

Papp Ferenc Barlangkutató Csoport

Barlangtérképezés

Holl Balázs
2019

nyolcadik változat
8.00

(első változat 2011)

*Ha elment már a fél eszed
és ettél bolondgombát,
ha azt hiszed, e féltekén
nálad hibbantabb nem járt
Örvendezz, van nagyobb ökör,
a diliházban elnököl -hetne
hihihi – hahaha
egy barlangtérkép minden vagyona*

*Híg sárban ülve hallgatag
alkotja féltett kincsét
Az orra kékül ámde ő
nem mozdul semmi kincsért
„Ezt a szakaszt befejezem,
hogyha lefagy is a fülem!”
hihihi – hahaha
„Itt ülök három nap és éjszaka”*

*Csak számol, mér és rajzolgat
és ül a töksötétben
Lámpája rég nincs, s nem evett
ki tudja milyen régen,
a cseppkövek bekérgezik
de a térképen meg nem alkuszik
hihihi – hahaha
Csinálja, kinek meglágyult agya*

(Papp Ferenc csoport dala a térképezésről)

Tartalomjegyzék

1	Bevezető.....	1
2	Barlangtérképezés története.....	2
2.1	Tanulságok a hazai barlangtérképezésekben.....	3
2.1.1	Baradla-barlang.....	3
2.1.2	Szemlő-hegyi-barlang.....	6
2.1.3	Béke-barlang.....	6
2.1.4	István-lápai-barlang.....	8
2.1.5	Vass Imre-barlang.....	8
2.1.6	Mátyás-hegyi barlang.....	10
3	Barlang felmérés.....	11
3.1	Fogalom definíciók.....	11
3.1.1	Alaprajz.....	11
3.1.2	Metszet.....	11
3.1.3	Szelvény.....	12
3.1.4	Oldalnézet.....	12
3.1.5	Alappont, fixpont.....	12
3.1.6	Részletpont.....	12
3.1.7	Mérési pont, segédpont, vesztett pont.....	12
3.2	Műszerek.....	12
3.2.1	Függőkompassz, fokív, mérőszalag.....	13
3.2.2	Suunto, lézertáv mérő.....	13
3.2.3	DistoX.....	14
3.2.4	Teodolit.....	16
3.2.5	GPS.....	17
3.2.6	Barometrikus magasságmérés.....	17
3.2.7	Érdekességek.....	17
3.2.8	Nem működő mérési módok.....	21
3.2.9	Műszerek védelme.....	21
3.3	Felmérési technikák:.....	21
3.3.1	Alappont mérés.....	21
3.3.2	Részletpont mérés.....	26
3.4	Mérési hibák.....	28
3.4.1	Leolvasási hiba.....	28
3.4.2	Jegyzőkönyvezési hiba.....	29
3.4.3	Mágneses mérés hibaforrásai.....	29
3.4.4	Poligonzsinór hibái.....	31
3.4.5	Függőkompassz.....	31
3.4.6	Fokív.....	33
3.4.7	Mérőszalag.....	35
3.4.8	Suunto kompassz.....	35
3.4.9	Suunto lejtőszög mérő.....	36
3.4.10	DistoX.....	37
3.4.11	Teodolit.....	39
3.4.12	Függőzés.....	40
3.5	Fix pontok.....	40
3.5.1	Funkciók:.....	40
3.5.2	Pont típusok:.....	41
3.5.3	Pont jelölés.....	43
3.5.4	Pontszám rögzítés.....	44
3.5.5	Pont számozás rendszere.....	45

3.6	Mérések.....	46
3.6.1	Mérések előkészítése.....	46
3.6.2	Mérés, rajzolás eszközei.....	47
3.6.3	Mérés folyamata.....	50
3.6.4	Rajzolás.....	51
3.6.5	Mérések feldolgozása.....	53
3.7	A barlangtérkép pontossága.....	58
3.7.1	Térkép pontossági jelölések.....	60
3.8	Barlang helyének meghatározása.....	61
3.8.1	GPS alapok.....	61
3.8.2	Barlang feletti domborzat.....	62
3.8.3	Térképi koordináta-rendszerek.....	63
3.8.4	Barlang kataszter.....	64
4	Térkép készítés.....	65
4.1	Térképek jellemzői.....	65
4.1.1	Méretarány.....	65
4.1.2	Lapméret.....	65
4.1.3	Generalizálás.....	66
4.1.4	Egységes térkép jelkulcs egy térképen belül.....	66
4.1.5	Egységes rajz stílus.....	66
4.1.6	Színek.....	66
4.1.7	Térképi elemek.....	67
4.1.8	Lapbeosztás (atlasz).....	68
4.1.9	Tematikus térképek.....	69
4.2	Makett.....	69
4.3	Térkép kiadás.....	69
4.3.1	Szerzői jogok.....	70
4.4	Régebbi térkép folytatása.....	70

1 Bevezető

A barlang térképeknek (mint a térképeknek általában) céljuk van. De ez a cél annyiféle lehet ahány barlang és ahány barlangász van. Készülhet térkép csupán művészi önkifejezésként a legnagyobb precizitással és gondossággal, megfogalmazott cél és haszon nélkül, vagy csak szórakozásból. De a legtöbbször ezt az eredményt szeretnénk mások számára is hasznossá tenni, így célokat, kritériumokat fogalmazunk meg. Nem hiszem, hogy Raisz Keresztély az én szórakoztatásomra és gyönyörködtetésemre készítette volna el a Baradla-barlang első térképét, mégis a szobám falát díszíti. A pontos munka egyben megalapozza a szépséget is, és ha más felül is múlja az eredményt, a térkép akkor is örökre értékes marad.

A legáltalánosabb cél a tájékozódás a barlangban. Láttatni a közvetlenül nem láthatót. A felszíni térképek is ezt a célt tűzték ki maguk elé, majd a technika fejlődésével olyan légi és űrfelvételek születtek amik már a látható képet rögzítve segítik a tájékozódást. Ilyen veszély egyelőre a barlangtérképeket nem veszélyezteti (mármint, hogy valaki egyszerűen távolról lefényképezi az egész barlangot).

A legszigorúbb feltétel egy táró hajtása egy hosszú barlang végpontjára. Ez fordul elő a legritkábban, de ez igényli a leggondosabb mérést. Ekkor viszont a barlang teljes felmérése, és különösen a járatok megrajzolása nem szükséges. Ezekből a mérésekből csak poligon vonal marad meg.

Köztes eset, ha pontosan szeretnénk tudni, hogy a felszín alatt hogy helyezkednek el a járatok.

Ilyenkor a teljes barlang és a felszín pontos (egymáshoz viszonyítottan, mind méretarányában, mind térbeliségében részletes) térképére van szükségünk.

Persze megfogalmazhatjuk azt is célnak, hogy térképünk minden szempontnak megfeleljen, de ekkor egy másik feltételt is számba kell venni, mégpedig azt, hogy a mű el is készüljön amíg tart az energiánk.

Kompromisszumként általában az adódik, hogy legyen térkép, nem kell tökéletes pontosságra törekedni, de a szépségét emeljük valamilyen grafikai megoldással, hiszen ez akár utólag is megvalósítható. Az ilyen térképek minősítésére azután kénytelenek voltak létrehozni azokat az osztályozásokat amiknél szigorú feltételekhez köthetők az értékek, hiszen nem lehet csak egy térkép szépségéből következtetéseket levonni a pontosságára.

A barlangkutatáshoz kapcsolódó tudományterületek mind igénylik a térképeket. Részben pontos mérések ábrázolásához, részben csak szemléltetésre. Nyilván szemléltetésre jó a szép de pontatlan térkép is, a mérésekhez viszont pontos kell. Sokszor pont ilyen célból kell egy barlang térképét újra elkészíteni.

Ha olyan módszerrel kezdünk egy térkép elkészítéséhez, hogy az mások által is folytatható legyen, a munkánk akkor se vész kárba, ha mi nem tudjuk befejezni a térképet. Márpedig a barlangkutatás története azt bizonyítja, hogy nem lehet egy barlangról bizonyosan állítani, hogy nincs lehetőség a további kutatásra. És ha akár száz év múlva új részeket tárnak fel, a térképet ki kell egészíteni. Ehhez néha elég egy rögzített fixpont amiről a mérés folytatható. Ezt alkalmazta Horváth János a Szemlő-hegyi-barlangban, és most majdnem ötven évvel a felmérés után hálát mondunk neki előrelátásáért.

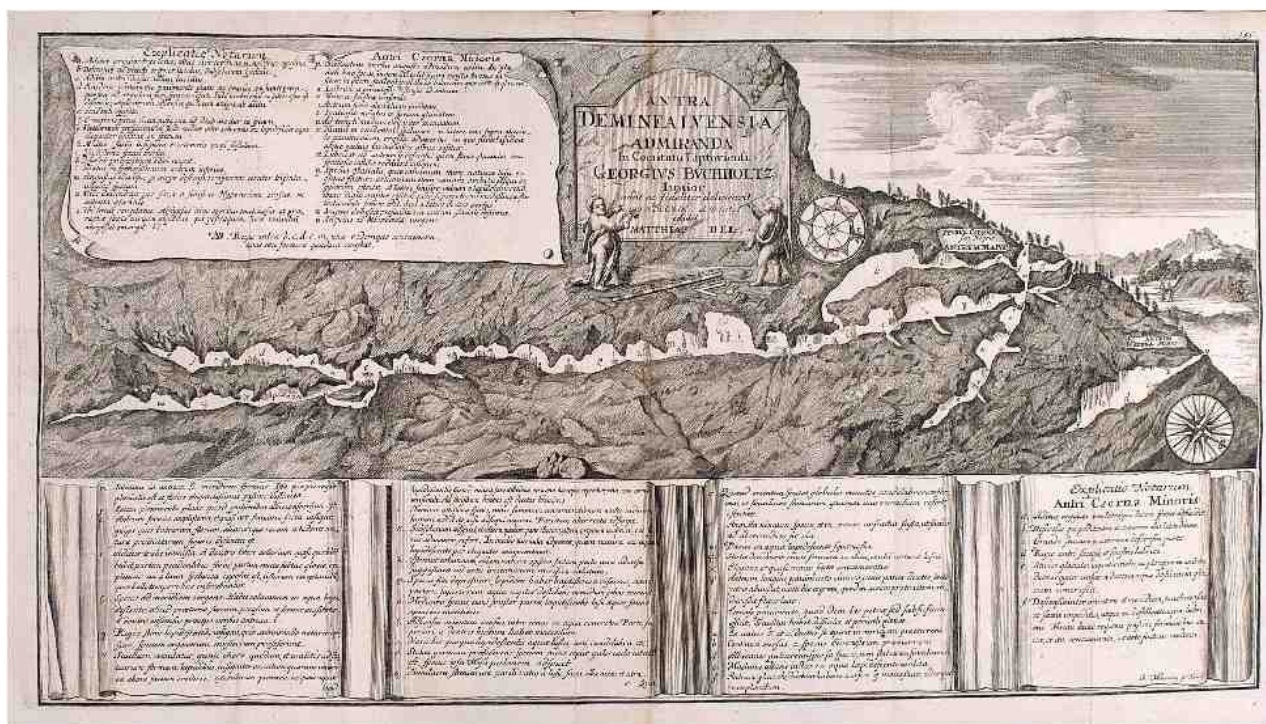
A barlang dokumentálása többszintű térképezést foglal magába. Ha csak a felfedezés tényét, és a feltárás állapotát kívánjuk rögzíteni, akkor egy vázlat is elegendő. A mélységi, hosszúsági (sic!) teljesítmény dokumentálásához elegendő egy poligonvonal. A térbeli összefüggések tisztázásához már kell némi méret adat is a poligon mellé (járat keresztmetszet, magasságok, hasadékok iránya és mérete...). A teljes, tudományos igényű dokumentáláshoz elengedhetetlen legalább egy alaprajzi térkép (vagy zombolyoknál oldalnézet), de egyes tudományterületek speciális térképeket is igényelhetnek. Egy részletes térkép elkészítésekor a barlangot is minden más bejárásnál jobban megismerjük.

2 Barlangtérképezés története

Az antik világ építőmérnöki és műszaki színvonala, valamint vonzódásuk a földalatti világhoz (mitológia) elképzelhetővé teszi, hogy voltak műszaki pontosságú barlang ábrázolásai. Azonban ahogy a felszíni térképek, úgy ezek sem fellelhetők.

Első ismert rajzot (mesterségesen átalakított) barlangról Christoforo Buondelmonti készítette 1417-ben¹ a krétai labirintusról (<http://www.labyrinthos.ch/Plaene.english.html>). A jelenleg ismert első valódi barlang térkép a szicíliai Santa Rosalia-ról 1627-ben készült.

Magyar vonatkozású barlang térképként említhető a Veteráni barlang (Dunatölgyes) 1692-es térképe és Bucholtz György 1719-es térképe a Deményfalvi barlangról.



2.1. kép: Deményfalvi barlang

A barlangok térképezésének fejlődése összekapcsolódik a bányászat, azon belül is a bányatérképezés fejlődésével a késő-középkorban. A kis méretű, csak az ásványi vagyonra koncentrált vágatok mérésének technikája jól alkalmazható a barlangokban is. A fokozatosan fejlődő, gépesített modern ipari termeléssel párhuzamosan viszont a bányászati módszerek és a bánya térképezés is eltávolodott a barlangi körülményektől. A csak nagy méretű járatokban használható teodolit barlangban korlátozottan alkalmazható, ezért míg a bányamérésből szinte teljesen kiszorultak a régi függőkompasszos technikák, a barlangtérképezésnél megmaradtak. Szakirodalmat is csak a régi (20. század közepe) bányamérés tan könyvek jelentenek².

A céltárgy (prizma) nélküli lézertáv mérők hoztak csak előrelépést a barlangtérképezésben. 1973-ban már kísérleteztek vele, kereskedelmi forgalomban kapható műszer 1993-tól mind a fixpontok távolságának mérését, mind a részletpontok (pl. mennyezet elérhetetlen magasságban lévő pontjai) mérését lehetővé tette. Számos kísérlet és fejlesztés készült a lézertáv mérők elektronikus irány- és lejtőszög-mérőkkel való kiegészítésére, de az első igazán használható komplex műszert Beat Heeb készítette 2008-ban (DistoX). A GPS forradalma a barlangi méréseknél sajnos nem hoz előrelépést (kivéve a bejáratok meghatározása), de történnek kísérletek hasonló pozíció meghatározó műszerek fejlesztésére barlangi használatra is.

1 C. Buondelmonti, Descriptio insulae Cretae, 1417

2 [Tárczy 1951]

További fejlődést jelenthet a lézerszkennerek méretének és súlyának (és nem utolsó sorban árának) csökkentésével barlangban jobban használható műszerek elterjedése. A sokképes fotogrammetria is jelentősen javíthat a barlangtérképezés lehetőségein, különös tekintettel a víz alatti térképezés lehetőségeire.

2.1 Tanulságok a hazai barlangtérképezésekben

2.1.1 Baradla-barlang

A barlangról az első vázlatot Sartory József készítette 1794-ben. Az Országos Széchényi Könyvtár térképtárából előkerült szúrt (tüvel átjelölt) másolat lehet, hogy az eredeti vázlatok helytelen össze-rajzolásából született. Minden esetre mind topológiájában, mind arányaiban, mind tájolásában hibás. Felismerhetők rajta jellegzetes részek, de térkép céljára alkalmatlan. Tanulság ebből, hogy egy vázlat vagy világséma, vagy legalább topológiailag és arányaiban helyes kell legyen ahhoz, hogy említésre méltó maradjon.

1801-ben Raisz Keresztély mérte fel az ismert részeket és készítette el térképét a barlangról és a környezetéről. A több különböző verzióban kiadott térkép művészi és mérnöki tekintetben is megállja a helyét. Ábrázolja a barlang alaprajzát, oldalnézetét a felszín metszetével és a felszíni környezetet. A térkép mellé leírás is készült. Tájolása a korabeli mágneses észak szerinti.

Bartholomeides László barlang térképe nem saját felmérés – Raisz térképének másolata – azzal a kiegészítéssel, hogy a Domicai Ördöglyuk járatait is feltünteti.

1825-ben Vass Imre átjutott a Vaskapun és felfedezte a barlang további részét. Térképe az 1801-es térkép kiegészítése azzal a hibával, hogy nem vette figyelembe a két időpont közötti mágneses deklináció változását (?), így kb. 4 fokos eltérés van a régi és új rész tájolása között. A Paradicsom (Oszlopok-csarnoka) folytatásában felfedezi a Csipke-termi részt, de csak vázlatosan tünteti fel a térképén. Ezekről eltekintve a térkép pontos, és méretarányának megfelelően részletes is. Az általa is elkészített felszíni térkép tájolása és kivágata egyértelműen a Styx eredetének és a barlang folytatásának feltételezésére utal, a Domic felé helyet hagy a lapon. A színezett nyomatok jelkulcsa a barlang ismert és új ágait különíti el.

Münnich Kálmán 1885-ban méri fel a barlangot és tüzi ki a Münnich átjárót, valamint a Vörös-tavi bejáratot. Mérését térképen is ábrázolja. A barlangban 38 számozott, állandósított fixpontot létesít az oldalfalon.

Kaffka Péter 1923-ban a Jósvalfői tó elkészítéséhez mér a barlangban és a felszínen.

1934-ben Konrád Ödön és Kessler Hubert méri fel a barlangot és készíti el annak új térképét³. A főágot teodolittal, a mellékágakat függőkompasszal mérik. Az 1:2000-es méretarányú térképet 1939-ben kiegészítik a Domic járataival.

Az 1960-as években szinte folyamatosan végeznek kisebb méréseket a Vörös Meteor barlangászai. 1969-ben a barlang főágát (részben) újra mérik egy tervezett barlangi vasúthoz.

A Baradla csoport 1970 és 1989 között térképezte a barlangot és készítette el a mai napig (2019) is legteljesebb térképet. A hosszú időszak elején még részletméréseket végeztek, majd rájöttek arra, hogy egy pontos, országos koordináta-rendszerre támaszkodó alap poligon nélkül ez nem fog menni. 1981 és 83 között több mint 250 állandósított teodolitos talppontot rögzítettek, ezeknek egy része az újabb járdaépítésekkel sajnos megsemmisült. Az alappoligont teodolittal Ország György mérte. A jelentős (kb. 5m-es) záráshibát viszont nem keresték meg újraméréssel, hanem elosztották (kiegyenlítették) a teljes Aggtelek-Vöröstó közötti szakaszra. A teljes főág teodolitos felmérése után a főág részletpontjait optomechanikai távmérős teodolittal mérték be, a mellékágakat függőkompasszal vagy suuntoval. A részletpontokat is numerikusan rögzítették, majd az egész adatállományt számítógéppel (ZX Spectrum) dolgozták fel. Egyes részeket többször is felmérték. A több mint 26 ezer kiszámolt pontot milliméterpapírra jelölték fel. Az időszak végére láthatólag belefáradtak a

3 [Konrád 1936]

munkába, egy utolsó erőfeszítésként még elkészítették a térkép kiadásra kerülő változatát (1989). Sajnos sok látható és sok észrevehetetlen hiba maradt a munkában. Néhol csak össze kellett volna hasonlítani a térképet valamelyik régebbi méréssel, és kikeresni a sok különböző felmérési adatból azt, amelyik nem tartalmaz hibát. Az 1:1000 méretarányt indokolja a barlang nagysága, de ezen belül is szegényes a belső részek rajzolata. Vitathatatlan érdem, és szinte megismételhetetlen teljesítmény az oldalágak és a Rövid-alsóbarlang teljes ábrázolása a térképen. Bár azóta is történtek kisebb felfedezések a térkép teljesnek tekinthető. A digitális anyag újrafeldolgozásával, néhány ellenőrző méréssel, a hibák kijavításával, a Domicai rész térképének digitalizálásával és a teljes térképanyag térinformatikai rendszerben digitális formába hozásával egy olyan alaptérkép született 2001-ben ami minden tudományos kutatás alaptérképeként működhetne. Ezzel viszont új szereplő lépett be az odáig is bonyolult szerzői jogi keretekbe. A meglévő fixpontok viszont a további munkákhoz is alapot biztosítanak. A fixpontok koordinátáit részben megvásárolta a nemzeti park, ami ilyen módon felhasználható lett volna, de a hibák feltárására és kijavítására nem történtek kísérletek. A teljes térképanyagba fektetett 19 évnyi munka viszont nyilván megfizethetetlen. Ezek után akár jogosnak is tekinthető az újramérés szükségessége.

Szunyogh Gábor 1996-ben kezdi meg a barlang járatainak részletes megrajzolását jórészt a Baradla csoport alappontjaira támaszkodva. Mivel a rajzolást csak a világított szakaszokon készíti a térkép darbjai „lógnak a levegőben”. Az időközben járdaépítés miatt nagyrészt megsemmisült aggteleki szakasz alappontjait 2000-ben felújítja és felméri Zergi István (megbízással), és ezeken a pontokon már függetlenül folyhat a további rajzolási munka. A teljes főágot viszont csak 2005-ben méri fel Zergi, és ekkor lesz egy új alap poligon, valamint az országos rendszerbe kapcsoláshoz és a főág poligonjának kiegyenlítéséhez ekkor készül el a felszíni alappont hálózat. Ekkorra viszont az aggteleki járdába rögzített új fixpontok egy része is már megsemmisül, a jósvafői rekonstrukció miatt a mesterséges alakzatokat pedig újra kell rajzolni.

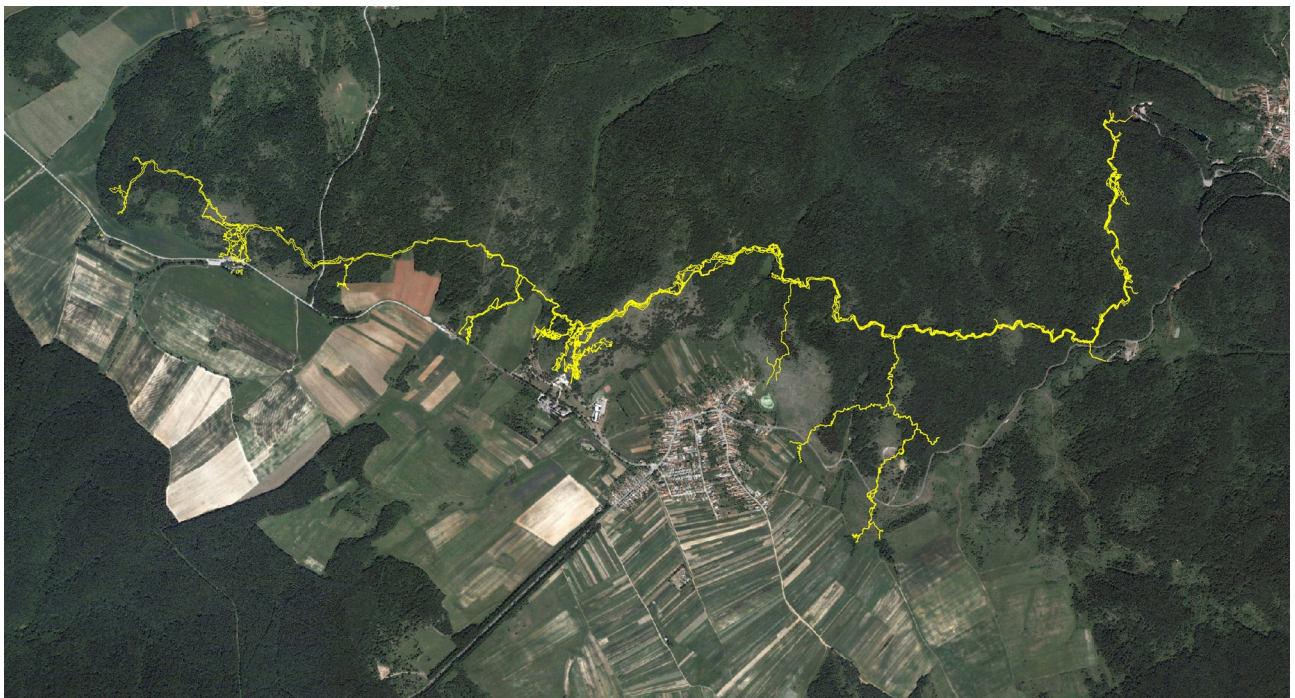
A mellékágak térképezését Szabó Zoltán kezdi meg függőkompasszos mérésekkel.

A főág további rajzolásához az alapot a kísérleti mérésneként elkezdett, majd 2004-ben a teljes sötét szakaszra megvalósított lézerszkenneres felmérés biztosíthatja, ami szintén az új alaphálózatra támaszkodik. Ez a munka önálló térképi tartalmat is eredményezhetne, de a teljesen más technológia miatt ez nem összehozható a kézi rajzzal. Szunyogh Gábor viszont a saját rajzolási módszere és stílusa szerint a főágot egységesen rajzolhatná meg a lézerszkenneres felmérésre. Ennek most már csak idő és pénz korlátai vannak.

A 2014 végén kiadott Baradla-Domica monográfia (A Baradla–Domicabarlangrendszer A barlang, amely összeköt; ANP 2014 Jósvafő) térképei arról tanúskodnak, hogy a szerzők több különböző forrásból próbálták összerakni a barlang térképét. Fellelhetőek benne azok a hibák amik az 1989-es atlaszban vannak, de egyes részeket pontosítottak.



2.2. kép: Baradla barlang 1825-ös térképe a jelenlegi mérésre illesztve



1. kép: A Baradla-Domica rendszer áttekinthető térképe a javított, digitalizált 2001-es adatokból

2.1.2 Szemlő-hegyi-barlang

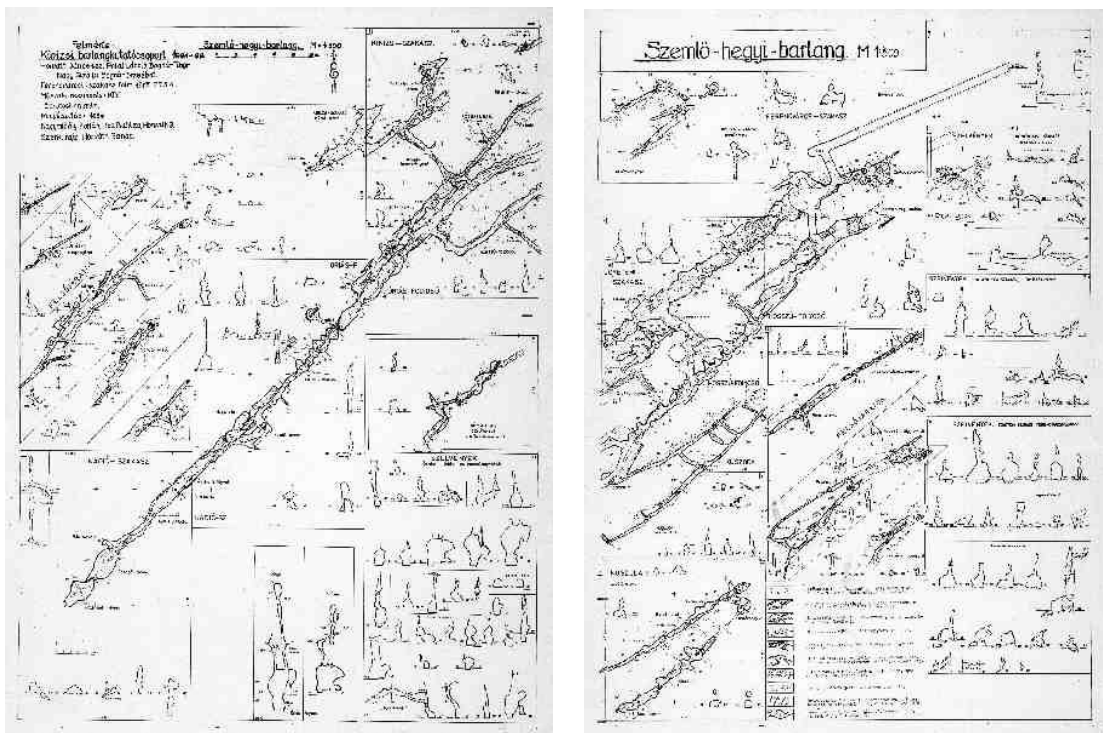
Horváth János 1961-1962 (1986)

A mérés⁴ busszolás (iránytűs) teodolittal és függőkompasszal készült, többszörös ellenőrzéssel. A rajzolás a helyszínen Horváth János rendszere alapján, poligonon szakaszonként külön milliméter papíron.

Az elkészült 1:100-as térkép elismerten és hangoztatottan kiváló minőségű és etalonnak számít. Elkészült egy atlasz is, de az nyomdába nem került. Mivel az eredeti felmérés nagyrészt teodolitos és kézzel számolt így nincs „poligon”.

A rögzített, számozott fixpontok a járat végeknél és főbb elágazásoknál találhatóak. Alumínium táblák, néhol utólagos csavarokkal. A sok mesterséges beépítés miatt alappolygon csak teodolittal létesíthető.

A számos változatban megrajzolt térkép részletessége és grafikai megoldása (atlasz, árnyékolt kontúrok) miatt az új feltárásokkal való – stílusban, minőségben ezt megközelítő – kiegészítése nem egyszerű feladat.



2.3. kép: Szemlő-hegyi-barlang 1:500-as, atlaszból összeszerkesztett térképének lapjai

2.1.3 Béke-barlang

*"Tíz-tizenkét kilométert
megy a lyuk a föld alatt,
így hantázta ezt barátunk,
végül is csak öt maradt."*

Részlet Kőhalmi Gábor írásából⁵:

"...Az "Óriásterem" megnyitását a szakértőnek választott Dr.Jakucs László kb. 120 m hosszú $e = 3\%$

4 [Horváth 1965]

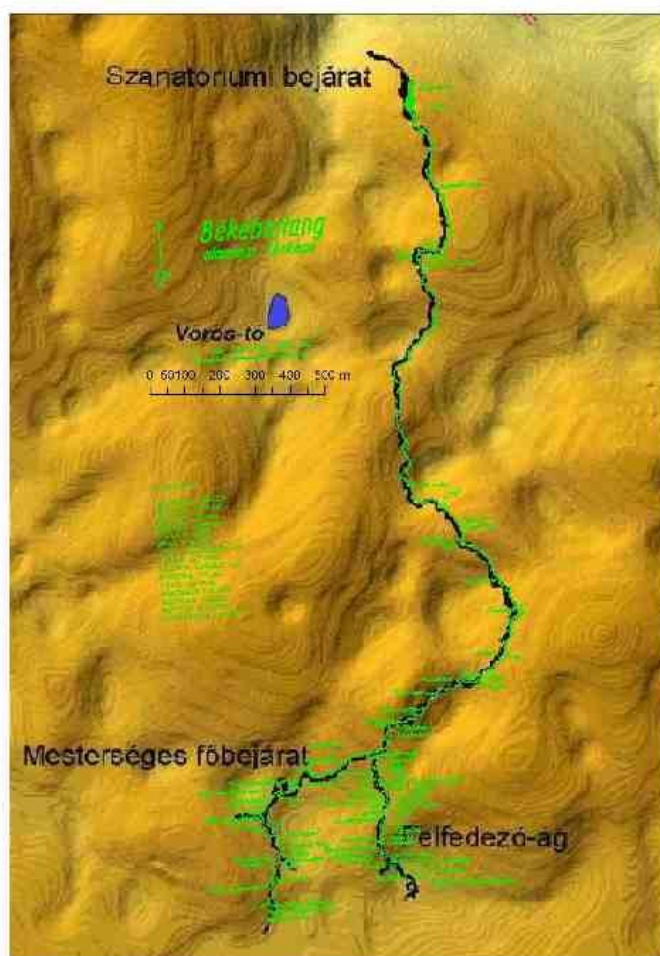
5 [Kőhalmi 1968]

emelkedésű táróval az általa megfelelőnek tartott pontról lehetségesnek tartotta, elvállalta a táróhajtás műszaki irányítását.

Az 1963 május - 1963 október 15-ig a mintegy 165 fm hosszban kihajtott, és a szakértő beleegyezésével többször is irányt változtatott táró nem érte, s mint azt később a szabatos mérések is igazolták, nem is érhetett el az Óriástermet.

...

A "Mesterséges Főbejárat" és a "Bíbic" töböri bejárat helyének szabatos bemérése (1963.X.hó) és a mérés Dr.Jakucs László "Aggtelek és környéke utikalauza" című 1961-ben kiadott könyvében lévő barlangtérképpel való egyeztetés alapján biztosra vehető volt, hogy a barlangtérkép hibás, mert a könyvben közölt térkép alapján az "Óriásteremnek" Jósvafő község északi oldalára kellett volna esnie annak dacára, hogy a barlang forrása Jósvafő községtől délnyugatra bukkan elő. Maga Dr.Jakucs László is itt akart a barlangrendszerbe bejutni."



2.4. kép: Béke-barlang jelenlegi és 1961-es térképének egymásra vetítése

A barlang felmérésének befejezésében a Papp Ferenc csoport (akkor még ÉKME) tagjai is részt vettek, köztük Dékány Csaba akinek több cikkére is hivatkozunk. A mérést fel is szerkesztették⁶ és csak annyi történt, hogy a könyvben megjelent térkép léptéke másfélszeresen nagyobbnak ábrázolja a barlangot. Az 1959-es felmérés és a legújabb térkép között nincs jelentős vonalvezetési különbség, a megadott végpont alapján talán volt némi hosszmerési hiba de Jakucs tudta hol van a végpont helye a felszínen. Az eredeti felmérés nem lett volna elég pontos egy táró hajtáshoz, de két nagyságrenddel kisebb hibát tartalmazott mint a könyv.

6 [Maucha 1960]

2.1.4 István-lápai-barlang

A barlang 1964 és 2000 közötti térképezéseiről Nagymihály Zoltán készített tudományos igényességgű összehasonlítást. Ezt az anyagot többeknek (köztük nekem (HB) is) elküldte, ebből idézek (Szenthe-Nagymihály-féle térképezés):

"... kutatási eredményeit hosszú ideig, nagy fáradtsággal és anyagi ráfordítással megkísérelte a nyilvánosság számára hozzáférhetővé tenni – a kutatás érdekében. A következmény az volt, hogy az eredmények egy része az eredet megjelölése nélkül került közlésre, másik részről az irodalom – hozzáférhetőségük ellenére – nem vesz tudomást."

Azóta se készült el a barlang részletes térképe.

2.1.5 Vass Imre-barlang

Sárvár István 1955-1956

A barlang feltárása közben és a felfedezés után is folyamatosan készült mérés. A teljes megismerés után elkészült a barlang első térképe 1:500-as méretarányban 1956 január 31-én. Ennek több másolata is sokszorosításra került keresztshelvényekkel kiegészítve. A teljes térkép szerkesztésénél a háromszög folyosóban kimaradt néhány poligon szakasz, pedig az 1955-ös 1:400 méretarányú térkép még pontos.

Később több kisebb mérés is volt a barlangban⁷ (pl. a bejárati táro kitűzése), de teljes térkép nem született ezekből, és az 1956-os térkép szerkesztési hibáit sem javították.

Szenthe István 1985-1986

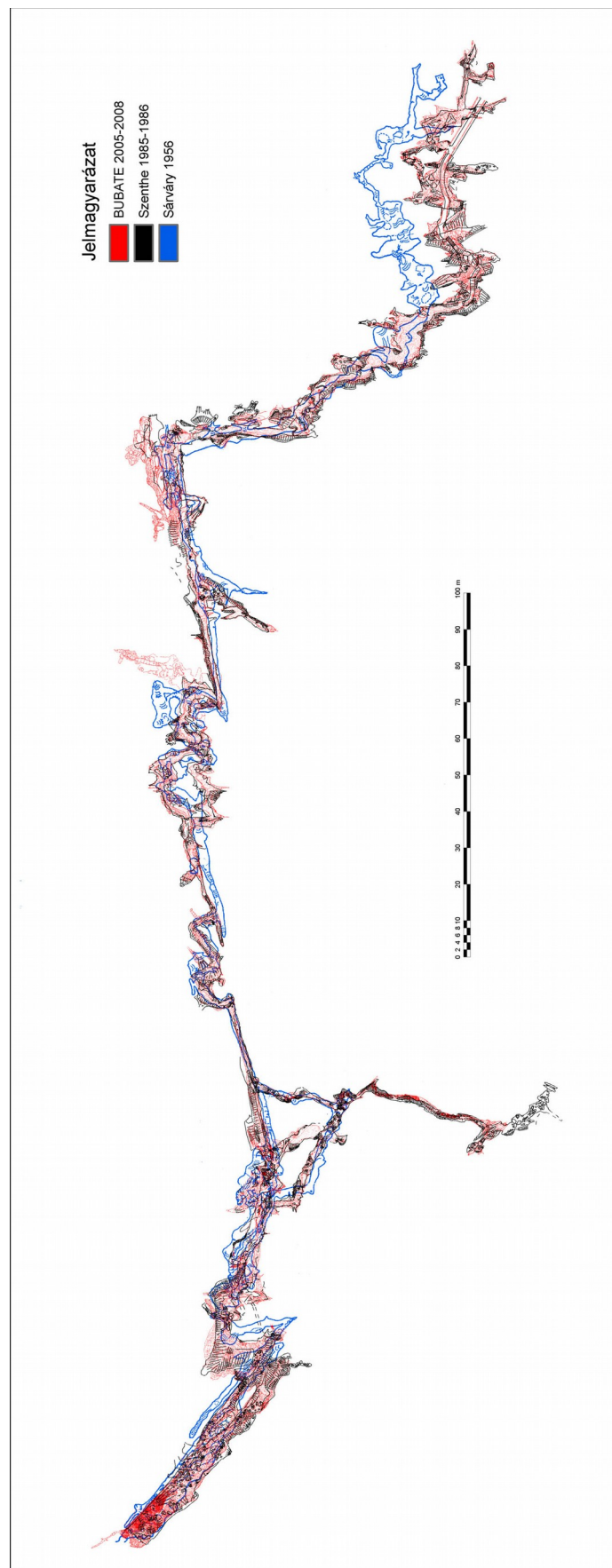
A barlangot egy 1984-85 szilveszteri téli tábor és azt meghosszabbító kampány alkalmából, majd több kisebb akcióval mérte fel a Papp Ferenc csoport akkori fiatalsága Szenthe István irányításával, több külső segítővel, önerőből. A felmérésben összesen 39-en vettek részt különböző intenzitással, köztük olyan ismert emberek is mint: Hevér László, Lengyel János, Nagymihály Zoltán, Regős József, Várkonyi László, és a térképezés előkészítésében Kérdő Péter. 1985 augusztusára (a barlang feltárásának harmincadik évfordulójára) elkészült a barlang 1:200 méretarányú munkatérkép atlasza alaprajzzal, oldalnézettel és metszetekkel, valamint 1:500 méretarányú alaprajzi térképe. Az 1:500-as térképből mindenki kapott, aki részt vett az évfordulás ünnepeken. Utána már csak kisebb mérési és rajzolási munkák folytak egy – három fő részvételével. A térképezés alapvetően függőkompassz és fokív segítségével történt, de kipróbáltunk minden, általunk hozzáférhető eszközt és műszert a mérés ellenőrzése és pontosítása érdekében. A főágban 153 számozott sárgaréz csavarral alappont hálózat létesült, hogy bármikor ellenőrizni, újramérni lehessen. A többi fixpont jellemzően fűrt lyuk. A milliméterpapírra felszerkesztett poligonra a helyszínen rajzoltuk meg a pontos térképet 1:100-as méretarányban. A munka befejezetlen maradt (voltak még ismert, de be nem mért részek), de a térkép a barlang több mint kilencven százalékát egységesen és részletesen ábrázolja. A mérések feldolgozása számítógépen (Commodore64) történt, és az 1:100-as eredeti rajzokból az atlasz és a térkép optikai kicsinyítéssel készült tartalomvesztés nélkül. Később elkészült a teljes digitális újra feldolgozása a barlangtérképnek AutoCad-ben.

BUBATE 2005-2008

A térképezés megrendelésre készült 1:100 méretarányban. A főágot Zergi István mérte teodolittal, a többi mérés függőkompasszos. A főág végének teodolitos mérése is függőkompasszos méréssel lett kapcsolva az elejéhez.

A három felmérés alapvetően megegyezik (az 56-os szerkesztési hibájától eltekintve), ennek ellenére elhangzott több helyen is, hogy a régi mérések hibásak. A rézcsavarok egy részét a 2005-ös mérésnél kiszedték, helyükre néhol rozsdamentes töcsavarokat tettek, néhol üresen hagyták. Néhány számozott rézcsavart máshol újra felhasználtak, egyes helyeken a régi pont közelében újat létesítettek. A barlang a felfedezése óta nem bővült jelentősen, 86-óta pedig semmit, mégis a hossz adat az 55-ös és 86-os 1km-ről 2185 m-re változott.

7 [Dékány 1960]



2.5. kép: A Vass Imre-barlang térképeinek összehasonlítása

2.1.6 Mátyás-hegyi barlang

A barlangot sokan sokszor mérték már, mégis a jelenlegi térkép körül sok a bizonytalanság. Általános vélemény szerint a térkép hibás, amit a poligon záráshibáival támasztanak alá. A Kárpát József által 1981-82-ben készített térképet viszont azóta is használják tájékozódásra.

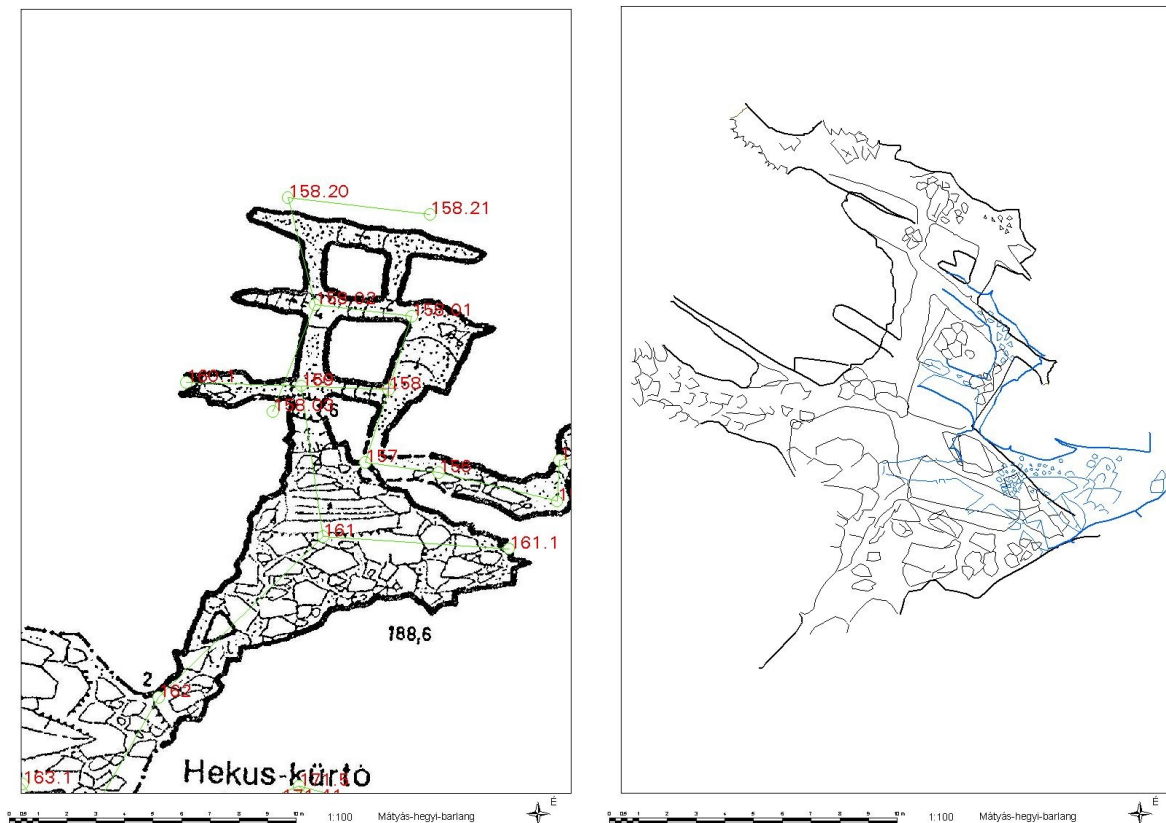
A jelentős (5m) méretű záráshibákat néhány ellenőrző méréssel és előjelhibák kiküszöbölésével meg lehetett szüntetni. Tájékozódás szempontjából pedig a bonyolult járatrendszer metrikus pontossága nem számít, csak a topológiai helyessége és a jellemző részletek azonosíthatósága.

Kárpát József a térképezésnél nem törekedett nagy pontosságra – turista laptájolót használt – de gyorsan tudott vázlatot készíteni amit azután a végleges térképen szépen összerajzolt a felszerkesztett és grafikusán kiegyenlített poligonra. Az ilyen – első benyomás alapján készült – térkép pont a legjellemzőbb formákat tartalmazza, még ha az nem is a barlang teljes kiterjedését mutatja.

A később feltárt járatok természetesen nincsenek rajta az atlasz formában is megjelent térképen.

Van viszont a barlangnak egy olyan része, ahol eddig minden térképezési próbálkozás kudarcot vallott: a törmeléklabirintus. Talán nem is lehet alaprajzban ábrázolni ezt a sokszorosan egymás felett elhelyezkedő járatrendszert. Itt még a topologikus helyesség sem számít. Olyan sok csatlakozás van, és a járatok átjárhatósága is olyan relatív (mászástechnikán és testméreteken múlik ki hány átjárót ismer), hogy nem lehet egyértelmű rajzot készíteni. A bejárat – tó közötti szakaszon Révész Lajos 1966-ban (?) masszív fixpontokat helyezett el, ami alkalmas lenne arra hogy minden későbbi mérést ehhez kapcsoljanak. Mégis, az atlaszban alig találunk ezek közül azonosítható, koordinátás pontot.

Tanulság: egy térkép pontossága és használhatósága két különböző fogalom.



2.6. ábra: Mátyás-hegyi-barlang térképeinek összehasonlítása

balra: Kárpát 1983, jobbra: PF csoport 2010

3 Barlang felmérés

A barlangtérkép a barlang (természetes, ember számára járható üreg) térképi (méretarányos, kicsinyített, generalizált) ábrázolása. Ha a hagyományos térképi definíciót vesszük, akkor síkba vetített, papírra nyomtatható. Manapság a térkép lehet három dimenziós számítógépes modell is, ami a barlangok esetében nem elhanyagolható tulajdonság.

A barlangok bonyolult térbeli negatív alakzatok, ábrázolásuk is ennek megfelelően nehéz feladat. Első lépésben a negatív forma ábrázolásának a gondjait kell megoldani. Ez úgy történik, hogy a barlangot befoglaló közetet képzeletben elmetsszük, és eltávolítjuk a szemlélő felőli részt. Az így kapott pozitív felületet már síkra vetíthetjük. Megjegyzendő, hogy el lehet képzelni más megoldást is például a csillagtérképek mintájára a „belülről nézem és egy gömb felületre vetítem” módszert. Ha ez a sík vízszintes és felülről nézzük, akkor alaprajzot kapunk. Ahhoz, hogy a barlangjáratot teljes szélességben tudjuk ábrázolni a legszélső vonal mentén kell a metszészvonalat vezetni. Ha ez nem megoldható, vagy a tájékozódást nem segíti akkor lehetőség van a legjellemzőbb járatszélességben is felvenni a metszészvonalat. Ilyenkor is célszerű a teljes kiterjedést jelezni.

A barlangban való mozgásnál nem mindegy, hogy milyen magas a járat, illetve mekkorák a szintkülönbségek a barlangon belül. A magassági viszonyokat oldalnézetből tudjuk ábrázolni. Ilyenkor a vetítő sík függőleges. Az oldalnézet (helytelenül de elfogadottan hosszmetset) megmutatja a járatok függőleges kiterjedését és magassági viszonyait. Ha a lejtésviszonyokat szeretnénk helyesen ábrázolni, akkor minden járatszakaszt a saját hossz tengelye mentén kell vetíteni és kiteríteni síkba a tört vonalú vetületet.

A járatok jellemző formája a keresztmetset. A jellegzetes pontokon felvett keresztmetsetek teszik teljessé a térképet. Vízszinteshez közeli járatokat függőleges síkú keresztmetsetekkel, függőleges aknákat vízszintes keresztmetsetekkel ábrázolunk.

A térkép készítésénél természetesen nem alkalmazhatjuk a „lebontom a fél hegyet és lerajzolom kívülről a barlangot” módszert. Belülről kell feltérképezni az üreget. A méréseket nehezíti a szűk hely vagy éppen a hatalmas méretű, csak kötéllel megközelíthető járatok, a sötétség, a magas páratartalom, a sár, a csepegő vagy folyó víz, és a stabil felállási lehetőség hiánya. Ezért speciális technikákra és műszerekre van szükség.

3.1 Fogalom definíciók

3.1.1 Alaprajz

A barlang járatainak vízszintes síkra vetített alaprajzi (talp rajzlati) képe. Rajta korlátozottan jelölhetjük a főte jellegzetességeit is megkülönböztetve azokat a többi jelöléstől. Ha a járatok egymás felett húzódnak, akkor lehetséges azok külön-külön ábrázolása. Tehát nem csak egy alaprajz létezhet, de célszerű törekedni a teljes ismert járatok együttes ábrázolására.

3.1.2 Metszet

Szigorúan egy síkban, legtöbbször egy járatot érintő járatkontúr rajz. Lehetséges bármilyen síkban készíteni, de az általános a függőleges síkkal való metszés barlang járatoknál és a vízszintes síkú az aknáknál.

A szigorúan egy síkban feltétel persze elméletileg igaz, mérés technikailag nem mindig lehet, a jellemző keresztmetset kiválasztásánál meg néha nem célszerű ezt betartani. Ha a metszetet fel szeretnénk használni 3D ábrázoláshoz akkor viszont ez meghatározza a pontosságot.

3.1.3 Szelvény

Több, akár eltérő síkú metszetből létrehozott kép a barlangjáratok térbeli elhelyezkedéséről. A szelvény vonalához közeli jellemző pontok bevetítésével az ábrázolni kívánt térbeli összefüggések megmutathatók, mintha egy szeletet emelnénk ki a kőzetből. A szelvény vonalának alaprajzon való ábrázolása definiálhatja az (esetleg tört vonalú) elhelyezkedését.

3.1.4 Oldalnézet

A barlang egyes járatainak függőleges síkra vetített képe a legmagasabb és legmélyebb kontúrvonalakkal és a főbb tereptárgyak rajzával. Nevezik hosszmetsetnek is, bár ez hangsúlyozottan nem metszet. Több járat szakasz különböző síkú oldalnézetét egybe rajzolva a szelvényhez hasonló tört vonalú képet kapunk, ahol a járatok térbeli elhelyezkedése ábrázolható, ez a kiterített oldalnézet. Az a megoldás, ahol a poligon szakaszokat mind a saját függőleges síkjukban ábrázoljuk – bár technikailag a legegyszerűbb a szerkesztése – nem célszerű, mert a vetületek torzítják a barlang képét.

3.1.5 Alappont, fixpont

Méréssel meghatározott, jelölt, rögzített fizikai pont a barlangban, melyről további méréseket indíthatunk.

3.1.6 Részletpont

Méréssel meghatározott jelöletlen pont a barlangban.

3.1.7 Mérési pont, segédpont, vesztett pont

Méréssel meghatározott, ideiglenesen rögzített pont, amelyről további méréseket indítunk. A jelöletlenség miatt a mérést addig lehet csak folytatni amíg a pont még azonosítható.

3.2 Műszerek

*"Jó a műszer, hogyha mérni kell,
Még jobb Jóskát fára húzni fel,
A hülyeség a legjobb jódolog!
Barlangász vagyok!"*

Sokféle eszközzel mérhetünk a barlangban, kezdve a vízen úsztatott varrótűtől egészen a ledobott kő hangjának méréséig, de itt csak a pontos térkép készítésére alkalmas műszereket sorolom fel. Geológus kompasz például nagyon hasznos a kőzetrétegek méréséhez, poligon méréshez viszont nem elég pontos. Nyilván a térkép célja szabja meg az alkalmazott technikát, és adott esetben elegendő egy laptájoló is, de ne ebből induljunk ki, ha térképet szeretnénk a barlangról.

A barlangi körülmények erősen behatárolják a mérésekhez felhasználható műszereket. A barlangi gyakorlathoz legközelebb álló technika a régi, szűk bányavágatokhoz idomuló, mára már elavult bányamérő műszerek használata. A mágneses tájékozású műszerek a sok rövid poligon oldal miatt még mindig nagyobb pontosságú mérést tesznek lehetővé a barlangban mint a többi módszer, miközben a modern geodéziai gyakorlatból már kiszorultak.

3.2.1 Függőkompass, fokív, mérőszalag



3.1. kép: Freibergi függőkompass és fokív

A hagyományos barlang, illetve bánya mérő műszer együttes három részből áll.

A mérőszalag nem érdemel sok szót, manapság az üvegszálalás műanyag szalagok alkalmasak a barlangi használatra.

A függőkompass és a fokív kifeszített zsinór azimutját és dőlésszögét hivatott megmérni. Mindkettő viszonylag egyszerű kivitelű műszer, egyedül a skála elkészítése ami kritikus. Nagy bányászati műszergyártók (MOM, Freiberg stb.) mind gyártottak ilyen műszert, manapság viszont kevés cég foglalkozik már vele (<http://www.fpm.de/index.php?c=1&s=markscheidegeraet>). Mivel zsinórra akasztva működnek a készlethez feltétlenül tartozik még egy tekercs zsinór is, ami viszont lecserélhető (adott esetben le is cserélendő) jó minőségű körszövött műanyag zsinórra (pl. lavinazsinór).

A függőkompass egy nagy méretű, precíz skálával ellátott iránytű, amely egy kardáncsukló felfüggesztésnek köszönhetően vízszintesre tud magától beállni. Zsinórra függesztéséhez két szembe fordított kampó szolgál, ami a függesztés révén az egyik irányú függőleges állást is biztosítja, de a legfontosabb célja a műszer alapvonalának a zsinór irányában tartása. Az felfüggesztő kampók ellentétes állása azt szolgálja, hogy véletlen meglökés esetén ne ugorjon le a zsinórról. Része még a mágnestű csapágyazását védő arretáló (tehermentesítő) szerkezet, és esetleg a szállításhoz síkba hajtogatást lehetővé tevő csuklópánt.

A szabaddá tett mágnestű beáll az északi irányba, a zsinórral párhuzamos irányú skálán pedig le lehet olvasni a zsinór helyi mágneses iránnyal bezárt vízszintes szögét.

A fokív egy vékony lemezből álló szögmérő, amelynek közepén egy fonálon lógó súly jelöli ki a függőleges irányt. A műszer felakasztására a függőkompasshoz hasonlóan két ellentétes irányba néző kampó szolgál. A zsinóron lógva a skála a felfüggesztésekkel párhuzamos, a függő által kifeszített fonál pedig függőleges lesz. Mivel a skála nulla pontja merőleges a kampók vonalára, a skálán a vízszintessel bezárt szöget olvassuk le.

3.2.2 Suunto, lézertáv mérő

A suunto egy műszergyártó cég, bűvár óráiról is ismert. A név (mint sok műszerre) az elterjedtsége alapján hagyományból ragadt rá. A műszer valójában kézi olajkompass és lejtiszögmérő, és több más cég (pl. Silva) is gyárt hasonló kivitelű műszereket.

Előnye a kicsi, strapabíró, könnyű kivitel, és hogy elérhetetlen pontokat is meg lehet vele irányozni. Így kapcsolódik hozzá a lézertáv mérő is mint kiegészítő elem, távoli, elérhetetlen pontok távolságának méréséhez.

Mérési módja alapján a szemhez emelt műszerrel megcélzott pont mágneses azimutját és külön a lejtsszögét tudjuk lemérni. A mérés a műszer középpontja és a megcélzott pont között teremt kapcsolatot. Ahhoz, hogy két poligon pont közötti szögeket mérjük, a mérési iránynak át kell menni a két ponton. Ez két pontos, és egy közelítő megoldással érhető el. Az egyik pontos megoldás az, hogy az egyik mérési pont mögött elhelyezkedve a műszert és a két pontot egy vonalba hozzuk szemünk helyzetének függőleges és vízszintes mozdításával. Ez esetben szükséges a pont mögött elegendő hely számunkra. A másik megoldás, amikor irány méréshez az egyik pont alatt vagy felett helyezkedünk el, lejtsszög méréshez pedig a pont mellett, a ponttal egy magasságban. A pontatlan megoldás az, ha a két pont között próbálunk úgy elhelyezkedni, hogy a két pont vonalában legyen a szemünk. Ilyenkor a fejünk mögötti pont helyzetét nem tudjuk jól kontrollálni.

Az iránysszög méréséhez a kompaszt vízszintesen kell tartani. Meredek irányzásnál nehéz a pontot és a műszer index vonalát egy függőleges egyenesbe hozni, ezért sokféle segédeszköz készült ennek segítésére.

A műszerek fok (vagy újfok) beosztásúak, tizedfok leolvasása becsléssel lehetséges.

A lézertáv mérő típustól függően 1-5 mm pontos, ára a suuntoval összemérhető, ma már ezt tekintetjük teljes mérő összeállításnak.



3.2. kép: suunto olajkompasz és lejtsszögmérő

3.2.3 DistoX

A barlang felmérésében forradalmi változást hozott a Beat Heeb svájci barlangász készíttette műszer. Egy lézertáv mérő (Disto A3, X2: X310) és egy saját gyártmányú elektronika kombinálásából áll. A mérő készlethez tartozik még egy terepi számítógépen (PDA) futó program (PocketTopo) is, ami jegyzőkönyvezi az adatokat, kirajzolja a poligont, lehetővé teszi a vázlat készítést és segít a műszer kalibrálásánál. Ez helyettesíthető más programmal (Auriga, TopoDroid) is. A műszert önállóan is használhatjuk felmérésre, de sokat veszít az értékéből a program nélkül. Még ekkor is annyi gyorsabb, kényelmesebb, és nyugodtan kijelenthetjük pontosabb is a régebbi módszereknél, hogy pillanatok alatt kiszorította azokat.

A lejtsszög és iránysszög 0.2° pontosságú, a lézertáv mérő 1.5mm. (X2: 1mm) A lejtsszöget elektronikus gyorsulásmérőkkel (3 tengely) méri, az irányt 3 tengelyű magnetométerrel (a mágneses térerősség adott irányú komponensét mérő érzékelő). Ezzel tetszőleges helyzetben mérhetünk irány és lejtés korlátozás nélkül.

A műszer 4000 (X2: 1000) mérés adatait tárolja is, majd Bluetooth kapcsolaton keresztül automatikusan átküldi a feldolgozó programnak.



3.3. kép: DistoX és PDA PocketTopo programmal



3.4. Ábra: DistoX2 és Androidos tablet TopoDroid programmal

3.2.4 Teodolit

A teodolitos mérésnek barlangokban akkor van létjogosultságuk, ha vagy nagyon pontos mérést kell készíteni (táró hajtás), vagy a mágneses mérés a sok vas beépítése miatt lehetetlen. Két fajta műszer alkalmas manapság barlangi feladatokra: Az egyik a régi busszolás teodolit. Ennél a hagyományos teodolit rendszerű mérést kiegészíti a mágneses iránymérés lehetősége. A másik a direkt (cél tárgy nélküli) mérésre képes lézer (elektrooptikai) távmérős elektronikus mérőállomás.

A teodolit mérési elve az, hogy vízszintes és magassági szögeket mér. A vízszintes szögeknél csak szögműködéseket (két megírányzott pont vízszintes szögét az álláspontról), magassági szöget pedig a vízszinteshez viszonyítva. A poligon oldalaknak az irányszöge ezek után a kezdő oldal irányszöge és a köztes oldalak szögének különbségéből adódik. Minél több a sokszögpont, annál több összeadás, és annál több összeadó hiba terheli a mérést. Egy hibás vízszintes szögmérés az összes további poligon oldalt elfordítja. Az egyik poligon pont a mérésnél maga a műszer tengelyeinek metszéspontja, a másik egy tetszőleges megírányozható pont. Szükséges az összeláthatóság a két pont között, mivel az irányszást vagy távcsővel, vagy a távcső tengelyében kilépő lézersugárral végezzük.

A teodolitos mérések egyik problémája a felszínen kényelmesen, állva használható háromlábú állványok szűk barlangjáratokban való felállítása. Barlangász csoportok készítenek rövidített lábú, térdelve vagy hasalva használható állványokat. A bányában használatos feszítékek a szabálytalan barlangjáratok falaira nem rögzíthetők, ilyen esetekben mindenhol egyedi ácsolat beépítésére van (lenne) szükség.

Léteznek függeszthető kialakítású (fejre állítható csapágyazású, függőteodolit) bányamérő teodolitok. Ezeket nem kell állványra helyezni, hanem a falba rögzített tartókaron függhet. A függés révén csak húzással terheli a tartókart, nem akar lebillenni a saját súlyától, nem csavarja a rögzítését és így stabilabb.

3.2.4.1 Mérőállomás

A mérőállomások (elektrooptikai távmérővel, elektronikus szögméréssel, adattárolással és számítási funkciókkal kiegészített teodolit) között vannak csak prizmával használható, és vannak direkt távmérős megoldások. Az utóbbiak használhatók jól barlangi körülmények között, mivel nem csak a fixponton elhelyezett céltárgyakat, hanem a megközelíthetetlen részletpontokat is be lehet velük mérni. Az adatok koordináta számítása és rögzítése (esetleg grafikus kijelzése) révén a körzárásokat már a barlangban ellenőrizhetjük és újramérhetjük a kérdéses szakaszt. Robot teodolitok (beépített motor mozgatja programozhatóan a lézertávmérőt) alkalmasak kis felbontású lézerszkennelésre is.

3.2.4.2 Busszolás teodolit

A teodolitra szerelt iránnytű feltételezi az egész szerkezet vasmentességét. Ennek segítségével minden álláspontban, esetleg minden irányszáznál ellenőrző méréseket végezhetünk a mágneses észak felé. Ezeket az értékeket nem használjuk fel az oldalak szögműködésének számításakor, csak a durva hibákat szűrjük ki vele. A teljes poligon sorozatra viszont kiszámolhatjuk az átlagos azimutot, ami ilyen módon pontosabb lesz mint az egyes mérések.

3.2.4.3 Giroteodolit

Bánya, alagút, mélyépítési méréseknél, ahol nem áll rendelkezésre távoli iránypont, alkalmazzák a giroteodolitokat. A műszerbe épített szabadon beálló pörgettyű felveszi a föld forgásának irányát, így közvetlenül a csillagászati északra tudjuk tájékozni. A szerkezet drágasága, mérete és nehézkes használata miatt nem alkalmazzuk barlangban.

3.2.5 GPS

GPS a barlangban? Persze hogy nem. Csak egy április elsejei tréfa volt. De több GPS-ben is van légnyomás alapú magasság mérő. Ez használható barlangi körülmények között is. Pontosságuk csak néhány méter, de egy újonnan felfedezett zomboly mélységének megméréséhez, vagy durva hibák ellenőrzéséhez jól használható.

A bejárat helyének bemérésére a felszínen ez a legalkalmasabb műszer. Probléma csak az szokott lenni, hogy a barlang bejárat takarásban van és nem lehet pontosan bemérni csak a GPS használatával, hanem más műszert is igénybe kell venni egy távolabbi pont és a bejárat összekötéséhez.

3.2.6 Barometrikus magasságmérés

A GPS-en kívül más eszközökben (telefon, óra, magasságmérő) is van barometrikus magasságmérő (altimeter). Ezekkel is lehet korlátozottan magasságot mérni. Régen is alkalmaztak speciális barométert (Paulin barométer) magasságmérésre, de mindig csak párban: az egyik műszar egy ismert ponton mérte a légnyomás változását (időjárás) és ezzel szinkronban a mozgó műszeren mért légnyomás különbségből lehetett a magasságkülönbséget meghatározni kb. fél méteres pontossággal. Csak egy műszerrel a hiba elérheti a 100m-es nagyságrendet is. Barlangban is ez a lehetőség: két műszerrel kell mérni, az egyik a bejárat közelében a barlangban, már állandó hőmérsékleten regisztrálja a légnyomás változását, a másik meg a kívánt pontokon rögzíti a légnyomást és az időt. Időadatok alapján később a két műszar adataiból kiszámítható a magasság különbség, ami függ a levegő hőmérsékletétől és a páratartalmától is. A barlangi huzatnak is a légnyomás különbség az oka, így egy vízszintes járatban is lehet akkora nyomás különbség ami néhány méter magasságkülönbségnek felel meg.

3.2.7 Érdekességek

3.2.7.1 Lufi (héliumos)

Hát ez nem igazán műszer, de nagy barlangok mennyezetének magasságmérésére alkalmazható. Igen körülményes és pontatlan, a lézertáv mérő ma már kiszorította. Viszont a különböző magasságokban a huzat jelzésére is alkalmas.

3.2.7.2 Profilográf

A Papp Ferenc csoport által⁸ 1958-ban kifejlesztett barlangi műszer sajnos csak korlátozottan alkalmas barlangi szelvényezésre. A járat szelvény pontjainak megvilágításához egy pontból, a fényképezés miatt pedig egy másik pontból beláthatónak kell lennie. Ez csak nagyon kevés helyen teljesül.

3.2.7.3 Fotogrammetria

A profilográf is tulajdonképpen fotogrammetriai eszköz, konkrétan egyképes vagy síkfotogrammetriai eljárást valósít meg, mivel a kivetített fény egy síkban világítja meg a keresztszelvényt, és egy képből történik a kiértékelés.

A digitális fényképezéssel együtt fejlődtek a digitális fotogrammetriai eljárások is. Mára olyan szintre jutottak, hogy a legtöbb műszaki korlátot (kalibrált optikai rendszer, mérőpontok kihelyezése, bemért kamera álláspont stb.) jó algoritmusokkal, gyors számítógépekkel ki lehet kerülni. A sok professzionális feldolgozó program mellett megjelentek azok az ingyenes (esetleg nyílt forráskódú) programok amikkel különösebb előképzettség nélkül is, egyszerű amatőr felszereléssel mérhető adatokhoz (térbeli modellekhez) juthatunk.

A kétképes vagy sztereofotogrammetriai megoldások ugyan úgy korlátozottan alkalmazhatók mint a profilográf, hiszen csak azokról a felületekről (teljes terek szóba se jönnek) tudunk modellt alkotni

8 [Maucha-Tóth 1962],[Sárváry 1969]

amit egyszerre a két fényképezőgép lát, és még meg is van világítva. Viszont nem csak egy szelvény síkja értékelhető ki hanem szerencsés esetben sok ezer térbeli pont.

Ezzel szemben a sokképes közelfotogrammetriai módszer, ahol a modellt nem csak két képből, hanem sok kameraálláspontról, egy egy pontot több képből is rekonstruálva számítjuk ki, alkalmas lehet akár teljes barlangok felmérésére is. A felvételező eszközök (lehet mini videó kamera vagy olyan összetett szerkezet mint amivel a Google StreetView készül) fejlődésével, esetleg barlangi körülményekhez adaptálásával, belátható időn belül olyan képmennyiséghez jutunk, ami már használható. Az alappontok mérését viszont így sem ússzuk meg, valamivel korrigálni kell a modell hibáit és el kell helyezni a térben az egyes modell részleteket.

Sokak vágyálmaiban él az a kép, hogy egy sisakkamerával a barlangban végigmenve, menet közben az okostelefonunkon kirajzolódik nem csak a térkép, hanem a teljes térmodell. Talán nem is olyan utópisztikus.

3.2.7.4 SAP

Shetland Attack Pony – elektronikus irány és lejtőszögmérő. (<http://www.shetlandattackpony.co.uk/>) Phil Underwood által kifejlesztett, bárki által megépíthető egyszerű digitális irány és lejtőszögmérő lézer mutatóval. A kijelzőn 1° pontossággal leolvasható szögértékeket a műszer tárolja, később USB porton kiolvasható. Megfelelő tokozás esetén alkalmas víz alatti mérésre is.

3.2.7.5 DUSI

Digital Underground Survey Instrument – elektronikus irány és lejtőszögmérő. A SAP-hoz hasonló műszer adat feldolgozó programmal és grafikus kijelzővel. Segítségével a teljes barlangi jegyzőkönyvezés elvégezhető úgy, hogy a távolság adatokat a billentyűzetén keresztül adjuk meg. A lejtőszög 0.2°, az irány 0.6° pontossággal mérhető vele.

3.2.7.6 CaveSniper

Bluetooth-os lézertáv mérővel (Leica Disto A6) együttműködő irány és lejtőszögmérő lézer mutatóval (<http://www.caveexplorer.eu>). A CaveExplorer PDA alkalmazással le lehet tölteni a memóriájából és ki lehet rajzoltatni az adatokat. Az irányszög 2,5°, a lejtőszög 1°-os pontossággal mérhető.

3.2.7.7 Közlekedőcsöves vízmérték, vízoszlop nyomás mérés

Közel egy magasságban lévő pontok magasságkülönbségének mérésére alkalmas az építkezéseknél használatos gumicső-üveghenger szerkezetű vízmérték. Zombolyok térképezésénél a magasságkülönbséget mérhetjük egy műanyagcsőben a víznyomás mérésével. Csak korlátozott hosszban működik a nagy nyomások miatt.

3.2.7.8 Lézer szkener

Nagy keresztmetszetű járatokban és termekben mindenképpen a jövő (talán a jelen) technológiája, de a szokásos barlangjáratokban a mai technológiai formában (nagy méretű, kényes, drága, nehéz műszer) nem alkalmas felmérésre.

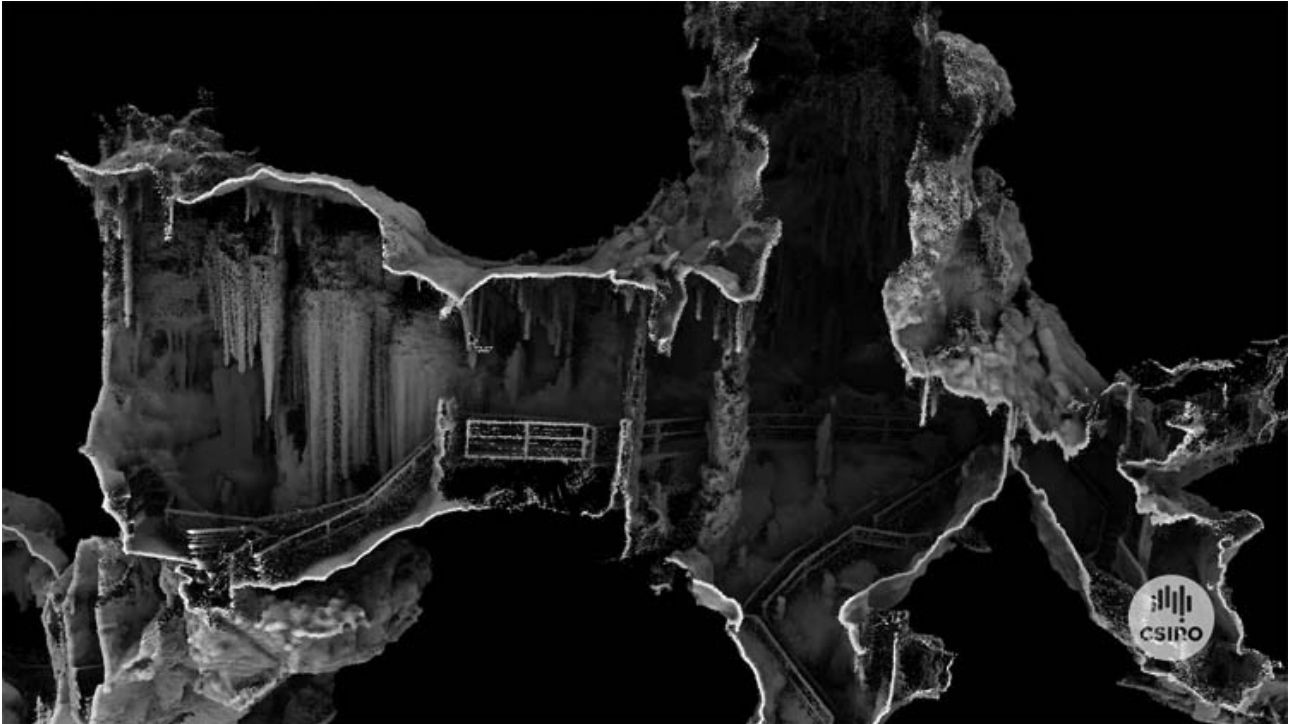
A lézerszkennel készült kép minden bemért pont térbeli koordinátáján kívül tartalmazhatja annak színét is (megfelelő műszernél). A színes három dimenziós pontok olyan sűrűn helyezkednek el, hogy virtuális barlangmodellé állnak össze. Természetesen itt is csak azok a pontok mérhetők amit a műszer „lát”.

Legújabbban készítették olyan mobil lézerszkennert (<https://wiki.csiro.au/display/ASL/Zebedee>, <http://geoslam.com/products/zebl.html>, <http://geoslam.com>), amely kézben hordozva menet közben tapogatja le a környezetét. A műszer együttes (lézerszkener, akkumulátor, hordozható számítógép) alkalmas közepes nehézségű barlangi mozgásra. A folyamatos letapogatás eredményeként létrejön (utófeldolgozást követően) egy teljes 3D modell. Miután a szkener pozícióját a gyorsulásokból és

a szkennelt vonalak egymáshoz illesztéséből számítja ki, valószínűleg szükség van poligon pontokra a korrekciókhoz, de a demó videók alapján úgy tűnik működőképes az eljárás.

Lézer szkennerek és kamerák kombinációjából készült már olyan mobil térképező eszköz (Leica Pegasus:Backpack <http://leica-geosystems.com/products/mobile-sensor-platforms/capture-platforms/leica-pegasus-backpack>), ami egyesíti a két eljárás előnyeit. Jelenleg még nem igazán alkalmas barlangi használatra, de várható a súly (kb. 15-20 kg) és a méret csökkentése, ez által való megoldás lehet.

Fejlesztnek olyan olcsó barlangi lézerszkennert, ami alacsony sűrűséggel, de a DistoX-nél gyorsabban képes pontfelhőt mérni (<http://caves.org/section/commelect/drupal/DIYLIDAR>). A műszer saját koordináta-rendszerében felvett pontokat össze kell valahogy illeszteni a poligonnal és a további pontfelhőkkel.



3.5. Ábra: CSIRO Zebedee lézerszkennerral készített barlang modell.

3.2.7.9 Felszíni összemérés: mágneses, elektromágneses

*"Térképezni barlangban, barlangban, barlangban,
A végponti zónában, zónában, zónában,
Csúszni, mászni, jaj, de jó, jaj, de jó, jaj, de jó,
Hülyét kap a legtöbb kutató-ó-ó Csőszpusztán!"*

A barlang végpontját a felszínen meg lehet keresni egy mágnes-magnetométer vagy alacsony frekvenciájú rádió adó-vevő párossal. A mérés kiértékelésénél a műszer fizikájától és geometriájától függő egyenletek segítségével kiszámítható az a pont, ami a barlang felszíni vetülete. Ezzel a módszerrel ellenőrizni lehet a barlang felmérés helyességét.

Fejlesztettek olyan műszert UGPS3 néven, ami a barlangban mozgatva a felszíni egységek segítségével kirajzolja a mozgó rész térbeli helyzetét. Jelenleg a súly és méret problémák miatt ez még nem alternatívája a barlang mérésnek.

3.2.7.10 Víz alatti térképezés

*"De jól megy a barlangásznak,
Szifonjában vígan mér.
Visszhangzik a vacogása,
S röhögi a denevér."*

A víz alatti barlang térképezésben a sok nehézség közt akad egy könnyebbség is: a mélységet lehet a víznyomáson alapuló búvár mélységmérővel mérni. Persze csak akkor, ha a vízfelszín magasságát és változását pontosan ismerjük.

Az irányméréshez víz alatti (búvár) kompaszt lehet csak felhasználni, távolság méréshez a hagyományos mérőszalag jó. A lézertáv mérő egész mást mér a víz alatt, mivel a vízben a fény terjedési sebessége jelentősen eltér a levegőbelitől.

Az elektronikus irány és lejtőszög mérő (DUSI, SAP) vízhatlan tokozásával készítettek speciális műszert víz alatti irány és lejtőszög mérésre.

Komoly anyagi háttérrel készült már térképező robot, ami víz alatt szonár segítségével három dimenziós térképezést tud végezni. Méretei alapján csak nagy víztetekben működik.

Ha csak egy rövid szifon állja utunkat a barlangban, a hagyományos térképezési módok trükkös felhasználásával is át tudjuk hidalni, nem kell víz alatt mérni. De a legjobb eredményeket a szifon leszivattyúzásával vagy természetes leapadásának kiváráásával érhetjük el.

3.2.7.11 Okostelefon alkalmazások

Léteznek alkalmazások, melyek az okostelefonok szenzorait (mágneses térérő, gyorsulásmérő, kamera, GPS) próbálják műszerként alkalmazni. Ezek közül a legbiztosabb a kamera segítségével történő célzás, ahol pontos irányt adhatunk meg esetleg még kalibrálásra is van mód. A kamera képének rögzítésével a mért pont dokumentálható, esetleg más mérések is végezhetők a képen. Egyéb esetekben bizonytalan a referencia irány (poligon zsinór mellé illesztett kijelző él, fejhallgató aljzatba illeszthető lézermutató?). A kommersz készülékek szenzorai nem tesznek lehetővé pontos mérést, de nyilván nagyon olcsón lehet megvalósítani vele kis pontosságú méréseket. A régebbi 2 tengelyű iránytűk érzékenyek voltak a vízszintes tartásra, ma már jellemzően 3 tengelyű magnetométereket alkalmaznak a készülékekben.

A fejlődés irányát látva számíthatunk rá, hogy egyéb szenzorok (légnyomásos magasságmérő, sztereó kamera...) is bekerülnek a választékba melyekkel valamilyen térképezéshez kapcsolódó mérést elvégezhetünk.

3.2.8 Nem működő mérési módok

3.2.8.1 Ultrahangos távmérő

A denevérekkel szemben az ultrahangos távmérők (a technika mai állása mellett) nagy, sima felületet igényelnek a méréshez. Ilyen a barlangokban elvétve fordul elő, és a szokásos járatokban az 1-2m-es pontatlanság nem igényel műszeres mérést. Létezik ellendarabos (ahol nem a falról verődik vissza az ultrahang, hanem egy elektronikus eszköz küld választ) mérőműszer, ez elvileg hasznos lehet, de a lézertávmérő feleslegessé teszi.

3.2.8.2 Szintezés

A felszíni magasságmeghatározás alapműszere a barlangban több okból is használhatatlan. Egyrészt a teodolithoz hasonló állvány csak korlátozottan kezelhető, másrészt a mérés elve nem teszi lehetővé túl nagy magasságkülönbségek mérését. A megszakított (más módszerrel folytatott vagy összekötött) mérés pontossága pedig már nem felel meg a szintezéssel szemben támasztott követelményeknek.

3.2.8.3 Kereszthuzatolás

A kereszthuzatolás vagy kereszthuzagolás olyan függőkompassos mérési mód, ahol nem a mágneses azimutot mérjük, hanem az erős mágneses zavarás miatt a poligonok szögkülönbségét. Ehhez a poligon zsinórokat úgy kell vezetni, hogy keresztezzék egymást. A módszert csille sínekkel ellátott bányatárókra találták ki, ahol a dúcfákba könnyen lehetett szögekkel tetszőleges pontra rögzíteni a poligon zsinórt. A barlangban a módszer lassú, körülményes és a függőzéssel nem összeegyeztethető.

3.2.9 Műszerek védelme

Alapvetően egy barlangi műszernek ütés és vízállónak kell lennie. Persze nem mindegy mekkora ütés és milyen vízzel szemben védett. Meg kell különböztetni a szállítási és a használati védelmet. kemény tok: elsősorban a szállítást szolgálja, az ütődéstől, megnyomódástól óvja a műszert.

párnázás: kemény tokon belül védi a műszert az ütődéstől, tok nélkül a megnyomódástól nem véd. folpack: fóliába csavarva a műszerek egy része (pl. lézertávmérő, PDA) működőképes marad és a sártól, víztől valamennyire védett lesz.

páramentesítés: a műszerben vagy a tokban védi az elektronikát és az optikát a pára kicsapódásból származó korróziótól, lerakódásoktól.

3.3 Felmérési technikák:

3.3.1 Alappont mérés

3.3.1.1 Függőkompassz, fokív, mérőszalag

A mérés a zsinór kifeszítésével kezdődik a két alappont közé. A zsinórt kézzel a lehetőség szerint legjobban (50-100 N erővel, pengjen) megfeszítjük. Erre akasztjuk a fokívet. Óvatosan kezeljük, mert a felakasztás közben mint a csúzli, a zsinór ledobhatja a könnyű műszert. Egyik kézzel a műszer mellett a zsinórt is fogjuk, és lassan engedjük el. Ha le akar csúszni a meredek zsinóron akkor könnyű műanyag csipesszel rögzítjük. Megvárjuk amíg a függő lengése leáll és a fokíven leolvassuk a poligon szakasz lejtését. Jegyzőkönyvbe feljegyezzük az előjeles értéket, és azt hogy a skála jobb vagy bal oldalán történ-e a leolvasás. Ez után megfordítjuk a műszert és a mérést megismételjük most már a skála másik oldalán. Ha a két leolvasás között túl nagy eltérést tapasztalunk (0.5°),

akkor megvizsgáljuk a műszert, hogy nincs-e rajta valami látható sérülés, szennyeződés (főleg a kampó alatt) és megismételjük a mérést. Ha marad ugyan az az eltérés, akkor a felfüggesztő kampók görbülhettek el, amit a helyszínen megkísérelhetünk óvatosan helyrehozni.

Jegyzőkönyvezés után biztonságba helyezzük a fokívet és elővesszük a függőkompaszt. A függőkompasz felakasztásához nem szükséges a feszes zsinór, csak nem szabad, hogy a műszer vagy a zsinór felfeküdjön valamire. Néha a túlzottan megfeszített zsinór nem is bírná el a viszonylag nehéz műszert, vagy a meredek zsinóron lecsúszna, ilyenkor kicsit engedünk a feszítésből. A műszert olyan irányba állítjuk, hogy a 0° a jegyzőkönyvben a másodikként szereplő pont felé mutasson. A felakasztott és nyugalomba került (megállítjuk a himbálódzást) műszeren kioldjuk a mágnesű rögzítést. A tű lengésbe kezd amit az elején fékezhetünk az arretáló csavarral de a végén hagyjuk, hogy szabadon beálljon. A tű mindkét végén leolvassuk a skálát és jegyzőkönyvezzük, kiemelve az északi tűvégnél leolvasott (valódi) értéket. Kissé megmozdítva a műszert megnézzük, hogy ugyan oda áll-e vissza. Ha nincs hiba, nem volt teljesen téves az előző leolvasás, akkor a műszert arretáljuk, óvatosan leemeljük és megfordítjuk úgy, hogy közben fogjuk a zsinórt. A mérést megismételjük fordított műszerállásban is, de ekkor a jegyzőkönyvben a déli tűvég leolvasását írjuk a kiemelt mezőbe. Rögzítés után a műszert biztonságba helyezzük.

A pontok távolságának mérését az irány és lejtés méréstől függetlenül is megtehetjük, hiszen nincs szükség a zsinórra, de a jegyzőkönyvbe azt is be kell jegyezni. Fontos, hogy az összetartozó irány, lejtés és távolság adatok kerüljenek egy pontpárhoz. A távolság mérést (gyorsasága miatt) érdemes felhasználni ellenőrzésre is. Ha egy félbehagyott mérést később folytatunk, érdemes az utolsó, már megmért szakasz hosszát újra megmérni ellenőrzés képen, így biztosak lehetünk abban, hogy jó helyen folytatjuk a mérést.

A kifeszített zsinórt felhasználhatjuk ez után rajzoláshoz, vagy leszedjük és megyünk a következő poligon szakaszra.

3.3.1.2 Suunto, lézertáv mérő

A nehéz pontra állás miatt szinte mindig ugrópontos mérést végzünk. Kivételt képez a régi függőkompaszos pontok újramérése.

A suunto hátránya, hogy a mérő embernek is el kell férnie a poligon vonal meghosszabbításában. Ez falra rögzített poligon pont esetében igen nehezen megvalósítható, ám járat közepén elhelyezett ideiglenes mérési segédpontnál vagy fixpontnál kivitelezhető. Ilyen mérési pont lehet egy állócseppkő vagy egy szemmagasságban lévő függőcseppkő csúcsa. Legtöbbször ez nem áll rendelkezésre, ilyenkor kitámasztott karó, kőgúla, fényképező állvány töltheti be a segédpont szerepét.

A falon elhelyezett fixpontot valakinek meg kell világítani, hogy az észlelő személy a skála mellett azt is lássa, mivel a saját lámpája a távoli pontot már nem világítja meg megfelelően.

A segédpont mögött elhelyezkedve a mérendő fixpontot, a segédpontot és a kézben tartott műszert egy vonalba hozzuk. Kompasz esetén a pont alatt vagy felett függőleges síkban kell biztosítani az irányzást, lejtésögmérőnél a pont mellett az irányra merőleges vízszintes vonalban (valójában kúp felületen). A pont mellett kézben tartva, stabil pont esetén arra támaszkodva (kompasznál nem mágnesezhető pont esetén) olvassuk le a skálát.

A hossz mérést óvatosan, a pont elmozdítása, vagy a képződmény megrongálása nélkül kell végrehajtani. Több mérést végezzünk az esetleges mellé irányzás kiszűrésére.

Régi függőkompaszos pontoknál a pontok közé kifeszített zsinór alatt és mellett lehet úgy elhelyezkedni, hogy az irányzás a helyes szögértéket mutassa. A zsinórra vagy a pontra akasztott függő segíthet a meredek oldalak irányszögének mérésekor.

3.3.1.3 DistoX

3.3.1.3.1 Hagyományos poligon mérés

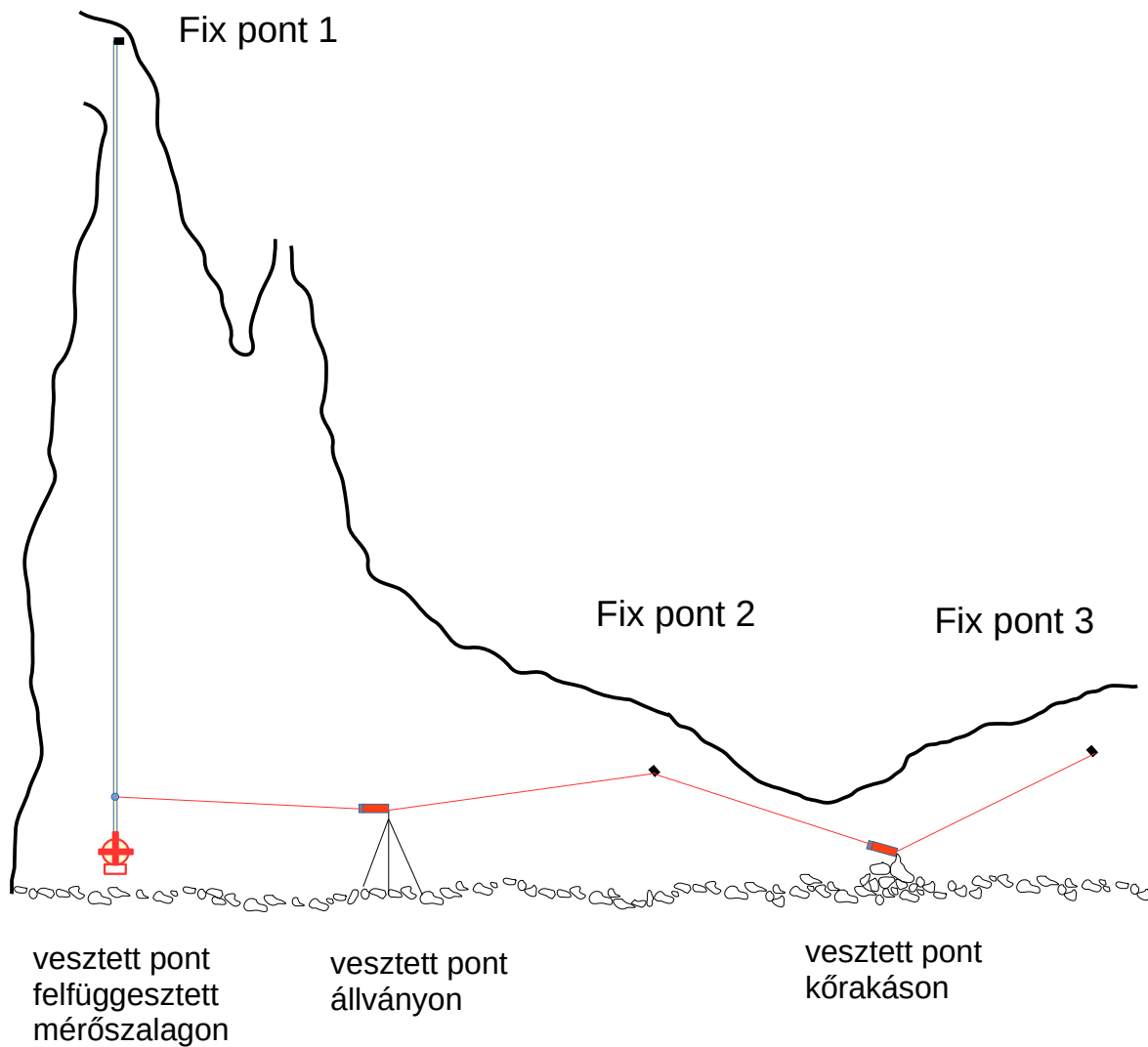
A DistoX használható úgy, mint a függőkompassz, azaz pontról pontra történő mérésnél. A fixpontokra támasztott műszerrel megcélozva a következő fixpontot egy gombnyomással mindhárom adatot (irány, lejtés, táv) leméri és rögzíti a műszer. Lényeges, hogy a távolság mérés a műszer végétől (átállítható!) számít, és ilyen módon a fixpont a műszer megtámasztására is szolgál. A megtámasztás azért is szükséges, mert az irányzás ezáltal pontosabb lesz. A kalibrációs hiba kiküszöbölésére a műszert saját tengelye körül elforgatva 180°-al a mérést megismételjük. Ha többet mérünk akkor is figyelni kell arra, hogy lehetőleg egyenletesen elosztva a teljes körülforduláson mérjük az irányokat (3 mérésnél 120°-onkénti, 4 mérésnél 90°-onkénti elforgatással). A mérés irányított, a két fixpont között lehetséges mindkét irányban a mérés. Ezt a PocketTopoban a jegyzőkönyvben le kell tisztázni.

3.3.1.3.2 Hálós mérés

A fixpontokat sokszor a rajzolás vagy a mérés megbízhatósága kedvéért sűrűbben helyezük el, mint az az összeláthatóságból következne. A mérés gyorsaságának köszönhetően lehetőség van a főlős számú mérésre, ilyenkor minden összelátható fixpontot bemérünk, javítva ezzel a megbízhatóságot. De lehetőség van olyan pontokról is méréseket végezni fix pontokra, amelyek jó műszer támasztást biztosítanak, de nem jelöljük meg őket fixpontként (vesztett pont). Az így létrejövő mérési hálózat feldolgozásakor a hibás méréseket ki lehet szűrni. A mérések rögzítésénél (jegyzőkönyv) viszont nagyon oda kell figyelni, hogy a pontok azonosítása helyes legyen. A PocketTopo poligon képernyőjén a csatlakozást ellenőrizhetjük grafikusán és a pontot kiválasztva numerikusan is. Ha nagy eltérést tapasztalunk akkor további ellenőrző méréseket kell végezni ott a helyszínen. A hálós mérés biztosítja a legjobb hibakeresési és újramérési lehetőséget.

3.3.1.3.3 Ugrópontos mérés

A DistoX mérésnél használhatunk olyan mesterséges pontokat, amelyek csak a mérés idejére állandósítottak, és a mérési láncban összekötik a maradandó jelöléssel ellátott fixpontokat. A mérések megismétlésére így korlátozott idő áll rendelkezésre, de más (szintén vesztett) pontokból a fixpontok összeköthetők, és a koordináták ellenőrizhetők. Ugrópontos mérésnek nevezzük ha a fixpontok között nincs összeláthatóság és a fixpontból nem is mérünk a vesztett pontokra. Elsősorban az állványos mérésnél alkalmazzuk, amikor az állvány a részletpontok felvételénél kap szerepet.



A DistoX használatával olyan pontokra is tudunk pontosan mérni, ami nincs tartósan megjelölve, csak a mérés idejére jegyezzük meg vagy látjuk el gyenge jelöléssel. Ugrópontos mérésnél ez fokozottan jelentkezik, aminek következménye, hogy esetleg már a mérés során se tudunk visszatérni a pontra (elágazás, hurokzárás). Fontos, hogy figyeljünk az előkészítésnél és a mérésnél a tartós pontjelölések megvalósítására, és a jegyzőkönyvezésnél írjuk le ezeket.

Ha régi mérések pontjait találjuk a barlangban akkor azokat kössük be a mérési hálóba még akkor is, ha az nem ideális a továbbméréshez. Ha a továbbméréshez szükséges, inkább vesztett pontot használjunk a régi mérési pontok közelében, hogy ne bonyolítsuk tovább a fixpont hálózatát a barlangnak.

3.3.1.4 Teodolit

Teodolitos mérés első lépése a felszíni alap és tájékozó pontok megkeresése vagy létesítése. Ezek nélkül csak olyan méréseket végezhetünk aminek nincs kapcsolata a felszíni térképekkel és a tájolása is bizonytalan. Így persze a teodolitos mérés is értelmetlen (nyakatekert példákat persze lehetne mondani mellette).

Az alappontra felállítva a műszert (állvány, pontra állás, vízszintezés, magasságmérés) megcélazzuk az iránypontot. Az ekkor leolvasott vízszintes irányyszög és a két pont koordinátájából számolt szög különbsége fogja meghatározni az összes mérés tájolását, tehát az északi irányt ez határozza meg. A következő pont (a poligon második pontja) megirányzásakor leolvassuk a vízszintes és a magassági szöget is. Modern műszereknél a távmérést optoelektronikus távmérővel végezzük céltárgyra vagy közvetlenül a pontra. Régebben a két pont távolságát mérőszalaggal mértük, esetleg állványokra feszítve a mérőszalagot, hogy ne feküdjön fel a kövekre.

Ezzel megvan az első poligon oldal iránya, ferde távolsága és lejtyszöge (korrigálva a műszer magassággal). Ha céltárgyat használunk akkor annak a magasságát is figyelembe kell venni a lejtyszög számításánál.

A műszert ez után áthelyezzük a most megmért pont fölé, és az első mérés mintájára folytatjuk a munkát, azaz mindig meg kell mérni az előző (iránypont) és a következő pont irányát is. Természetesen a visszamérésnél a vízszintes szögön (ami kötelező) kívül a többi adatot is megmérhetjük ellenőrzés képen.

A mérési pont felett felállított műszerrel tetszőleges számú részletpontot mérhetünk, melyek koordinátáit az alappontok mintájára számíthatjuk ki. A modern mérőállomások a számításokat megoldják helyettünk, de a többit ugyan úgy kell csinálni.



3.6. kép: Teodolitos mérés a Baradlában

3.3.1.5 Fügőzés

*"Mély ez a zomboly, van vagy harminc méter,
Jakucs Laci szerint álfenékkel,
Mégmértük, és nem volt tizenhárom,
És az álfenék masszív szálkón állott."*

A függőzéssel lehet a legegyszerűbben és legpontosabban áthidalni magasságkülönbségeket a barlangban. Eszköze is a legegyszerűbb, akár ideiglenesen is kialakítható a felszerelés darabjaiból (poligon zsinór, súly). Problémát csak a megfelelő hely kiválasztása jelenti, ahol mind a felső, mind az alsó poligon pont egyszerre stabilan rögzíthető és a csatlakozás is jó a különböző technikákkal való további méréshez.

Függőkompassos mérésnél az alsó pont célszerűen egy ferde szilárd szálkő felületre kell kerüljön, ahol csavar rögzíthető. Elég stabil lehet egy zombolyba behullott, mélyen beágyazódott, kellően nagy fatörzs is, amibe akár egyszerű szög is beüthető. Persze ez a pont a fa korhadásával néhány éven belül megsemmisül, vagy elmozdul. Ehhez hasomló ideiglenes alsó pontot magunk is létrehozhatunk kövekkel alaposan kitámasztott, összekötözött fadarabokból a mérés idejére. A felső pontnak viszont stabilnak kell lennie, hogy arról az alsó bármikor visszaállítható legyen.

Teodolitos mérésnél egy függőzés nem is elég, mivel az irányt elveszítjük. Szabályos keresztmetszetekkel rendelkező bánya aknában ezért két, egymástól minél távolabb elhelyezett függővel biztosítják a két induló pontot az alsó szakaszon. Barlangban ez szinte kivitelezhetetlen.

Suuntos és DistoX-es mérés esetén van a legkönnyebb dolgunk, ugyanis ott az alsó pontot nem kell rögzítenünk, akár a lelógatott és a cséve súlyával feszülő mérőszalagon is lehet egy vesztett pont. A lézeres távolság méréshez célszerű egy minden oldalról jól látható (a mérőszalag Murphi törvényének értelmében mindig élével fordul felénk) céltárgyat rögzíteni a szalagra. Ezzel a módszerrel több vesztett pontot is felvehetünk egy belógatott szalagon (aknába több szinten becsatlakozó horizontális járat mérésére).

DistoX esetén sokszor mellőzhetjük a függőzést, mivel a nagyon meredek oldalak is jól mérhetők. Suunto esetében fordított a helyzet, sokszor a kevésbé meredek poligon oldalaknál is célszerű a pontra akasztott függővel megkönnyíteni az iránymérést.

A függőzésnél a vízszintes koordináták megegyeznek az alsó és a felső pontnál, a függőleges koordinátában pedig a két pont távolsága a különbség.

3.3.2 Részletpont mérés

Függőkompasszal részletpontokat mérni nem gazdaságos, nem is szoktunk. Ennél az alap mérési módnál viszont felhasználjuk a rögzített mérőzsinór adta lehetőségeket.

3.3.2.1 Mérőzsinór mentén merőlegesen felvett részletpontok

A mérőzsinór mentén felvehetünk pontokat a zsinór alatt és felett függőlegesen, valamint vízszintesen jobbra és balra a zsinórra merőlegesen. Ez történhet csak a poligon pontokban, ilyenkor a zsinórra igazán nincs is szükség, vagy a zsinór mentén. Poligon pontokban a zsinórra merőleges irány két értelmű, az előző és a következő poligon szakasz irányához is viszonyíthatunk és általában az egyik irányba nulla a távolság (a pont az egyik falon van). Három dimenziós modellezésnél szokás a jegyzőkönyvet kiegészíteni ilyen oszlopokkal, de ez nem túl szerencsés. Ha ugyanezeket az adatokat mindig a poligonszakasz felezőpontjában mérnénk már jobban járnánk, de még így is nagyon elnagyolt modellt kapunk. Ha egyenletes távolságonként (1-2m) a zsinór mentén veszünk fel adatokat akkor egy poligon szakaszhoz több, változó számú sor társul ami kicsit bonyolítja a jegyzőkönyvezést.

A térkép rajzolása közben a zsinór vonalához képest rajzoljuk meg a járat formáját. Ha csak becs-

lésre hagyatkozunk, és ezt csak a rajzon rögzítjük akkor nem is beszélünk részletpontokról pedig hasonló műveleteket végzünk. Pontosabb eredmény születik, ha egyes pontokat a zsinórhoz képest megmérünk. Mivel a rajz mindig vetületekről (vízszintes, függőleges) szól, a részletpontoknak is csak a vetületi távolságai érdekesek a rajzra való felméréshez. A milliméterpapíron közvetlenül le számolhatjuk vagy vonalzóval felmérhetjük a pontok helyzetét. A mérést a járat legnagyobb kiterjedésű (1. később) pontjain végezzük a zsinórhoz képest, ezért kisebb-nagyobb becslésekre van szükség a vetületi távolság meghatározásához. Ha ezeket az adatokat táblázatosan rögzítjük akkor lehetőség van számítással meghatározni a részletpontok koordinátáit. Fontos, hogy mint a mérés, a számítás is vetületi koordinátákat, és nem valódi három dimenziós koordinátákat ad eredményül. A pontokat felvehetjük egyenletesen a zsinór mentén, ehhez hasznos méter, fél méter jelzésű rajzoló zsinór, vagy kifeszíthetünk mérőszalagot is. A helyszínen való rajzoláskor természetes, hogy a járat jellemző pontjain (sarok, legkisebb, legnagyobb keresztmetszet) is mérünk méreteket, táblázatosan ezeket nem szoktuk rögzíteni. A járat belső rajzához további részletpontokat mérünk be, ezeknek a jellegét, és a hozzá kapcsolódó alakzatokat már igen nehéz jegyzőkönyvezni, célszerű rögtön méretarányos rajzot készíteni ahol a felmért pont környezetét rögtön meg lehet rajzolni.

Amennyiben a barlangban csak vázlatot készítünk, akkor a vázlatba méretnyilakkal jelöljük a bémért pontok helyét és méretét, valamint a vázlat tartalmazza a belső alakzatokat is.

Valódi három dimenziós pontok mérésénél vagy szigorúan metszetben (függőleges síkban vagy a poligon dőlési síkjában)⁹ mérünk (ekkor a pontok nem a járat legnagyobb vetületi távolságait adják), vagy kénytelen vagyunk dőlésszöget is mérni. A korszerű lézertáv mérők között van olyan, ami a dőlésszöget is méri és kiszámítja a vetületi adatokat. Ezeknek az adatoknak a rögzítése elvileg tökéletes három dimenziós pontokat eredményezne, de rettentő sok plusz munkával jár. Egyszerű lézertáv mérővel, mérőrúddal vagy széles, jól megtartható mérőszalaggal való mérésnél sokszor kell becsült szög adat alapján szerkeszteni vagy fejben redukálni a távolság adatot.

Lehetőség van pontot meghatározni két fixponthoz viszonyított vízszintes vagy ferde távolság alapján is, ennek felszerkesztése a barlangban a milliméter papírra lényegesen lassabb mint a mérőleges távolságé, jegyzőkönyvezése meg annyira bonyolult, hogy csak nagyon nagy termekben van értelme.

Szelvény (metszet) rajzoláskor a poligon zsinór alatt, felett függőlegesen, és a metszet vonalában (ami legtöbbször nem mérőleges a mérőzsinórra) vízszintesen vehetünk fel közvetlenül méreteket. A négy ponton túl a további pontok mérésénél már vagy szögeket, vagy vetületi távolságokat kell mérni. A felszerkesztés után a pontokat a járat vonalának figyelembevételével, becsült köztes pontok révén rajzoljuk meg. A metszet pontjai valódi három dimenziós részletpontok, de nem jegyzőkönyvezzük, csak a metszetről mérhetők vissza.

3.3.2.2 Suunto

A részletpontok mérésénél a műszer külpontossága (a műszer és a viszonyítási pont (fixpont) távolsága) nem okoz jelentős pontosság romlást. Nyugodtan a kiválasztott pont mellett elhelyezkedve végezhetünk irány, lejtés és távolság méréseket. Itt minden pont valódi három dimenziós részletpont, jegyzőkönyvezni, számolni a szokásos poligon mérés szerint lehet. A kapott pont viszont nem jelölt pont, így nehéz visszaazonosítani. A mérési körülmények miatt a pontossága is rosszabb. A térkép rajzolása közben a helyzetét a térkép lapon kiserkesztjük.

3.3.2.3 DistoX

3.3.2.3.1 Egyszerű részletpont mérés

A fixpontokból kiinduló nem jelölt részletpontokra irányuló mérés segíti a vázlat készítést a Pocket-Topo-ban (TopoDroid,...). Ezeknek a méréseknek van kiinduló számozott pontjuk (fix vagy vesz-

⁹ Ez a módszer elvben alkalmas térbeli adatrögzítésre, és néha speciális térképezési feladatokra, de nehezen elmagyarázható ábrát kapunk belőle amit nem lehet "eladni",.

tett), de nincs végpontjuk a jegyzőkönyvben. Megjegyzést tehetünk a mérés mellé, de leginkább az azonnali vázlatkészítést szolgálja. A megírányzott pontot meg kell jegyezni a vázlatkészítés idejére. PocketTopo ezeket a méréseket keresztmetszet mérésnek (cross section) nevezi.

3.3.2.3.2 Segédpontos részletmérés

A fixpontokról elérhetetlen részletpontokat, vagy rajzoláshoz rosszul megfigyelhető alakzatokat segédpontokról tudjuk bemérni. Ilyenkor a segédpontok pontossága a részletpontokhoz igazodik, akár levegőben tartott műszerrel is lehet 10-20cm-es pontosságot elérni. A segédpont kapcsolásához vissza kell mérni egy fixpontra ezért azt valamilyen módon távolról is láthatóvá kell tenni. A piros "bohóc orr" szivacs gömb 6-8m-ről kézből megírányozható minden irányból, 5cm-es átmérője a részletpontoknál elfogadható hibával terheli csak a mérést, de akár be is számítható a távolság mérésbe.

3.3.2.3.3 Szelvény mérés

Amikor egy szelvényt szeretnénk felvenni egy megfelelő járat keresztmetszetben, akkor ide iktatunk be egy ideiglenes műszer álláspontot. Szelvényezésre legtöbbször nem alkalmas a járat falán elhelyezett kezdőpont, célszerűbb a járaton belül inkább ideiglenes támasztékot kialakítani. A mérés gyorsasága miatt, és a PocketTopo lehetőségei szerint a felvett keresztmetszvény pontjait nem számozzuk, de a vázlat rajzban külön kiemelve megjelenítjük, és a metszet vonalat segítségükkel meg-rajzoljuk.

3.3.2.3.4 Sündisznó

Extrém esetben olyan sűrűn veszünk fel részletpontokat, hogy az már nem segíti, hanem inkább zavarja a vázlat készítést, de a térben elosztott pontok jó tájékoztatást nyújtanak a barlang térbeli kiterjedéséről.

Az ilyen sündisznó mérést célszerű a vázlatkészítés után végezni, vagy másik PocketTopo állományba rögzíteni.

3.4 Mérési hibák

A mérési hibák legjelentősebb része a műszer nem kellő ismeretén és helytelen használatán múlik. Rosszul használni bármit lehet, olyan sokféle képen, hogy azt felsorolni is lehetetlen. Nem árt, ha a mérő csapat több tagja is ért a műszer kezeléséhez, és kontrollálják az észlelő munkáját. Fáradtan olyan hibákat is elkövethetünk, amit normális helyzetben nem tennénk.

Léteznek állandó hibák, melyek az egész mérésre hatással vannak, és léteznek véletlen hibák. Több mérés átlagolásánál a durva hibák kitűnnek, ilyenkor ezeket a méréseket nem használjuk fel vagy újra mérjük vagy csak kihagyjuk az átlagolásból. A véletlen hibák hatását csökkenti az átlagolás. Hibák mindig jelentkeznek, ezek a mérés velejárói. Nincs pontos mérés, az összes műszerhiba folyamatosan jelen van, legfeljebb mértéke még az elfogadható hiba határon belül van. Hogy ezt ellenőrizhessük, több mérést kell végeznünk. Van egy mondás: egy mérés nem mérés. Két nem egyező adat közül nem lehet eldönteni, melyik áll közelebb a valósághoz, így legalább három mérésre van szükség arra, hogy a barlangból kijőve se maradjanak kétségeink. Persze nem minden helyzetben tehetjük meg ezt, amikor viszont mód van rá akkor ellenőrizzük magunkat, hogy saját magunk (és műszerünk) képességeivel is tisztában legyünk.

3.4.1 Leolvasási hiba

A skála helytelen értelmezése leolvasási hibához vezet. Tudnunk kell a műszer tulajdonságait, ezen belül a skála osztás módját, irányát. Sokszor előforduló hiba, hogy a fok-perc beosztású szögértéket tizedesfokként olvassuk le, vagy a tizedes értéket nem helyes egész értékhez rendeljük. A nálunk elterjedt MOM függőkompassz 20 perc beosztású, a MOM fokív 10 perc, a Freibergi függőkompassz 2

fokos (létezik 2 gonos is!), a Freibergi fokív 0.5 fok (0.5 gon). A suunto kompasz 0.5, a lejtözögmérő 1 fokos osztású. A perc beosztást érdemes fok-perc értékkel jegyzőkönyvezni, a fél-egy fok beosztását pedig tizedes becsléssel.

Egy észlelelő általi több leolvasás esetén a hibát automatikusan megismétli. Nagy fokú önfegyelmet kíván – de megoldható –, hogy két vagy több teljesen független leolvasást tegyünk. Ilyenkor tudatosan kell törekedni arra, hogy az előző mérési adatot ne vegyük figyelembe, el kell felejtenuk az előző értéket. Ezt elősegíthetik a társak némi zavaró beszélgetéssel.

DistoX-es mérés PDA-s jegyzőkönyvezésénél ez a hiba nem jelentkezik.

3.4.2 Jegyzőkönyvezési hiba

A mérések adatait jegyzőkönyvbe rögzítjük. Ez barlangban sok hiba forrása. Rosszul hallott számok, csúnya írás, szennyeződött papír, jegyzőkönyv megrongálódása vagy elvesztése, mind megtörtént események. Ügyelni kell a félreértések elkerülésére visszamondással, ismétléssel. A jegyzőkönyv vezetőnek tudnia kell mi a mérés menete, milyen adatokat kell várnia az észlelőtől, és azokat kontrollálni. 360°-nál nagyobb irány, 90°-nál nagyobb lejtés nem lehet, de ha csak a becsült adathoz képest is nagyságrendi eltérés van a mérésben akkor is újra kell mérteni a jegyzőkönyv vezetőnek az értéket. Az észlelő is kérheti, ismétlje meg a jegyzőkönyv vezető a bediktált adatot amikor kétsége támad a saját leolvasásában. Ha ugyan az a személy végzi a leolvasást aki jegyzőkönyvez, akkor se árt, hogy hangosan mondja a leolvasott értéket a többieknek. A többszöri leolvasás, ismételt mérés a jegyzőkönyvezési hibák kiküszöbölését is segíti.

A jegyzőkönyvben való javítás néha többet árt, mint a hibás adat. Átírás, átnyilazás helyett célszerű a sort újra írni. Legtöbbször persze elég csak a hibás adatot áthúzva a következő sorban újra írni, a többit a megjegyzés rovatba tett javítás szóval jelezni hogy ismétlődik.

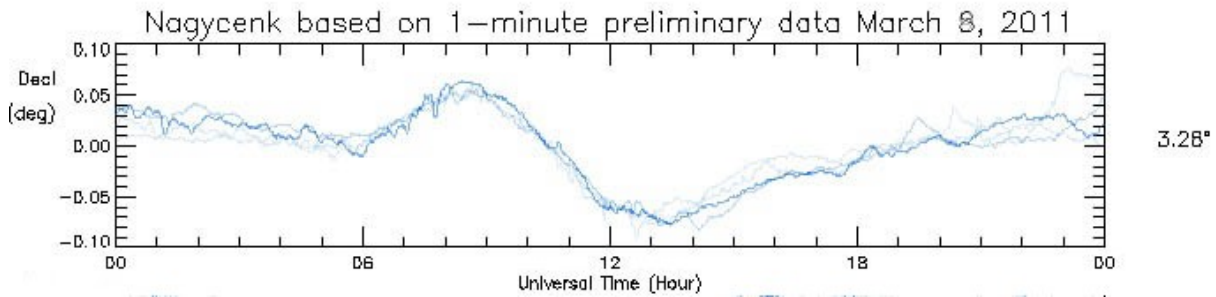
DistoX-es mérés PDA-s jegyzőkönyvezésénél ez a hiba nem jelentkezik.

3.4.3 Mágneses mérés hibaforrásai

(a föld mágneses terén alapuló irány mérések)

Minden mágneses tájékozású iránymérést egyformán befolyásol a föld mágneses terének szabálytalansága. A legfontosabb hibaforrás a deklináció. A mágneses erővonalak nem az északi, illetve déli sarkok (a föld forgástengelyének földfelszínnel való dőféspontja) felé mutatnak. És ha ez nem lenne elég, még változtatják is a helyzetüket. Az ebből adódó hiba több fokos, és a változás is tizedfokos nagyságrendű évente. Ha ezt nem vesszük figyelembe, akkor a térképünk tájolása lesz hibás, és ha különböző időpontokban mérünk a barlangban szakaszokat azok még egymáshoz képest is elfordulnak. A hibát kiküszöbölni ma már egyszerű, a világban számos helyen végzett mérések alapján számolt modellből bármely pontra, bármely napra (visszamenőlegesen is és a jövőre is) ki lehet számolni a deklináció értékét. Ezt az értéket az interneten meg lehet nézni (<http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/>, <http://geomag.nrcan.gc.ca/calc/mdcal-eng.php>, <http://magnetic-declination.com/>), illetve a kézi GPS-ek is számolják. Vigyázat, a szögek megadásánál gyakori hibaforrás a tizedes fok, illetve a perc, másodperc értékek keveredése, és a radiánban való számítás különbsége.

A mágneses deklináció több száz éves változása mellett van egy napi változása is. Ezt a napból érkező elektromosan töltött részecskék mozgása okozza a föld mágneses terében, ezért a nap állásától és a nap aktivitásától függ. A napi deklinációs változás tizedfokos nagyságrendű. Elméletileg ez a hiba a deklináció folyamatos monitorozásával és korrekcióba vételével kiküszöbölhető, az adatok az internetről utólag letölthetők (http://ottawa.intermagnet.org/apps/plt/dataplot_e.php?plot_type=dif_plot#). A gyakorlatban azonban ez a hiba véletlen hibák közt elveszik.

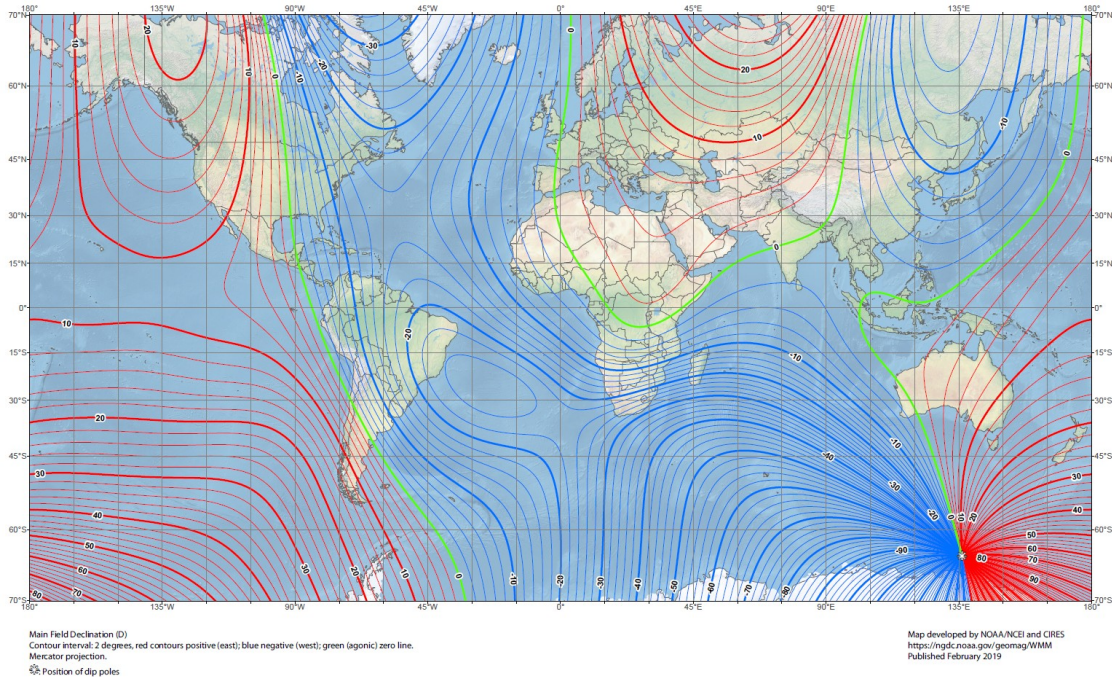


3.7. kép: A deklináció napi ingadozása

Napkitörések után kialakulhatnak mágneses viharok, amikor az ingadozás is nagyobb. Szerencsétlen esetben ez a mérésben fok nagyságrendű hibát eredményezhet. Ilyenkor csak az újramérés segít. Igen ritka jelenség, nem érdemes az elrontott mérést erre fogni.

Természetesen a mágneses mérésekre hat minden külső mágneses zavarás. Nagy geológiai mágneses anomáliák számottevő hibát okoznak nagy területen, de más helyeken sokkal lényegesebb a kicsi, de közelben lévő anyagok hatása. Nem csak a mágnesek okoznak problémát, hanem minden mágnesezhető anyag is, mivel a föld mágneses terét eltorzítják. A hatás a távolság köbével fordítottan arányos, tehát gyorsan csökken, de közelről egy kis vasdarab is elronthatja a mérést.

US/UK World Magnetic Model - 2019.0
Main Field Declination (D)



3.8. kép: A mágneses deklináció értékei 2019 -ben

Régi legendák szóltak a réz karbid lámpákról amit a függőkompassz leolvasásához lehetett használni, majd a cink-szén elemes műanyag zseblámpák jöttek divatba. Sajnos manapság minden elem és akkumulátor vékony acél burkolatot kapott, közelről még a legkisebb gombelem is zavarja a mágneses mérést. A hibát úgy csökkenthetjük, hogy minden mágnesezhető anyagot eltávolítunk a mű-

szer környezetéből. Hogy mi mágnesezhető azt megvizsgálhatjuk a mérőműszerrel: a nyugalomba helyezett műszerhez közelítve, mozgatva, forgatva a tárgyakat figyeljük mikor mozdul meg a tű. Az ilyen mérésekre legjobb a suunto, egy asztal sarkára letéve bele tudunk nézni anélkül hogy megmozdítanánk.

Függőkompassos mérésnél ha a tű megáll, és anélkül, hogy véletlenül megmozdítanánk a műszert eltávolodunk tőle, majd visszatérve azt tapasztaljuk, hogy újra mozgásba jött, akkor valamilyen zavaró mágnesezhető tárgy van nálunk.

Zavaró tárgy lehet a felszerelésben és a ruházatban is. Bakancsban, cipőben lehet olyan acél merevítés ami jól mágnesezhető, esetleg saját mágnesezettsége is van. Lányok melltartó kosarában is lehet acél drót merevítés. De a legveszélyesebbek a kis méretű és erős mágnesek például az olcsó ledes fejlámpákban van ilyen amivel a lámpát vas felületre lehet tapasztani.

Zavaró lehet egy másik mágneses műszer is, pl. egy nyakba akasztott, overáll alá dugott suuntoval nem lehet helyesen leolvasni a függőkompasszt.

Néhány tárgy hatótávolsága (ahonnan megmozdítja a suuntot):

Gombelem: 5 cm

AAA elem: 40 cm (valószínűleg felmágneseződött)

Acél karabiner: 50 cm

PDA: 60 cm

10m-es acél mérőszalag: 60 cm

pici erős mágnes: 1.5 m

3.4.4 Poligonzsinór hibái

Ha a poligonzsinór felfekszik egy kőre, akkor természetesen nem a pontok közötti egyenes vonalat követi, és a mérés is helytelen lesz. A pontok kialakítása is befolyásolja a zsinór futását, például ha az oldalfalakba rögzített 5mm-es csavarokra tekert zsinór mindig alulról érkezik és felül távozik, akkor ez a fél centi távolság összeadódva a huszadik pontnál már 10cm magassági hibát jelent.

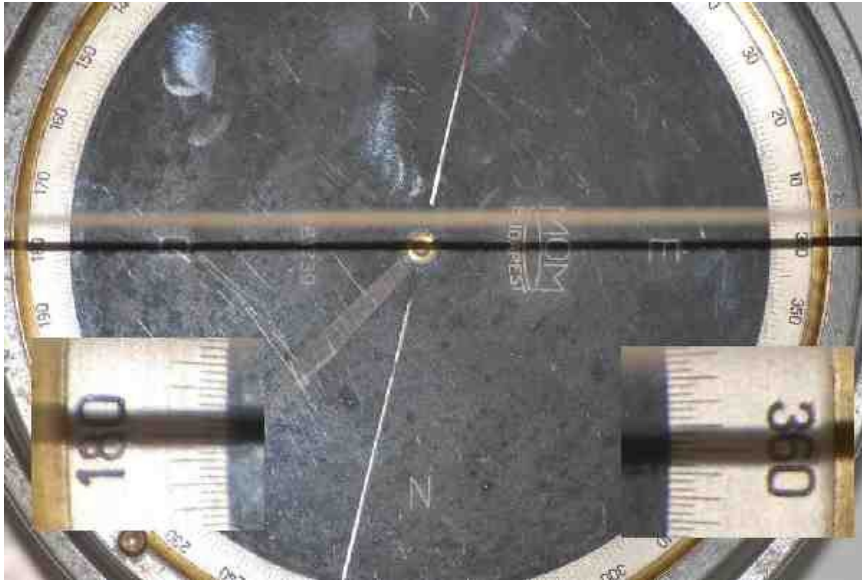
A zsinór egyenetlen átmérője (csomó, agyag lerakódás, szövési hiba) a felakasztott műszereket eltéríti a zsinór vonalától, így hibás mérést okoz.

3.4.5 Függőkompassz

A mágneses alap problémákon kívül több mechanikai hiba is jelentkezhet. A függőkompassz fokozottan érzékeny a mechanikai behatásokra, könnyen megsérül. Barlangi körülmények közt a legnagyobb gondosság mellett is folyamatosan éri rázkódás, ütődés. A függőkompasszokat bányamérésre fejlesztették ki és a tároló, szállító dobozukat is ilyen körülményekre figyelemmel gyártják. Ez barlangban sokszor nem ideális, ezért átcsomagoljuk vagy rövid távon doboz nélkül szállítjuk. Ilyenkor fokozott a sérülés veszélye.

3.4.5.1 Felfüggesztő kampók tengely hibája

A műszer skálájának 0-180° közti vonala és a felfüggesztő kampók vonalának párhuzamosnak kell lennie. Mivel a műszer vízszintes tengely körül el tud fordulni, ez azt jelenti, hogy az elfordulás tengelyének is merőlegesnek kell lennie a felfüggesztő kampók irányára. A tengely vonala általában elég stabil, de a kampók munka közben is elgörbülhetnek.



3.9. kép: Felfüggesztő kampók hibájának mérése

A hiba egy állandó szögelfordulást eredményez a mérésekben. A hibát észlelni nehéz, mérni úgy lehet, hogy a vízszintes zsinorra akasztott műszert vakuval (a vakut függőlegesen a zsinór fölé pozícionálva) lefényképezve a zsinór árnyékát a skálán összehasonlítjuk a 0°-180° vonallal.

3.4.5.2 Skálahiba

A skála nem egyenletes osztásából származó hiba megfelelő minőségű műszernél nem lehet számottevő. A tű két végén való leolvasás minden esetre ezt a hibát is csökkenti, hiszen a skála két ellentétes oldalán más lesz ennek hatása (de nem küszöböli ki teljesen).

3.4.5.3 Csapsúrlódás

A tű csapágyazása tökéletes esetben is okoz minimális súrlódást, ami azt eredményezi, hogy a tű nem az északi irányban áll meg. Kopás, sérülés esetén ez komoly mértéket ölthet. A hiba felismerhető arról, hogy a tű túl kevés lengés után áll meg. 0.1°-os pontossághoz legalább 30 lengés kell a megállás előtt¹⁰. A hibát csökkenthetjük, ha a tű megállása és az irány leolvasása után újra kitérítjük, és megnézzük hol áll meg. A többszöri leolvasás akkor eredményes, ha a tű egyszer jobbról, másodszor balról közelíti meg a nyugalmi helyzetet. Súrlódási hiba azzal is csökkenthető, ha a műszer finom remegtetésével segítjük a tűt a pontos északi irányba. Létezik egy megoldás amit barlangban csak elvétve használunk: a tű helyzetét mozgás közben olvassuk le, a lengés csillapodásakor a kitérés két irányú maximumának helyén. Mivel a lengés csillapodik, nem fogunk pontos eredményt kapni, de az azonos előjelű kitérések közti különbség arányos a súrlódási hibával, annak nagyjából a duplája.

3.4.5.4 Tű ferdeség

Ha a mágnesű ferde, akkor a két vége nem pont 180° -ra van egymástól a skálán. Ha mindkét végén leolvassuk, akkor a helyes irány a két leolvasás átlaga $(A + B \pm 180^\circ)/2$.

3.4.5.5 Excentricitás

Ha a tű csapágyazása nem pontosan a skála középpontjában helyezkedik el, akkor a két vége az excentricitás irányától függően változó mértékben produkálja ugyan azt a hibát mint a tű ferdeség. Itt is a két végén történő leolvasás a megoldás. Az excentricitás nehezíti a leolvasást is, extrém esetben a tű hozzáérhet a skálához és elakadhat.

3.4.5.6 Inklinációs lelógás

A mágneses tér iránya nem csak vízszintes síkban ér el a csillagászati északi iránytól, de függőleges síkban is van lehajlása. Ez a szög az inklináció. Az északi féltekén ez azt jelenti, hogy a mágnesű északi vége lefelé szeretne fordulni. Ennek ellensúlyozására a tű déli oldalára mozgatható súlyt helyeznek. Ha a súly nem jó pozícióban van, akkor a tű nem a skála síkjában forog és megnehezíti a pontos leolvasást, oldalról nézve parallaxis hibát is okoz. Extrém esetben a tű annyira lelóg, hogy felakad. Megszüntetni a súly mozgatásával, pontos kiegyensúlyozásával lehet.

3.4.5.7 Irány tévesztés

Ez már nem mechanikai hiba, hanem emberi. A poligonnak irányítottsága van, nem mindegy A-ból B-be mérünk vagy fordítva. A kettő között 180° eltérés van. Függőkompasszal mindkét tűvéget leolvasva csak az északi végnél kapunk helyes értéket. A műszert átfordítva viszont a déli tűvégnél. Figyelni kell a műszer skálaosztásán, hogy mikor van egyenes és mikor fordított állásban felakasztva a zsinórra.

3.4.6 Fokív

3.4.6.1 Zsinór belógás

Legnagyobb hibát a lejtő mérésben a zsinór belógása okozza. A két pont közé kifeszített zsinór nem egyenes, hanem belóg (akár milyen kicsit is). A belógást a zsinór súlyán túl fokozza a ráakasztott műszer súlya. A belógó zsinór nem párhuzamos a két pont vonalával, és a ráakasztott műszer csak a két kampón átmenő zsinór szakasz lejtését méri amit még a saját súlya is módosít. Természetesen ezt a hatást könnyű kialakítású műszerrel próbálják csökkenteni. Ennek ellenére a hatás jelentős, akár több fokos is lehet. Nagyon sok tényező befolyásolja: a zsinór saját súlya, hossza, rugalmassága, hajlásszöge, feszessége, a műszer súlya, súlypontjának helyzete, kampók távolsága. A hatás csökkentésére léteztek speciális kialakítású műszerek amik viszont nem terjedtek el. A zsinór több pontján mért lejtőszögek átlaga sem adja meg a pontos értéket, inkább szabályos hibával terheli a mérést. A műszerhez készíthető kalibráló diagramok¹¹ használata sem terjedt el.

Célszerű erős de rugalmas, megfeszített mérőzsinórt használni. Vízszintes helyzetben a műszer a két pont között félúton adja a helyes lejtőszöget. 15° -ot elérő hajlásszög esetén a műszert 5%-al felfelé el kell tolni a zsinóron. Minél meredekebb a zsinór, a hiba annál nagyobb.

3.4.6.2 Műszer méréshatár

Nagyon meredek oldalaknál a műszer lecsúszik a zsinóron, csipesszel kell rögzíteni. Egy hajlásszög felett már a műszer egyik kampójára már egyáltalán nem jut terhelés, elemelkedik a zsinórtól. E szög felett is lehetőség van a mérésre úgy, hogy az alsó kampót rögzítjük a zsinóron (csipesszel, csomóval), és a felső kampót hagyjuk hogy rátámaszkodjon. Mivel ilyenkor az alsó kampó húzza a

¹¹ Műszer eltolási diagramot mutat be cikkében Dékány Csaba [Dékány 1963] 14.o.

zsinórt, a felső alig terheli, célszerű a zsinór alján elhelyezni a műszert. Ilyenkor a szögmérés már meglehetősen bizonytalan. 90° közelében a műszer már nem lóg, a függő és a skála helyzete lehetlenné teszi a leolvasást.

3.4.6.3 Előjel tévesztés

A fokív skálája szimmetrikus, mindkét irányban felakasztható és leolvasható. A lejtés előjele nem a felakasztás irányától függ. Figyelni kell a pontok jegyzőkönyvi sorrendjére, és az ehhez kapcsolódó előjelre.

3.4.6.4 Felfüggesztő kampó ferdeség

A műszer a skála 0° vonala és a függő iránya közti szöget méri. Ez csak akkor egyezik a felfüggesztés lejtőszögével, ha a felfüggesztő kampók és a skála $90-90^\circ$ -os vonala párhuzamos. A kampók (mint ahogy a teljes műszer) vékony lemezből vannak és könnyen elgörbülnek akár a mérés folyamán is. A hiba úgy jelentkezik, hogy a műszer állandó hibával terhelt értéket mutat. Ez a hiba viszont a műszer megfordításával előjelet vált. A két leolvasás átlaga a helyes értéket adja. Miután a skála jobb és bal oldalán a hiba ellentétes, az ismert hiba esetén utólag is korrigálható, ha a jegyzőkönyvbe feljegyezzük a leolvasás oldalát is (jobb vagy bal). Ha minden lehetséges helyen két állásban leolvassuk a műszert, akkor a hiba számolható, és ahol mégsem sikerült mindkét állásban leolvasni ott utólag korrigálható.

3.4.6.5 Szál súrlódás

A függőt tartó szál a skála mentén leng. Ha hozzáér, akkor elakadhat és pontatlan értéket mutat. Ha nagyon eltávolodik akkor a leolvasás a parallaxis hiba miatt pontatlan. Célszerű, ha a szál minél közelebb van, de nem ér a skálához. Ez megvalósíthatatlan, főleg ha a függő zsinórja "szőrös". Megoldás az, hogy a fokívet oldalról finoman megbökve, a szálát elemelkedésre kényszerítjük. A pattogó szál a helyes értéken áll meg, nyugalomba kerülése után leolvasható. A fokív kampóinak elgörbülésével változhat a szál távolsága a skálától.

3.4.6.6 Szál egyenetlenség

„Szőrös”, csomós, egyenetlen függő szál a skálán nehezen vagy hibásan leolvasható. A legjobb a hosszú, festetlen barna női hajszál, csak könnyen szakad. Megfelelő mérő személyzet esetén könnyen pótolható. Egyéb esetben a vékony műszálas cérna a bevált megoldás. Dami a merevsége miatt nem alkalmas, képes „görbén” lógni.

3.4.6.7 Excentricitás

A szál átvezetése a fokív lemezen egy vékony lyukon keresztül történik. Ha a lyuk nem a skála közepén van, vagy túl bő és a szál nem a közepén helyezkedik el, akkor a mért szög hibás lesz. Ezt a hibát részben csökkenti a két állásban való leolvasás.

3.4.6.8 Skálahiba

A skála osztáshibája a gyártástól (gyártótól, minőségtől) függ, de a vékony lemez durva behatásra is eltorzulhat. A korrózió folytán is előadódhat olyan pont, ahol a skála osztások nem láthatók. A véletlen hiba hatását csökkenti a két állásban való leolvasás.

3.4.7 Mérőszalag

3.4.7.1 Skálahiba

A mérőszalag gyártásakor különböző pontossági osztályokat céloznak meg, de gyártás után ellenőrzik is a szalagokat. Különböző gyártású és típusú szalagok összehasonlításával ki lehet szűrni a nagyon hibásakat. Mechanikai, kémiai hatásra változhat is a pontosság. Precíz kalibrálást csak hitelesítő laborban lehet végezni, ez általában meghaladja a lehetőségeinket.

A skála osztás egyenetlenségét ki lehet küszöbölni úgy, hogy a távolságot a szalag különböző szakaszain két leolvasással és a két leolvasás különbség számításával mérjük

Skálahibát okoz az is, hogy a szalagok 20°C-ra vannak hitelesítve, nem barlangi hőmérsékletre.

Egyenletesen megnyúlt szalaggal a térkép méretaránya lesz helytelen, ez esetleg még utólag is korrigálható. A többi, általában véletlen jellegű hiba már utólag nem korrigálható és a körök mérésénél záráshibaként jelentkezik.

3.4.7.2 Belógás

A legnagyobb hibát a szalag belógása okozza. Ez a hiba mindig növeli a mért távolságot. A precíz szalagok skálázását úgy készítik, hogy meghatározott feszítő erőnél belógás mellett is a helyes távolságot lehessen leolvasni. Ehhez pontosan kell tartani a feszítő erőt, amit vagy rugós erőmérővel, vagy csigán átvett súllyal lehet.

3.4.7.3 Nullponthiba

A nullapont lehet sérült, vagy lehet bizonytalan helyzetű. Sok mérőszalagnak speciális kialakítású végződése van, hogy beakasztva lehessen mérni vele. Tisztázni kell, hogy honnan kell mérni, hol a nulla pont. Sérült nulla esetén két leolvasásra van szükség, a skála elején egy tetszőleges értéknél tartjuk az egyik ponton és a másik pontnál leolvasott érték különbsége adja a helyes távolságot.

Ezt a módszert akkor is alkalmazhatjuk, ha két vagy több leolvasást szeretnénk tenni, és nem szeretnénk ha a az előző leolvasott érték befolyásolná a mérést (mint a skálahibánál).

3.4.7.4 Felfekvés, felakadás

Ha nem szabadon feszül a szalag, akkor mindig többet mérünk a valóságnál. ellenőrizni a szalag mentén hosszába benézéssel lehet, ha nem egyenes (illetve a szokásos belógást mutatja) a szalag, akkor ki kell akasztani.

3.4.7.5 Indexhiba

A pont, amire barlangban mérünk nem mindig ideális, a mérő csapat tagjai közt lehet félreértés, hogy mi is a pont, mi a leolvasandó jel. Megoldást jelent az, ha a jegyzőkönyv vezető mindig megkérdi az elől haladótól, hová tette a mérőszalagot, hol is van a pont, és az információt átadja a hátul haladónak.

3.4.8 Suunto kompasz

3.4.8.1 Skála tévesztés

Gyártanak 360° és 400°-os és vonás beosztású műszert. Természetesen nem mindegy, milyen osztással számoljuk az irányt.

A műszer látómezejében 2-3 szám is látszik ebből meg lehet állapítani merre növekszik a skála. Ennek ellenére előfordul, hogy helytelenül olvassuk le, mintha az ellenkező irányba növekedne (17.3° helyett 22.7°-ot a 20°-os jelzés mellett).

3.4.8.2 Irány tévesztés

A poligonnak irányítottsága van, nem mindegy A-ból B-be mérünk vagy fordítva. A kettő között 180° eltérés van. Suuntoval néha kényelmesebb az egyik mérés, ilyenkor figyelni kell a jegyzőkönyv sorrendre. Nem célszerű fejben számolni a 180° -os eltérést, inkább a jegyzőkönyvbe be kell írni, hogy fordított iránymérés. Ha mégis számoljuk, akkor ezt tegyük hangsúlyosra, hogy a többiek kontrollálhassák.

3.4.8.3 Két szem közötti leolvasás hiba

Suuntoval a szabályos (hiba mentes) leolvasás úgy történik, hogy a műszerbe nézve az index jelet a műszer alatt és felett látott irányvonalba állítjuk. Ez kicsit körülményes, így sokszor megtesszük azt, hogy két szemmel mérünk. Az egyik szemünkkel a műszert olvassuk le, a másikkal pedig az irányvonalat nézzük. A két szem között több tízed fokos különbség is lehet, amit még az is befolyásol, hogy milyen messze van a megcélzott pont.

3.4.8.4 Meredek oldal irányzása

A műszer alatt vagy felett elnézve a vízszinteshez közeli pontok jól megirányozhatók. Meredek szögben viszont nehéz az irányvonalat az irányzott ponttal egy függőleges egyenesbe hozni. Barlangban pedig sokszor előfordul a meredek irányzás és az is, hogy nincs kellő támpont, viszonyítás a függőlegeshez.

A műszerre szerelt hengeres üveggel próbálják a mérést ilyenkor segíteni. Ez sajnos nem biztosítja a pontos függőleges pont bevetítést, és kissé sérülékenyebbé teszi a műszert.

3.4.8.5 Parallaxis hiba

A műszerbe kicsit ferdén is bele lehet nézni, ez maximum 0.1° -os hibát okozhat.

3.4.8.6 Indexhiba

A leolvasó mikroszkópban a szál, az optikai tengely és a mágneses tengely egy vonalba kell essen. Ez gyári beállítás, változtatni nem tudunk rajta, ellenőrizni is csak úgy, ha egy ismert irányt mérünk meg.

3.4.8.7 Skálahiba

A skála pontatlanságából eredő hiba. Megfelelő minőségű műszert megbízható gyártótól vásárolhatunk.

3.4.8.8 Helytelen inklinációs beállítás

Az olajkompassokban a skála vízszintes síkját beragasztott ellensúllyal biztosítják. Ez nem állítható, gyárilag szabják meg, hogy milyen inklinációs tartományban működik a műszer. Ezért az Európában használatos műszerek nem működnek a trópusokon, még inkább nem a déli féltekén. A nem megfelelő területen használt műszer skálája ferdén áll, súrlódik a házhoz, felakad.

3.4.9 Suunto lejtőszögmérő

3.4.9.1 Skála tévesztés

A műszeren egyszerre van fokos és százalékos skála. Elvileg mindkettő leolvasható, de a százalékos inkább kerüljük el. Ha mégis azt olvastuk le (esetleg a jegyzőkönyvben rendszeresen), akkor át lehet számolni, de vegyes leolvasás esetén az egészet újra kell mérni.

Ennél a műszernél is létezik többféle osztású változat (fok, újfok, vonás)

3.4.9.2 Előjel tévesztés

A műszer skáláján a százalékos oldalon feltüntetik a lejtés előjelét (+ vagy -), de ez csak a mérés irányában érvényes. A poligon lejtésének is előjele van, ha ezt eltévesztjük kis lejtések esetén újra kell mérni. Nagy szintkülönbségeknél rá lehet jönni a hibára utólag és korrigálni lehet.

3.4.9.3 Parallaxis hiba

A műszerbe kicsit ferdén is bele lehet nézni, ez maximum 0.2° -os hibát okozhat.

3.4.9.4 Indexhiba

A leolvasó mikroszkópban a szál, az optikai tengely és a egyensúlyi tengely egy vonalba kell essen. Ez gyári beállítás, változtatni nem tudunk rajta. Ellenőrizni és kiküszöbölni úgy, ha egy irányt odavissza mérünk meg. A két mérés átlaga a helyes lejtést adja.

3.4.10 DistoX

3.4.10.1 Mérési zaj

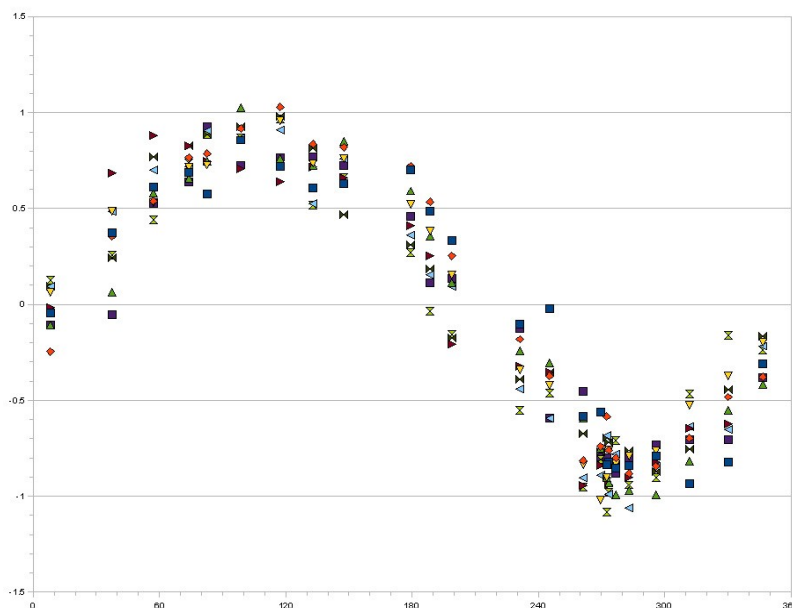
Az elektronikus mérésnél azt a pontatlanságot, amit egy rögzített műszer többszöri mérése között mérhetünk zajnak nevezünk. DistoX-nél ez iránymérésben 0.2° , lejtésögnél 0.05° , távolság mérésnél 1.5mm. (DistoX2: iránymérésben 0.15° , lejtésögnél 0.02° , távolság mérésnél 1mm)

3.4.10.2 Beállási hiba

Az érzékelőknek kis idő kell a beálláshoz. Mind a mérésnél, mind a kalibrálásnál 2 másodpercet kell várni az irányzást követően, hogy a DIST gomb lenyomásával a helyes adatot rögzítse a műszer.

3.4.10.3 Kalibrálási hiba

A műszer legfontosabb jellemzője, hogy minden mechanikai, elektronikai pontatlanságot és belső mágneses zavarást a kalibrálással küszöböl ki. A kalibrálatlan műszer akár több fokok eltérést is mutathat a valódi iránytól. Helyes kalibrálás esetén ez néhány tizedfok csupán. A kalibrálás mind a lejt-



3.10. ábra: Kalibrálási hiba. A szinuszos trend a kalibrálási hiba, az egyes értékek körüli szórás meg egyéb véletlen hibák összessége

szögmérő mind a kompasz méréseit javítja, de a belső mágneses zavarás kiküszöbölése miatt van rá rendszeresen szükség. A kalibrálás minden elemcsere (DistoX2-nél ez kiküszöbölhető a belső Lithium akkuval) után indokolt, hiszen a belső mágneses zavarás legfontosabb forrása az elem. De nem csak az elem mágnesezhető a műszerben és az elemek mágneses hatása is változhat például a föld mágneses mezeje következtében. Az elemek elmozdulása, vagy csak a műszer analóg mágneses érzékelőinek elállítódása is okozhat kalibrálatlanságot. Ellenőrizni a hiba meglétét az oda-vissza méréssel és a lézer tengelye körül elforgatott műszerrel lehet. A hiba ugyanis a mérésben úgy jelentkezik, hogy a valódi azimut értékre egy szinuszos hiba ráakódik. A szinuszos hiba előnye, hogy 180°-onként előjelet vált, de nagysága változatlan. Ez a hiba egy irány oda-vissza mérésénél kiegyenlíti egymást (ha a kijelző ugyan abba az irányba áll). A műszert a lézer sugara körül elfordítva (kijelző fel, jobbra, le, balra, fel) is szinuszos jellegű a hiba, tehát ha ilyen irányba is 180°-ot elfordítjuk akkor is kiesik a két mérés átlagából. Vagy három mérésnél 120°-onként elfordítva a három mérés átlagolásával, illetve a körülfordulást tetszőleges számmal egyenletesen elosztva és átlagolva. A nagy különbség esetén ajánlott az újra kalibrálás a helyszínen. Kis különbség esetén a két (három, négy...) mérés átlagolásával nem csak a hiba esik ki, de a véletlen hibák is csökkenthetők. Több mérést is átlagolhatunk, de fontos hogy egyenletes elforgatásokkal legyenek a mérések, különben nem egyenlítik ki egymást a hibák.

Jó kalibrálás után a hiba mértéke (0.2°-0.3°) már az egyéb véletlen hibák közt elvész.

A kalibrálás egy szisztematikus mérési sorozat, ami először az érzékelőknek a lézersugárhoz viszonyított helyzetét tisztázza, majd az érzékelők egymáshoz képesti eltérését. Ezért az első 4x4 mérésnél nagyon fontos a pontos célzás, azaz hogy a műszer pontosan a lézer sugár körül forduljon körbe. A többi mérésnél csak az számít, hogy a tér minden irányába minél több mérés történjen (Pocket-Topo-nál).

A DistoX2 más érzékelőket használ, a gyorsulásmérő skálázása nem egyenletes. Ennél a kalibrálásakor még egy paramétert figyelembe vesz a legújabb kalibráló program.

3.4.10.4 „Mellé mérés”

Egy csavar fejét vagy kő peremet nem könnyű a lézersugárral megcélozni. A pont mellett elmenő lézer a pont mögött talál magának célfelületet ami stabil, így többszöri mérésre is ugyan az a hibás távolság eredmény adódik. Felismerni vagy a mérősegéd tudja, vagy az oda-vissza mérésből derül ki, kiküszöbölni a cél mögé tartott táblával lehet.

3.4.10.5 Lézersugár „felfekvése”

A lézersugárnak is van átmérője, nem teljesen pontszerű. Előfordul, hogy a mérési ponton kívül egyéb felületről is történik visszaverődés, egyszerre több pontról is. Jellemzően a megcélzott pont közelében a súrolt fal felületről. Az elektronika az ilyen jeleket néha komoly (durva) hibával értelmezi és a valóságosnál nagyobb vagy kisebb távolságot ad meg. tehát lehetséges az, hogy a pont mögé tett tábla ellenére a valóságosnál nagyobb távolságot kapunk. Ez egy rögzített állásban akár ismételten is jelentkezhethet. Az oda-vissza mérés segít kiküszöbölni ezt a hibát.

3.4.10.6 Külpontosság

A műszer nulla pontja a lézersugár meghosszabbításában a hátsó felület közepén (nem szimmetrikusan!) van. Ezt letámasztani a mérési pontra szinte lehetetlen. Egy mérő csavarnál a fej átmérője miatt lép fel külpontosság. A külpontossági hiba sokszor elhanyagolható a mérés többi hibájához képest, de ki is lehet küszöbölni több módon:

3.4.10.6.1 Mérés kis elfordulással

Egy tetszőleges pontra feltámasztott műszernél ha a két megírányzott fixpont kis szögben látszik, akkor a műszer két mérése közben csak kis mértékben mozdul el, és a két mérésből a külpontosság

a két megcélzott pont koordinátaiban kiesik.

3.4.10.6.2 Dupla külpontosság

A műszer letámasztásánál mérhető külpontosságot a célnál is figyelembe vesszük, pont annyival mellé irányzunk. Ehhez céltábla és a mérősegéddel való egyeztetés szükséges. Szinte mindegyik mérésnél használhatjuk tudatosan ezt a módszert, hogy a lézersugár menti elfordítást biztosíthassuk a ponttól kissé eltávolított műszerrel.

3.4.10.7 Nem összelátható pontok (belógó kövek)

A két fixpont közötti, "éppen hogy" betakaró akadály esetén zsinór még kifeszíthető (a belógás miatt talán nem is fekszik fel), de lézersugárral már nem mérhető. Régebbi pontok újramérésénél találkozhattunk vele. Korrigálni dupla külpontossággal lehet: a mérés kezdő és végpontját ugyan azzal a távolsággal, ugyan abba az irányba eltolva helyes értéket kapunk.

3.4.10.8 „Beragadó” elektronika

Megfigyeltük, hogy a DistoX ritkán, de hajlamos mérés közben meghibásodni. A beépített mikrokontroller program hibája miatt ilyenkor minden mérésnél ugyan azt az eredményt adja a lejtyszögre. Alaprajzban ez nem feltűnő, az irányok jók. Oldalnézetben vagy jegyzőkönyvben viszont egyértelmű, hogy hiba történt. A mérés közben figyelni kell erre, és ha előfordul, akkor a műszer többszöri ki-be kapcsolásával ez a hiba megszüntethető. DistoX2-nél még nincs elég tapasztalatunk.

3.4.10.9 Iránytartás

A kézben tartott műszerből adódik, hogy a célzás pontossága a letámasztástól függ. Kényelmetlen helyzetben, megtámasztás nélkül szinte lehetetlen célozni, de jól megtámasztott műszer esetén is a tetején elhelyezett gomb megnyomásakor a műszer elmozdulhat. Több mérés átlaga csökkenti a hibát. DistoX2-nél az időzítővel vagy a távvezérléssel kiküszöbölhető a célzás közben a gomb megnyomása.

3.4.10.10 Mágneses zavarás

Minden mágneses mérésnél a külső mágnesezhető anyagok (elsősorban vas) zavarják a mérést. DistoX-nél ezt fokozza, hogy a mérés közben le kell támasztani a műszert egy fix pontra (ami lehet vas), és a mérés közben használjuk a PDA-n futó PocketTopo-t. Mivel nem kell a műszerbe belelőni, nem a sisakon, hanem a műszert tartó kéz közelében lévő vasak a legrosszabbak.

3.4.11 Teodolit

Teodolitos mérés hibái között első sorban a pontra állás hibáját, a külpontosságot kell említeni. Teodolitos mérésnél a vízszintes szögek mérésében elkövetett hiba az egész további mérési láncolatot elcsavarja. A pontra állás hibája is szöghibaként jelentkezik, de közvetlenül számolható: egy centis hiba 6 méteres poligon oldalon egy 600m távolságban lévő pontot már egy méterrel forgat el, de ha csak egy millimétert tévedünk az is 10cm-es hibát jelent. Márpedig nem azért használunk teodolitot, hogy ekkora hibát kövessünk el. Ennek a hibának a kiküszöbölésére a kényszer központosítást lehet használni, ami azt jelenti, hogy a műszert abba a foglalatba helyezzük, amiben a céltárgy volt, így biztosítjuk a poligon pontok helyben maradását a mérés idejére. Természetesen a megjelölt fixpontokhoz képest lehet eltérés, de ez nem befolyásolja a poligon vonal pontosságát.

A megirányzott pontnál is lehet külpontosság, a pont helytelen kialakítása miatt vagy a célzás pontatlanságából.

A műszer mérés közbeni elmozdulásából is adódhat pontra állási hiba, még akkor is, ha kényszer központosítást alkalmazunk. Az agyagos talaj süllyedése, a laza omladék kövek elmozdulása vagy a

szűk járatban a teodolit állvány melletti közlekedés mind okozhat elmozdulást a mérés közben vagy a műszer és a céltárgy felcserélésekor.

A műszerek belső hibáinak felsorolását itt mellőzném, megfelelő műszer esetén ez nagyságrendileg kisebb hibákat eredményez a barlangi körülmények között mint a pontra állás nehézségei miatt elkövetett hibák.

3.4.12 Függőzés

A legegyszerűbb mérésnek is lehetnek hibái. Az első a pontatlanság, vagyis az alsó és a felső pont nem esik pontosan egy függőleges vonalra. Ennek oka lehet a hibás pontmegjelölés vagy az, hogy a függőőn zsinórját valami eltéríti. Ez elsősorban a zsinór felfekvése, másodsorban a zsinórra ható oldalirányú erő, ami barlangban jellemzően a huzat.

A függőleges távolság mérés hibája közvetlenül megjelenik a koordinátákban. Mérőszalagos mérésnél a belógás kivételével az összes hiba jelentkezik.

3.5 Fix pontok

A fix pontokat azért nevezzük így, mert nem mozdulnak el sem a mérés közben, sem hosszú távon. A hosszú távú stabilitást mind a közettől (nem lehet laza kötőanyagban, agyagban), mind a pont anyagától (korrózió, szilárdság) meg kell követelni.

A barlangok újra mérésénél a fixpontok segítenek a hibák kiszűrésében. A régi térkép az új méréssel ezeknek a pontoknak a segítségével hasonlítható össze, még akkor is ha nincs meg az eredeti jegyzőkönyv vagy az új méréshez nem ideálisak a régi pontok.

3.5.1 Funkciók:

rögzített, koordinátás pont a:

- barlang térkép szerkesztéséhez
- további mérések kiinduló pontjának
- újraméréshez, ellenőrzéshez

kényszer-központosítás a műszer rögzítéséhez

pont jelzés (szám, betű) rögzítése

rajzolóhoz, részletméréshez mérőzsinór rögzítése



3.11. kép: Talppont a szlovéniai Predjama barlangban. Ilyen egységes pontokat alkalmaznak a környék több idegenforgalmi barlangjában, pl. a Škocjan árvizes részein is.

3.5.2 Pont típusok:

3.5.2.1 Talppont teodolit részére

A teodolitos mérésnél a műszert egy állványon rögzítjük, így az a pont ami körül a szögeket méri a levegőben van (ha nem lenne állvány, a műszer mechanikájából adódóan akkor is a levegőben lenne). Hogy mégis rögzíteni tudjuk a műszer helyzetét, a műszer alatt a földön rögzítünk egy pontot (pontosan a forgástengely alatt), és lemérjük a forgástengelyek kereszteződésének magasságát ettől a ponttól. Így a talppont helyben marad (fix), a mérést pedig meg lehet ismételni akár más műszer magassággal is, hiszen a vízszintes szögek nem változnak, a magasságokhoz meg egyszerűen hozzá lehet adni a műszermagasságot.

3.5.2.2 Talppont GPS részére

Ugyan az, mint a teodolitos talppont, de a mérés elve miatt felette szabad kilátás kell legyen az égboltra. Ezért ezt a barlang bejáratától távolabb kell elhelyezni.

3.5.2.3 Talppont szintezéshez

A szintezőléc letámasztásához egyértelmű domború felső felülettel kell rendelkeznie (pl. gravitációs külpont a Mátyás-hegyi-barlang előtt). Mivel a barlangban a szintezés nem túl hatékony, a barlangon kívüli kezdő pont esetén lehet érdekes.

3.5.2.4 Főtepont teodolit részére

Barlangban (bányában) a talpon elhelyezett pont nincs biztonságban, ezért ugyanazzal a funkcióval a főtében elhelyezett pont a lehetőség. Bányában ez elérhető közelségben van, barlangban sokszor nem megoldható a főtepont. Barlangi mesterséges táróknál (az már bánya) viszont ez a megszokott. A pontjelre (lyukas szeg) szokás akasztani egy függőt, amely a pontra (pont alá) állást megkönnyíti.

3.5.2.5 Oldalpont őrpontként teodolit részére (min. 2 db)

A modern prizma nélküli távmérős teodolitoknál ez egyszerű, de a régi teodolitoknál is alkalmazták a talppont visszaállítására. Két egyszerre látható fixpont az oldalfalon lehetővé teszi a teodolit helyzetének visszamérését (ívmetszés). Az ilyen fixpontok lehetnek egyben függőkompaszos csavarok, de elegendő a falból nem kiálló jelölés is (festés). Talppontok elhelyezése után a közelben meg kell jelölni két olyan pontot amit nem fenyeget megsemmisülés, és ezektől minimálisan a talppont távolságát, de precíz visszaállításhoz a magasságkülönbségét is le kell mérni.

3.5.2.6 Oldalpont függőkompaszos méréshez



3.12. kép: Számozott réz csavar a Vass Imre-barlangban

A függőkompaszos mérés pontjai közé zsinórt kell kifeszíteni, mert ez tartja és pozicionálja a műszereket (függőkompasz, fokív). A műszer lehúzza a zsinórt, és felülről is hozzá kell fénni (leolvadás). Ezek a pontok úgy helyezkednek el, hogy a zsinór két irányból is, az előző és következő pontból is szabadon kifeszíthető legyen. A legjobb a rögzített csap, ami húzásra van igénybe véve. Ha a pontra nem akasztható rá a zsinór, akkor a mérés közben fixen (remegés nélkül) kell azt tartani, erre sokszor segédeszközt kell használni. Ha a zsinór futása egyértelmű, akkor a pont biztosítja a műszer többszöri azonos helyzetben történő ellenőrző mérését.

Fokíves mérés esetén a zsinór belógása miatt nem biztosítható a többszöri azonos elhelyezés, de a mérés megismétlése igen.

3.5.2.7 Oldalpont DistoX-es méréshez

DistoX-nél a pontról történő mérés a műszer letámasztását és szabad körbeforgatását kell biztosítsa. Mivel a műszer 3 cm széles, legalább ennyire ki kell lógni a pontnak a falból és minél kisebb gömbfelületen kell támasztani a műszert a külpontosság csökkentésére. Ez sokszor akadályt képez, így a néhány cm mély fűrt lyukba ideiglenesen beszorított csavar lehet a megoldás. A távméréshez a kis méretű pont mögött céltáblát kell elhelyezni. A rátámasztás szempontjából nyomásra kell stabilnak lenni a csapnak. A mágneses mérés miatt pedig nem szabad mágnesezhetőnek lenni.

3.5.2.8 Oldalpont DistoX-es mérés ugrópontjaként

A teodolithoz hasonlóan a DistoX is használható állványról. Mivel a mágneses tájékozáshoz elég egy fixpont, az oldalfalon elég a ritkábban elhelyezett és nem összelátható, nem kiálló pontok használata a továbbméréshez.

3.5.2.9 Oldalpont magasság méréshez (szintezési csap)

Szintezésnél a talpponthez hasonlóan a felülről való szintezőléc rátámasztás szükséges.

3.5.2.10 Pont jelölés lézerszkenneres vagy fotogrammetriai méréshez

A DistoX-es mérés ugrópontjaihoz hasonlóan a pontot távolról láthatóan meg kell jelölni. A különbség annyi, hogy az önmagukban relatív tájékozású módszerek barlang felméréshez való illesztésénél legalább három pontra van szükség. Lézerszkennerek esetén ha több mérésből alkotjuk meg a modellt, akkor a méréseket is egymáshoz is kell illeszteni. Ez több irányból is jól látható pont jelölést kíván.

Ilyenkor a pont a falból kiálló lap vagy térbeli idom jól azonosítható pontja lehet. Fotogrammetriai mérésnél lehetséges olyan jelölések használata, amit a feldolgozó program automatikusan felismer és egyedileg megkülönböztet.

3.5.3 Pont jelölés

A fixpontokat a későbbi azonosítás érdekében meg kell jelölni. A mérés során előnyös, ha a pont gyorsan megtalálható. A feltűnő, messziről látható jelölés és a barlangvédelem esztétikai szempontjai ellentétben állnak egymással. Olyan megoldásokat kell előnyben részesíteni, ami tartós, nem feltűnő, de megtalálható.

3.5.3.1 Karcolás

A leggyorsabb jelölési mód. Nem túl tartós, agyaggal bekenve hamar eltűnik. Régen a kézi karbidlámpa kampója kiválóan alkalmas volt bekarcolt jelek, feliratok készítésére, manapság a barlangásznál nemigen akad alkalmas szerszám. Ha már készülni kell rá, akkor érdemes tartósabb jelölést alkalmazni (fűrés, vésés).

3.5.3.2 Festés

A legegyszerűbb, ma is alkalmazott jelölési mód, főleg spray használatával. Korlátozottan még az agyagos felszínen is megmarad. Viszonylag nagy mérete alkalmas arra, hogy távolról is látható legyen, de ekkor a pontossága nem teszi lehetővé a centiméteres azonosítást. Sziklaélel, csúccsal való kombinálása javít a helyzeten, vagy utólag (a festék szikkadását követően) rá lehet karcolni a pontjelet. Hátránya, hogy nem lehet rajta rögzíteni poligon zsinórt. A jobb láthatóság érdekében a festékbe szórt 1-2 mm-es üveggolyók (útburkolati jel) alkalmasak fényvisszaverő felület kialakítására.

3.5.3.3 Fűrés

A legtökéletesebb pontjel. Nem csak a pont rögzítésére, hanem a további felhasználásra (csavar) is alkalmas. Önmagában nem is nagyon alkalmazzuk csak úgy, hogy a bele szorított csavar kiszedése után ez marad meg. A lyuk porral vagy agyaggal elfedve eltűnik, de a pontos hely ismeretében kitisztítható. A pont leírása ezeket, a megtaláláshoz szükséges adatokat kell hogy tartalmazza. Megsemmisíteni csak a teljes szikla lefaragásával lehetséges. Bányászatban a kb. 4 cm átmérőjű lyukba vert fa dugóval, és a belevert szöggel alakítják ki a pontjelet. Később ebből a fa kikorhadásával is csak a lyuk marad meg. Barlangi körülmények között a 4-6mm-es átmérőjű, közet állékonyságától függő mélységű lyukat alkalmazzuk.

3.5.3.4 Csavar

Valójában nem szükséges a menetes felület, lehet hengeres szegecs is, mégis a méret és anyag választék miatt csavarokat használunk. Anyagát tekintve a rozsdamentes acél vagy a sárgaréz a legelőnyösebb. A csavar feltételezi a lyuk fűrésát, bár rögzíthető a felületre való ragasztással is (pl. beton lepény). A csavar egyben a poligon zsinór kikötési pontja is, valamint a pont feliratozását is tarthatja. A csavarfej nagysága alapvetően korlátozza a pontjelölés és a zsinórvezetés precizitását, de ez javítható egyedi kialakítással (pl. karcolás, pontozás, bevágás). A csavar alkalmas mindenféle (talp, főte, oldal) elhelyezésű pontjelölésre és műszer használatra. A csavar szerepét töltheti be a kötelek rögzítésére kialakított mesterséges rögzítési pont is, itt viszont a fokozott igénybevétel következtében fennáll a megsemmisülés veszélye. A mérés folyamán a csavarra akasztható fényvisszaverő tábla ami a mérés, rajzolás közben a jobb láthatóságot segíti.

3.5.3.5 Nevezetes képződmény

Fixpontnak alkalmazhatunk olyan barlangi képződményt, aminek egyedi neve van. Ilyenkor a pont a képződményen belüli pontosan meghatározott rész (pl. cseppkő csúcsa), aminek mérete összhangban van a mérés pontosságával. Természetesen ilyenkor elég elítélendő a festéssel való további jelölés, de kis méretű furat elhelyezésére esetleg van mód.

3.5.3.6 Cövek

Laza kitöltésben a felszíni pontjelölésekhez hasonlóan elhelyezhetünk különböző karókat, cöveket. Elvileg mód lenne a felszíni háromszögelési pontok mintájára kő (beton) oszlopot elhelyezni, de erre csak egyetlen példát tudok: A Baradla – Dómica közötti határkő.

3.5.3.7 Tábla

Mind talpon, mind oldalfalon alkalmazható. A pontszámot és a precíz pontjelet (pont, kereszt) is tartalmazhatja, de nem rögzíthető rá mérőzsinór vagy függő. Példának a Szemlő-hegyi-barlangban kialakított pontjeleket lehet említeni.

3.5.4 Pontszám rögzítés

Ahhoz, hogy a barlangban is mindig tudjuk melyik pont milyen azonosítót kapott, szükség van a pontok feliratozására.

3.5.4.1 Festés

A pont jelét a pont mellé a járat falára festjük. A legrégebben alkalmazott megoldás. Csúnya, környezetszennyező, elavult. Esetleg a jó minőségű és nem túl vastag lakkfilm még szóba jöhet.

3.5.4.2 Ceruza jelölés

Vékony rottring ceruzával olyan kis számokat lehet a pont mellé írni, ami csak közvetlen közletről látszik, de tartós, nem károsítja a barlangot. Agyagos falon nem működik.

3.5.4.3 Tábla

A fixen rögzített poligon pontra akasztott kis korrózió álló tábla, és az azon kialakított pontjelölés elvileg örök életű. Sajnos a rögzítéssel szokott probléma lenni: leszakad. Másik kérdés a méret: elfér-e rajta a teljes pontjelölés?

3.5.4.4 Zászló

Szintén a fixpontra rögzíthető, de puha műanyag szalagból levágott, a teljes pontjelölést magába foglaló felirat. Esetleg lehet a zászló egy része fényvisszaverő anyagból.

3.5.4.5 Csavar számozás

A hatlapfejű csavarok felületén szokott lenni jelölés. Ezt lecsiszolva a sima felületre beüthetők számok, betűk. A főpoligon pontjainak számozására kiváló, a mellék ágak poligonjainak teljes jelzése már nem fér el rajta, csak az al-szám.

3.5.5 Pont számozás rendszere

3.5.5.1 Egyedi név:

A mérési alappontokat egyedi megkülönböztetéssel kell ellátni, hogy a programok is egyértelműen meg tudják őket különböztetni. Az azonos név azonos pontot takar, ha ez egy jegyzőkönyvben többször előfordul az vagy elágazást vagy csatlakozást jelent a mérési poligonban. Elvileg lehetne olyan logikát alkalmazni ahol a mérések sorrendjéből és néhány jelölésből egyedi azonosító nélkül is fel lehet építeni a poligon topológiáját, de nem érdemes. Egyszerűbb az egyedi azonosítók alkalmazása. Az egyedi azonosítóknál azonban meg kell különböztetni (és definiálni), hogy milyen logikát alkalmazunk. A legegyszerűbb a megkötések nélküli egyedi azonosítás. A pontoknak itt nevük van. Tercsi, Fercsi, Kata, Klára s valahány név a naptárban... – nyilván megjegyezhetetlen és nem könnyen ellenőrizhető az ismétlődésmentesség. Logikusan adódik, hogy valamilyen sorrendet kell tartani. Ez lehet sorszámozás, esetleg római számokkal vagy betűzés. kérdés persze a szám-betű kombinációkban is akad bőven, elég ha csak a magyar aábc sajátosságaira gondolunk. A sorozatok alkalmazása segít abban, hogy a barlangban vagy a feldolgozáskor el tudjuk dönteni, hogy két pont között kell-e keresni egy harmadikat vagy sem.

A Poligon program automatikus sorszámozása azt a logikát követi, hogy tetszőleges pontnév lehetséges, de az utolsó karakter szabja meg a folytatást. Ha az betű, akkor az ASCII kódtáblában következő nagybetűs karakterrel folytatja, ha elér a Z-ig akkor ZA-val toldja meg.

Ha szám akkor sorszámként növeli egyel.

3.5.5.2 Sorszám:

A legegyszerűbb egyedi jelölés. Egyben megadja az összes poligon pont számát is (+1 ha 0 pont is van). Mindig csak a legnagyobbat kell megjegyezni (felírni) és attól kezdve folytatható a kiosztás. Probléma csak a több párhuzamosan dolgozó térképező csapattal van. Nem lehet párhuzamosan egy sorozatból számokat kiadni egyeztetés nélkül. Megoldás (és egyben a feliratozás megoldása is) lehet az, hogy előre elkészített pontfeliratok (táblácskák, zászlók, számozott csavarok) szétosztásával minden mérő csapat a saját készletéből dolgozhat. A megmaradó számok újra felhasználása viszont problémákat vet fel, borul a sorrendiség, vagy kimaradnak számok. Sokszor elkerülhetetlen az újrászámolás.

Trükközhetünk a sorszámok kibővítésével tizedes törtekké, ilyenkor a 43-as pontról történő elágazás a 43.1, 43.2... számokat kapja. Ez több szempontból is helytelen: felborítja az egységes logikát és a 43.9 után a 43.10 nem valódi szám hanem karaktorsor.

3.5.5.3 Poligon sorozat számozás:

A PocketTopo által alkalmazott számozási rendszer két sorszámból áll: az első a poligon sorozat száma (ezt nevezhetjük a barlang egy ágának is), a második pedig a pont szám. Két sorszámból így egy teljes és logikus rendszert kapunk. A két sorszám elválasztása a programban ponttal történik, de ez nem tizedespont, tehát nem létezik az 1.01-es pont csak az 1.1-es viszont létezik az 1.10, 1.100 . Ebben a rendszerben viszont problémát jelentenek azok a segédpontok amik a poligon sorozatról nem valódi leágazást indítanak, csak egy két fixpontot mérnek be ahonnan kedvező lehetőség adódik részletpontok felvételére. Ha ezeket a pontokat bevesszük az alap pontszámok közé akkor felborul a sorszámozás logikája, ha külön sorozat számot adunk akkor meg előbb utóbb túl nagy sorozatszámokkal kell dolgoznunk. Én azt a megoldást használom, hogy az ilyen pontoknak a poligon számokhoz képest két helyértékkal eltolt számsorozatot adok (pl. 12.4-es pontról leágazó segédpontokat 12.401, 12.402 sorszámmal jelölöm).

A sorozat számozás a nagy méretű barlangok hosszú fő és mellékágainak gyors (apró részletekre nem kiterjedő) mérésénél hasznos. Ilyen esetekben is csak tervezett kiosztással.

3.5.5.4 Hierarchikus számozás:

A mérések leágazásánál logikus a leágazó pontot a főpont sorszámából képezni. A 43-as pontról leágazó szakasz első pontja 43/1, második 43/2. További leágazások újabb elválasztó jellel kerülnek a pont száma mögé: 43/4/1. Tetszőlegesen folytatható a rendszer, ami egyből meg is adja a mérési hálózat topológiáját. Probléma csak akkor keletkezik, ha egy pontból többfelé is ágazik el mérési sorozat. Ilyenkor vagy felrúgjuk a hierarchiát és a 43/4-es elágazásból indított másik ágat 43/4/101-es (vagy hasonló) megkülönböztetett számsorral indítjuk, vagy beiktatunk egy fiktív pontsört és az első elágazás ilyenkor 43/4/1/1, a második pedig 43/4/2/1. A 43/4-43/4/1 mérés 0 hosszúságú, vagyis a két pont azonos (ahogy a 43/4/2-re mérés is). A hierarchikus számozás azért is kedvező, mert a függőségeket is tartalmazza. Ha megváltozik (újramérés során) a főpont koordinátája akkor az összes utána következő pontot is meg kell változtatni, ha nem stimmel a záráshiba akkor pontosan tudjuk melyik ponttól kell újramérni (számolni) a szakaszt.

Természetesen akármelyik számozási módot válasszuk, konzekvensnek kell lenni az egész barlang mérése során. Sokszor előfordul, hogy olyan méréseket dolgozunk fel ahol az eredeti jegyzőkönyv számozása más logikát követett, esetleg teljesen logikátlan. Ilyenkor az újraszámolás elkerülhetetlen. Sokszor van olyan mérési adatsor ami akár többszöri újraszámozást is megél, ilyenkor egy táblázatban célszerű rögzíteni az összes jelölést. Ha a barlangban a pontok be vannak számozva (jelölve), akkor azt mindenképpen rögzítenünk kell, mert ez akkor is támpont, ha az nem követi a mi logikánkat. A mérések feldolgozásánál a megjegyzés rovat sokszor nem elég ezeknek az információknak a rögzítésére. A barlangtérképező programok nem foglalkoznak az újramérés, újraszámolás problémáival. Ezekre megoldást csak a táblázatkezelő programokban tudunk magunknak készíteni.

3.6 Mérések

A barlang térképezésnél a jegyzőkönyvben nem a pontok, hanem a mérések szerepelnek egy sorban. Adatbázis szempontból ez azt jelenti, hogy egy mérési adat (pl. irány) nem egy ponthoz, hanem egy méréshez tartozik. A mérések célja ugyan pontok meghatározása, de egy pontot több méréssel is meghatározhatunk, egy mérés pedig legalább három adatot jelent (térbeli mérés). A jegyzőkönyv tehát a pontokat összerendelő méréseket tartalmazza, így a mérés sorszáma (azonosítója) nem lehet azonos a pont számával.

Eleve több mérés és több leolvasás szükséges egy pont pontos meghatározásához. Ezeket a méréseket a két végpont azonossága köti össze, és nem lehet egyszerűen választani melyiket tekintjük véglegesnek. Bonyolítja, sőt ellehetetleníti a feldolgozást az összes mérés rögzítése, mégse hagyhatjuk őket figyelmen kívül. Főleg akkor nem, ha eleve a mérések ellenőrzésére, pontosítására születtek. Többféle műszerrel, többféle megoldással végzett méréseket nagyon nehéz egységes, átlátható rendszerben kezelni.

3.6.1 Mérések előkészítése

A barlang térképezése az előkészítéssel kezdődik. Ez sok mindent takar, kezdve a szükséges felszerelések összehozásától egészen az összes barlangra vonatkozó adat összegyűjtéséig.

A mérés előkészítésének első lépése, hogy megismerjük a barlangot. Ha ez máshogy nem megy, akkor elbeszélésekből. Ez alapján el lehet dönteni, hogy milyen módszerrel készítsük el a térképet.

Minden mérés tartogat meglepetéseket, sokszor kell rögtönözni, de célszerű ha ez nem azért történik, mert alapvető eszközök hiányoznak.

A mérés barlangi előkészítésének első lépése a mérési fixpontok kijelölése. A pontok helyzete és alakítása függ az alkalmazott műszertől. Függőkompassos mérés esetén a pontok közé zsinórt kell kifeszíteni, és a ráakasztott műszert le kell tudni olvasni. Teodolitos mérésnél a talppontok rögzítésén kívül meg kell oldani az örpointok és a szűkebb oldalágak becsatlakozó méréseinek pont kialakítását is. Ezeknek a pontoknak a mérés előtt meg kell lenniük. Ezt vagy egy külön csapat jelöli ki és

állandósítja, vagy közvetlenül a mérés előtt a mérő csapatnak kell ezzel foglalkozni. Legszabadabban a DistoX-es mérésnél lehet mérési pontokat kijelölni. Ez célszerűen a mérés közben történik.

3.6.2 Mérés, rajzolás eszközei

3.6.2.1 Jegyzőkönyv

A hagyományos mérések elengedhetetlen kelléke. Akár egy szimpla (célszerűen kemény fedeles) kockás füzet, akár a mérés típusához kialakított speciális táblázat, mindenképpen kell valami amibe rögzíthetjük az adatokat. A DistoX-es mérésnél elvileg lehet papír nélkül dolgozni (a honlap címe is ez: Paperless), de nem árt, ha van nálunk. Mérőállomás (elektronikus teodolit) esetén is fontos, hogy vázlatokat, megjegyzéseket tudjunk rögzíteni. Függőkompassos, suuntos méréseknél kialakíthatunk előre táblázatot a mérési adatoknak. Ezek nem csak áttekinthetőbbé teszik az adatokat, de az üres rubrikák figyelmeztetnek is a kimaradt adatokra. A kötött formátum kényszeríti is a jegyzőkönyv-vezetőt az olvasható írásra. Ennek ellenére sokszor szükséges a jegyzőkönyv letisztázása, átírása tiszta papírra, utólag megjegyzésekkel való ellátása. Az eredeti (barlangban készült) jegyzőkönyv a legfontosabb eredménye a munkánknak, azt hosszú időre meg kell őrizni, továbbadni a barlanggal foglalkozó utódoknak.

pontrol		pontra		Hossz (cm)		IRÁNY		LEJTÉS	
		l.	ll.	előre	hátra	+	-	jobb	bal
127	128	428,0		181,2		-2,4		2,7	
128	129	448,6		241,9		-3,8		4,1	
129	130	493,4		201,8		5		3,7	
130	131	575,3		114,8		0,1		0,3	
131	132	354,5		210,0		0,5		1,6	
132	133	546,6		139,0		+5,8		2,3	
133	134	296,0		159,3		+0,2		0,5	
134	135	503,0		76,3		+3,8		4,1	
135	136	427,5		325,3		-10,7		10,3	
136	137	364,1		15,7		+5,5		7,8	
137	138	416,0		70,1		-5,5		5,0	
138	139	287,4		6,0		-1,2		1,8	
139	140	208,8		28,1		-5,5		5,2	
140	141	300,7		2,0		-29,2		29,6	
141	142	311,0		90,7		-25,8		26,0	
142	143	175,3		10,0		+10,6		10,8	
143	144	322,5		112,0		-5,7		5,2	
144	145	501,5		97,8		+9,1		9,3	
145	146	592,0	Vakborda	53,2	54,0	+16,0		16,2	
146	147	359,0	"	131,7	130,3	+16,5		16,8	
147	148	404,1	"	73,6	75,9	+11,6		11,2	
148	149	684,5	Függőkompass	132,6	134,8	+2,1		2,2	

3.13. kép: Előre gyártott jegyzőkönyv

3.6.2.2 Mérőszalagok

Mérés során többféle mérőszalagot is használunk. Polygon pontok közötti távolság méréshez általában hosszabb (10-50 m) puha szalagot, részletpont mérésekhez rövidebb (3-8m) merev szalagot, néha többet is egyszerre. A lézertáv mérő használata esetén is szükség lehet rá, DistoX-el megoldható szinte minden mérés nélküle.

3.6.2.3 Mérőzsinór

Függőkompassos mérésnél a mérés alapfeltétele. A kompaszt és a fokívet is erre akasztjuk. Egyenletes (körszövött), rugalmas erős zsinórra van szükség. Bevált a lavinazsinór, de helyettesíthető olcsóbb relaxa zsinórral is.

Rajzoláshoz is legtöbbször ugyan azt a zsinórt használjuk, vagy mérőszalagot feszítünk ki, hogy a távolságokat is közvetlenül le tudjuk olvasni. Létezik köztes megoldás, ahol méterenként, félméterenként jelölt zsinór segít a rajzolásnál.

3.6.2.4 Rajztábla

Barlangi rajzolás feltétele a rajzlap (milliméter papír) megtámasztása. Célszerű mérete a papírhoz igazodik. Szűk helyen szóba jöhet az A5-ös méret, nagy barlangnál az A3, esetleg A2 méret is indokolt. Szokásos az A4-es (210x297 mm) papír használatához az ennél körben 1cm-rel túlnyúló iskolai farost lemez tábla némi módosítással. Lehet műanyagból is készíteni de fontos, hogy törhetetlen, nem görbülő (na persze ez a kettő kizárja egymást), vízálló, könnyű anyagból készüljön. Szükséges rá a ceruzának és a radírnak valamilyen rögzítés, bevált módszer a tábla szélének átfúrása és gumi hurkokban a rajzeszközök rögzítése. A tábla szállításához szükséges egy vízhatlan tok vagy táska. Ebben helyezhetjük el a rajzlapokat is külön műanyag tasakban.

3.6.2.5 Vonalzó

A mért adatok felszerkesztésére, felmérésére szükséges. A méretaránynak és a maximális mért távolságoknak megfelelő hosszúságú és beosztású átlátszó műanyag vonalzó. Lehetséges a szögmérővel kombinált változat is. Ne haladja meg a rajztábla méretét, így vele együtt könnyen szállítható.

3.6.2.6 Szögmérő

A mért szögek felszerkesztésére kis méretű, fok beosztású átlátszó műanyag szögmérőt használunk. Ahogy a műszer, úgy a szögmérő is létezik fok (360) és gon (újfok, 400) beosztással.

3.6.2.7 Ceruza

A terepi rajzolásnál sok javítás szükséges ezért ceruzával rajzolunk. Legjobb a 0.5mm-es rotring ceruza. Leejtés ellen madzagra rögzíthető.

3.6.2.8 Radír

A rajz javításához puha, jó minőségű radírra van szükség. Még így is előfordul, hogy az átnedvesített papírt nem lehet radírozni mert kiszakad. Ilyenkor a rajzot másik lapon kell folytatni.

3.6.2.9 Rajzlap, milliméter papír

A szerkesztést és rajzolást a barlangban közönséges papíron végezzük, de törekszünk a jó minőségű, famentes, fényes papír használatára. Jobb lenne vízhatlan, kifejezetten terepálló papír, csak sajnos ez nagyon drága. A szerkesztést megkönnyíti a papíron lévő milliméter beosztás, de adott esetben ez helyettesíthető 5mm-es négyzethálós papírral is. Ha magunk nyomtatjuk a polygon térképet akkor azt lézertáv mérővel célszerű normál papírra.

Vizes környezetben használhatjuk a búvároknál megszokott fehér műanyag lapot. Ez a rajz átmásolása (lefotózása) után újra felhasználható.

3.6.2.10 Zsebszámológép

A terepi (barlangi) számoláshoz használjuk, ma már kiszorítja a PDA vagy a tablet. Védelméről vízhatlan, ütészálló tokozással kell gondoskodni.

3.6.2.11 Fúró

A fixpontok rögzítéséhez kis méretű akkumulátoros fúró (nem kell ütvefúró) alkalmazható, de működik a régi amerikai is. A mézskőhöz a csavarok átmérőjéhez igazodó, élesre köszörült keményfém lapkás fúró alkalmas.

3.6.2.12 Csavarok

A fixpontokhoz elegendő számú és megfelelő méretű csavarról (szegről, csapról) kell gondoskodni. Speciális igények esetén ezeket elő kell készíteni (számozás, horony). DistoX-es mérésnél ne használjunk mágnesezhető csavart.

3.6.2.13 Függőőn

A függőleges pontvetítésekhez (függőzés) megfelelő hosszúságú zsinórra és súlyra van szükség. A súly elvileg lehet bármi, de egy kődarab a zsinór végén ugyan a zsinórt függőlegesen feszíti ki, alatta viszont nem tudjuk megjelölni a vetített pontot. Ehhez szimmetrikus, hegyben végződő, és a zsinórt központosan rögzítő súlyra van szükség. A mágneses mérés zavarása miatt célszerű ha nem vasból van.

3.6.2.14 Nagyító

Az analóg műszerek skálájának leolvasásához nagyon hasznos segítség egy, a műszer dobozában eldő nagyító.

3.6.2.15 Tükör

A fokív két oldalról való, zsinór közepére függesztése esetén sűrűn előfordul, hogy nem lehet az egyik oldalról leolvasni. Ezen segít a kis méretű zsebtükör.

3.6.2.16 Csipesz

A függőkompassz de leginkább a fokív lecsúszását a mérőzsinórról egy csíptetővel akadályozhatjuk meg. A mágneses mérésnél a csipeszben nem lehet acél rugó, a fokív rögzítésére pedig a legkönnyebb csipeszt kell alkalmaznunk. Bevált, és egyben több funkciós megoldás a vékony (6mm-nél kisebb) behasított műanyag tipli.

3.6.2.17 Lézertáv mérő

Ma már hozzáférhető áron és nagy választékban kaphatók építőipari lézertáv mérők. Ezekkel barlangban nagyon hatékonyan lehet dolgozni. A legtöbb hossz mérés ezzel elvégezhető.

A mérés pontosságát befolyásolja a hőmérséklet, a légnyomás, a páratartalom és a levegő összetétele. A hatások alatta maradnak a műszer pontosságának az elérhető távolságon belül.

Problémát jelenthet a nagyon sötét színű falak mérése, ilyenkor ha elérhető a pont valamilyen világos felülettel (kezünk) segíthetünk.

3.6.2.18 Fényvisszaverő tábla

Nagy távolságoknál a lézertáv mérő igényli a fehér, vagy még inkább a fényvisszaverő táblát. Kis tá-

volságoknál viszont túl erős az ilyen módon visszavert jel. A két oldalú tábla egyik oldala lehet fehér, a másik pedig fényvisszaverő fólia bevonatú. A sötétben az irányzást (DistoX, suunto, teodolit) is segíti a fényvisszaverő tábla. A kék fényvisszaverő fólia nem ad túl erős visszaverődést a piros lézerek sugárnak, de jól látható a fejlámpa fényénél az irányzáshoz. A tábla sarka vagy oldala lehet a pont mellett, de a közepét könnyebb irányozni. Ilyenkor a dupla külpontosság segítségével kaphatunk pontos eredményt.

3.6.2.19 DistoX állvány

DistoX-es mérés nagyon hasznos kelléke a könnyű, alumínium fényképező állvány, aminek rögzítő csavarját is kicseréljük nem mágnesezhetőre. Segítségével a járaton belül is kialakíthatunk kényelmes (ezáltal gyors mérést lehetővé tevő) ideiglenes műszerálláspontot. Az állvány csúcsa (csavar) a mérési pont, de kialakítható olyan forgató fej is ami még könnyebbé teszi a mérést. Az ilyen állvány használható suunto-s méréshez is.

3.6.2.20 Lámpa

Minden barlang egyforma – sötétben. Ahhoz, hogy meg tudjuk figyelni a mérendő, rajzolható formákat jó világító eszközre van szükségünk. Barlangban a lámpa a legfontosabb része az egyéni alapfelszerelésnek, és térképezésnél fontos szempont, hogy a feladatra tudjunk koncentrálni, ne a felszereléssel bajlódjunk. Egy egyszerű túrán nem elengedhetetlen, hogy mindent jól be tudjunk világítani, térképezésnél viszont a nagy termeket, magas folyosókat csak erős lámpával (lámpákkal) vizsgálhatjuk, rajzoláskor viszont át kell váltani egy szórt fényt adó, gyengébb lámpára, ami nem kápráztatja el a szemünket. A megvilágítás térhatásának növelésére vagy kézi lámpát használunk, vagy egy társunkat kérjük meg, hogy segítsen világítani.

3.6.2.21 Párna

Hasznos kényelmi (és egészségvédő) kellék az ülve rajzoláshoz, szerkesztéshez, jegyzőkönyvvezéshez. Persze polifoamból.

3.6.3 Mérés folyamata

A méréseknél ideális a három fős mérőcsapat, ahol a munkamegosztás a következő:

Az elől menő keresi a mérendő pontokat, felderíti a barlangot. Persze ez a felderítés nem egy új barlang felfedezése, csak a mérés szempontjából szükséges. De könnyen találhat olyan, kis zugokat ahol még senki nem járt, de a térkép szempontjából lényeges. A poligon továbbvezetéséhez fontos, hogy az ilyen helyeken legyen fixpont. Fúrt fixpontok esetén ő végzi a fúrást is. Suunto-s méréseknél ő világítja meg a mérendő pontot, DistoX-es mérésnél ő tartja a ponthoz a kezét vagy a táblát. A második végzi a mérést. Nála hasznos, ha nincs vas. DistoX-es mérésnél a mérendő részletpontokat ő választja ki, de figyelembe veszi a rajzoló igényeit is.

A harmadik jegyzőkönyvez, illetve vázlatot készít. Nem árt, ha olvashatóan ír és jól tud rajzolni. Visszamérésnél megvilágítja a hátsó pontot vagy tartja a táblát.

Mérőszalagos hossz mérésnél az első és a második személy között feszül a mérőszalag.

A szerepek cserélődhetnek is, ha mindenki elég tapasztalt, egyéb esetben jobb, ha mindig ugyan az olvassa le a műszereket.

3.6.3.1 Független kompasz, fokív

A jegyzőkönyv előkészítéséhez be kell jegyezni a dátumot (deklináció utólagos meghatározásához), a mérésben résztvevők nevét, és a műszer adatait. A poligon pontok közé kifeszített zsinórra először a fokívet akasztjuk fel, hogy ne lazuljon le a független kompasz súlyától. Második mérés az irány meghatározása. A távolságot lehet a zsinór kifeszítése előtt, vagy tetszőlegesen utána is mérni. Fúrt pontok és csavarok esetén elegendő két személy, csak kézzel feszített poligon esetén viszont a jegyző-

könyvezést is a leolvasó végzi, hiszen mindkét segítő el van foglalva a zsinór tartásával.

3.6.3.2 DistoX

A mérés folyamatát a PocketTopo funkciói határozzák meg, ez elég sok függőséget okoz a mérésben. Célszerű egy barlanghoz létrehozni egy könyvtárat a PDA nem törlődő memóriájában vagy külön memória kártyára. Mérés közben minden, a könyvtárban lévő mérési adat látható és felhasználható a képernyőn, de csak az aktuális állományban lévő rajz látszik. A mérési sorozat előtt kalibrálni kell a DistoX-et. A kalibráció eredményét el lehet menteni külön állományba, de ez nem fontos, a program kilépéskor erre rá fog kérdezni. Második lépésként az aktuális mérési sorozat (trip) adatait kell beállítani. Ez a dátum, deklináció, kezdő pontszám és megjegyzés. A deklináció azért fontos, mert a program rögtön ezzel számolja ki a pontokat és így jeleníti meg a poligont. Ha a vázlat elkészülte után adjuk csak meg a helyes deklinációt (vagy változtatjuk meg) akkor a poligon elfordul a rajzhoz képest. A megjegyzés rovatba lehet beírni az aktuális mérés résztvevőit és minden kapcsolódó adatot. Ha egymáshoz közeli barlangok adatait egy könyvtárban helyezünk el, és a kezdő pontok össze lettek mérve (akár egy külön felszíni poligonnal), akkor együtt látjuk a képernyőn. A kezdő pont koordinátáját utólag is meg lehet adni. Egy barlang különböző járatait is rögzíthetjük egy könyvtárban belül külön állományban. Ez akár úgy is történhet, hogy több független csapat több műszerrel dolgozik egy barlangban és később másolják egy könyvtárba az adatokat.

Mérésnél el kell dönteni, hogy egyszerre mérünk és készítjük el a vázlatot, vagy például befelé csak poligont mérünk és kifelé mérünk segédpontokat és rajzolunk. Ha lehetőség van zárt körök mérésére, akkor megint csak a rajzolás előtt ezeket le kell mérni, hiszen a záráshiba kiegyenlítésével módosul a poligon a rajzhoz képest.

A mérés csak egy gomb nyomás, de utána rögtön tisztázni kell a pontszámokat a jegyzőkönyvben. A PocketTopo tud automatikusan számozni, de ezt mindig kontrollálni kell. Főleg az oda-vissza mérésnél fontos, hogy a pontszámok helyesen szerepeljenek a táblázatban, különben az egy poligon szakasz helyett több lesz. A részletpont mérésnél csak az első induló pontot kell tisztázni, több mérés esetén automatikusan ezt ismétli.

A poligon szakaszok mérésénél egy-egy szakaszt legalább két, a lézer sugár tengelye körül 180° -al elfordított műszertartással mérjük meg. A két vagy több egymás utáni mérést, ha ugyan azokat a kezdő és végpont számokat kapja, akkor egy mérésként, átlagolva kezeli a PocketTopo. Az átlagolás csökkenti a hibákat, a 180° -os elfordítás és az oda-vissza mérés pedig a kalibrációs hibát küszöböli ki. A célszerű sorrend ezért a poligon szakasz egyik végétől két mérés után közvetlenül a másik végétől visszafelé is két elfordított műszertartással is megmérni a poligont. Az adatokat célszerű ellenőrizni a jegyzőkönyvben, ha túl nagyok az eltérések akkor további mérésekkel lehet ellenőrizni vagy újrakalibrálni a műszert. A jegyzőkönyvben letisztázott pont számozás után a négy mérés egy poligonként fog megjelenni.

A visszamérés után az új pontban érdemes rögtön keresztmetszeti adatokat mérni, mivel a keresztmetszet rajzolásánál a program az összes, ebből a pontból végzett mérést feltünteti. Ha már túl sok, nem a keresztmetszetbe illeszkedő mérés van, a kép zavaros lesz, nem tudjuk megrajzolni a keresztmetszetet. Utána célszerű a járaton belüli részletpontokat mérni és rajzolni, majd a utána a járatkontúr pontjait. Az oldalnézeti ábra a befejező művelet. Itt már nem számít, hogy volt sok mérés, csak a legmagasabb pontok számítanak a járat magasságának berajzolásakor.

3.6.4 Rajzolás

Barlangban a rajzolásnál mindig egy járat szakaszra koncentrálnunk, így a járatok térbeli keresztvezésével nem kell foglalkozni. Mindig megrajzoljuk a teljes járat formát és a belső alakzatokat, függetlenül attól, hogy az a kész (össze szerkesztett) térképen hogy lesz ábrázolva.

3.6.4.1 Vázlat

Ha kevés idő áll a rendelkezésünkre a barlangban csak vázlatot szoktunk készíteni. A vázlat leginkább abban különbözik a szerkesztett térképtől, hogy az alapját képező poligon pontok és vonalak helyzete vázlatos, így a pontos számítás és szerkesztés után az egész rajz alapjaiban módosul. A vázlaton feltüntethetünk olyan mért vagy becsült méreteket, amik a későbbi szerkesztésnél segítenek a részletpontok elhelyezésében. Ezek a méretek nem tekinthetők valódi részletpontnak, mivel egy vagy több adatuk hiányzik (pl. nincs magasságuk), más adataik pedig csak becsültek.

A PocketTopoban a vázlat készítés pontos poligonokra és segédpontokra támaszkodik, itt a probléma a kis méretű és nem elég érzékeny képernyőn való rajzolásban van. E miatt kell a térképet később újra rajzolni.

A PocketTopo képernyőén rajzolás a részletpontok mérésével kezdődik. A részletpontokhoz tartozó poligon vonalak tovább rontják az amúgy is kicsi rajzadási felület láthatóságát. Ezért célszerű bizonyos sorrendet és logikát követni. A poligon és a bemért pontok javítás, deklináció helyesbítés, körzárás miatt változhatnak amit nem követ a rajz. Ugyanakkor a kezdő pont módosulására érzéketlen a rajzolás, ha egy másik állományban lévő poligonhoz kapcsolódunk akkor annak változása nem befolyásolja az aktuális poligon, segédpontok és a rajz összefüggését. A rajzolást célszerű a metszettel kezdeni, ilyenkor még nincs sok segéd pont mérés ami összekuszálná a rajzadási felületet. A metszetek elhelyezésénél ügyeljünk, hogy egy később megrajzolható járatba ne zavarjon bele. A második az alaprajz, ott a belülről kifelé sorrend a célszerű. A kiterített oldalnézetnél a járat legmagasabb és legalacsonyabb pontjai a lényegesek, a többi segédpontot nem kell figyelembe venni.

TopoDroid programban a vázlat olyan vonalakkal és szimbólumokkal készíthető, amelyek méretarány függetlenek. Nagyítás során sűrűsödnek a mintázatok. Ez közelebb áll a térinformatikai megoldásokhoz mint a grafikai programokhoz.

3.6.4.2 Térkép

Barlangi körülmények között pontos térkép rajzolásra korlátozottan, de van lehetőség. Ilyenkor a pontosan kiszerveztett (kiszámolt) poligon vonalaira a helyszínen szerkesztjük fel a részletpontokat, és rajzoljuk köré a megfigyelhető és a mért pontok alapján becsülhető kontúrokat és rajzoljuk be a kitöltést.

A kontúroknál elvileg a teljes (legnagyobb) járatszélességet tüntetjük fel, de vannak problémás esetek. Ha a járhatatlan hasadékokat, repedéseket is feltüntetnénk, olyan térképet kapnánk ami sehogyan se hasonlít a barlangban megfigyelhető formákra, esetleg nem is mérhető a kiterjedés. Meanderező járatok esetén a legnagyobb kiterjedés egy vonallal való összekötése nem azonos szintekből hoz létre a barlangra nem jellemző formákat. Természetesen ilyenkor is ábrázolni kell valahogy a járható keresztmetszeteket, de lehet, hogy csak metszetrájzban vagy több szintre bontva.

A szerkesztés előre meghatározza a vetületek irányát, ami alaprajz esetén nem kérdéses, de oldalnézeteknél lehetnek csak a rajzolás közben előkerülő szempontok. Ilyenkor egy üres lapra újra kell szerkeszteni a poligont a kellő irányból, és arra berajzolni a részletpontok alapján a barlang oldalnézetét. Metszetek esetén már hiába tervezünk előre, a helyszínen fog eldőlni hol, milyen irányú metszetet tudunk felvenni a barlangban. Metszetrájzok készülhetnek az alaprajz mellé a lap üres részeire, de rajzolhatunk külön lapra is.

Horváth János a Szemlő-hegyi-barlang térképezésénél azt a módszert alkalmazta, hogy minden poligon szakaszt önállóan rajzolt meg alaprajzzal és oldalnézettel. Így a barlangi szerkesztés egyszerű volt, mivel a lejtés alapján megrajzolt poligon oldalnézetről közvetlenül le lehet mérni az alaprajzi hosszát. A milliméter papíron a tengely irányában (nem északi irányban!) felrajzolt alaprajzi méreteket a poligonra mérőlegesen pedig könnyű felmérni. Ez a módszer akkor jelent hátrányt, amikor a poligon szakaszok összekötésénél kell az ellentmondásokat kiküszöbölni. Mi inkább azt a módszert követjük, hogy több poligon szakaszt szerkesztünk fel helyesen tájolva, és a járatot e köré szerkeszt-

jük. Ilyenkor is előfordulnak problémák a lapok csatlakoztatásánál, de lényegesen kevesebb. Az oldalnézeteket is nagyobb egybeszerkesztett szakaszokra készítjük a barlangban, így sokkal jobban figyelembe lehet venni a poligonon nem párhuzamos részletek vetületi problémáit.

A rajzolás közben szennyeződik a lap, néha olyan mértékben, hogy azon már nem lehet folytatni. Ilyenkor is új lapot kell elővenni, átrajzolni a poligont, a csatlakozó vonalakat és folytatni a térképet.

A pontos térkép érdekében a rajzolóknak be kell nézni minden hasadékba és kő mögé. Ilyenkor nem csak megismerjük a barlang minden zugát, de olyan felfedezéseket is tehetünk ami normál túrázás során nem. A barlangra (és a legtöbb természetes formára) jellemző a farktál tulajdonság. Ez azt jelenti, hogy a méretarány növelésével, minél részletesebben szeretnénk ábrázolni a barlangot annál bonyolultabb lesz a rajz. Amit 1:1000-es méretarányban egy egyenes vonalként ábrázolnánk, az 1:100-as térképnél már úgy néz ki mintha egy egész barlangjárat lenne mindenféle repedésekkel, oldásformákkal, bonyolult aláhajlásokkal.

A részletes térkép rajzolásánál nem jelkulcsot alkalmazunk, hanem megpróbáljuk rögzíteni az összes információt. Nyugodtan alkalmazhatunk egyedi jelöléseket, vagy akár szövegesen is tehetünk megjegyzéseket a rajz mellé. Az egységes jelkulcs a teljes térkép összeszerkesztésekor kerül előtérbe, akkor kell egységesíteni a rajzokat.

3.6.5 Mérések feldolgozása

3.6.5.1 Koordináta-rendszerek

Ma már csak a terepi rajzolásnál van létjogosultsága a poligon szerkesztésének ahol tetszőlegesen helyezhetjük el a papírra a poligont. Irodai vagy akár terepi számításokhoz valamilyen koordináta-rendszert kell rögzítenünk.

Barlangtérképnél legtöbbször olyan koordináta-rendszert választunk, ami a térképezés kezdő pontját veszi origónak, és csillagászati észak felé tájolt. Lényeges még a legegyszerűbb barlangoknál is a csillagászati és a mágneses észak megkülönböztetése. Ha mágneses északot választjuk a számítások alapjának azzal azt is feltételezzük, hogy a mérést soha senki nem fogja folytatni, és a barlang méretei miatt nem lényeges az eltérés a felszínhez képest. Ha ez nem így van, akkor a mágneses mérésekhez hozzá kell adni az aktuális deklináció értékét.

Több összefüggő, vagy együtt ábrázolt barlang esetén választani kell egyet aminek kezdőpontjába tesszük az origót, és a többit ehhez képest bemérni. Felszíni térképpel való kapcsolat esetén már nem kerülhetők meg a térképi koordináta-rendszerek.

A koordináta rendszer természetesen Descartes-féle derékszögű, egyenközű és méter alapú. Szokás a hosszakat centiméterben mérni, de ez egy egyszerű 100-as osztással átváltható, így nem érdemes erre alapozni a számításokat.

Térképészeti szokás miatt az X tengely az északi, Y pedig a keleti irányba mutat, ezért bal sodrású. Minden alkalmazásnál, ahol ez zavaró egyszerűen felcserélhetők.

Egyes mérési szakaszokat önálló koordináta-rendszerben is kiszámolhatjuk, de ezeket is később az egész barlangi mérés feldolgozásánál a kezdőpont koordinátaival a helyére kell tenni.

3.6.5.2 Számítások

Az alap mágneses tájékozású poligon számítások elég egyszerűek, nem igényelnek komoly képzettséget vagy komoly számítástechnikai háttérrel.

A poligon szakasz koordinátás méretei:

$$x_p = \cos \delta * \cos \varphi * l$$

$$y_p = \sin \delta * \cos \varphi * l$$

$$z_p = \sin \varphi * l$$

Ahol l a két pont távolsága φ a lejtyszög, δ az irányszög.

A deklináció értékének figyelembe vételével:

$$x_p = \cos (\delta+d) * \cos \varphi * l$$

$$y_p = \sin (\delta+d) * \cos \varphi * l$$

$$z_p = \sin \varphi * l$$

Ahol d a deklináció szöge.

A következő pont koordinátái:

$$x_B = x_A + x_p$$

$$y_B = y_A + y_p$$

$$z_B = z_A + z_p$$

vagyis:

$$x_B = x_A + \cos \delta * \cos \varphi * l$$

$$y_B = y_A + \sin \delta * \cos \varphi * l$$

$$z_B = z_A + \sin \varphi * l$$

Ahol x, y, z az A és B pont koordinátái. Ez tulajdonképpen az $l \varphi \delta$ gömbi koordináták átszámítása derékszögű koordinátákra. Célszerű ezt tenni, mert a gömbi koordináta-rendszerben a további pontok számítása nagyon bonyolult lenne.

Ha több mérésünk is van egy pontra, akkor a keresett B pont koordinátáit többféle módon is kiszámolhatjuk:

$$x_B = x_A + (x_{p1} + x_{p2} + \dots + x_{pn})/n$$

$$y_B = y_A + (y_{p1} + y_{p2} + \dots + y_{pn})/n$$

$$z_B = z_A + (z_{p1} + z_{p2} + \dots + z_{pn})/n$$

ha n darab egyenrangú (egyformán pontos) mérésünk van a poligon szakaszra

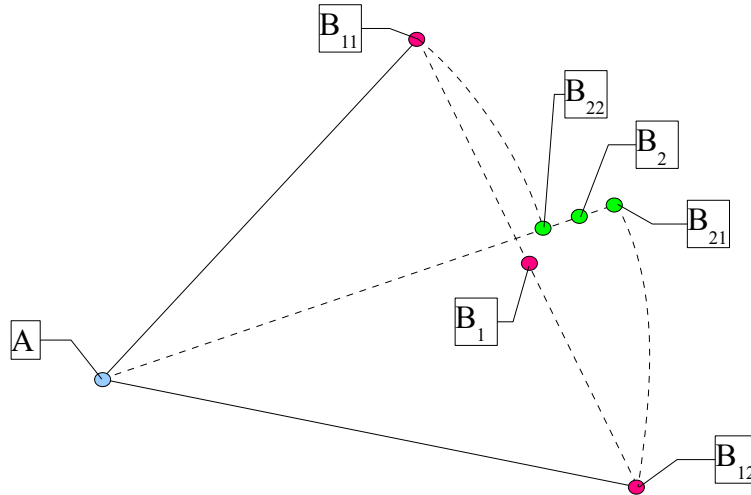
vagy:

$$x_B = x_A + \cos(\delta_1 + \delta_2 + \dots + \delta_i) / i * \cos(\varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_j) / j * (l_1 + l_2 + \dots + l_k) / k$$

$$y_B = y_A + \sin(\delta_1 + \delta_2 + \dots + \delta_i) / i * \cos(\varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_j) / j * (l_1 + l_2 + \dots + l_k) / k$$

$$z_B = z_A + \sin(\varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_j) / j * (l_1 + l_2 + \dots + l_k) / k$$

ha i, j, k darab független mérésünk van az irányra, lejtésre és távolságra.
A kétféle számítás nem ad azonos értéket, még ha i, j, k egyformák akkor sem.



Kis szögkülönbségeknél ez az eltérés nem jelentős, de eldönteni, hogy milyen módszert válasszunk, főleg ha a mérések pontossága se azonos, nem egyszerű. A mérési hibaelméletet segít ennek megoldásában. A probléma csak növekszik, ha nem egy poligont oldalt, hanem egy záródó kör hibáit kell kiegyenlíteni. Elég ha annyit mondok, hogy az ezzel foglalkozó könyv vastagsága 42mm... Ha a záráshiba ennél kisebb, akkor nem kell elővonnunk ezt a könyvet. :-)

Legjobb, ha a mérések záráshibája eleve nem haladja meg az elfogadható mértéket. Ez sokszor csak azon múlik, hogy megtaláljuk és kijavítsuk a hibás méréseket. Persze ehhez elegendő számú fölös méréssel (adattal) kell rendelkezni, ami néha az egész kör újra mérését jelenti.

3.6.5.2.1 Vetületi számítások

Térképészetben a vetületek alatt a föld geoid alakjának és az azt közelítő ellipszoid illetve gömb felületnek síkba való kifejtését értjük. Ezzel szemben a barlangoknál (a viszonylag kis terület miatt) ezzel nem foglalkozunk, helyette a térbeliséget próbáljuk ábrázolni több különböző nézetben, és ezt nevezzük vetületnek.

Alaprajz is egy vetület, számítása egyszerűen a Z koordináta (magasság) elhagyása. Az X, Y koordináta síkban az alaprajzi vetületét adja a poligonnak. Ilyen módon egyszerűen képezhetünk É-D-i függőleges síkú vetületet az Y, és K-Ny-i vetületet az X koordináta elhagyásával. A barlangjáratok iránya ritkán ilyen szerencsés, így ha oldalról szeretnénk ábrázolni egy-egy járatot akkor az irányával párhuzamos (és függőleges) síkra kell a pontjait vetíteni. Ezt megtehetjük szerkesztéssel, de manapság inkább a számolást alkalmazzuk, főleg ha az már be is van építve egy programba.

Térkép készítésnél csak vízszintes és függőleges vetületeket használunk, de három dimenziós ábrázolásoknál tetszőleges irányú párhuzamos vetítést és perspektív vetítést is alkalmazhatunk.

3.6.5.3 Számítógépes programok

Manapság a számításokat természetesen számítógépekkel végeztetjük el¹². Barlangtérképező programok széles körben elterjedtek, a világon sokfelé találkozhatunk a helyi viszonyokra épülő, barlangászok által fejlesztett, legtöbbször ingyenesen hozzáférhető programokkal. Egy 2001-es összesítésben 25 program szerepel, amiben nincs benne a magyar Polygon. Ma hány van?

Ezen felül a térkép készítésnél alkalmazhatunk még sok, általános célú programot is a térképezés és kiadvány szerkesztés különféle feladataira. A programok általában csak mágneses tájékozási méréseket tudnak kezelni, vegyes technika esetén nem alkalmazhatóak.

3.6.5.3.1 PocketTopo

A Beat Heeb által készített, DistoX-el egy rendszert alkotó program nem csak a jegyzőkönyvezést oldja meg, és nem csak a poligon számításokat végzi el a helyszínen, hanem segít a térképvázlat rajzolásában is. A mérések feldolgozásában akkor van jelentősége, ha a DistoX-es méréseket már a barlangban ezzel jegyzőkönyvezzük, és a vázlatot is ezzel készítjük. Ez esetben az összes poligon mérés feldolgozás ebben a programban történik, és ezen alapul a vázlat. A programból exportált és más programmal tovább feldolgozott vázlat is ezeket a számításokat veszi alapul.

Több mérés átlagolását automatikusan megoldja, és kör zárást is végez. Alaprajzon kívül vetületi számításokat nem végez, oldalnézeti vázlatához egy poligon-oldalanként kiterített oldalnézetet alkalmaz. Az alaprajzon és az oldalnézeten elhelyezhetünk metszeteket.

Ha újraszámítjuk a fixpontok adatait más algoritmussal, akkor az új koordinátákra kell illeszteni a PocketTopo-ban készített vázlatot.

A program ingyenesen letölthető (<http://paperless.bheeb.ch/download.html#PocketTopo>) és korlátozás nélkül használható DistoX nélkül is, akár barlangban más műszerrel mérve a poligont.

A program úgy dolgozik, hogy az egy könyvtárban lévő .top (topo file) állományok közül mind-egyiket a barlang részének tekinti, és együtt ábrázolja azokat. Szerkeszteni csak az aktuálisan megnyitottat lehet, de a többi adatait is látjuk a táblázatban. A poligon nézetben az összes mért szakasz látszik, és a régebbi állományok pontjaihoz hozzá kapcsolja az új méréseket. Az alaprajz nézetben is látszik az összes szakasz, de itt ki is kapcsolható. Viszont a régebbi állományokban lévő vázlatok nem látszanak. Oldalnézeten viszont csak az aktuális állomány poligon szakaszai jelennek meg. Tehát egy könyvtár egy barlangnak felel meg, az állományok egy-egy járatnak, és ha ezek térben egymást takarnak, akkor meg lehet rajzolni mindkettő vázlatát külön.

3.6.5.3.2 TopoDroid

Marco Corvi fejlesztette program (<https://sites.google.com/site/speleoapps/home>) Androidos környezetben kínálja a DistoX felhasználóknak a segítséget a méréshez és a rajzoláshoz. A honlapon összeállítás található a többi barlangászatban használható Androidos programról is.

3.6.5.3.3 Polygon

Prépostffy Zsolt programja már több mint egy évtizede szolgálja a magyar barlangkutatókat. A program poligon számításokat, vetületi számításokat és hurok zárást is végez. Az ingyenes program letölthető az internetről (<http://www.barlang.hu/polygon/>). A poligon rajzot többféle színezéssel a képernyőn megnézhetjük, forgathatjuk, kinyomtathatjuk. A kinyomtatott poligon alkalmas a barlangban térkép szerkesztésre.

A program nem tudja kezelni a visszafelé történő méréseket (amikor az induló pont még nem szerepelt az addigi végpontjai között), de ezt meg lehet fordítani. Ekkor viszont már nem az eredeti mérési adat kerül be a táblázatba. Alkalmazhatjuk viszont azt a trükköt, hogy a pontok felcserélése után nem változtatjuk meg az adatokat, csak a távolság értéknek adunk negatív előjelet. Ezzel tud számolni a program, és megmaradnak az eredeti számok.

12 1968-ban már készült számítógépes poligon rajz.

3.6.5.3.4 Táblázatkezelő

A poligon számításokat egyszerű táblázatkezelő programokkal is el tudjuk végezni. Ezeknek a programoknak az előnye, hogy a táblázat szabadon, rugalmasan kezelhető, nem probléma ha több megjegyzést, más jellegű adatokat illesztünk be a mérési adatok közé. Hátránya, hogy nem ismeri a térképezés logikáját (pl. pont számozás), így minden összefüggést egyenként nekünk kell tisztázni.

Még így sem lehetetlen gyorsan dolgozni, főleg ha az egyedi kivételek a mérésnél túlsúlyban vannak és ezáltal a speciális barlangtérképező programok állandóan elakadnának.

A táblázatkezelő programokban viszont vannak más automatizmusok, amik megkönnyítik a táblázat ismétlődő elemeinek (pontszámok, képletek) feltöltését. Korlátozott minőségben készíthetünk grafikonként ábrát is a poligon pontok elhelyezkedéséről.

A barlangtérképező programok adatállományainak előkészítésére is használjuk a táblázatkezelő programokat. PocketTopo-ból exportált text állományokat a legegyszerűbb egy táblázatkezelő segítségével olyan formára hozni, hogy bemásolható legyen a Polygon-ba.

Jó hasznát vesszük a táblázatkezelő programoknak akkor is, ha oldalnézetekhez számoljuk a poligonok vetületi koordinátáit.

3.6.5.3.5 Rajzoló program

A térképek rajzolásához többre van szükség mint csak a poligonok megjelenítésére. A járat rajz létrehozása történhet raszteres (pontokból épül fel) vagy vektoros (vonalakat tartalmazó) formában. Az Adobe Photoshop leginkább raszteres, az Illustrator vektoros rajzok kezelésére alkalmas.

A beszkenelt kézzel rajzolt térképet Photoshop (vagy más raszteres rajzoló program pl. Gimp) segítségével letisztázhatjuk, felülrajzolhatjuk, retusálhatjuk.

Adobe Illustrator program használatánál a Polygon programból exportált 3D modellnek csak az alaprajza jelenik meg, az is csak akkor, ha a DXF állomány elejére beillesztünk egy szabályos DXF fejléct:

```
0
SECTION
2
HEADER
9
$ACADVER
1
AC1002
0
ENDSEC
```

Ennek segítségével már beolvashatjuk a DXF-et, és elkezdhetjük a térkép megrajzolását.

A másik megoldás a Polygon programból PDF állományba nyomtatás. A PDF tartalmazni fog mindent, amit a nyomtatásnál beállítunk, és ezt tovább szerkeszthetjük az Illustratorral.

A PocketTopo kétféle DXF kimenetet készít: a rajzoló felületeken látható két dimenziós rajzokat, és egy térbeli felület modellt. Az alaprajzot és a kiterített oldalnézetet (a metszetekkel együtt) vonalas rajzként tovább szerkeszthetjük. A térbeli modellt három dimenziós modellező vagy megjelenítő programokban használhatjuk a barlang ábrázolására.

3.6.5.3.6 Barlang térkép rajzoló programok

Léteznek speciálisan barlang térkép rajzolásra kifejlesztett programok. Ezek olyanok, hogy nem csak a poligon kiszámolásában segítenek, hanem a barlang térkép szerkesztési, rajzolási munkáiban is. Ilyen a Therion (<http://therion.speleo.sk/index.php>), a Walls (http://www.utexas.edu/tmm/sponsored_sites/tss/Walls/tsswalls.htm) program.

3.6.5.3.7 Térinformatika

A térinformatikai programokat térképi adatok és a hozzájuk kapcsolt információk kezelésére fejlesztették ki. Barlangtérképeknél is használhatók, főleg azért, mert a különböző forrásból származó adatokat (poligon, szkennelt eredeti rajz, felszíni térkép) együtt tudja kezelni, és ezekre illesztve, de külön állományba rá lehet rajzolni a járatok vonalát és a kitöltéseket. Ezek a programok kezelik a különböző térképi vetületeket és mindenféle számításokat tudnak végezni a térbeli adatokon (pl. megrajzolni több átfedő terület (egymás feletti barlangjáratok) befoglaló határvonalát). A térinformatikai programokkal megtehetjük azt, hogy a részletesen kirajzolt járat kitöltések mellett kisebb méretarányban már csak jelekkel ábrázoljuk a részleteket, és ezek között a megjelenítés függvényében automatikusan váltunk. Vagy szintén a méretarányhoz alkalmazkodva feliratoztatjuk a poligon pontokat vagy járatokat. A barlang pontjaihoz kapcsolhatunk képeket, videókat, vagy gömbpanorámákat, így a térképnél lényegesen bővebb képi megjelenítést kapunk.

Térinformatikai programoknál lehet a barlang térkép a végcél, de ugyan ebben a programban továbblépve a barlang térképen ábrázolhatjuk különböző vizsgálatok eredményét is.

DistoX-el lehetőségünk van nagy számú térbeli pontot felmérni úgy, hogy ezeknek a pontoknak egyenként vagy csoportosan attribútum adatokat adunk (pl. hőmérséklet). A pontokhoz tartozó adatok alapján a térinformatikai programokban elemzéseket végezhetünk.

3.6.5.3.8 3D

A három dimenziós (térbeli) ábrázolások még gyerekcipőben járnak. Az egyedüli korrekt térbeli barlang ábrázoláshoz a lézerszkenneres vagy fotogrammetriai felmérés ad alapot. Ez viszont nem valósítható meg átlagos barlangokban, ezért a térbeli ábrázolás a különböző barlangtérképező programokban mindig nagyfokú egyszerűsítés eredménye. A térbeli ábrázolás alatt a számítógépen legtöbbször térben szabadon megválasztott (mozgatható) síkra (képernyő) történő vetítést értünk.

A legegyszerűbb megoldás csak az alap poligon térbeli forgatása. Ezt minden grafikus program tudja. Következő fázis a néhány geometriai adattal megadható járatméretek (fel, le, jobbra, balra) alapján készített egyszerűsített modell, vagy a további egyszerűsítéssel létrehozott hasábokból álló modell (a kézzel rajzolt u.n. izometrikus barlangtérkép továbbfejlesztése).

Valódi térbeli ábrázolást jelenthet a metszetek pontos térbeli beforgatása. Ezek pontjai elvileg a barlang falának pontjai, és elegendően sűrű felvételük esetén egymással összeköthetők lennének. A valóságban azonban az, hogy a barlangok bonyolultsága az ilyen (összekötős) kísérleteket sorra meg hiúsította. A térbeli szerkesztésekhez a mérnöki 3D tervező programok (CAD) alkalmasak.

Elegendő mért térbeli pontot megint a DistoX alkalmazása szolgáltat, ahol a pontok összekötése szintén csak egyszerűsítésekkel lehetséges, de a térbeli kiterjedésről legalább közelítő képet kaphatunk.

A barlang térbeli ábrázolásához legalább viszonyításként szükségünk van a felszín megjelenítésére. A felszínhez kapcsolódó sokrétű adat (térkép, domborzat, légifotó) kezeléséhez újra a térinformatikai programok nyújtanak segítséget.

A 3D adatokhoz szorosan kapcsolódik a geológia. A barlang befoglaló közeteinek, a rétegeknek, töréseknek, vetődéseknek ábrázolásához kiváló alapot jelent a barlang mérése során felvett térbeli adatok feldolgozása geológiai adatokkal kiegészítve.

3.7 A barlangtérkép pontossága

A térkép pontosságát a mérés és a rajzolás egyaránt befolyásolja, de pontos mérés nélkül eleve reménytelen pontos térképet rajzolni. A mérés pontosságára az ellenőrzés során kapott különbségek-ből következtethetünk. Ellenőrzéshez fölös számú mérésre van szükség, vagyis egy már bemért pontot kell más méréssel ellenőrizni. Egyszerű poligon esetén egy független ellenőrző mérésre van szükség. Bármelyik poligonszakasz különbözik, akkor azt még egyszer le kell mérni, hiszen nem tudhatjuk hogy az első vagy a második mérés a hibás. Ha a barlang lehetővé teszi zárt köröket ala-

kíthatunk ki, ilyenkor az egész kört csak egyszer kell lemérni mégis ellenőrizni tudjuk a pontosságot. Nem megfelelő záráshiba esetén viszont újra kell mérni az egészet. Hálózatos mérés esetén minden hálózati zárt kört alkot és a hibát csak ezen belül kell keresni.

A mérés pontosságát alapvetően a mérőműszer pontossága határozza meg. Mágneses tájékoztató műszereink (Függőkompassz, Suunto, DistoX) nagyjából tized fokos pontosságúak, ami azt jelenti, hogy 6m-es poligon hosszán kb. 1cm hibát vétünk minden pontnál. Tehát a pontok 1cm pontosak. Ezek a hibák véletlenszerűek, nem adódnak össze, így 100 mérés után nem lesz 1 méteres hibánk, de több lesz 1cm-nél. Egy nagy barlang gondos felmérése nagyjából fél méteres pontosságú lehet ezzel a technikával.

A Létrási-vizes-barlangban 360m hosszú kör zárása után 20cm zárás hibát tapasztaltunk. Ehhez az kellett, hogy többszöri ellenőrzéssel kiszűrjük a durva hibákat.

Teodolitos mérésnél a mérés elején elkövetett hiba az egész mérésre kihatással van. Ugyan a hibák itt is véletlenszerűek, de nem egyenlítik ki egymást.

A Béke-barlang szanatóriumi tárójának kihajtása után az összekötött teodolitos mérésben 1.3m zárás hiba volt.

Ha a zárás hibát elosztjuk az összes mérés pontjaira, akkor ezzel elismerjük, hogy nem tudjuk hol követtük el a hibát, és nincs energiánk további ellenőrző méréseket végezni. Az összes pontot megterheljük egy, a zárás hiba felével egyező mesterséges hibával, de a körben nem marad ellentmondás. Ezért ezt a lépést csak akkor tegyük meg, ha már kimerítettünk minden ellenőrzési módot, és a zárás hiba belül van az előre elhatározott pontosságon.

A legjobb ellenőrzés egy teljesen független mérés felhasználása. A régi térképek nem csak az alappontokra vonatkozóan, hanem az egész térképre nézve összehasonlításként szolgálnak. Ha valahol eltérést tapasztalunk, akkor gondosan ellenőrizni kell, hogy nem a mi mérésünkben van-e a hiba. Ellenőrzés után viszont megnyugodhatunk, nem követtünk el durva hibát.

Részletpont pontossága nem lehet jobb, mint az alapponté amitől mérjük. Nem is a számszerű hiba szokott ilyen helyzetben problémát jelenteni, hanem a pont azonosíthatósága. Ha megjelölnénk a pontot akkor már alappont is lehetne, jelölés nélkül meg csak annyira jegyezzük meg, hogy "ott azon a falon". A legtöbbször eleve nem is követeljük meg a centiméteres pontosságot, néha még a méteres pontosság is problémát jelent (elszűkülő hasadék vége). DistoX-es mérésnél ugyan a részletpont is azonos pontosságú lehet az alapponttal, de nem tudjuk megismételni, ellenőrizni a mérést jelölés hiányában. Sokszor még a rajzolás is kérdéses, olyan gyorsan mérünk le pontokat, hogy lehetetlen megjegyezni.

A papíron való rajzolásnál előre eldöntjük a méretarányt. A bemért, felszerkesztett részletpontokat úgy kötjük össze, hogy az kövesse a megfigyelt formákat. Ezek a vonalak további becslési hibákat tartalmaznak, és eleve nem lehetnek pontosabbak mint ami a méretarányból és a vonalvastagságból adódik. A rajznak nem csak pontossága, hanem részletessége is van. Az egész barlangtérképre jellemző, hogy mennyire részletesek a formák ábrázolása. Ez akár el is térhet különböző rajzolóknál, és nyilván a pontosságot a leggyengébb rajzi részletesség fogja meghatározni. A részletesség az összes vetületi rajzban és a metszetekben is egységes kell legyen. A részletes rajz ellenben nem segíti ki a mérés pontatlanságait, csak a tájékozódást könnyíti meg a barlangban.

A barlang nagy részeire is érvényes az ábrázolás részletessége és a pontosság összefüggése: Ha nem ábrázolunk jelentős részeket (oldalának nem nevezhető, de az alaprajzot befolyásoló üregeket), akkor a térképünk pontatlan lesz. Ez összefügg a barlang térkép teljességével. Ha nem ismerjük a barlangot, akkor kihagyhatunk a mérésből barlangrészeket. Pontos rajzolás esetén fel kell tűnjön, hogy valahol nem tudjuk mért részletpontok alapján bezárni a járat kontúrját, vagyis ott még folytatódik a barlang. De sokszor van, hogy kellő technikai felkészültség nélkül nem is folytathatnánk a térképezést egy kürtő vagy szifon után. Itt különbség van a nem ismert, és az általunk be nem járható barlangjáratok között. A pontozott vonallal jelölt tovább induló járatba rajzolt kérdőjel egyértelműen ismeretlen barlangjáratra utal. Ha kérdőjel helyett egy nyilat rajzolunk, és szöveggel kiegészítve jelöljük a be nem mérhető, de ismert folytatást, akkor ezzel jelezzük a térképünk korlátait. Így a tel-

jesség nélkül is lehet korrekt a térkép, ellentétben azzal, ha lemarad róla ismert rész. Ilyen részek (pl. víz alatti járatok) térképének elkészítése legtöbbször más, gyengébb pontossággal lehetséges, a teljes térképre illesztésénél jelezni kell az eltérést.

Tehát a felmérő csapatnak ismerni kell az egész barlangot, a mérés tervezésénél gondolni kell az eltérő technikai lehetőségekre, és a rajzolás részletességének is igazodni kell a felmérés pontosságához.

3.7.1 Térkép pontossági jelölések

A pontossági kategóriák jelöléséhez többféle rendszert is alkottak, mindegyik tükrözi a helyi sajátosságokat és az alkotók hozzáállását. Ezek közül számunkra a meghatározó a Nemzetközi Barlangász Szövetség által 2010-ben elfogadott ajánlás.

(<http://www.uisic.uis-speleo.org/UISmappingGrades.pdf>)

UIS osztályozás:

mérés

- 1 -nincs térkép
- 0 -nincs osztályozva
- 1 -vázlat emlékezetből
- 2 -vázlat a helyszínen
- 3 -iránytű, kötélhossz, becsült lejtés 0.5m pontosság
- 4 -kompasz, mérőszalag, lejtőszögmérő 0.1m
- 5 -kalibrált eszközök 5cm
- 6 -kalibrált eszközök DistoX 2cm
- X -teodolit

rajzolás

- 0 -nincs osztályozva
- 1 -vázlat emlékezetből
- 2 -vázlat a helyszínen
- 3 -barlangban készült vázlat, főbb méretek mérve
- 4 -részletpontok legalább 4-es pontossággal mérve

utótag

- A -nincs ellenőrzés
- B -zárt hurkok
- C -ellenőrzött és korigált műszer és mérési hibák
- D -elektromágneses módon ellenőrzött
- E -a mérési adatokat elektronikusan rögzítették
- F -a bejáratok pontosan bemérve

BCRA (angol) osztályozás (<http://bcra.org.uk/surveying/index.html>):

mérés

- 1 -vázlat
- 2 -1 és 3 közötti pontosság
- 3 -durva mágneses mérés $\pm 2.5^\circ \pm 50\text{cm}$
- 4 -3 és 5 között
- 5 -mágneses mérés $\pm 1^\circ \pm 1\text{cm}$
- 6 -mágneses mérés az 5-nél jobb
- X -teodolit

rajzolás

- A -járatok emlékezetből
- B -becsült méretek rögzítése a barlangban
- C -részlet mérések a fixpontoknál
- D -részlet mérések a fixpontoknál és minden jelentősebb járat méret változásnál

3.8 Barlang helyének meghatározása

Barlang és a felszín közötti kapcsolatot a barlang bejárata jelenti. Topográfiai térképen ezt jelölik. Ha a barlangtérképezést egy olyan pontról kezdjük ami a felszínen is bemérhető, akkor össze tudjuk kapcsolni a két térképet.

3.8.1 GPS alapok

Térképen egy adott pont helyét meghatározhatjuk úgy, hogy két ismert ponttól való távolságát felmérve, a két körív kimetszi a pont helyét (ív metszés). Távolság mérés módja pedig lehet az, hogy egy ismert sebességgel haladó eszköz futási idejét mérjük két pont között (pl. hang: a villámlás hangjának ideje a villanás után). Ezt a mérést rádió jelekkel is el lehet végezni, ilyenkor a rádió hullám haladási sebessége a levegőben lévő fény sebesség. A futási idő méréséhez ezért nagyon pontos és összehangolt órákra van szükség. Az órák összehangolása és a nagyon pontos idő mérés egyébként is a navigáció (navigare – hajózni) alapja, de ennyire pontos megvalósításához azért jó néhány trükkre van szükség. Ha csak a pontos idő különbség mérés a feladat, azt sokkal egyszerűbb kivitelezni. Tehát az ötlet az, hogy két ismert pontból egyszerre küldünk egy jelet, és mérjük a beérkező jelek időkülönbségét. az időkülönbség alapján egy hiperbola ívet kapunk, a lehetséges helyzetünk pontjainak sorozataként. (Ha a két ponttól azonos távolságban lévő pontokat vesszük, azok a két pontot összekötő szakasz felező merőlegesén vannak. Ha a távolságok nem azonosak, hanem a különbségük állandó akkor pedig hiperbolák a feltételt teljesítő vonalak.) Három ismert pont, és ismert távolság különbség esetén a hiperbolák metszeteként a pontos helyet lehet meghatározni. Síkban három, térben négy ismert pontból érkező jelre van szükségünk a helymeghatározáshoz. Bonyolítja a számolást, hogy nagy sebességgel haladó műholdakról érkezik a jel, de ezt a mai számítástechnikai lehetőségekkel egyáltalán nem probléma megoldani, hiszen mobil telefonban, karórában elférő chippek teljes értékű GPS-t valósítanak meg. Tehát a GPS-ek rádió jelek időkülönbségét mérik, ebből számítanak távolság különbségeket és pozíciót.

A barlang bejáratok helye első sorban tájékozódási célból bemérendő (hogy mások is meg tudják találni). Ilyenkor elegendő olyan pontossággal bemérni, amilyen távolságról az már látható. Ez persze elég tág kategória, hiszen a Kis Zöld Kövő barlangot csak akkor vesszük észre, ha már belelépünk a fél méteres hasadékba, a Baradla pedig a főúton is ki van táblázva. Térképre jelölésnél a térkép méretaránya a döntő, 10000-es méretarányú térképen egy milliméter 10 méternek felel meg, tehát elég a 10 méteres pontosság egy pont ábrázolásához. Ezt a pontosságot a legegyszerűbb, legolcsóbb GPS-ek is tudják. De a legpontosabb, legdrágább geodéziai GPS-ek se tudnak önmagukban 4-5 méternél jobb pontosságot, csak ha egy másik, ismert pontban mérő készülék adataival hasonlítják össze és korrigálják a mérést. Ekkor viszont már akár centiméteres pontosság is elérhető. Ilyen pontossághoz már rögzítenünk kell azt a pontot amit bemérünk, hiszen a gumicsizmánk orrát hiába mérjük be, egy lépés múlva már felejthetjük is el az egészet. Két barlang összekötésénél a bejáratok pontos helyzetén kívül a a barlang felmérésnek is olyan pontosnak kell lennie, hogy a bontási pontot ki lehessen választani. Ezt segítik a nyilvánvaló hasadék és huzat irányok, tehát elegendő a méteres pontosság.

A méréshez szabad kilátásra van szükség a műholdak (az égbolt) felé, tehát barlangban eleve nem működik, de még a barlang bejárat közelében is sokszor sziklafal akadályozza a kilátást. Az erő fái is akadályozzák a GPS jeleket, geodéziai pontosságú mérés eleve lehetetlen, de a navigációs GPS-ek mérésében is akár száz méteres hibák lehetnek. Megoldás az, hogy a legközelebbi olyan pontról,

ahol jól lehet használni a GPS-t egy poligont mérünk a barlang bejáratig.

3.8.1.1 Koordináta rendszerek

A GPS rendszernek saját koordináta-rendszere egy nemzetközileg elfogadott ellipszoid, a WGS84. Ezeket a földrajzi (szélességi, hosszúsági fokok) koordinátákat már sok turista térkép is feltünteti, de a részletes topográfiai térképek nem ebben a koordináta-rendszerben, hanem valamilyen derékszögű, méter beosztású koordinátákban dolgoznak. Sokféle ellipszoid, és még többféle térképi koordináta-rendszer létezik. A rendszerek közti átszámítás sokszor magában a GPS készülékben benne van, így a kijelzőről leolvasható a térképi adat. Ezek a koordináták ország és térkép rendszer függőek, általában mindenhol más rendszert használnak. A barlangtérkép és a felszíni térkép összeillesztéséhez nem elég a bejárat helyét egyeztetni, a két térkép eltérő tájolását is össze kell forgatni (mágneses észak és térképi észak).

A topográfiai térképek tájolása a térképrendszerrel és a lapbeosztástól függ. Ha egy térképrendszer derékszögű koordinátákat használ (egyforma osztással észak és kelet irányban) akkor szükségszerűen az észak-déli tengelye csak egy vonalon párhuzamos a földrajzi (csillagászati) északkal. ettől keletre jobbra, nyugatra pedig balra hajlik el attól. A meridián vonalak összetartanak (É-i pólus), amíg a koordináta rendszer vonalai párhuzamosak. Minél távolabb vagyunk a kezdő meridiántól annál jobban. Az EOVS (Egységes Országos Vetület) Jónavfőnél már kb. 1.1°-al eltér a csillagászati észak-tól. A térképlapok kivágása se biztos hogy párhuzamos a koordináta rendszerekkel. A föld forgástengelye is változik (inkább a kontinensek vándorolnak), de ez a változás olyan lassú, hogy nem számít. Számít viszont a mágneses észak változása.

A GPS mérés egyszerű, csak bekapcsoljuk a műszert és leolvassuk a koordinátákat, de ez azzal a veszéllyel jár, hogy bele se gondolunk milyen hibákat követhetünk el. Egy mérőszalag leolvasásánál érezzük a kezünkkel és látjuk, hogy a szalag megfeszítése mekkora bizonytalanságot jelent a leolvasásban. GPS-nél is van mérési hiba, ez a legjobb esetben 3-5 méter, de erdőben, szurdokvölgyben akár 50-100 méter is lehet. Ennél nagyobb hibát akkor véthetünk, ha a bekapcsolás után nem várjuk meg amíg a készülék megkeresi a műholdakat, hanem a legutóbbi mérés koordinátáit olvassuk le a kijelzőről. A mérés ellenőrzése az, hogy a mérendő ponttól eltávolodva olyan helyet keresünk ahol biztos szabad kilátás van az égre, és figyeljük a mért koordináták változását, esetleg a térképes kijelzőn a helyünket jelölő ikont. Majd visszatérve a barlanghoz megnézzük visszaállt-e a koordináta az előző értékre. Néhány méter különbség természetes, hiszen mint már említettem a mérés 3-5 méter pontos, de ha túl nagy az eltérés akkor még nem szedte össze a készülék a műholdak jeleit, vagy valami zavarja a mérést. A látható műholdak száma is lényeges, ha a barlanghoz közeledve hirtelen csökken, akkor baj van.

A mért adatot nem kell megjegyezni, minden GPS programnak van pont rögzítő funkciója, ahol még nevet és jelet is adhatunk a pontnak. Ezt később bármikor kiolvashatjuk vagy felhasználhatjuk navigációhoz.

Ha egy barlangnak több bejárata is van (esetleg nagyobb távolságra) akkor a bejáratok bemérésével ellenőrizhetjük a köztük menő poligon megbízhatóságát is.

3.8.2 Barlang feletti domborzat

A barlang és a felszín kapcsolatában fontos a barlang feletti domborzat. A bejáratot is magában foglaló metszeten ezt, a bejárat vonalának folytatásaként a barlangtérképen ábrázoljuk is. Nagy méretű, a felszínt megközelítő barlangoknál az oldalnézetek és a szelvények is igénylik a felszín vonalának ábrázolását. Három dimenziós térmodellek esetén még inkább számít a felszíni domborzat megjelenítése. Nagy méretű barlangoknál a domborzatot csak topográfiai térképről tudjuk átvinni. Itt fokozottan jelentkezik a térkép és a barlang koordináta-rendszer kapcsolatának tisztázása.

Kis felszíni kiterjedésű barlangoknál magunk is felmérhetjük a bejárat környezetét. A mérés eszközei megegyeznek a barlang mérés eszközeivel. Függőkompassos ponthálózatot (itt már nyugodtan

beszélhetünk ponthálózatról, mivel a poligonok összekötését nem korlátozza a barlangjárat) a fák közé kifeszített zsinórral mérhetünk. Suunto segítségével a terepen úgy vehetünk fel pontokat, hogy egyenesen állva nekünk szemmagasságba eső (társak segítségével kijelölt) pontokat mérünk be és a földre fektetett mérőszalaggal mérjük a távolságokat. A hosszú (20-50m) távolságokat pontosabban lehet a talajon mérni mint levegőben kifeszíteni a mérőszalaggal. DistoX-el pedig a fák között felvett poligon pontok között a talajra számtalan részletpontot mérhetünk, ezzel nagyon pontos és részletes domborzatot kapunk.

A domborzat pontjaiból szintvonalakat szerkeszthetünk vagy rácsháló mentén egyenletesen elosztott pontokat számolhatunk. Ezeket akár a Polygon programmal, akár térinformatikai programokkal meg tudjuk jeleníteni.

3.8.3 Térképi koordináta-rendszerek

Felszíni térképeken kétféle koordináta-rendszer típust találhatunk: az egyik egy derékszögű, a másik egy földrajzi (gömbi, szélességi és hosszúsági fokok). Mindkét fajta rendszer egy egyszerűsítése a világnak, ahol a szabálytalan föld alakot kellene mérhetővé, térképre rajzolhatóvá tenni. A derékszögű mindig helyi, azaz kis területet lefedő rendszer, ami a szélein már mérhető torzulásokat tartalmaz a térképen számítható és a valóságban mérhető távolságok között. Ez azért van, mert a gömb (ellipszoid, geoid) felületét nem lehet nyújtás vagy vágás nélkül síkba teríteni. Márpedig a vízszintes felület, ami meghatározza az egész gravitációhoz alkalmazkodott életünket, természetesen kötődik a magassági (Z) koordináta-hoz, és vízszintes irányban pedig szeretnénk a hagyományos távolság és szög fogalmakkal gondolkodni. Kis területeken megtehetjük ezt anélkül, hogy mérhető hibákat vétenénk. Nagyobb területeken már nem. Minden ország ezért a saját területén egyedi (esetleg nem is egy) koordináta-rendszert használ. Az időről-időre javuló technikai feltételek és ezzel párhuzamosan fejlődő műszaki igények mindig új méréssel létrehozott alaphálózatot és arra épülő új koordináta-rendszer létrehozását teszik szükségessé. Az új és a régi (vagy a szomszédos országokbeli) koordináta-rendszert az alappontok számolt és elfogadott koordinátái rögzítik. Különböző pontokon nyugvó rendszerek egymással össze nem hasonlítható, össze nem kapcsolt koordinátái között nem lehet pontos átszámításokat végezni. De még azonos pontokon nyugvó, de különböző mérésekre támaszkodó, a mérések hibáit kiegyenlítő számítások alapján létrehozott koordináta-rendszerek között is csak olyan megfeleltetést lehet végezni ami pontról pontra változó mértékben torzul, mint két kockás gumilepedő.

A földrajzi koordináta-rendszer elvileg lehetne egységes az egész földön, de ehhez olyan összefogásra lett volna szükség ami a politikailag, gazdaságilag szemben álló országok között nem képzelhető el. Fokozza a nehézséget az, hogy a föld alakot számtalan szempontból közelíthetjük egy optimális ellipszoiddal (az ellipszoid már elég jól közelíti a geoidot, és matematikailag jól kezelhető), de a teljes földre optimalizált megoldás az országok területén belül nem adja a legjobb felületet. Így aztán a térképi koordináta-rendszerek alapjául szolgáló ellipszoid meghatározása is országonként változik. A hosszúsági fokok kezdőpontja (mivel a föld forgása közben nincs állandó kezdőpont) megegyezés kérdése, így hát az országok mind megegyeztek önmagukkal, és létrehozták a saját kezdőmeridiánjukat. Azért ez a különbség már elég zavaró volt ahhoz, hogy jobb belátásra térjenek, és elfogadjanak egy közös kezdőpontot a Greenwichi 0 fokot.

Tehát létezik sokféle térképi koordináta-rendszer, választhatunk, vagy megszabhatják nekünk melyiket kell használni. Esetleg a meglévő adataink többféle rendszerből is származhatnak. A koordináta átszámításokra szerencsére vannak már képletek és programok amelyeket használhatunk, de tudni kell, hogy ezeknek is van különböző pontosságuk (nem adnak tökéletes eredményt) ami akár a mérés pontosságával is összemérhető hibát jelenthet a koordinátákban.

Azt gondolhatnánk, hogy ha valaki készítené egy, az egész földre egységes, pontos, könnyen mérhető, ingyenesen használható koordináta-rendszert, akkor mindenki ezt használná? Na de mi lesz a régi adatokkal, a papír térképekkel? Így hát maradnak az átszámítások a GPS korában is. Ezeket az átszámításokat ma már beépítik a kézi GPS vevők programjába, és a kijelzőn a legfontosabb ma

használt koordináta-rendszerek közül választhatunk.

És ez a rendszer elég pontos? Néhány méteres pontosság az egész világon tartható. Ennél pontosabb koordinátákhoz szükségesek olyan helyi korrekciós megoldások, amik már megint a rögzített mérési pontok megállapított koordinátáin, tehát a helyi rendszereken alapulnak.

3.8.4 Barlang kataszter

Barlang kataszterek térinformatikai rendszerekben logikusan a barlang bejárat pontjához kötik a barlang helyét. Ha egy barlangnak több bejárata van, akkor mindegyik koordinátáit tartalmaznia kell a kataszternek. Tehát a barlang fő adatai között szerepelhet egy vagy több koordináta is. Ez adatbázis szempontból egy változó számú rekordot tartalmazó táblázatnak felel meg. Ez néha olyan (informatikai) kérdéseket vet fel aminek megoldásakor önálló életet kezdenek élni a barlangok és a bejáratok adatai. A kavarodás megoldásához tisztázni kell mit nevezünk egy barlangnak, mit adunk meg a bejárat koordinátájaként. Pl. a Hétlyuk-barlang hány barlang hány bejárat, és hol van a bejárat bemért pontja?

Külföldi helyszíneken nagyon más viszonyok közt a barlang fogalma is más, egy barlangként tartathatnak számon olyan együtteseket amik nálunk külön barlangnak számítanak külön bejárat.

4 Térkép készítés

A felméréssel és a rajzolással nem ér véget a barlang térkép elkészítése. Azt olyan formára kell hozni, hogy mások számára is egyértelmű, sokszorosítható eredmény szülessen. Régen ezt a szempontot a műszaki rajzokhoz hasonlóan a pauszon lévő tus rajzolattal lehetett elérni. Ma elsősorban a számítógépes feldolgozás biztosítja a sokszorosíthatóságot.

Számítógépen viszont sokkal nehezebb szép rajzot készíteni. Még mindig létjogosultsága van a papírnak és ceruzának, illetve a pauszoknak és a tust helyettesítő vékony filcnek.

A térkép megrajzolását tehát a hagyományos módon kezdjük el: eldöntjük a térkép elrendezését és a megszerkesztett (kinyomtatott) poligon pontokat ceruzával átjelöljük egy megfelelő méretű pausz papírra.

Ha a barlangban csak vázlatot készítettünk akkor a vázlat alapján meg kell rajzolni a poligon köré a méretarányos térkép főbb vonalait. Ha már pontos térképet rajzoltunk a barlangban akkor ez a lépés kimarad, és a pauszra átjelöljük ceruzával a térkép lapok csatlakozását és az egymást fedő járatok határait, hogy el tudjuk dönteni mit húzunk ki végleges folytonos vagy szaggatott vonallal. A járatkontúrok vastag vonallal való kihúzása után a méretarányban ábrázolható járat belső vonalait és a kitöltést rajzoljuk meg vékonyabb vonallal. A kitöltés jelkulcsi mintázatát (méretarányban nem ábrázolható apró kövek, agyag pontozása) csak ez után rajzoljuk be a legvékonyabb vonalakkal.

A szerkesztés ceruza vonalait ezek után leradírozhatjuk a pauszról. A térkép kiegészítő elemeit, feliratait hagyjuk a végére. Ezeket számítógépes feldolgozás esetén a pauszon nem is rajzoljuk meg, hanem a járatrajzot beszkeneljük és csak a számítógépen véglegesítjük a térképet.

4.1 Térképek jellemzői

4.1.1 Méretarány

A papír alapú térképeken mérhető távolságok és a valós távolságok aránya a méretarány. A geodéziai szabatos meghatározásokat (vetület) nélkülözve egyszerűen az adott nézet szerinti távolságokat hasonlítjuk egymáshoz. Ami az 1:100-as méretarányú térképen 1cm az a valóságban 1m.

Digitális feldolgozásnál két különböző megoldás van. Az egyik a beszkenelt rajz méretaránya. A szkenneléskor a képpontokra bontáskor a pontoknak van méretük. Ha egy inch (2.54cm) hosszúságú szakaszon 300 pontot olvasunk be akkor a felbontás 300dpi (dot per inch). A képnek nem lesz fizikai kiterjedése (bitekként rögzítjük egy memóriában), de megmondhatjuk a kép eredeti méretét. Képernyőn megnézve a képpontokat tetszőlegesen (ésszerű határok közt) nagyíthatjuk vagy kicsinyíthetjük, egy szabadon választható beállítástól függ a megjelenő kép méretaránya. Projektorral kivetítve akár el is torzíthatjuk, ha nem sima felületre vetítünk.

A képet át is alakíthatjuk, megváltoztathatjuk a felbontását ezzel a méretarányát. Ha lapszkennert helyett digitális fényképezőgépet használunk akkor a kép készítése eleve nem fog méretarányhoz kötődni. Raszteres képnél tehát a méretarány nem jó meghatározás, helyette mindig a vonalas léptéket kell alkalmazni.

Vektoros ábrák esetén a pontoknak van koordinátájuk, de a koordinátáknak nincs mértékegységük. Ilyenkor a méretarány egy mértékegységgel is kiegészül pl. 1 méter = 1 rajz egység. Léteznek olyan rajzoló programok, ahol lapmérethez és nyomtató felbontáshoz kötik a koordináta-rendszert. Ilyen esetekben is fontos a vonalas lépték, hogy ne változzon meg a térkép méretaránya más méretű papírra nyomtatáskor.

4.1.2 Lapméret

Papír térképek esetén a használhatóságot befolyásolja az alkalmazott lap méret. Digitális térképnél a felbontás, a méretarány és a lapméret a nyomtatáskor kapcsolódik csak össze.

4.1.3 Generalizálás

A méretaránytól és a felbontástól (vonaltvastagságtól) függ, mit tudunk arányosan megrajzolni, és mit kell egyszerűsíteni vagy jelkulcsozni. Egymáshoz túl közel futó vonalak, apró kövek nem rajzolhatók meg mert összemósodik a rajz. De a túlsúfolt rajz is lehet probléma. Le kell egyszerűsíteni az ábrázolást, el kell hagyni részleteket. Az egyszerűsítés (generalizálás) a teljes térképen belül egységes kell legyen

4.1.4 Egységes térkép jelkulcs egy térképen belül

Ha valamit egyszerűsítünk, pontos formai megrajzolás helyett jelet használunk, akkor azt az egész térképen egységesen kell tennünk. Nem lehet valamit a térképen egyszer kirajzolni, máshol meg jelet rajzolni helyette. Ezeket a jeleket meg kell magyarázni, ez a jelmagyarázat vagy jelkulcs. Nem feltétlenül kell a térképen a jelkulcsot is megrajzolni, ha az egyezik az elfogadott, szokásos, mindenki által ismert, vagy egyedi de felismerhető jelekkel.

A jelkulcs barlangonként eltérően használ fel elemeket, nyilván a jég jelölése ritkán fordul elő hazai barlangokban.

Az egymás feletti járatok kontúrjainak jelölése is az adott barlanghoz kell igazodjon. Egyszeri kereszteződést lehet jelölni a szokásos szaggatott vonallal, de sokszoros alsó-felső járat kereszteződés csak egyedi jelölésmóddal ábrázolható.

4.1.5 Egységes rajz stílus

Nem csak a jelkulccsal ábrázolt részeknek, hanem az egész rajzolatnak egységesnek kell lenni az egész térképen. A generalizáláson és a jelkulcson kívül a rajzolás stílusa is lényeges.

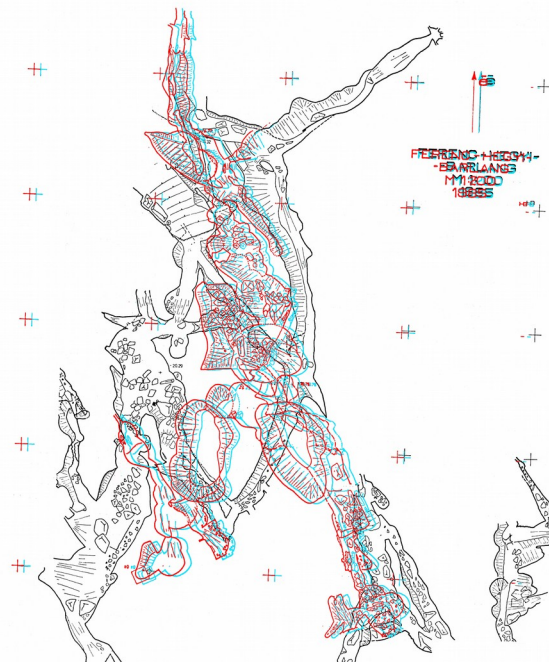
Az egységes rajzi stílus egyik legfontosabb eleme a térben egymás alatt, felett futó járatok rajzi ábrázolása. Ez részben jelkulcs kérdés is, de több annál. Ha egy járatot teljes részletességgel ábrázolunk, akkor a keresztező járatok ábrázolására már nem marad lehetőségünk. Sok egymást keresztező járatnál választanunk kell milyen részletességgel akarjuk ezeket (egymás rovására) ábrázolni, vagy mindegyik járatot külön megrajzoljuk szintekre osztva a térképet.

4.1.6 Színek

Bár a pausz-tus rajz szokásosan fekete-fehér, ma már semmi sem korlátozza a színek használatát a rajzban. A színek ugyan úgy köthetők jelkulcshoz mint a formák, és sokkal szebbé és informatívabbá tehetik térképünket. Színes jelkulcs kidolgozásával még senki nem foglalkozott, pedig sok színes barlangtérkép született már. A jelkulcs annál is fontosabb, mert a PocketTopo-ban eleve színeket használhatunk a vázlat készítésénél.

A természeteshez közeli színek használata (víz, jég: kék árnyalatai, agyag: barna) logikusan adódik, de a többi szín nemigen jelenik meg a barlangban.

Színeknek nagy hasznát vesszük több szintű járatrendszerek ábrázolásánál. Ilyenkor akár a feketével rajzolt szinteket egyszerűen átszínezve egymásra rakhatjuk. Érdekes hatást érhetünk el a piros-kék sztereó szemüveghez alakított térbeli ábrákkal mind a poligon, mind a teljes alaprajz térbelivé tételénél. Alaprajz esetén ez csak egy szintenként kiemelt sík ábrázolásként jelenik meg.



4.1. kép: A Ferenc-hegyi-barlang anaglyph térképe

Egy javasolt színekombináció a PocketTopo alkalmazásához:

Fekete: járat kontúr

Szürke: szálkő formák

Barna: agyag kitöltés

Kék: víz, jég, szifon, víz alatti járat kontúr

Piros: mesterséges elemek, egyéni jelölések a vázlat mellett

Narancs: cseppkő

Zöld: felszíni, bejárati formák, egyéni jelölések

4.1.7 Térképi elemek

4.1.7.1 vonalas lépték

A vonalas léptéken lemérhető a méretarány, akkor is ha a rajz mérete megváltozik. Ezen kívül viszonyítási alapnak is használjuk, vagy segítségével számolás nélkül mérhetünk a térképen. Vonalas lépték mutathat egyszerre több mértékegységet is, főleg angolszász területeken lényeges, hogy ez világosan jelezve legyen. Digitális feldolgozás eseté ez kötelező, és mivel a papír térképet is szokás fénymásoló géppel kicsinyíteni, nagyítani, ez minden térképen javasolt. A vonalas lépték a régi térképeknél segít a papír zsugorodásának felismerésében.

4.1.7.2 Észak jel

A térkép tájolása alapértelmezés szerint északi, vagyis "felfelé" van észak. Nem árt még alapesetben is jelölni, ettől eltérő esetben (ha a lap jobb kihasználása érdekében elfordítjuk a térképet) pedig kötelező. Szkenelés esetén is előfordul, hogy kisebb-nagyobb mértékben elfordul a kép, ezért is érdemes mindig jelölni. Barlangtérképek esetén a csillagászati észak az alap. Kivételt képeznek a térképészeti koordináta-rendszerbe illesztett barlangtérképek, itt viszont jelölni kell a koordináta-rendszer irányát. Mágneses észak esetén egyértelműen kell jelölni azt hogy ez mágneses, és azt is hogy melyik évre vonatkozó tájolóással készült.

4.1.7.3 Keret és koordináta háló

A térképlap esztétikáján túl a keret a tájolást és a koordináta-rendszert is rögzítheti. A kereten belül a koordináta-rendszert örkeresztekkel vagy vékony vonallal rögzíthetjük. A koordináta háló a nyomtatott térképeknél a papír gyűrődéséből, szakadásából eredő torzulást is kijavíthatóvá teszi.

Koordináta hálót célszerű minden geodéziai koordináta-rendszerben szerkesztett térképnél használni.

4.1.7.4 Feliratok

A barlang térképeken mindig fel kell tüntetni a barlangok alap adatait, és a mérés jellemzőit. Kivételt csak az olyan atlaszok jelentik, ahol ezeket külön szöveges részben írjuk le.

Ilyenek a barlang neve, terület ahol található, Magyarországon a kataszteri száma, a készítőik neve, a készítés dátuma.

A barlang részeinek és képződményeinek nevét a járatokon kívüli szabad területek felhasználásával, vagy a kitöltés mintázatának kihagyásával felszabadított területekre írjuk ki, mutatóvonallal kapcsolva a pontokhoz vagy követve az alakzat irányát. A nevek betűtípusa és betűmérete az egész térképre érvényes logikát kell kövesse, pl. azonos stílusú feliratok jelzik a járatok neveit.

Mélységadatokat is úgy célszerű feltüntetni, hogy azok ne takarjanak ki lényeges információt, ugyan akkor a vonatkozási pont azonosítható legyen.

4.1.7.5 Mérési pontok

A főbb állandósított mérési pontokat, főleg ha mélység adat is tartozik hozzájuk, célszerű feltüntetni a térképen. A vesztett pontokat és a poligonmenetet viszont értelmetlen a kész térképre felvinni.

Ezeknek csak a helyszíni rajzoláshoz (munka közti anyagoknál) van létjogosultsága. Hogy mégse veszítsük el ezeket az adatokat, a mai korszerű számítógépes feldolgozásnál alkalmazhatjuk a réteg technikát, amikor is a végleges nyomtatásnál ezt ki tudjuk kapcsolni.

4.1.7.6 Képek

Barlangtérképen elhelyezhetünk fotókat is a barlangról, régebben ezt rajzokkal oldották meg. Ezek a tájékozódást is segíthetik, illetve segítségükkel könnyebb elképzelni a barlangot. Folyosókról készült képek közel a keresztmetszetek látványát nyújthatják, de nem helyettesítik a valódi felmérést.

4.1.7.7 Jelkulcs

A térképen alkalmazott jelkulcs ismertetése csak akkor szükséges, ha speciális, az elfogadottól eltérő jeleket használunk, amik nem alakhelyesen ábrázolnak formákat. A legtöbb esetben a barlangtérkép magáért beszél, nem fontos a térképre rázúfolni a jelkulcs elemeit is. Tematikus térképek esetén viszont részletesen meg kell magyarázni a térképen használt jelöléseket.

4.1.8 Lapbeosztás (atlasz)

A méretarány és a használható lap méret alapján szükség van a térképek több lapon való ábrázolására. Ha ez összefűzött, szöveges melléklettel ellátott mű akkor ezt atlasznak nevezzük.

A lapbeosztást részben a felület kihasználása, részben a logikus csatlakoztathatóság határozza meg. Csatlakozó lapokon lehet átfedés is a jobb olvashatóság érdekében. Kereten való csatlakozás esetén sem árt, ha legalább rövid vékony vonallal jelezzük a folytatás irányát a kereten kívül. Kerülni kell a sarkokon történő csatlakozást és a keretvonalon záródó járatot. A lapok tájolása meg kell egyezzen, még az álló-fekvő lapkiosztás váltogatása is nehezíti a használatot. Minden esetben szükséges áttekintő-térkép a lapbeosztással, és célszerű nagy barlangok esetén a lapok sarkában egy kicsinyített, egyszerűsített térkép az aktuális lap helyzetének feltüntetésével.

4.1.9 Tematikus térképek

Az elkészült térkép különböző felhasználásai közt fontos a tudományos vizsgálatok eredményeinek ábrázolása. Ehhez az adott szakma jeleit és színezéseit kell a térképre felvinni. Az így kiegészített térkép jelkulcsát is ki kell egészíteni a felhasznált jelölésekkel. A barlang térképek üresen hagyott (járatok közti közet) része is alkalmas további adatok megjelenítésére. Készíthetünk direkt további színezésekre, jelölésekre olyan térképet, amin szándékosan csökkentett kitöltési rajz van, csak a legfőbb formákkal. Az ilyen vaktérképek mind a barlangban, mind az irodai feldolgozásnál kiegészíthetők tetszőleges tartalommal.

4.2 Makett

Makettnek nevezzük itt a tényleges térbeli kicsinyített testeket (vasút, repülő...) megkülönböztetve ezt a számítógépes virtuális 3D modelltől.

Készíthetünk a barlangról térbeli kicsinyített makettet a mérések és a szelvények felhasználásával. A poligont meghajlított merev drótból készítjük, a metszeteket és szelvényeket papírból vágjuk ki. A drótra felfűzött metszeteket gyurmával rögzítjük, és papírmaséval vagy gipszel töltjük ki a szelvények közti térfogatot. Ezzel tulajdonképpen egy negatív barlangot hozunk létre: ott lesz anyag ahol a valóságban levegő volt. Erre példa a Szemlő-hegyi-barlang makettje. A felszín modellezésével az alatta elhelyezkedő barlangot egy (akár tört vonalú) hossz szelvény mentén valódi üreg formájában mutathatjuk meg. Ilyet láthatunk a szlovéniai Skociane barlang kiállítóterében.

Sajnos a nagy munkával elkészített makett elég sérülékeny, nagy helyet foglal és nehéz mozgatni, de a barlang megismerését nagyban segíti a vele való foglalatosság.

A 3D nyomtatás elterjedésével nyilván készülni fog ilyen technikával is barlang makett. Ehhez a barlang térbeli digitális modelljére van szükség. A 3D barlang modell (térbeli számítógépes modellezés) fejlesztését erőteljesen ösztönzi az ilyen lehetőség.

3D lézergravírozással üveg testbe kialakítható pontfelhő szintén ábrázolhat barlang modellt vagy annak részletét. Egy részlethez nem is kell pontos felmérés, elég egy sztereó képpár. A kis méretű üveg kocka kiváló lehetőség az alaprajz és oldalnézet demonstrálásához. A kocka felső felületének csiszolásával a barlang feletti domborzat is kialakítható.

4.3 Térkép kiadás

A térképek közreadásának egyik módja, hogy megvásárolható kiadványt készítünk belőle. Ilyenkor a kiadást rábízzhatjuk egy olyan cégre, ami az üzleti haszon reményében anyagilag finanszírozza a kiadás költségeit és ezzel jogokat szerez meg a szerzőktől. Mivel ez manapság nem egy jövedelmező üzlet, nem sok esély van rá. Megtehetjük, hogy a kiadó költségeit mi magunk fedezzük, így kockázat nélkül kapcsolódik be a folyamatba a kiadó, és csak a nyomdai, terjesztési, jogi kapcsolatait adja bele. Elektronikus kiadás esetén is ugyan ez a helyzet, a CD, DVD kiadványoknak is vannak kiadási költségei, de sok tudományos publikációval foglalkozó kiadó csak internetes megjelenítést végez, ami sokkal kisebb költségekkel jár mint a sokszorosítás.

A kiadók elvileg figyelnek az illegális másolásokra, elvileg tehát a kiadás valamiféle biztosítékot jelenthet a szerzőnek, gyakorlatilag viszont ha nem fűződik anyagi érdek egy második kiadásban rejlő eladáshoz, nem foglalkoznak a szerző érdekeivel. A kiadást így magán kiadásként is megtehetjük. Tehát a kiadás nem jelent sem hasznot sem biztosítékot a térképre nézve a szerzőknek. A szerzői jogokat gyakorlatban mindenki saját maga tartathatja be jogi úton. A közreadás feltételek nélküli módjában is van több lehetőség. Ha a sokszorosítást nem akarjuk korlátozni, vagy ha még a módosítást se akarjuk tiltani.

4.3.1 Szerzői jogok

A barlangtérképek esetében a szerzői jog egyértelműen csak az elkészült grafikára vonatkozik, ez tudományos és művészi alkotás. A szerzői jog a térképművet külön is említi. A mérési adat nem minősül alkotásnak, habár a számítógépes adatbázis az. A barlangi mérési adatokat a szerzők megjelölése nélkül átvenni nagy fokú udvariatság, szerencsére a feldolgozó programokban mód van az egyes mérési szakaszokhoz rögzíteni a felmérők neveit. A szerzői jogokban megkülönböztetnek személyhez fűződő jogokat és vagyoni jogokat. A személyhez fűződő jogok nem ruházhatók át és azokról nem lehet lemondani. Ezért fontos, hogy az elkészült térkép tartalmazza a készítőket nevét, de a felmérésben résztvevők nem tekinthetők társszerzőnek. A térkép átrajzolásával elvileg új alkotás jön létre, de ehhez olyan fokú megváltoztatás kell a rajznak ami a térkép tartalmi használhatóságát is befolyásolja. Egy másolás nem eredményez új jogokat, de ha az a grafika minőségi javulását jelenti akkor az új alkotó is szerzői jogokat szerez, ami viszont csak az eredeti szerzők beleegyezésével történhet, és az eredeti szerzőket továbbra is fel kell tüntetni.

A szerzői jogok minden (papír és digitális) műre egyaránt érvényesek, de a szerzők feltüntetése (illetve eltüntetése, meghamisítása) más technikai lehetőségekkel történik.

A kinyomtatott térképen szövegesen feltüntetett szerzők nevét csak tudatos meghamisítással lehet eltüntetni (kitakarni, leghagyni, megváltoztatni). A nyomtatott anyag másolásának nincs ma már technikai korlátja, a sokszorosítás elkerülhetetlen folyamat.

Egy digitális képen (akár a beszkenelt nyomtatványon) a szerzők neve ugyan úgy szerepel, mint a papíron, meghamisításhoz is a szándékosság szükséges.

Vektoros ábrán viszont a szerzők neve és a térkép vonalai más formában szerepelnek, és ha csak a vonalakat használjuk fel egy másik programban akkor a nevek akaratlanul is lemaradhatnak.

Digitális 3D modellekben még nehezebb a szerzőket feltüntetni, hiszen az adat állomány nem arra lett kifejlesztve, hogy ilyeneket tároljon. Persze programtól függően hozzákapcsolhatjuk ezeket az adatokat, de szinte biztos, hogy más programok ezt nem tartják meg.

4.4 Régebbi térkép folytatása

A barlangkutató néha sikeres feltárásokkal új barlangrészekkel növeli egy barlang méretét. Ilyenkor a térképet is ki kell egészíteni. Az új rész felmérése önmagában nem különleges, csak a régebbi térképpel összekapcsolás a kérdés.

A felmérés folytatásához szükséges alappontok megléte vagy hiánya alapvető kérdés, extrém esetben a teljes barlang újramérése lehet a megoldás. A meglévő alappont is csak akkor használható, ha megvan az eredeti felmérés, vagy legalább a pont kiszámolt koordinátája, utolsó esetben a térképen azonosítható a pont és grafikusán illeszthető hozzá a kiegészítés. A felmérések közt eltelt idő a mágneses deklináció változásában nyilvánul meg leginkább, Ahhoz hogy a régi térképet, felmérést használni tudjuk ismerni kell annak készítési idejét. Ennek hiányában egy jelentősebb szakasz újramérésével ki lehet deríteni a felmérés deklinációját, illetve a térkép tájolását.

A térkép kiegészítéséhez mindig meg kell keresni a lehető legjobb eredeti forrást, ne elégedjünk meg egy átrajzolás fénymásolatának kicsinyített verziójával. A rajz kiegészítésénél ügyelni kell az eredeti adattartalmára, stílusára, még a hibáira is. Ha ezeket nem tudjuk vagy nem akarjuk követni, akkor inkább független térképként rajzoljuk meg az új felmérést.

A rajz kiegészítése felveti a szerzői jogok kérdését is, amiről az előző fejezetben volt szó.

Irodalomjegyzék

- Agricola 1546: Georgius Agricola De ortu et causis subterraneorum, 1546
- Agricola 1556: Georgius Agricola De re metallica libri XII, 1556
- Buczko 1966: Martinovichné Buczkó Emmi, A barlangmérés módszerei és műszerei, Karszt és Barlang 1966 I. 13-20 o.
- Dékány 1960: Dékány Csaba, A Vass Imre barlang geodéziai felmérése, Karszt és Barlangkutatás 1959 I. 103-108 o.
- Dékány 1963: Dékány Csaba, Barlangi mérés technika (II. rész) A barlangfelmérés módszerei, Karszt és Barlang 1963 I. 11-15 o.
- Horváth 1965: Horváth János, A Szemlőhegyi-barlang 1961-62. évi felmérése, Karszt és Barlang 1965 I. 21-30 o.
- Kőhalmi 1968: Kőhalmi Gábor, A "Béke" barlang jósvafői tárójának szabatos áttörési mérése, Geodéziai és Kartográfiai Tájékoztató 1968 4. 64-71 o.
- Konrád 1936: Konrád Ödön, Az Aggtelek-jósvafői "Baradla" cseppkőbarlang felmérése, Geodéziai Közöny XII 27-40 o.
- Maucha 1960: Maucha László, Az É.M.K.E. Jósvafői Kutatóállomásának 1959/60. évi munkáiról KARSZT- ÉS BARLANGKUTATÁSI TÁJÉKOZTATÓ 1960 jún., 4-36 o.
- Maucha-Tóth 1962: Maucha László, Tóth József, Fotogrammetrikus módszer a barlangok kereszt-szelvényezésére, Karszt és Barlangkutatás 1961 83-144 o.
- Sárváry 1969: Sárváry István, A zsombolyok fotogrammetrikus szelvényezéséről, Karszt és Barlang 1969 I. 9-14 o.
- Tárczy 1951: Tárczy-Hornoch Antal Bányamérés tan I., 1951
- Tóth 1960: Tóth József, Szpeleokartográfia egységesítésének problémái, Karszt és Barlangkutatási Tájékoztató 1960 szept.-okt. 401-407 o.