados múltra tekint vissza e tevékenység. Feladatait a kezdetektől törvényes rendelkezések szabályozták. Az első *IV. Béla* királyunk idejéből származó példa az 1250 körüli nevezetes **Selmeci bányatörvény**.



11-1. ábra A selmeci bányászat ábrázolása (Marsigli 1726)

Ez külön előírja mi módon történjék határviszály esetén a bányahatár megállapítása. Ebben már szögmértékről, külszíni és földalatti mérésekről van szó. *I. Miksa* császár 1573. évi bányarendtartása már külön bányamérőkről intézkedik, és őket esküt tett hites császári hivatalnokokká teszi.

Jelenleg a bányamérésre jogosultak tevékenységét a **hites bányamérőről** szóló 12/2010. (III.4.) KHEM rendelet szabályozza.

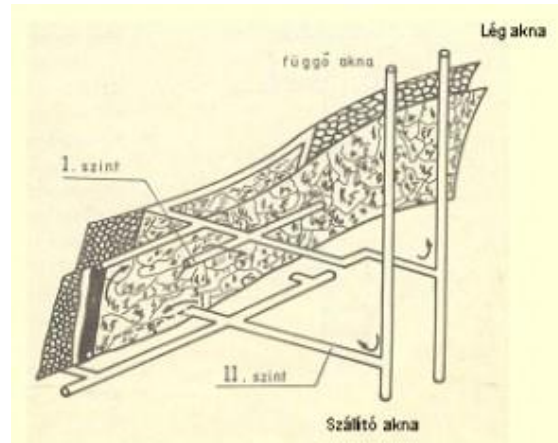
A bányamérés feladatainak, megoldásának bemutatása előtt célszerű megismerkedni azzal a környezettel, ahol ez a tevékenység folyik.

### 3.1. 11.3.1 Bányászati alapfogalmak

**Külfejtéssel** azokat a műrevaló érc- vagy ásványtelepeket termelik ki, amelyek a felszín közelében települtek, s az azokat takaró meddő rétegek eltávolítása után gazdaságosan a felszínre hozhatók. A termelés nyílt „munkagödörben” folyik, ennél fogva a bányamérés a hagyományos geodézia megoldásait, eszközeit alkalmazza. Ezért csak a fejezet végén fogunk néhány, speciálisan a külfejtéshez kapcsolható bányamérési témát áttekinteni.

**Mély művelés** alkalmazásakor az ásványtelepülést különböző helyzetű, és rendeltetésű bányaterekkel kell a hasznos anyagot takaró meddő rétegeken át elérni. Azokat a tereket, amelyek a külszín és a telep közti összeköttetést megteremtik **főfeltáró bányatereknek** hívjuk. Ide tartoznak az aknák, a tárók, a szintes főkeresztvágatok.

<sup>1</sup>A német szaknyelvben ezt a tevékenységet a bányamérés és annak művelői a nevükben is őrzik a „das Markscheidewesen“ ill. a „der Markscheider“ alakokban.

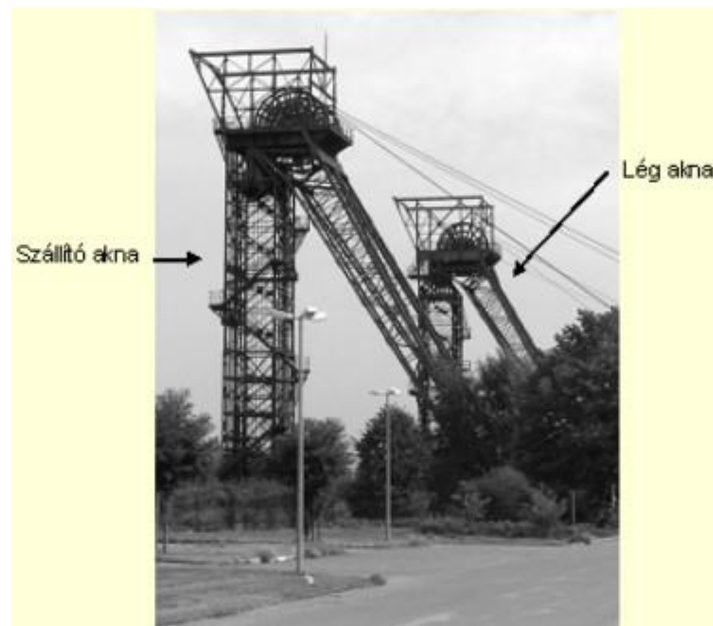


11-2. ábra Főfeltáró bányaterek

Minden bányaegységnek (aknamezőnek) előírászerűen legalább két felszínre kivezető nyílása van. Az egyik a szállítás (anyag-, és személyszállítás) céljait is szolgálja. A másikat elsősorban a belső terek levegővel való ellátása céljából mélyítik. Az aknákat telepíthetik centrikusan és átlósan (az aknamező két szélén). A két akna együttesen teszi lehetővé, hogy az aknamező minden része ellátható legyen friss levegővel. Rendeltetésüknek megfelelően ezeket **szállító**, és **légaknának** nevezik. Ha különböző vezetékek, csövek vagy egyéb szerelvények elhelyezésére szolgálnak, akkor **műaknának** is nevezik.

Térbeli helyzetük szerint a nyitóterek lehetnek **függőleges aknák** (ha a felszínre nincs kifutásuk, akkor **vakaknák**), a vízszinteshez szög alatt hajlók a **lejtős aknák**, a felszínről vízszintesen indulók a **tárók** vagy **tárnák**.

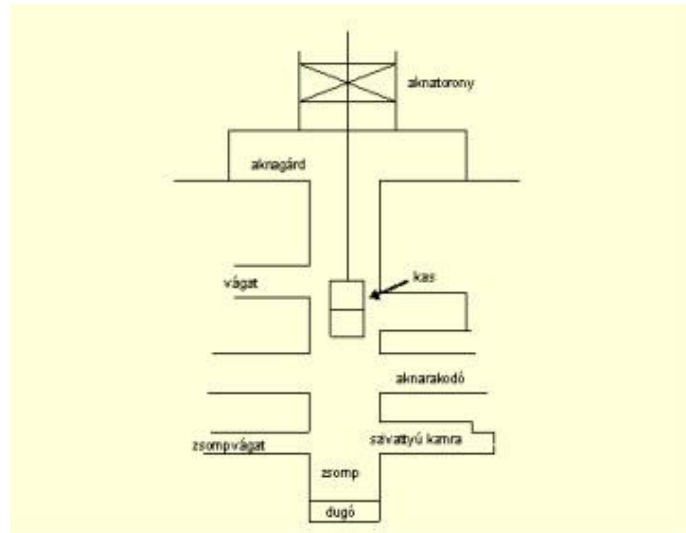
Az aknaüzemet kiszolgáló szállítóberendezés (**kas**, **szkip**, **bödön**) mozgatására, vezetésére az aknatornyok szolgálnak.



11-3. ábra Centrikusan elhelyezett aknatornyok

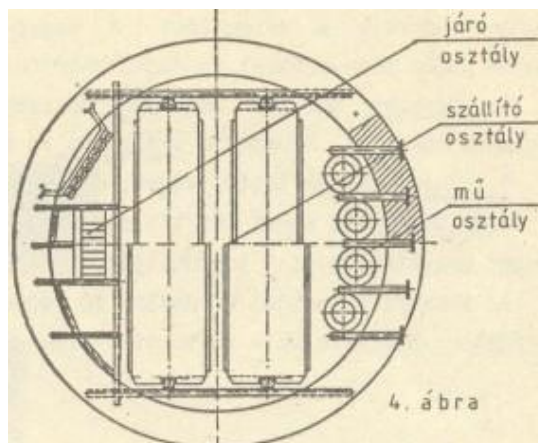
A bányamérés szempontjából fontos terek megismerése céljából nézzük meg a függőakna hosszanti metszetét (11.4 ábra) és keresztmetszetét (11.5 ábra).





11-4. ábra Függőakna metszete

Az **aknagárd**, ill. az **akna rakodó** a felszíni és a földalatti vízszintes- és magassági alapponthálózatok összekapcsolását szolgáló mérések (kapcsoló-, és tájékozó mérések, aknamélységmérés stb.) fontos szinterei. Ugyanakkor mindkét tér aktív helyszíne az üzemi munkáknak. Az állandó forgalom, terhek ki- és berakodása és a személyforgalom miatt a pontosabb mérések gyakran csak üzemidőn kívül (munkaszüneti napok, a fenntartás ideje) hajthatók végre. Mindkét tér a nagyszelvényű bányaterek közé tartozik, így kissé nagyobb helyet nyújtanak a mérések elrendezése szempontjából, mint a következőkben ismertetésre kerülő egyéb bányaterek. Az aknarakodó egyben a mező  $\pm 0$  szintje.



11-5. ábra Függőakna keresztmetszete

Az aknán belül a **szállító osztály** alkalmas egyedül az előbb már ismertetett bányamérési feladatok végrehajtására. Ezért a mérések csak gondos technikai-szervezési előkészületek után végezhetők el.

Az aknák, tárók rendszerint egy-egy pontban ütik meg a telepeket. A művelés előkészítése érdekében ezért ezeknek a tereknek geológiailag kedvező pontjából elindulva elővájással, szintes (közel vízszintes helyzetű) tereket (folyosókat) építenek ki. Ezek **szintekre** osztják a telepet. A főfeltáró bányaterek csak megközelítik (körülveszik) a művelő ásványi telepeket. A művelés megindításához az ezekből kiinduló további, különböző térbeli helyzetű **vágatok** kiépítése szükséges, hogy elérjük a telepeket. A teljes vágatrendszer kihajtása jelenti az **aknamező feltárását**, s teszi lehetővé a különböző – termelő - munkahelyek telepítését. Ezeket a tereket szilárd biztosítással építik ki, mert élettartamukat az aknamező felhagyásáig biztosítani kell.

A mezőfeltáró vágatrendszer különböző részei, a telep geológiai viszonyaitól függően, követik a települést. A vágatrendszer egyes elemeit helyzetük, rendeltetésük alapján külön elnevezéssel is megkülönböztetjük egymástól.

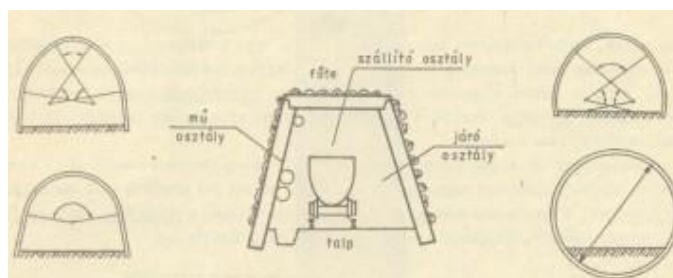
**Osztóvágatok** a két szint között kihajtott szintes vagy közel szintes, kisszelvényű vágatok. Élettartamuk általában rövid. Rendeltetésük: szállítás, közlekedés, légvezetés. Az osztóvágatok gurítókból, siklókból, feltörésekből vagy ereszkékből indulnak ki.

A **feltörések, gurítók** két vágat között kiépített, közel függőleges, rövid élettartamú bányaterek. Az anyagmozgatás gravitációs úton történik bennük

A **sikló** lejtős vágat, amelyet alulról felfelé hajtanak ki. Benne a szállítás ellenkező irányban történik különböző speciális eszközökkel (féművekkkel).

Az **ereszke** szintén lejtős vágat, de felülről lefelé hajtják ki. A szállítás alulról felfelé történik sínpályán. Kis dőlésnél szalag-, vagy láncos csúszda-szállítást alkalmazhatnak.

Az aknákhöz hasonlóan a vágatok fő rendeltetésük szerint lehetnek **szállító- és szellőző (lég) vágatok**. Szerkezetük – változatos alakjuk ellenére - azonos.



11-6. ábra Földalatti vágatok szerkezete

A vágat felső része a **főte**, az alsó a **talp**. Az alappontokat általában a főtében állandósítjuk, mert itt a legjobban védettek az elpusztulás vagy a rongálódás ellen. Kivételesen a vágatok oldalfalában vagy esetleg a talpon is elhelyezhetünk pontokat. A **műosztályban** haladnak a vezetékek (víz, villany, sűrített levegő stb.), a **szállítóosztályban** a szállítóberendezések (csillevasút, szállítószalag, függőpályás vasút stb.). A **járóosztály** a gyalogos közlekedésre szolgál, s mivel ez az egyetlen szabad hely a vágaton belül, ez a mérések gyakori szintere.

A föld alatt kialakított bányaterek, a megbontott egyensúlyi helyzet következtében nagy kőzetnyomás alatt állnak. A kőzetomlás elleni védekezésül különböző módon biztosítják a bányatereket. A biztosítás módja (anyaga) a geológiai viszonyokon túl attól is függ, milyen hosszú ideig kívánják fenntartani az egyes vágatokat. A főfeltáró vágatok több éven át is kiszolgálják az aknamezőt, ezért biztosításuk szilárdabb (betonidomkő falazás, acélgyűrű, kőzetcsavar, torkret beton stb.) Más vágatokban ezek mellett alkalmaznak fa, téglá, vas biztosítást. A biztosítások anyagának ismerete fontos az alappontok állandósításának megválasztásakor.

### 3.2. 11.3.2 Bányüzemek vízszintes alapponthálózatai

A bányüzem fő működési területe a föld alatt van, létesítményeinek nagy része a föld alatt épül ki. Kitűzésük, kialakításuk mégis a felszínről indul ki, így a vízszintes alapponthálózat csak több fokozatban építhető ki:

- felszíni alapponthálózat létrehozása,
- a felszíni és a földalatti tér kapcsolatának megteremtése kapcsoló és tájékozó mérésekkel,
- a földalatti alapponthálózat létrehozása.

A **felszíni alapponthálózat** tervezése és meghatározása teljesen hasonló módon történik, mint ahogy azt az MGE 3 modulban megtanultuk. Az ott megismert általános elveken túl a bányamérésben a következőkre kell még tekintettel lenni.

A felszín és vele együtt az alapponthálózat – a bányaművelés hatására – állandó mozgásban van. Ez azt eredményezi, hogy a felszíni hálózat pontjainak mozdulatlanságát időnként ellenőrizni kell, és ha szükséges meg kell újra határozni a pontok koordinátáit.

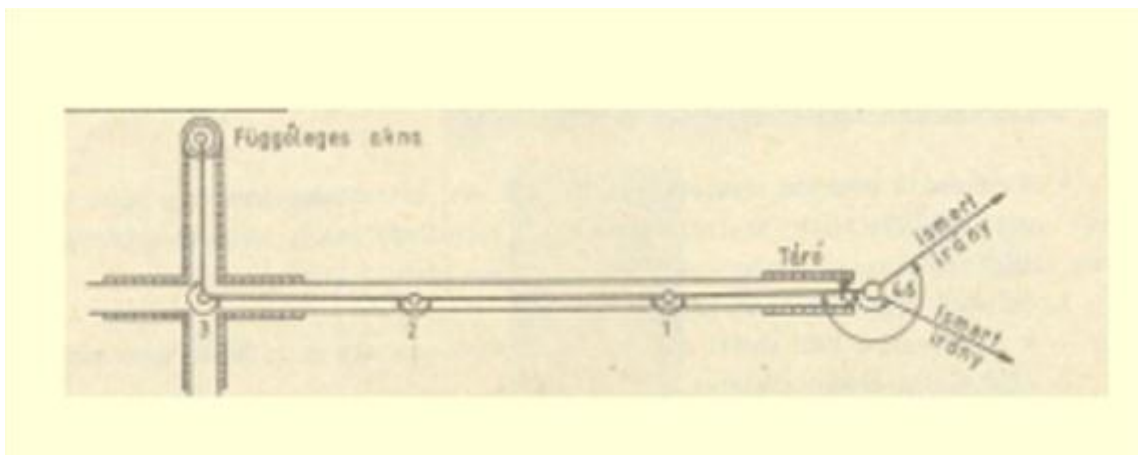
A hálózatot úgy kell megtervezni, hogy a bányá nyitópontjai mellett legyenek alappontok, amelyekről az aknák (tárók) és tengelyeik könnyen kitűzhetők, s a továbbiakban a kapcsoló és tájékozó mérésekhez is célszerűen felhasználhatók legyenek

A **kapcsoló és tájékozó mérések** feladata és célja, hogy a földalatti alapponthálózatot a felszíni alapponthálózat koordinátarendszerében határozzuk meg. Ez lehetővé teszi, hogy a földalatti mérések számítása, és a térképezés a külszíni rendszerben legyen elvégezhető. Enélkül nincs biztonságos bányaművelés és bányamentés (emlékezzünk a chilei bányaszerencsétlenségre és a mentés sikerességére).

### 3.2.1. 11.3.2.1 A kapcsolás és tájékozás megoldásának alapesetei

A **kapcsoláskor** egy földalatti pont (vagy pontok) koordinátáit, a **tájékozáskor** pedig e pontból kiinduló irányok irányszögét határozzuk meg a felszíni koordináta rendszerben. Attól függően, hogy a bányatér miképp kapcsolódik a felszínhez, lehet a két feladatot együtt és elválasztva megoldani.

Lejtős aknában vagy táróban a felszínen tájékozott és a felszínről továbbvezetett sokszögvonallal egyidőben végezhető el a két művelet.

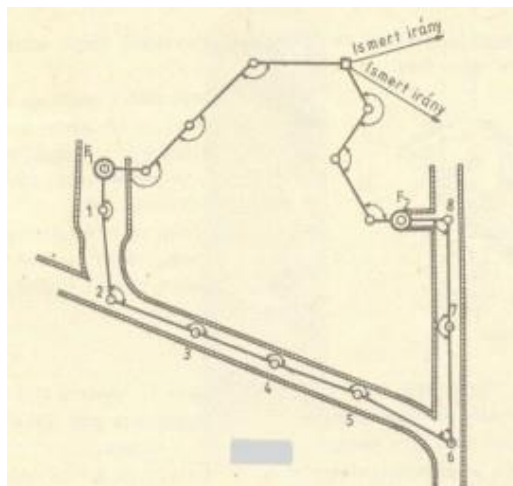


11-7. ábra Egyszeresen tájékozott és kétszeresen kapcsolt sokszögvonallal végzett kapcsoló és tájékozó mérés

A sokszögvonal lehet szabad vonal (az aknamező kiépítése időszakában egy nyitó pont esetében), vagy az 11-7. ábrának megfelelően egy újonnan épült akna estében kétszeresen kapcsolt is. A szabad vonal lehet egyszeresen tájékozott és kétszeresen tájékozott (lásd következő fejezetet) is.

Függőleges aknában a két műveletet el kell választani. Első lépésben mechanikai, vagy optikai úton **vetítünk** egy (vagy két) olyan pontot, amelynek a felszínen meghatároztuk a koordinátáit. Ez a **kapcsolás művelete**. Viszonylag nehézség nélkül elvégezhető (lásd még MGE 5 modul 5.4.3 fejezet) a kellő pontossággal.

A vetítés végrehajtása után a **tájékozás műveletét** attól függően végezhetjük el, milyen az üzem kiépítettsége. Két függőleges akna megépítése után a tájékozást beillesztett sokszögvonallal is megoldhatjuk.



11-8. ábra Tájékozás beillesztett sokszögvonallal

A bányanyitás kezdetén egy függőleges akna épül ki. Ekkor a tájékozást elvégezhetjük:

- fizikai elven,
- geometriai elven.

A fizikai elvű tájékozás történhet giróteodolittal vagy a Föld mágneses erőterét felhasználó eszközzel.

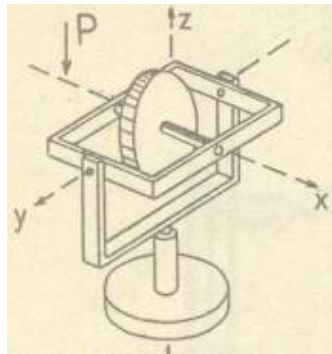
### 3.2.2. 11.3.2.2 Tájékozás giróteodolittal

A giroszkópot (pörgettyűt) használó műszerek geodéziai célokra való alkalmazását sok próbálkozás előzte meg. A fejlesztés különösen akkor került előtérbe, amikor a bányászatban a vágatok biztosítására egyre gyakrabban használtak acélbiztosítást. A mágneses elven működő műszerek ennek következtében korlátozottan voltak használhatók.

Pedig a pörgettyűt évezredek óta ismeri az ember. A kínaiak játékszerként már használták. Az első műszaki alkalmazásra mégis csak 1774-ben került sor, amikor az angol *Serson* navigációs célra elkészíti az első „mesterséges horizontot”. *Foucault* munkássága alapján már tudták a korabeli szakemberek, hogy iránymutatás céljára is használható az eszköz, hisz 1852-ben publikált művében ismerteti a pörgettyű máig is érvényes három alapvető kialakítási módját:

- erőmentes (szabad),
- inklinációs,
- deklinációs pörgettyű.

Az erőmentes pörgettyű



11-9. ábra Az erőmentes (3 szabadságfokú) pörgettyű

egy nagy sebességgel forgó, kardanikus felfüggesztésű merev test. A forgó rész (a rotor) forgástengelye (főtengely,  $x$  tengely) a tér minden irányában el tud fordulni (3 szabadságfok). Az iránymeghatározás szempontjából két fontos tulajdonsága van.

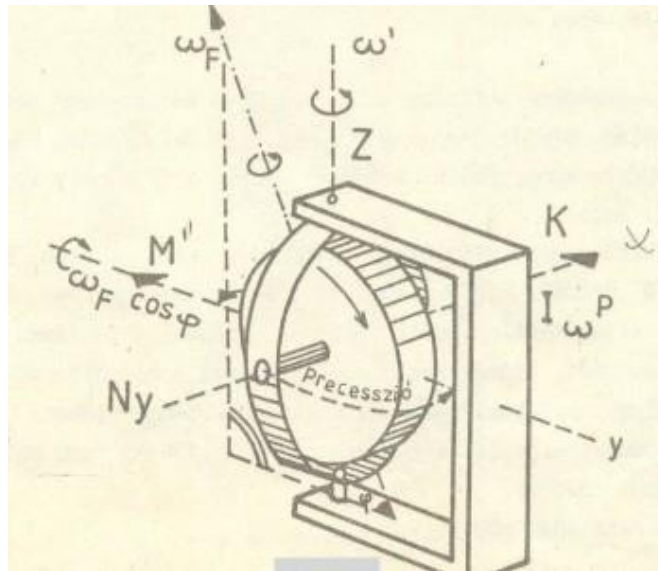
Ha a rotor nagy fordulatszámmal forog, akkor a forgástengely igyekszik megőrizni kezdő, térbeli irányát. Ez a **giroszkópikus effektus**.

Ha a főtengelyre erő hat (lásd 11-9. ábra,  $P$  erő), akkor a főtengely a hatóerő irányra merőleges síkban mozgásba kezd. Ez a **precesszió** jelensége. Tájékozás céljára az erőmentes pörgettyű nem alkalmas, hisz a Föld forgása következtében a giroszkópikus effektus miatt a főtengely a földi irányokhoz viszonyított helyzete állandóan változik. Lásd 11-10. ábra



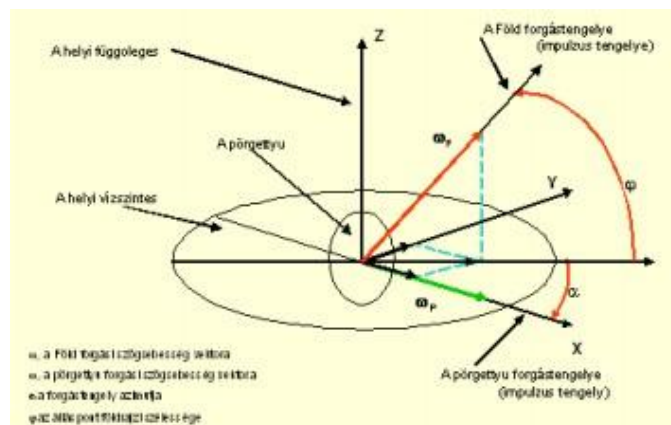
11-10. ábra A három szabadságfokú pörgettyű a Föld erőterében

Legyen a kezdő helyzetben (1) a forgástengely a helyi meridián síkban. A Föld elfordulása után a 2. helyzetben a meridiánhoz viszonyított helyzete már lényegesen megváltozott. Iránymeghatározásra (tájékozásra) a pörgettyű csak akkor használható, ha korlátozzuk szabadságfokában. Foucault két lehetőséget jelölt meg. Attól függően, hogy melyik tengely körül korlátozzuk a mozgását, végezhet precessziós mozgást a helyi meridiánban (**inklinációs pörgettyű**), vagy a helyi horizontban (**deklinációs pörgettyű**). Az erőhatás a **Föld forgási szögsebességéből** származik. Az inklinációs pörgettyűvel az álláspont földrajzi szélessége, a deklinációs pörgettyűvel az álláspontból kiinduló irány azimutja határozható meg. Bányamérési (geodéziai) szempontból az utóbbinak van jelentősége, mert ezzel a csillagászati északi irány határozható meg.



11-11. ábra Deklinációs pörgettyű

Korlátozzuk a helyi horizontban fekvő forgástengelyre merőleges y tengely körüli forgást.

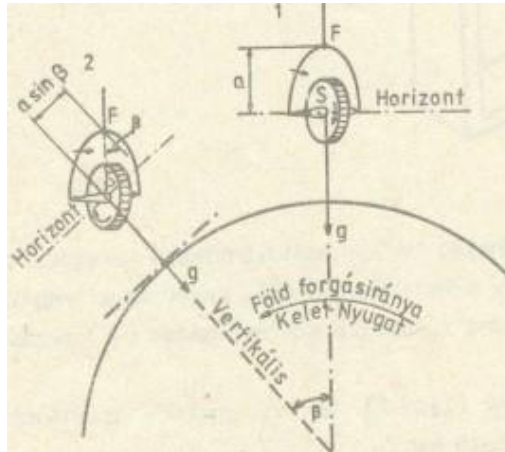


11-12. ábra Az irányító nyomaték keletkezése

Ekkor az  $y$  tengelyben egy olyan forgatónyomaték ébred, amely a forgástengelyt a meridián körüli precesszióra kényszeríti (lásd még 11-11. ábra). Ennek az erőnek a neve visszatérítő- vagy irányító nyomaték. Értéke:

$$M = I\omega_F \cos\phi \sin\alpha$$

ahol:  $I$  a rotor impulzusnyomatéka,  $\omega_F$  a Föld forgási szögsebesség vektora,  $\phi$  az álláspont földrajzi szélessége,  $\alpha$  a forgástengely pillanatnyi azimutja. A geodéziai mérések céljára megfelelő pontosságú két szabadságfokú giroszkóp építése bonyolult finommechanikai feladat, ezért a giróteodolitok pörgettyús része ingás felfüggesztésű.



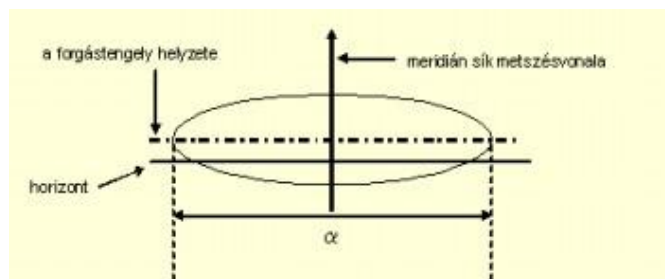
11-13. ábra Inganyomaték keletkezése

A súlypontja fölött felfüggesztett pörgettyű forgástengelyét, ha az nem a horizontban van, akkor az ún. **inganyomaték** kényszeríti vízszintes helyzetbe. Értéke:

$$M = m g a \sin\beta$$

Ahol  $m$  a rotor tömege,  $g$  a nehézségi gyorsulás értéke,  $a$  az ingahossz (metacentrikus magasság),  $\beta$  az elfordulás szöge.

A két nyomaték hatására változó irányú és nagyságú erő jön létre. Ez a főtenget - a meridián síkjával egybeeső egyensúlyi helyzetéhez képest - csillapítottan harmonikus lengőmozgásra kényszeríti. A lengés közben a főtenget vége, egy lapos elliptikus pályát ír le.



11-14. ábra A forgástengely pályája

A főtenget egy kicsit kiemelkedik a horizontból, mert az  $y$  tengely körül egy kicsit forogni tud. Az ellipszis kistengelye elméletileg a meridián síkjában van. Ebben a helyzetben az irányító nyomaték 0 értékű (hisz  $\alpha$  ekkor  $0^\circ$ , így  $\sin\alpha = 0$ ), míg maximuma a nagytengely végén van. Ezek forduló pontokat (reverziós pontokat) jelentenek. E pontokban a tengely mozgása egy pillanatra leáll, majd az eddigi mozgásával ellenkező irányú mozgásba kezd. Ha megfigyeljük ezt a mozgást, akkor számítással megállapítható a meridiánnak (a csillagászati északnak) megfelelő egyensúlyi helyzet.

A mozgáspálya megfigyelésre két technika (észlelési mód) alakult ki:

- lengéskövetés módszere,

- átmeneti idő mérésének módszere.

Az első módszernél a visszafordulás helyén, a reverziós pontban végzünk észlelést, miközben követjük (manuálisan, vagy automatikusan) a lengőrész mozgását több perióduson át. A második módszernél a lengőrésznek egy meghatározott pályaszakaszon való áthaladási időpontját mérjük, s a lengéspálya adatai alapján számítjuk a meridiánnak megfelelő helyzetet. A mozgást végző tengely T lengésideje:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mga\omega_F \cos\varphi}}$$

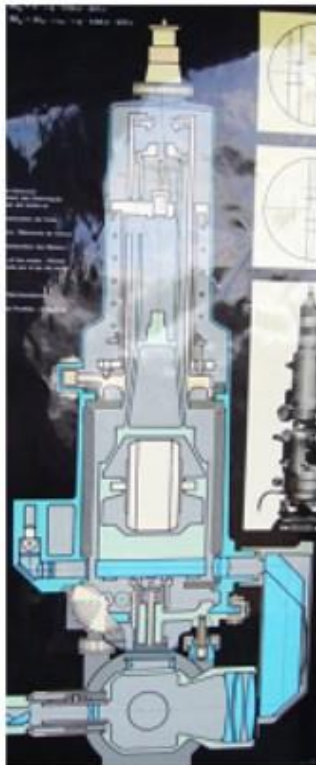
Az egyes paraméterek már ismertek az előző részekből.

A feladat tehát egy olyan műszert szerkeszteni, amellyel a giroszkóp forgástengelyének a mozgása követhető. E műszerek a gíróteodolitok. Szerkezeti felépítésük szerint két alapvető típusuk van:

- gíróteodolit,
- rátétgiroszkóp.

A gíróteodolit műszerben a pörgettyűs egység (az iránymutató rész) a teodolit (az iránymérő rész) alatt van. A műszertalp, és a műszerállvány robusztus és eltérő szerkezetű a hagyományos műszerekétől. A két egység funkcionálisan összetartozik, szemben a rátétgiroszkópokkal, ahol a pörgettyűs egység a teodolitra (újabb fejlesztésekben mérőállomásra) kerül. Az iránymérő rész általában csak kis szerkezeti módosítással tér el a klasszikus műszerektől, ezért ezek önállóan is használhatók.

A gíróteodolitok fejlesztése terén a múlt század középső évtizedeiben (1960-tól) a Magyar Optikai Művek (MOM) világsikereket ért el mindkét műszertípusban. Ausztráliától Kanadán át Dél-Amerikáig az egész világon ismertek voltak műszereik és eredménnyel alkalmazták ezeket.



11-15. ábra A MOM Gi-C1 rátétgiroszkópja

A műszerfejlesztések a GNSS technika korában sem álltak le, hiszen a földalatti terek sajátos viszonyai között a gíróteodolitokat más technika nem tudja kiváltani. Ma már azonban a fejlesztésekkel csak kevesen foglalkoznak. Közülük legismertebb a DMT (Deutsche Montan Technologie) által fejlesztett, és jelenleg a világ legkorszerűbb műszertípusát jelentő Gyromat.



11-16. ábra A Gyromat 3000 típusjelű giróteodolit

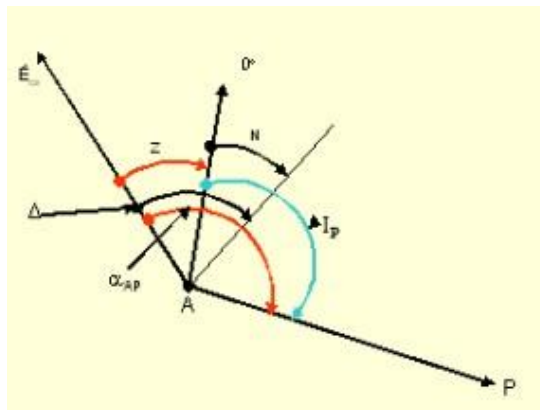
A műszer típusjele is utal arra, hogy a korábbi műszerek kissé nehézkes mérés technikáját felváltotta ebben a műszer kategóriában is a manualitást szinte kiküszöbölő észlelés.

### 3.2.3. 11.3.2.3 Az azimut meghatározása

Amint azt az előző fejezetből láttuk a pörgettyűvel felszerelt műszerekkel lehetőség van a csillagászati északi irány meghatározására. A műszerekkel való mérést, a modul terjedelmi okai miatt, miatt mellőzzük. A mérési technikája a kari könyvtárban megvásárolható, *dr. Busics György* által szerkesztett, Geodéziai mérési praktikumból tanulható meg.

A most következő részt a javasolt irodalommal együtt kell tanulni.

A 11-17. ábra mutatja az azimut meghatározásának módját. A girós mérések alapján rendelkezésünkre állnak a P pontra menő  $I_P$  irányérték és a csillagászati északi irány értéke  $N$ . Ismert továbbá a műszerállandó értéke  $\Delta$ . Ezek ismeretében számítható a P pontra menő bányabeli iránynak a csillagászati északi iránnyal bezárt szöge az azimut, amit egyezményesen  $\alpha$ -val jelölünk.



11-17. ábra Az azimut meghatározása

Ezekből:

A pontok koordinátáinak számításához azonban tájékozott irányértékre van szükségünk. Ennek érdekében számítani kell a csillagászati északi irány és a hálózati északi irány egymással bezárt szögét a vetületi meridián konvergenciát. A vetületi meridián konvergencia, melyet egységesen  $\mu$ -vel jelölünk, értéke számítható:

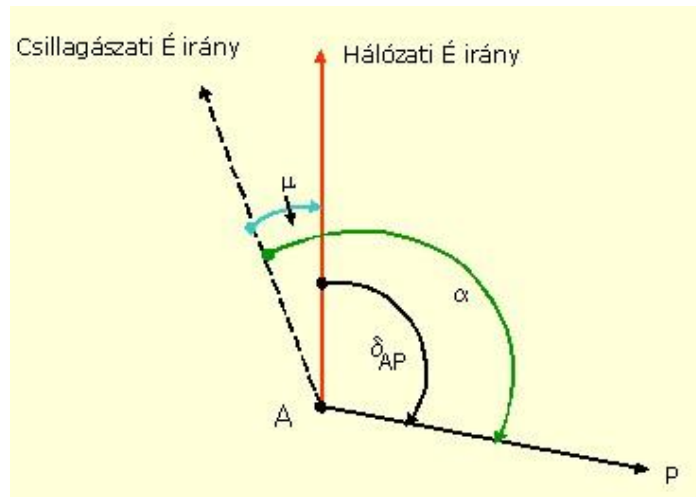
- földrajzi koordinátákból,
- síkkoordinátákból,
- megtalálható a területet ábrázoló topográfiai térkép kereten kívüli névrajzában.



A számítás végrehajtásához különböző szakirodalmakban hozzáférhető képletek találhatók. Egy megoldást EOVB-ben adott síkkoordináták ismeretében mellékelünk:

$$\operatorname{tg} \mu_0 = \frac{\sin\left(\frac{y_a}{Rm_0}\right) \cosh\left(\frac{x_a}{Rm_0}\right)}{\operatorname{ctg} \varphi_0 - \cos\left(\frac{y_a}{Rm_0}\right) \sinh\left(\frac{x_a}{Rm_0}\right)}$$

A meridián konvergencia számítása után:



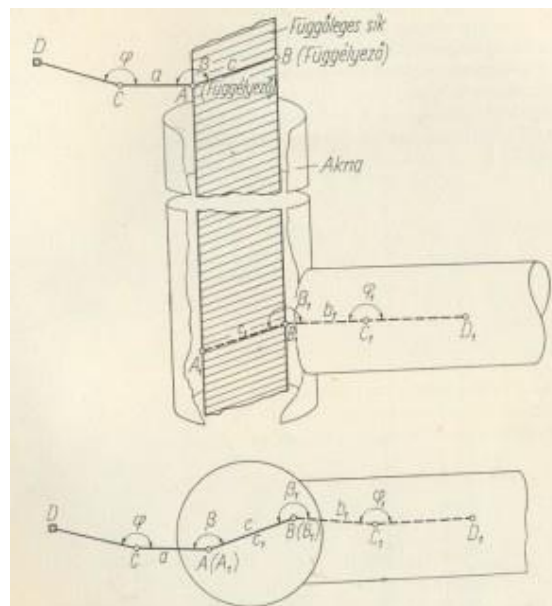
11-18. ábra A tájékozott irányérték számítása

$$\delta_{AP} = \alpha_{AP} \pm \mu$$

a  $\delta_{AP}$  tájékozott irányérték is számítható, és ennek ismeretében P pont koordinátája az A pontról szintén számítható. A giróteodolitos tájékozás a földalatti hálózat bármely alappontján elvégezhető.

### 3.2.4. 11.3.2.4 Tájékozás geometriai úton, az aknafüggélyezés

A geometriai tájékozás - az aknafüggélyezés - lényege, hogy a függőleges aknában elhelyezett két függővel (11-19. ábra A és B pontok) egy függőleges síkot (függélyezési síkot) tűzünk ki, amelynek iránya a felszíni és a földalatti alapponthálózathoz egyaránt csatlakozik.



## 11-19. ábra A geometriai tájékozás elve

Attól függően, hogy a csatlakozáshoz (a tájékozás számításához) szükséges az A felszíni kapcsolóponton  $\beta$  és a  $B_1$  földalatti kapcsolóponton a  $\beta_1$  mérhető-e vagy sem, beszélhetünk:

- centrikus,
- excentrikus aknafüggélyezésről.

Az estek többségében, az aknabeli körülmények miatt, egyik pont sem alkalmas műszerállás létesítésére. Ezért a kapcsoló szögeket számítással határozzuk meg az ún. kapcsoló idomok (rendszerint ez háromszög) segítségével. A függélyezés ezért excentrikus. Súllyal terhelt acéldrótokat használunk a vetítéshez, emiatt a módszert mechanikai aknafüggélyezésnek is hívják. Munkamozzanatai leegyszerűsítve:

- vetítés a függőkkel,
- a függők nyugalmi helyzetének meghatározása,
- a kapcsoló idomok mérése és számítása.

**Vetítés függőkkel**

A művelet során két vagy több felszíni pontot vetítünk az aknán keresztül (akár több száz méter mélyre) a föld alá. A függő egy nagy szakító szilárdságú vékony acélhuzal, amit egy feszítő súllyal terhelünk. Ha a feszítő súly megfelelő, akkor a függélyező drót nyugalmi helyzetében függőleges, így a kérdéses szintre (szintekre) vetített pont (pontok) koordinátái megegyeznek a felfüggesztés helyének a koordinátaival.

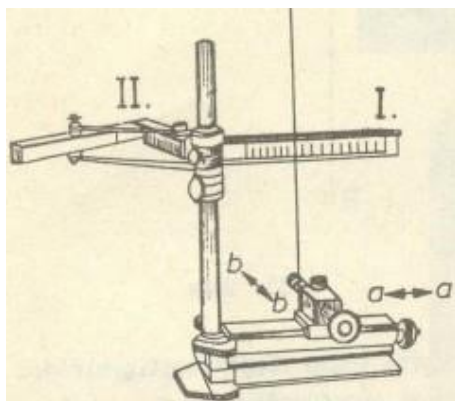
**A függők nyugalmi helyzetének meghatározása**

Az aknába leeresztett és súlyokkal megterhelt drót lengéseket végez. A szükséges tájékozó mérések, és számítások elvégzéséhez azonban a nyugalomban lévő függőre van szükségünk.

Kedvező körülmények között (kis aknamélység, száraz, légáram nélküli akna) a drót nyugalmi helyzetét lengéscsillapítással érhetjük el. A csillapításra sok módszert dolgoztak ki. Közös jellemzőjük, hogy valamilyen folyadékkal (víz, olaj) teli edénybe helyezük a függősúlyt, a folyadék levegőnél nagyobb ellenállását használják a csillapításra. A hatás a függősúly felületének növelésével fokozható.

A bányabeli viszonyok általában azonban olyanok (mély akna, erős légáram, csepegő víz), amelyek lengéscsillapítással való pontos nyugalmi helyzet meghatározását nem teszik lehetővé. Bármennyire is sikerül a csillapítás a drótnak kis vibrálása mindig lesz. A nyugalmi helyzet meghatározása ezért legtöbbször a drótok lengésének megfigyelése alapján történik.

A nyugalmi helyzet körül csillapodó lengőmozgást végző függők megfigyelésére (és a nyugalmi helyzetben való rögzítésére) szolgáló eszközöket **aknafüggélyező**knek vagy **lengésmegfigyelő**knek<sup>2</sup> hívjuk.



11-20. ábra Soproni (Tárczy-Hornoch-féle) lengésmegfigyelő

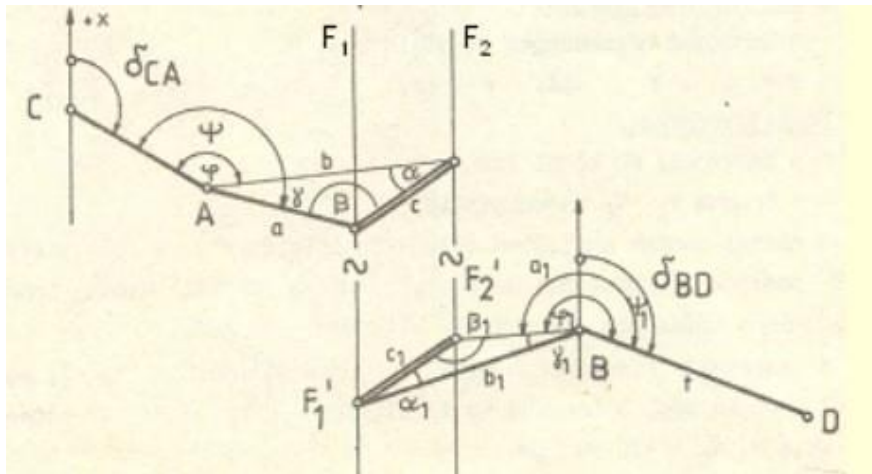
<sup>2</sup>Az eszközök végleges formáinak kialakulásához a magyar bányamérési gyakorlatban (is) hosszú út vezetett. Cséti Ottó selmecbányai tanárhoz köthető az egyik legfontosabb újítás. Az általa függélyvesztéglőnek elnevezett eszközében jelenik meg újdonságként a 11-20. ábrán látható tükör. Az addig két műszert igénylő lengésmegfigyelőkkel szemben elegendő egy megfigyelő jelenléte.

A megfigyelést szögmérőműszerrel végezzük. A műszert a mérés helyén rögzített lengésmegfigyelő skáláinak (I. és II.) magasságában kell felállítani. A drót a skálák előtt szabadon leng. A II. skálához  $45^\circ$  alatt hajló tükörrel egyszerre figyelhető meg a drót mozgása a skálák előterében. A lengő drót szélső helyzeteiben olvassuk le a skálákat (minimum 10 érték). A függő nyugalmi helyzetét a skálán leolvasott értékekből számtani középértékkel számítjuk. A lengésmegfigyelőhöz tartozó drótbefogóval rögzítjük a drótot, majd az ortogonálisan (a-a ill. b-b irányban) mozgatható drótbefogóval a számított értékekre állítjuk a drótot.

### A kapcsoló idom mérése és számítása

A nyugalmi helyzetben lévő függődrótok most már alkalmasak a kapcsoló mérések megkezdésére. A vetített pontokhoz való csatlakozást mind a felszínen, mind a föld alatt egyaránt meg kell oldani. A pontossági követelményektől, az akna mélységétől, a felszíni alappontok helyzetétől, a vetítés szintjén rendelkezésre álló viszonyoktól függően ez más-más lehet.

Mind a felszínen, mind a föld alatt a leggyakrabban alkalmazott kapcsoló idom a **kapcsoló háromszög**.



11-21. ábra Kapcsoló háromszög

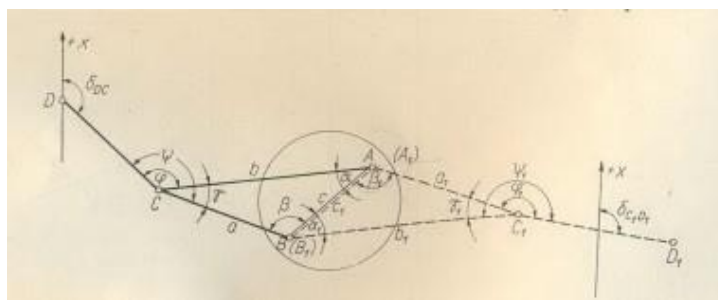
A háromszögek kijelölésekor a következőre kell figyelemmel lenni: a háromszögek hegyes szögűek legyenek, azaz az A és B csúcsonál keletkező szögek ( $\gamma$  és  $\gamma_1$ ) minél kisebbek legyenek (értékük ne haladja meg az  $5^\circ$ -ot). A c oldal hosszát a lehető legnagyobbra kell választani. Bizonyítható, hogy ilyen alakzatban a hibaterjedés minimális. Ilyen elrendezésben a függőpontoknál keletkező és számítható **kapcsoló szögek** ( $\alpha$ ,  $\beta$  és  $\alpha_1$ ,  $\beta_1$ ) középhibái is minimalizálhatók.

A feltételek szabad alakításában sajnos akadály, hogy az ásványbányászatban a függőleges akna mérete kisméretű ( $D=4$  m körül). Ha ehhez hozzávesszük azt, hogy az akna belsejében elhelyezett szerkezetek még csökkentik a szabad tereket, akkor ezek nehezen teljesíthető feltételek.

**Kiinduló adatok:** az A felszíni kapcsoló pont és a C pont felszíni rendszerbeli koordinátái. **Mérendők:** a kapcsoló háromszögek oldalainak hossza (legalább ötszörös ismétléssel), A és B kapcsoló pontokon az iránysorozat (legalább három fordulóban). **Számítandók:** a bányabeli BD oldal tájékozott irányértéke, valamint a B pont koordinátái.

A mérések ellenőrzését, az alkalmazható hibahatárokat bányászati előírások szabályozzák.

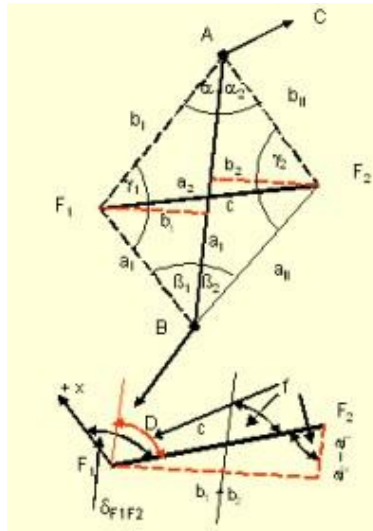
Maga a koordinátaszámítás szabad sokszögvonal számítására vezethető vissza:



11-22. ábra A kapcsoló háromszög számítási vázlata

Két úton is (C-A-C<sub>1</sub> és C-B-C<sub>1</sub>) számítható a C<sub>1</sub> pont koordinátája. A háromszögek belső szögeiből képezhetők az A ill. B ponti törésszögek:

Az A ponton a  $360^\circ - (\alpha + \beta_1)$ , a B ponton  $\beta + \alpha_1$  értékek lesznek a sokszögvonal számításához szükséges törésszögek. Az A (A<sub>1</sub>) és B (B<sub>1</sub>) pontok koordinátáit nem kell külön számítani, hisz azok tovább nem használhatók. A két úton számított koordináták csak a számításra adnak ellenőrzést.



11-23. ábra Kapcsoló négyszög számítási vázlata

Föld alatt gyakran nincs lehetőség hegyesszögű kapcsoló háromszög kialakítására (különösen az aknamélyítés során szükséges kitérések végrehajtásakor). Ekkor kapcsoló négyszöget hozunk létre. A szakirodalom sokféle megoldást tartalmaz kapcsoló négyszögekkel való megoldásra. Ezek közül egyet mutat a 11-23. ábra.

Adottak: F<sub>1</sub> és F<sub>2</sub> függőpontok koordinátái. Ebben az esetben a felszíni kapcsoló idomban számítjuk ezt. Mérendők: a négyszög oldalainak és átlóinak hossza, valamint az A és B csúcsoknál lévő szögek. Számítandók: az a<sub>I</sub>, a<sub>II</sub> abszcisszákat valamint a b<sub>I</sub> és b<sub>II</sub> ordinátákat.

$$a_I = a_1 \cos \beta_1$$

$$a_{II} = a_2 \cos \beta_2$$

$$b_I = a_1 \sin \beta_1$$

$$b_{II} = a_2 \sin \beta_2$$

Ezek ismeretében a  $\phi$  szög (az AB és az F<sub>1</sub>F<sub>2</sub> átlók által bezárt szög)

$$\phi = \arctg \frac{b_{II} + b_I}{a_{II} - a_I}$$

ezzel az AB átló irányszöge

$$\delta_{AB} = \delta_{F_1F_2} - \phi + 180^\circ$$

majd A és B pontok koordinátái a függőpontok koordinátáinak, az AB átló irányszögének, és a<sub>I</sub>, a<sub>II</sub> abszcisszákat és b<sub>I</sub> és b<sub>II</sub> ordináták ismeretében.

### 3.2.5. 11.3.2.5 A föld alatti vízszintes alapponthálózatok meghatározó mérései

A meghatározó méréseket sajátos körülmények között kell elvégezni. Miután csak a megnyitott és korlátozott méretű bányaterek irányában tudunk észlelni az alappontsűrítés módszere a sokszögelés.

További sajátosságok:

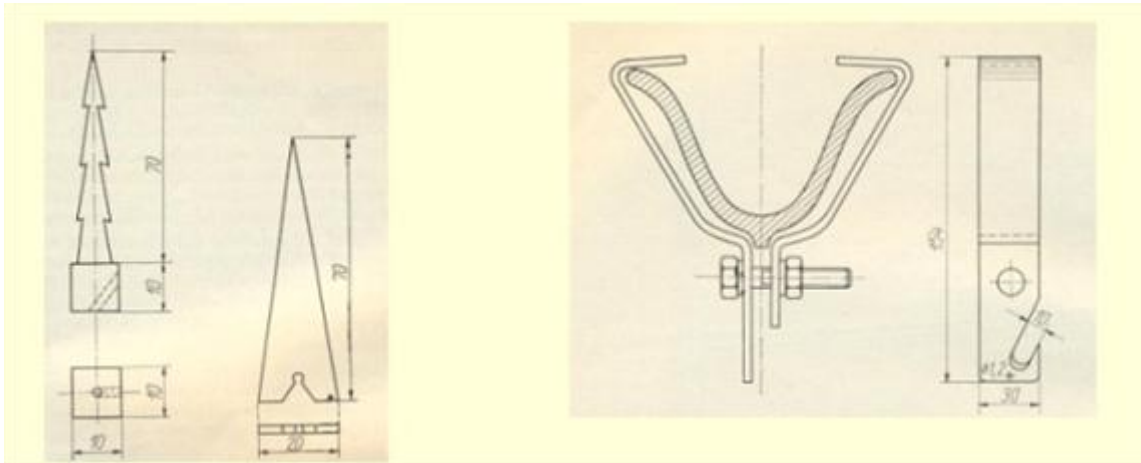
- kedvezőtlen mérési körülmények miatt (por, pára stb.), az optikai eszközök használata gyakran korlátozott,
- gyorsan és hibátlanul kell mérni (rövid ideig akadályozhatjuk csak a termelést, szállítást), a mérések ismétlése költséges,
- a felszíni, pontosságot fokozó mérési módszerek (pl. tájékozás), nagyból a kicsi felé haladás elve, korlátozottak,
- a föld alatti terek (különösen az új kialakításúak) sokáig mozgásban maradnak az alappontjainkkal együtt, így az alappontok rendszeres ellenőrzése szükséges.

Az alappontsűrítés munkaszakaszai megegyeznek a felszíni mérésekével.

### Az alappontok megjelölése

Az alappontokat rendszerint a főtében helyezük el, mert ez általában a vágatok legvédehetőbb helye. Az alappontok megjelölésénél biztosítani kell a jelölés egyértelműségét és azt, hogy akadálytalanul a pontra (pont alá) állhassunk. Főtejelek alkalmazásakor a pont alá kell állni

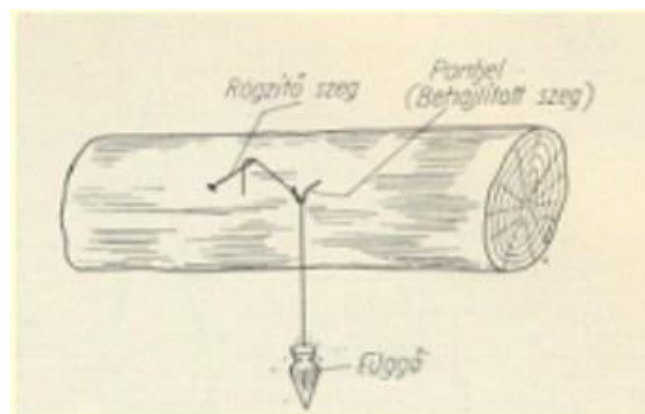
A felszínhez hasonló állandó pontjelölést csak a főfeltáró vágatokban helyezünk el. A pontjelölés anyagát, kialakítását a vágatbiztosítás ismeretében kell megválasztani.



11-24. ábra Pontjelölés acélbiztosítású vágatban

A pontmozgások felderítésére rendszerint ponthármasokat, (a sokszögvonala egymást követő három pontjának állandósításával) jelölünk meg. A pontok esetleges elmozdulása az ún. próba szögméréssel ellenőrizhető.

A többi vágatban egyszerű pontjeleket alkalmazunk. Gyakran előfordul az az eset is (különösen a művelést irányító helyeken), hogy vesztett pontokkal (jelölés nélkül) végezzük a pontsűrítést.



11-25. ábra "Klasszikus" ideiglenes pontjel

Az állandósításokat követően a meghatározó mérésekre kerül sor. Sokszögelést „klasszikus” módon ritkán végzünk már. Az alpműveletek (hosszmérés, szögmérés) végrehajtása a modern műszerek (mérőállomások) korában nem válik szét. Vannak azonban helyzetek (pl. szűk elővívási munkahelyek) és körülmények (pl. sújtólégveszélyes bányákban), amikor mégis klasszikus módszereket kell választani, mert a modern eszköz használata nehézkes vagy veszélyes. Ezért röviden összefoglaljuk azokat az alpműveletekre vonatkozó sajátosságokat, amelyek a bányamérésre jellemzők.

### Hosszmérés a föld alatt

A bányabeli adottságok (pl. egyenetlen, gyakran törmelékes talp), az alappontok elhelyezkedése, a mérések időtartamára való megjelölése egyaránt körülményessé teszi a hosszmerést. Egyszerűbb a mérőállomásokkal való távolság meghatározás, nehézkesebb a mérőszalag használata.

Utóbbi módszernél kézi **acél mérőszalagot** használunk, s a gondot az okozza, hogy a szalaggal, a bevezetőben említett okok miatt, azt levegőbe emelve kell használni. A klasszikus bányamérésben feszítő állványokat alkalmaztak, hogy a szalagot biztonságosan lehessen tartani és a leolvasásokat mozdulatlan helyzetben lehessen elvégezni.



11-26. ábra Bummer-féle feszítőállvány

A függővel jelölt alappontok között (ill. a mérőszalag hosszánál nagyobb távolságok mérésekor az egyenes kijelölt és szintén függővel jelölt pontjai között) végzett hosszmeréskor a mérőszalag kezdőpontja helyett egy tetszőleges osztásértékről indítjuk a mérést. A szalagleolvasások közötti különbség adja a mért távolság értékét (amely lehet egy részhossz, vagy a teljes hossz). A mért értéket el kell látni mindazokkal a korrekciókkal, amit az MGE 5 modul 5.4.1 fejezetében megtanultunk, hogy koordinátaszámításra alkalmas távolságot kapjunk.

Ez utóbbi mondathoz kapcsolódóan egy sajátos körülményre még fel kell hívni a figyelmet. Hazai viszonyok között is előfordult, hogy az alapfelület alatt folyik a bányászat, így a mérés is. Ekkor az alapfelületi és képfelületi (vetületi) redukció előjele változik a felszíni gyakorlattól eltérően.

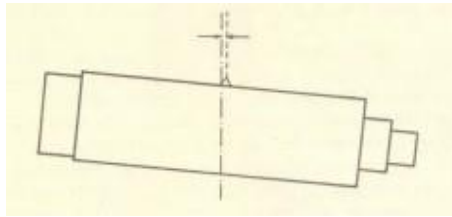
A föld alatti távolságokat távméréssel is meg lehet határozni. A távmérést a mai korban a bányamérésben is az általánosan elterjedt elektrooptikai módszert használva végzik. Erre a technikára épülő műszerek számos változata ismert. A sújtólégveszélyes bányák kivételével minden típusukat korlátozás nélkül lehet használni. A moduláris elven épülő elektromos táhméterek (hagyományos szögmérőműszerre rátehető elektrooptikai távmérők) közkedveltek voltak a bányamérési gyakorlatban. Nem minden feladathoz kellett a teljes felszerelést szállítani, a rátéttávmérők kis súlya, leszerelhetősége praktikussá tette a használatukat.

A műszerfejlesztés „nagygyúji”, a mérőállomások sok szolgáltatást nyújtanak, amelyek a bányamérésnél, sok esetben, összetettebb feladatok megoldásában használhatók csak ki gazdaságosan. Emellett a súlyos műszerfelszerelés külön gondot jelent a szűk bányatérben való szállítás, használat során.

### Szögmérés a bányában

A mérőműszerek használata a bányában gyakran nagyobb körültekintést igényel, mint a felszínen. A nem kellően megvilágított bányaterekben gondoskodni kell a műszerek belső tereinek, a pontjeleknek a megvilágításáról. A mindig kéznél lévő bányaszlámpa a hagyományos műszerek használatakor jó segítséget jelentett. Az elektromos műszereknél ez már nem jelent megoldást, ezért figyelmesebben kell az áramot szolgáltató akkumulátorokról gondoskodni.

A főtében állandósított alappontok alkalmazásakor a műszerek felállítása az alappont alá a felszíntől eltérő módon történik. A hagyományos optikai vetítők csak akkor használhatók, ha irányvonaluk zenit irányban is eltéríthető. Ellenkező esetben a pontra állás (pont alá állás) csak akkor lesz helyes, ha a művelet közben a műszer távcsöve vízszintes helyzetben van.



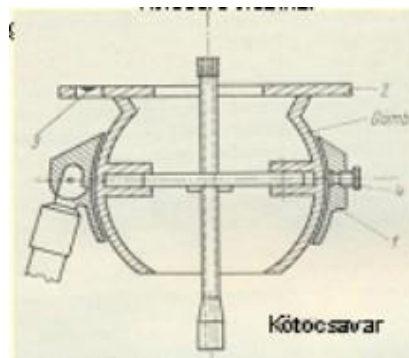
11-27. ábra Hibás pont alá állás

Miután a föld alatt gyakori lehet a rendkívüli rövid sokszögoldal is, néhány tized milliméteres külpontosság is nagy hibát okozhat, az egyébként akár szabatosan megmért, szögben.

A bányabeli viszonyok befolyásolják a **műszerek felállításának** módját is. A talp állapotától, az ácsolat módjától, anyagától függően a műszert felállíthatjuk:

- műszerállványon,
- oldalkaron,
- feszítéken.

A hagyományos műszerállványok használata csak extra körülmények között nehézkes, azonban ezek gyakoriak a bányamérésben. Egyik ilyen helyzet a meredek vágatokban való műszerállítás létesítése. Hiába próbáljuk a lábak hosszának változtatásával az állványfejezetet közel vízszintes helyzetbe hozni, ha gyorsan kell haladni a mérésekkel, sokszor nem sikerül. Ilyen helyzetekre tervezték a Miskolci Műszaki Egyetem Bányamérési tanszékén a következő ábrán látható gömbcsuklós állványfejezetet.



11-28. ábra Gömbcsuklós állványfejezet

A súrlódáson alapuló rögzítés a 4 jelű csavar meghúzásával történik. A 2 jelű műszertartó lap a 3 jelű szelencés libellával tehető vízszintessé.

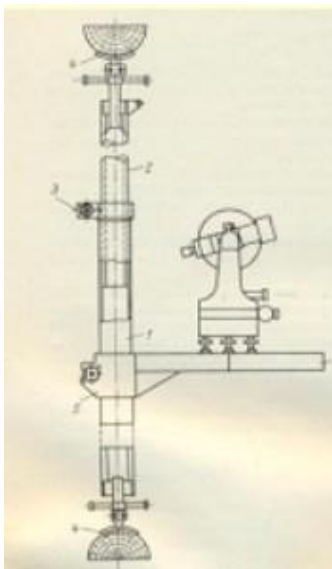


11-29. ábra Műszerállítás oldalkaron

**Oldalkarral** függetleníthetjük magunkat a talptól, és a közlekedést nem akadályozzuk. Lejtős, meredek vágatokban, ahol az állvánnyal való felállás sokszor lehetetlen, előnyös lehet a használata.

A **feszítékek** lehetnek vízszintes és függőleges elhelyezésűek. Feszítéken való felállásra ácsolat nélküli, rossz talpú vágatokban kerülhet sor. Vízszintes feszítéket kis átmérőjű vágatokban használhatunk. Hátránya, hogy akadályozhatja a közlekedést a vágatban.

A 11-30. ábra függőleges fémfeszítéket ábrázol. Ez kedvezőbb a vízszintes feszítéknél, mert nem foglalja el a vágatot teljes szélességben, de magas vágatokban kevésbé stabil.



11-30. ábra Függőleges feszíték oldalkarral

### A föld alatti sokszögelés módszerei

Az alapponthálózatot az **első és másodrendű sokszögvonalak** pontjai alkotják. A bányaterek kitézésének és felmérésének alapját alkotó elsőrendű sokszögpontokat az aknarakodóktól a bányatelek határáig, főleg a főfeltáró (szilárd biztosítással épített) vágatokban telepítjük. Ezek között vezetjük a másodrendű sokszögvonalakat. Ezekkel elsősorban a munkahelyeket a műveléssel közvetlenül összefüggő geodéziai feladatokat alapozzuk meg (szolgáljuk ki).

A sokszögvonalak a földalatti tér kiépítésétől függően különböző kapcsolással és tájékozással alakíthatók ki. Az aknamező feltárásakor, amikor csak egy nyitópontja van a földalatti térnek, akkor csak egyszeresen kapcsolt lehet a sokszögvonal. A szabad sokszögvonalként induló alakzat tájékozása azonban, a gíróteodolitok alkalmazásával, több helyen is megtörténhet, így az elcsavarodásától nem kell tartani.

A teljesen feltárt, és kiépített mezőben az alappontok meghatározása újra elvégezhető, s ekkor akár hálózatként is számítható az elsőrendű sokszögpontokból álló alakzat.

A munkahelyeket megcélzó másodrendű vonalakat szabad vonalakként mérjük és számítjuk. Gyakran vesztett pontokkal is dolgozhatunk.

A koordináták számításakor, ahogy azt előbb is olvashattuk, az alappontokat hálózatba foglalva is számíthatjuk, de végezhető a számítás a megszokott módon is. Ahol lehet ellenőrzéseket (szögzárás, hossz-zárás) iktatunk a számításokba. Az aknamezőben elhelyezett pontok, ahogy erről már volt szó, az elkerülhetetlen vágatdeformációk következtében mozognak. Ezért időnként újra kell mérni és számítani a földalatti hálózatokat, hogy kezelni tudjuk a változásokat.

### 3.3. 11.3.3 Bányüzemek magassági alapponthálózatai

A magassági alapponthálózat a vízszintes alapponthálózathoz hasonlóan két részre tagozódik:

- felszíni,



- föld alatti alapponthálózat.

A felszínen az MGE 4 modulban tanultaknak megfelelően kialakított magassági alapponthálózatra támaszkodva kell ellátni a bányászati területét alappontokkal.

A felszínen jelentkező feladatok:

- a felszíni (az aknaudvari) létesítmények magassági kitűzése és ellenőrzése,
- a nyitópontok (aknák, tárók) közelébe telepített alappontok meghatározása, a felszíni és föld alatti hálózatok kapcsolatának megteremtéséhez,
- bányaműveletek okozta felszínmozgások mérése.

A föld alatti alapponthálózat segítségével végezzük:

- a föld alatti terek magassági kitűzését,
- a bányabeli terek magassági helyzetének meghatározását,
- a vágatok szelvényezését,
- a szállítópályák szint ellenőrzését,
- a konvergencia méréseket,
- a vágathajtások magassági értelmű irányítását.

A két hálózatot aknamélységméréssel kapcsoljuk össze.

### 3.3.1. 11.3.3.1 Szintezés a föld alatti terekben

A szintezés – néhány sajátosságtól eltekintve – megegyezik a felszíni módszerekkel. **Magassági alappontokat** általában az aknagárdon, az aknarakodón a fővágatok elágazásánál létesítünk. A pontokat állandósíthatjuk a főtében és a vágat oldalfalában.



11-31. ábra Magassági alappont a vágat oldalfalában

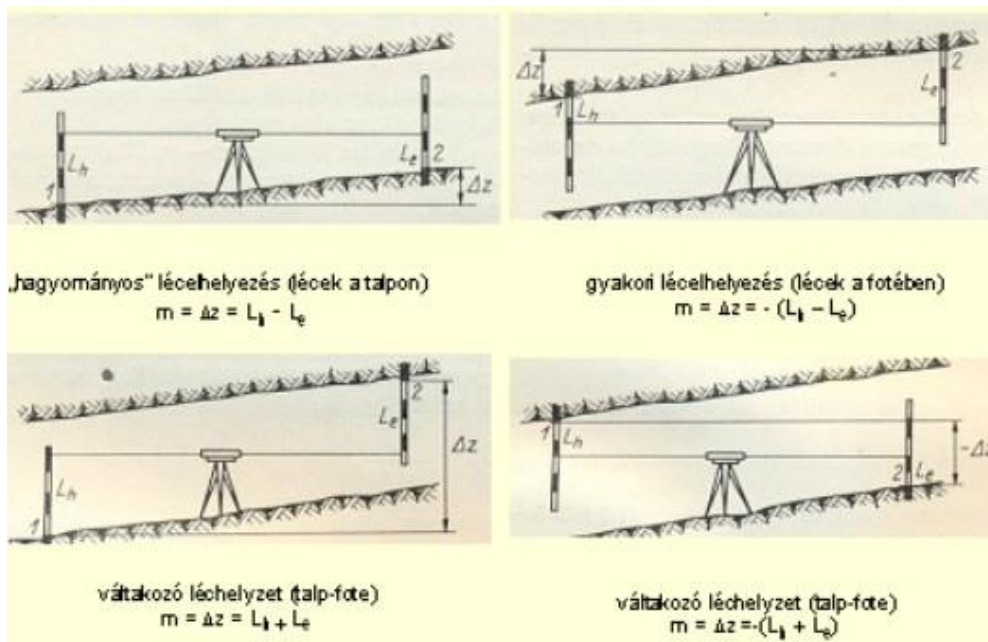
Talpon csak kivételes esetben, - a vízszintes alappontoknál már megismert okok miatt - létesítünk.

**Alappont**ként felhasználhatók azok a vízszintes alappontok, amelyek pontjele alkalmas magasságmérésekhez való csatlakozásra. Pontokat az aknamező olyan részén célszerű elhelyezni, ahol csak kis valószínűséggel kell az elmozdulásukkal számolni és ha azok nem vízszintes hálózati pontok, akkor párosával (egymástól 20-50 m-re) állandósítjuk őket. A csatlakozó mérések alkalmával először ellenőrizzük a magasságkülönbségüket, s csak utána használhatjuk fel azokat további mérésekhez. Nem valószínű, hogy mozgások esetén azonos mértékben változik meg a helyzetük.

A föld alatti magasságméréshez csak kivételes esetben van szükség szabatos műszerekre. Általában elegendők a néhány mm/km középhibájú műszerek.

A bányában használt **szintezőlécek** szerkezete, alakja, hossza eltér a felszínen megszokottól. A felszíni gyakorlatban használt lécek alkalmazását elsősorban a bányaterek korlátozott mérete akadályozza. A változó keresztmetszetű bányaterekben célszerűen használhatóak a, ma már a felszíni gyakorlatban is terjedő, teleszkópikusan összecusukható szintezőlécek. Kiseb pontosságú méréseknél a tagokból csuklósan kinyitható-összecusukató „zseb-szintezőlécek” (Zollstock) alkalmazhatók. A régebbi gyakorlatban elterjedtek voltak a

főtepontra felfüggeszhető szintező lécek. Ezek súlyuknál fogva beálltak a függőlegesbe. A léceket, ha szükséges, meg kell világítani. Méréskor a pontok elhelyezkedésétől függően négyféle módon képezhetünk magasságkülönbséget.



11-32. ábra Szintezés a föld alatt

### 3.3.2. 11.3.3.2 Aknamélységmérés

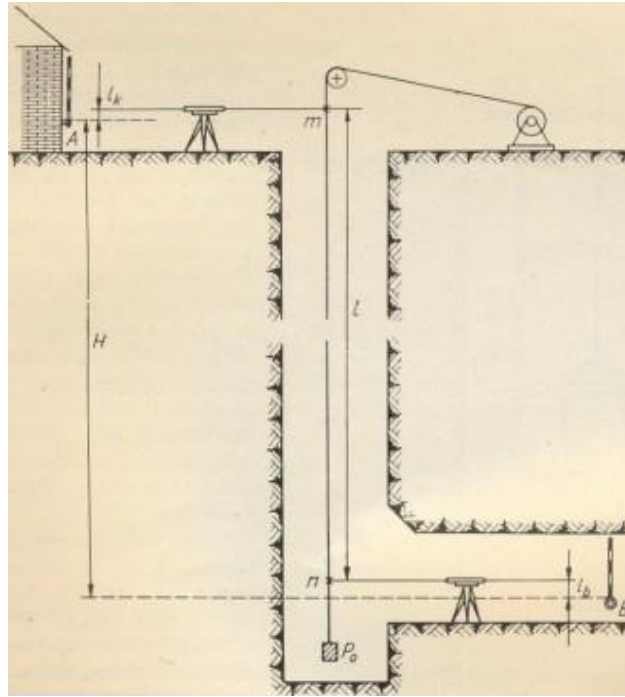
A felszíni és a földalatti magassági alapponthálózatot is össze kell kapcsolni a 11.3.2 fejezetben említett okok miatt. A vízszintes alapponthálózathoz hasonlóan egyszerűbb a művelet tároknál, lejtős aknáknál, hisz a felszínről indulva szintezéssel eljuthatunk a földalatti terekbe.

Függőleges aknáknál az aknában **aknamélységmérést** végzünk. Az elnevezéssel ellentétben a művelet célja a különböző szintek aknarakodóin elhelyezett alappontok magasságának meghatározása a felszín rendszerében. A módszert alkalmazzuk vakaknáknál, feltöréseknél és meredek gurítóknál is.

A végrehajtás módját tekintve az aknamélységmérés lehet:

- Közvetlen,
- közvetett.

A **közvetlen** módon végrehajtott magasság átvitel elvi elrendezését a következő ábra mutatja.



11-33. ábra Közvetlen aknamélységmérés elvi elrendezése

Mérőeszközként az erre a célra készült aknamélységmérő szalagot használják. Anyaga acél, hossza 500-1000 m. Kisebb mélységek (néhány 10 méter) áthidalására a hossz mérésnél alkalmazott mérőszalagokkal is mérhetünk. A szalag beosztása méteres vagy deciméteres. A beosztásokat lyukak jelölik, amelybe a csonkaleolvasás végrehajtására segédosztás illeszthető a műszerhorizont magasságában.



11-34. ábra Aknamélységmérő szalag

A mérőszalagot a gyártó cégek előírászerűen hitelesítik (komparálják). A szalagbizonylatban szerepelnek:

- szalag méterenkénti komparálási értéke,
- komparálási feszítő erő,
- komparáláskori hőmérséklet.

A mérőszalagot leeresztve az aknába megfelelő feszítő erővel terheljük. Ha szükséges a szalagfeszítő súlyt folyadékkal telt edénybe helyezve csillapítjuk a szalag esetleges lengését. A nyugalomba került szalagot a felszínen és a föld alatt egyidőben irányozva leolvassuk  $m$  és  $n$  értékeket. A különbségük,  $L$ , adja a műszerhorizontok közti nyers magasságkülönbséget. A felszíni alappont (A) magasságának ismeretében az aknarakodón állandósított alappont (B) magassága:

$$M_B = M_A + I_A - L + I_B + \Delta$$

ahol  $L = m - n$

$$\Delta = \Delta L_G + \Delta L_p + \Delta L_t + \Delta L_k$$

$\Delta L_G$ : a szalag önsúlyából származó javítás, értéke nagy magasságkülönbség esetén jelentős lehet,

$\Delta L_P$ : a komparáláskori feszítő erőtől való eltérés korrekciója,

$\Delta L_t$ : a komparáláskori hőmérséklettől való eltérés korrekciója. A mérés kori hőmérsékletet célszerű az aknamélység felében mérni  $\pm 1^\circ \text{C}$  pontossággal, ha itt nehézségekbe ütközik akkor az aknagárdon és az aknarakodón mért hőmérséklet értékek számtani közepéből számítjuk a mérés kori értéket,

$\Delta L_K$ : a komparálási javítás, értékét a szalagbizonylatból vesszük ki.

A méréseket ellenőrzések mellett kell végrehajtani, úgy hogy mind a szalag helyzetét, mind a műszermagasságot változtatjuk. A szalag elmozdítása után végrehajtott mérésből a B pontra kapott magassági értékek közötti eltérés megengedett  $\Delta H$  értéke m-ben:

$$\Delta H = 0,01 + 0,0001 H$$

ahol H az A és a B pontok közötti magasságkülönbség értéke m-ben.

**Közvetett aknamélységmérés**nél egy közvetítő eszközön, rendszerint egy vékony acéldróton jelöljük ki a műszerhorizontok helyzetét. Alkalmos módon megjelöljük a „metszéspontokat” (pl. drótbefogó csavarral), majd a drótot az aknából kiemelve a felszínen mérjük a megjelölt pontok közötti távolságot.

### 3.4. 11.3.4 Kitézések föld alatti térben

A föld alatti terekben, bányában általában kétfajta feladatot kell megoldani:

- a kitérés helyének és irányának meghatározása aknából, táróból,
- vágathajtásoknál a vágattengely vízszintes és magassági értelmű irányítása.

#### A kitérés helyének és irányának meghatározása

A kitérés helyét aknában először az aknatengely lefüggélyezésével adjuk meg. A lefüggélyezett irány vágathajtásra 25-30 m hosszra alkalmas, ennél nagyobb távolságnál vagy aknafüggélyezést, vagy gíróteodolitos tájékozást kell végrehajtani.

Magassági kitézést közel szintes lejtős aknában, vagy táróban szintezéssel végezzük. A feladat megoldása hasonló az MGE5 modul 5.5 fejezetében leírtakkal. Meredekebb vágatokban megengedett a trigonometriai magasságmérés is.

#### Kitőzés egyenes vágatokban

Egyenes vágatokban az irányadás látszólag egyszerű feladat. Az irányadást az utolsó tengelypontra felállított és a megelőző tengelypontra irányított műszerrel végezhetjük. A vágattengelyben azonban általában nehézkes műszerállást létesíteni, ezért a klasszikus bányászatban a főtében elhelyezett iránykitéző műszereket alkalmaztak. Ezek gyakran fénysugárral dolgoztak, modern változatai lézerténnel működnek. A műszer beállítása egyszeri részleges leállást igényelt. A beállítás után a vágathajtók maguk kezelték a műszert (ki-bekapcsolás) mindaddig, amíg irányváltás (vízszintes vagy magassági értelemben) nem következett be, vagy a hatótávolságon túlhaladtak a bányászok. Egy hátránya van a műszernek: fokozott védelemre szorul bányabeli körülmények között.

#### Kitőzés íves vágatokban

Íves vágatok kialakítását a föld alatt elsősorban az alkalmazott szállítóberendezések ill. azok pályái teszik szükségessé. A bányaterekben az egyenes szakaszok között csak tiszta köríveket alkalmaznak.

Az ívkitézés eddig megismert módszerei közül bányabeli körülmények között, különösen az elővájások során, két módszer vezet célra: a húrsokszögeléssel, vagy a meghosszabbított húrról való kitézés. A geodéziai műszerek használata mellett, az iránykitéző műszerek is használhatók, ha kiegészítő optikai elemeket, un. optikai ékeket alkalmazunk.

#### A föld alatti terek bemérése, térképezés

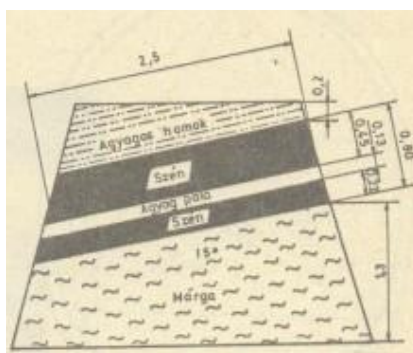
A bányamérés gyakorlatában rendszeresen jelentkező föld alatti vízszintes- és magassági értelmű részletes felmérések célja kettős:

- mérni kell a bányaterek vízszintes és függőleges irányú kiterjedését részben a földalatti terek ábrázolása, részben a termelés mennyiségének ellenőrzése okán,
- meg kell határozni a kőzetnyomás következtében előálló vágatdeformációkat.

A részletes felmérés a bányaterek alapterületének, valamint hossz-, és keresztmetszvényeinek felmérését jelenti. A konvergencia mérésekkor a vágat keresztmetszvény változásait határozzuk meg és ábrázoljuk.

A modern műszerek korában a részletes felmérés mérőállomásokkal, poláris koordinátaméréssel történik. A prizma nélküli távmérés elterjedésével a bányamérők különösen hatékony eszközt kaptak, hiszen gyakran kellett veszélyeztetett, biztosítás nélküli terekben is mérniük.

A **feltáró vágatok** és az **osztószinti vágatok** felmérése az alappontsűrítéssel egyidejűleg is végezhető (főleg, ha vesztett pontokkal haladunk). A méréseket a sokszögpontokon átmenő, a vágatengelyre merőleges síkban végezzük.



11-35. ábra Fejtési vágat szelvénye

**Fejtési előkészítő vágatok** felmérését szintén az alappontsűrítéshez kapcsoljuk. Mérjük a vágat hosszát, egy meghatározott időszakra vonatkozó előrehaladást, a vágat keresztmetszetét, a vágat homlokhosszát, a telep vastagságát ill. vázlatot készíthetünk a telep vágatbeli elhelyezkedéséről. Egyidejűleg mérünk egyéb részleteket is (vetők, omlások, stb.), amiket térképezünk. Trapéz alakú vágatokban a vágat szélességét a főtében és a talpon mérjük. Lejtős vágatokban a vágatmagasságot a fekjére merőlegesen mérjük nem a függőlegesen.

**Fejtések felmérése** havonként ill. a fejtés befejezésekor történik. Frontfejtésnél mérjük az alapponttól a homlokig terjedő távolságot, a homlok hosszát, a telep átlagos vastagságát, a szállító-, és a légvágathoz viszonyított helyzetét. A mérésekről vázlatot készítünk, ami alapján területet, térfogatot stb. lehet számítani.

**Üregek, kamrák felmérését** az üreg méreteitől függően végezzük. A kamrakontúrt, a kamra magasságot (középen) poláris koordinátaméréssel mérjük. Szabálytalan üregekben több keresztmetszetet mérünk, s ebből vezetjük le az átlagos magasságot.

A bányamérések évente visszatérő rendszeres feladata a vágatok állapotának felmérése. A nagy kőzetnyomás következtében – a szilárd biztosítás ellenére – a vágatok deformálódnak, méghozzá rendszerint összenyomódnak, így szokás ezeket **konvergencia méréseknek** nevezni. Különösen nagy a jelentősége a méréseknek földalatti nyomvonalas (közúti-, vasúti alagutak) létesítmények ellenőrzésekor. A sokszögpontokon keresztül felvett és megjelölt keresztmetszetekben a kezdő (referencia) adatokat az első részletméréskor meghatározott méretek jelentik.

### Bányászati térképezés

Bányászati térképeken összefoglalóan mindazokat a térképeket értjük, amelyek nyilvántartási, üzemelést segítő, engedélyezési, élet-, és vagyon védelmi, baleseti helyszínelési stb. célból készülnek.

Az alaptérképek közül a legfontosabbak a bányaművelési térképek, amelyek a bányászati tevékenység tervezéséhez és közvetlen irányításához szükséges adatokat tartalmazzák. Naprakész állapotban tartásuk igen fontos. Ha a művelés a területen több szinten folyik, akkor a hagyományos (papíralapú) szintábrázolás miatt zsúfolttá válhatnak és akadályozzák annak egyértelmű olvasását. Ilyenkor szokás volt az egyes

bányatérképeket a telep dőlési szögének megfelelő ferde síkú vetületen, esetleg alkalmasan megválasztott perspektívában elkészíteni. A jelenlegi technikák (digitálisan rendelkezésre álló állományok) mellett az egyes szinteket elkülönült fedvényekben való ábrázolás az elterjedt.

A bányászati gyakorlatban készülnek átnézeti térképek is. Céljuk az általános tervek készítéséhez, a központi műszaki irányításhoz szüksége adatok szolgáltatása.

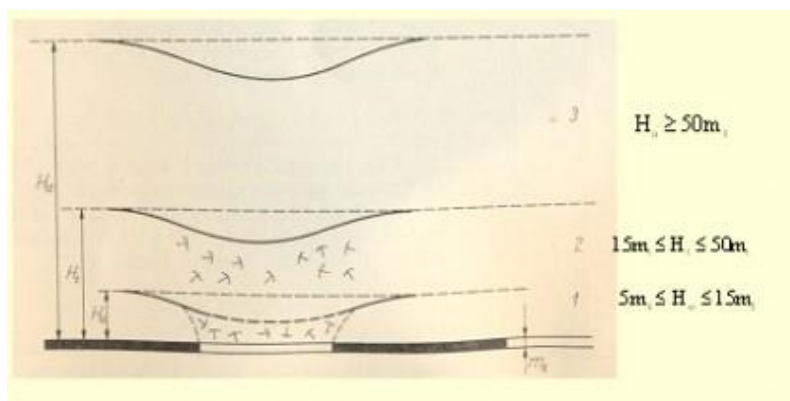
### 3.5. 11.3.5 Bányaműveletek okozta felszínmozgások mérése

A földalatti térkiképzés, majd ennek felhagyása miatt mozgások keletkeznek. A mozgás a föld alatti üregek környezetéből indul ki, és majdnem mindig eléri a felszín. Ha a felszínen építmények is vannak, azok a mozgások következtében megrongálódhatnak, korlátozva azok rendeltetés szerű használatát.

Az így keletkezett „bányakárok” megelőzésére, elhárítására a bányüzem területén rendszeres vizsgálati méréseket kell végezni. A mérések tervezéséhez, végrehajtásához ismerkedjünk meg néhány alapfogalommal.

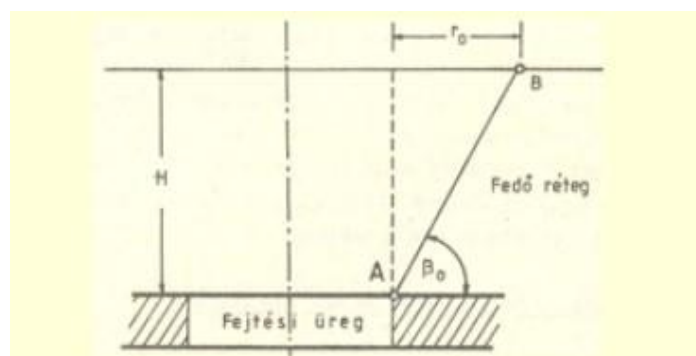
#### A mozgáselemek és meghatározásuk

A föld alatti terek megszűnése következtében a fedőkőzetrétegek H vastagságától, és a kifejtett üreg m magasságától függően a földalatti terekben különböző mozgástartományok alakulnak ki.



11-36. ábra Mozgástartományok

Az **omlásos zónában** (1) az üreg fölött egy erősen töredezt közettartomány alakul ki. Benne a rétegek fellazulnak. A **repedéses zónában** (2) a közettartomány megtörik ugyan, de összefüggő marad. Az **áthajló zónában** fellazulás, törés nincs, a felszínen süllyedési teknő (horpa) alakul ki. Vizsgáljuk meg a horpa fejtési kontúrra merőleges síkmetszetét.



11-37. ábra Horpa függőleges metszete

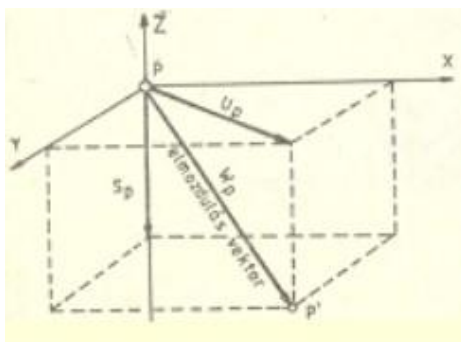
A 11-37 ábrán  $r_0$  a hatástávolság, amelynek értéke:

$$r_0 = H \operatorname{ctg} \beta_0$$

ahol H a település átlagos mélysége,  $\beta$  a primer határszög, A a fejtési üreg széle, B a szintezési hibánál (mmeg) kisebb elmozdulású pont.

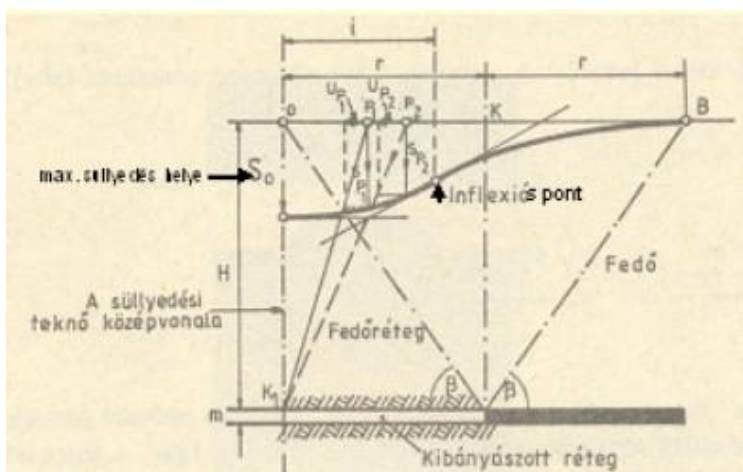
A **primér határszög** a fedőréteg szilárdságától, a telepdőléstől, időtől stb. függ, értéke általában **tapasztalati úton**, korábbi elmozdulásmérések ill. geológiai- bányaművelési adatokból **határozható meg**.

Egy pont mozgásvektora a vízszintes elmozdulásra ( $u_p$ ) és a süllyedésre ( $s_p$ ) bontható.



11-38. ábra Egy pont mozgásvektora

Méréseinkkel ezt a két mozgáselemet kell meghatározni. A vizsgálatot szelvények mentén kell elvégezni, a vizsgálati pontokat a horpa síkmetszeteiben telepítjük. Nézzük meg a horpa valamely főirányba eső síkmetszetét.



11-39. ábra A horpa síkmetszete és nevezetes elemei

Nevezetes pontjai: a maximális süllyedés helye, az inflexiós pont és a mozgás határpontja. A horpa mozgáselemei: **a lehajlás**, **a torzulás**, és **a görbület**. A **lehajlás** a pontok egyenetlen süllyedése következtében előálló változás. Hosszegységre eső értékét két pont süllyedése és a két pont eredeti távolsága ismeretében számíthatjuk. A pontok vízszintes elmozdulása is különböző lehet, így az egymáshoz közelfekvő pontok által alkotott szakasz **torzulást** szenved (nyúlik vagy összenyomódik). A süllyedési horpát jellemzi még a görbületi sugár, a horpa egyes pontjaihoz tartozó érintőkör sugara. Értékét a **görbületből** határozzuk meg, annak reciprokát véve. A görbület egy rövid íven választott pontok által alkotott szakaszok lehajlása alapján számítható.

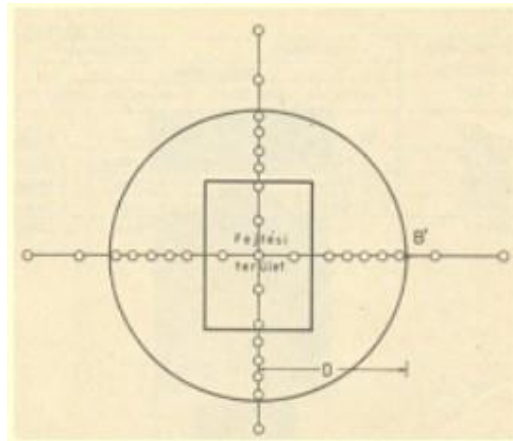
A szakirodalomból ismert, hogy a horpaprofílt az elmozdulási vektorok burkológörbéje helyett az egyes pontokban kialakuló süllyedések burkológörbéjének tekintjük. A mozgáselemek között differenciális összefüggések vannak, így ha a süllyedések vonalmenti eloszlását meghatározzuk számítható a többi mozgáselem.

### A mozgások mérése

A méréseke célja:

- a művelés feletti terület (felszín, építmények, stb.) rendszeres ellenőrzése,
- a kőzetnyomások elméleti kérdéseinek tisztázásához adatszolgáltatás.

A vizsgálati pontokat szabályos rendszerben telepítjük, két egymásra merőleges vonal mentén.



11-40. ábra Vizsgálati vonalak

A mozgási zóna határát (D) a határszög alapján számítjuk:

$$D = H \cdot \tan(\beta - \Delta\varepsilon)$$

Ahol az eddig megismert mennyiségek mellett a  $\Delta\varepsilon$  biztonsági tényező. A D ismeretében tervezhetjük az alappontok és az őrpontok helyét (lásd még MGE 10 modul 10.4.4 fejezetét). A mozgási zónán belül (11-40. ábrán a körön belül) lévő pontok a vizsgálati pontok.

Telepítésük szempontjai:

- a horpa középső szakaszán nagyobb (10-30 m),
- a horpa szélein kisebb (5-25 m) távolságra legyenek.

A pontok **állandósítását** az építmény jellege, építési módja, a terepi adottságok, a mozgásvizsgálat időtartama (1-2 hónap, több év) határozza meg. A hagyományos állandósítási módok mellett egyedi pontjelek (épített pillér, monolit vb. szerkezetek, stb.) egyaránt használhatók.

A **mérések gyakorisága** - a pontok rendeltetése mellett - a telep mélységétől, a fejtés szélességétől, stb. függ.

A **mozgásvizsgálati mérések** az MGE 10. modul 10.4.4 fejezetében megismert módon kell végrehajtani. A mérések feldolgozása, a mérési eredmények ábrázolása és értelmezése hasonló módon történik, mint az egyéb okoknál végzett mozgásvizsgálati méréseknél (lásd még MGE 10 modul 10.4.4 fejezetét), természetesen a sajátos bányászati követelmények kielégítése mellett.

## 4. 11.4 Összefoglalás

A modulban röviden áttekintettük a földalatti létesítményekkel kapcsolatos geodéziai tevékenységet. Azt követően a bányaméréssel ismerkedtünk. Rövid áttekintést adtunk a bányászati alapfogalmakról.

A bányüzemek vízszintes alapponthálózatának tárgyalása során szó volt a felszíni hálózat szerepéről, majd megismerkedtünk a felszíni és földalatti hálózatok kapcsolásának és tájékozásának alapeseteivel. Megtanultuk a giroszkóp működési elvét, a műszerek fajtáit, majd részletesen szó volt a giróteodolitokkal való azimutmeghatározásról.

Megismertük a geometria alapú kapcsolás és tájékozás elvét, valamint két megoldását: a kapcsoló háromszög és a kapcsoló négyszög mérését, számítását. A további részekben a vízszintes alapponthálózat meghatározásának módjáról volt szó. Bemutattuk az alapműveletek (hossz-és iránymérés) földalatti végrehajtásának a felszíni mérésektől eltérő sajátosságait

Megismerkedtünk a földalatti magassági alapponthálózatok meghatározásával, valamint a felszíni és földalatti magassági hálózatok függőleges aknán keresztüli összekapcsolásának, az aknamélységmérésnek a végrehajtásával.



Zárásként röviden összefoglaltuk a földalatti kitűzések feladatait, majd áttekintettük a bányaművelés hatására bekövetkező mozgások meghatározásának a módszerét.

Önellenőrző kérdések:

1. Rendszerezze a földalatti létesítményeket!
2. Mely időszakokban segíti a bányamérés a bányászati tevékenységet?
3. Mely rendelet szabályozza ma a hites bányamérői tevékenységet?
4. Melyek a főfeltáró bányaterek?
5. Rajzolja meg egy függőleges akna hosszmetztetét! Mely részei alkalmasak a bányamérési tevékenység végrehajtására?
6. Rajzolja meg akna vagy vágat keresztshelvényét, és nevezze meg az egyes részeit!
7. Mi a kapcsoló és tájékozó mérések célja és feladata?
8. Sorolja fel a kapcsolat és tájékozás megoldásának lehetőségeit különböző nyitó terek esetén!
9. Milyen elvű tájékozások végezhetők föld alatt?
10. Mi a giroszkópikus effektus?
11. Mi okozza a pörgettyű precessziós mozgását?
12. Mi eredményezi az irányító nyomatókat?
13. Mi az inganyomaték szerepe?
14. Milyen módszereket ismer a lengéshála mérésére?
15. Írja fel az azimut meghatározásának képletét? Mit jelentenek az egyes paraméterek?
16. Ismertesse az aknafüggélyezés elvét!
17. Milyen módszereket ismer a függők nyugalmi helyzetének a meghatározására?
18. Ismertesse a kapcsoló háromszög mérést és számítását!
19. Ismertesse a kapcsolónégyszög számításának a menetét!
20. Ismertesse a földalatti mérések sajátosságait!
21. Ismertesse a föld alatti hossz-, és iránymérés sajátosságait!
22. Ismertesse a földalatti szintezés során a magasságkülönbség számításának lehetőségeit!
23. Ismertesse az aknamélységmérés célját és végrehajtását!
24. Milyen módon ellenőrizzük az aknamélységmérés eredményét?
25. Ismertesse a bányamérés földalatti kitűzési feladatait!
26. Mi okozza a felszínmozgásokat bányaterületeken, milyen mozgási zónák alakulhatnak ki fejtések felett?
27. Rajzolja meg a süllyedési horpa függőleges metszetét, nevezze meg a nevezetes pontjait!
28. Nevezze meg, és definiálja a horpa mozgáselemeit!
29. Milyen rendszerben és milyen szempontok szerint telepítjük a horpa mozgásvizsgálati pontjait?

# Irodalomjegyzék

Ágfalvi M.: *Mérnökgeodézia II. (Földalatti mérések)*, EFE FFFK, Székesfehérvár, 1991.

Boldizsár T. szerk.: *Bányászati kézikönyv (III.-IV. kötet)*, Műszaki

Foucault, J.B.L: *Compt. Rend, Acad. Sci.*, Paris, 1852.

Hoványi L.: *Bányamérés*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1968.

Hoványi L.: *Külfejtéses bányák felmérése*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.

Kahlen P.: *Das Laser-Kreisel. Anführungen und Anwendungen.*, Vermessungstechnische Rundschau, 1969.

Joó I.: *Korszerű geodéziai eszközök és alkalmazásuk.*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1972.

Ódor K.: *Földalatti mérések, Kézirat*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1984.

Polmann H.: *Vermessungskreisel*, Vermessungstechnische Rundschau, 1969, 1970.

Vincze V.: *Ipari geodézia. Kézirat*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1965.

[wikipedia.org/wiki/Selmecebánya](http://wikipedia.org/wiki/Selmecebánya)

Zambó J.: *Bányaművelés*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1965.