EDÍCIA SKRÍPT

Geodézia v podzemných priestoroch

Alojz Kopáčik, Ján Erdélyi, Peter Kyrinovič

STU SvF
SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
STAVEBNÁ FAKULTA

SPEKTRUM STU

Geodézia v podzemných priestoroch

Alojz Kopáčik, Ján Erdélyi, Peter Kyrinovič

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
2019

Všetky práva vyhradené. Nijaká časť textu nesmie byť použitá na ďalšie šírenie akoukoľvek formou bez predchádzajúceho súhlasu autorov alebo vydavateľstva.

© prof. Ing. Alojz Kopáčik, PhD. – doc. Ing. Ján Erdélyi, PhD.
doc. Ing. Peter Kyrinovič, PhD.

Recenzenti: doc. Ing. Josef Weigel, CSc.
doc. Ing. Pavel Hánek, CSc.

Schválila Edičná rada Stavebnej fakulty STU v Bratislave.

ISBN 978-80-227-4924-4

Obsah

Predslov 5

1 História a terminológia 7

1.1 História banskej činnosti na území Slovenska 7
1.2 Pôvodné banské mapy 8
1.3 Vybrané pojmy z banskej terminológie 13

2 Legislatívne dokumenty 17

3 Štátna banská správa a postavenie banských meračov 21

3.1 Štátna banská správa 21
3.2 Postavenie a úlohy banských meračov 24

4 Banskomeračská dokumentácia 26
4.1 Obsah banskomeračskej dokumentácie 27
4.1.1 Súbor základnej dokumentácie 27
4.1.2 Číselná časť 27
4.1.3 Grafická časť 28
4.2 Vyhotovenie banskomeračskej dokumentácie 34
4.3 Doplňovanie a uchovávanie banskomeračskej dokumentácie 37

5 Budovanie bodových polí banských závodov 40
5.1 Banské polohové bodové pole 40
5.2 Banské výškové bodové pole 44
5.3 Stabilizácia bodov banských bodových polí 45

6 Metódy merania na hlbinných banských dielach 50
6.1 Metódy na meranie vodorovných smerov a uhlov 51
6.2 Gyroskopické meranie vodorovných smerov 54
6.3 Metódy na meranie dĺžok 62
6.4 Metódy na meranie výšok a prevýšení 64
6.5 Hĺbkové merania 66

7 Pripájacie a usmerňovacie merania 70
7.1 Pripájanie vodorovným alebo úklonným dielom 70
7.2 Pripájanie zvislou šachtou 71
7.2.1 Premietanie bodov mechanickými olovnicami 72
7.2.2 Metódy pripájania jednou šachtou a dvomi olovnicami 75
7.2.2.1 Pripájanie priamkou 76
7.2.2.2 Pripájanie pomocou trojuholníka 78
7.2.2.3 Pripájanie pomocou štvoruholníka 82
7.2.2.4 Pripájanie pomocou mnohouholníka 85

7.2.3 Optické premietanie bodov orientačnej priamky 86
7.2.3.1 Premietanie pomocou zvislicových prístrojov 87
7.2.3.2 Premietanie pomocou teodolitu – metóda La Manche 89
7.3 Pripájanie dvomi šachtami 94
7.4 Gyroskopické usmerňovacie merania 96

8 Banskomeračské práce pri výstavbe a prevádzke banských závodov 100
8.1 Vytyčovanie banských diel 100
8.1.1 Vytýčenie zarážkového bodu zvislej jamy 101
8.1.2 Vytýčenie vodorovnej chodby 102
8.1.3 Vytyčovanie prerážok 102
8.1.4 Vytyčovanie banských zariadení 106
8.2 Určovanie objemov pri hlbinnej ťažbe nerastných surovín 107
8.3 Kontrolné merania na banských dielach 110

9 Bodové polia a banskomeračská dokumentácia pri povrchovej ťažbe nerastných surovín 114
9.1 Budovanie bodových polí 115
9.1.1 Polohové bodové polia 115
9.1.2 Výškové bodové polia 119
9.2 Banskomeračská dokumentácia pri povrchovej ťažbe nerastných surovín 120

10 Banskomeračské činnosti pri prevádzke povrchových baní 124
10.1 Projektovanie a vytyčovanie povrchových baní 124
10.2 Podrobné meranie 126
10.3 Určovanie objemov 129

11 Geodetické činnosti súvisiace s geologickým a hydrogeologickým prieskumom 134
11.1 Legislatívne predpisy a podmienky realizácie geologických prác 134
11.2 Všeobecné zásady geologických a hydrogeologických prieskumných prác 135
11.3 Projekt prieskumných prác 136
11.4 Obsah a náležitosti geodetických činností súvisiacich s inžiniersko-geologickým prieskumom 138
11.5 Dokumentácia inžiniersko-geologického a hydrologického prieskumu 139
11.6 Geodetické činnosti súvisiace geofyzikálnym prieskumom 143
11.7 Určovanie zásob nerastných surovín 145

12 Geodetické činnosti súvisiace s prieskumom, sprístupňovaním a ochranou jaskýň 146
12.1 Legislatívne predpisy súvisiace so správou jaskýň 146
12.2 Meračská dokumentácia jaskýň 149

13 Geodetické činnosti súvisiace s prieskumom a sprístupňovaním podzemných častí historických objektov 157
13.1 Ochrana pamiatok 157
13.2 Dokumentácia historických objektov 160

Literatúra 166

Predslov

Dobývanie nerastného bohatstva je činnosť, ktorá významným spôsobom ovplyvňuje okrem vybraných ekonomických ukazovateľov aj celkovú prosperitu regiónu v ktorom je realizovaná. Výrazným spôsobom však ovplyvňuje aj environmentálne podmienky dotknutej oblasti. Banská činnosť a činnosti vykonávané banským spôsobom preto podliehajú prísnej regulácii zo strany štátu, ktorá sa uplatňuje prostredníctvom celej série legislatívnych predpisov.

Učebné texty predmetu Geodézia v podzemných priestoroch sú určené študentom študijných programov druhého (inžinierskeho) stupňa štúdia, akreditovaného v študijných odboroch Geodézia a kartografia, Banské meračstvo. Približuje čitateľovi teóriu a metodológiu merania banských diel, spôsob vyhotovenia a vedenia ich dokumentácie a s tým súvisiacu legislatívu v rozsahu určenom pre tento predmet v študijnom programe Geodézia a kartografia (2. stupeň) na Stavebnej fakulte STU v Bratislave.

Učebný text približuje predmetnú tematiku postupne po kapitolách venovaných histórii výkonu banskej činnosti a banských máp na území Slovenska, štátnej banskej správe, vedeniu banskomeračskej dokumentácie, budovaniu banských bodových polí, metódam merania pri hlbinnej a povrchovej ťažbe, pripájacích a usmerňovacích meraní, geodetickým činnostiam pri geologickom a hydrogeologickom prieskume, prieskume a dokumentácii jaskýň a podzemných častí historických objektov a pamiatok. Učebný text zodpovedá súčasnému vývoju vo vedných odboroch Geodézia a kartografia, Banské meračstvo a aktuálnemu stavu legislatívnych a technických predpisov v predmetnej oblasti v čase jeho vzniku. Predmetná problematika je diskutovaná na úrovni aktuálneho poznania prístrojovej a technologickej bázy tak, aby táto reflektovala v praxi obvyklé efektívne technologické postupy.

Na spracovaní jednotlivých kapitol sa podieľali autori nasledujúcim spôsobom: prof. Alojz Kopáčik, PhD. kapitoly 1, 3, 8, 9, 11, 12, 13; doc. Ing. Ján Erdélyi, PhD. kapitoly 2, 5, 6, 10; doc. Ing. Peter Kyrinovič, PhD. kapitoly 4, 7. Autori ďakujú lektorom doc. Ing. Pavlovi Hánekovi, CSc. a doc. Ing. Josefovi Weiglovi, CSc., ako aj členom katedry geodézie našej fakulty za trpezlivosť a súčinnosť pri písaní textov a za upozornenia na chyby, ktoré v textoch našli. Ďalej ďakujeme Ing. Richardovi Hontimu a študentom Bc. Gabriele Bariczovej a Bc. Adamovi Novákovi za nakreslenie obrázkov a editovanie rukopisu. Bez ich pomoci by nevznikla táto učebná pomôcka.

Bratislava, január 2019

Autori

1 Počiatky banskej činnosti a vývoj banských máp

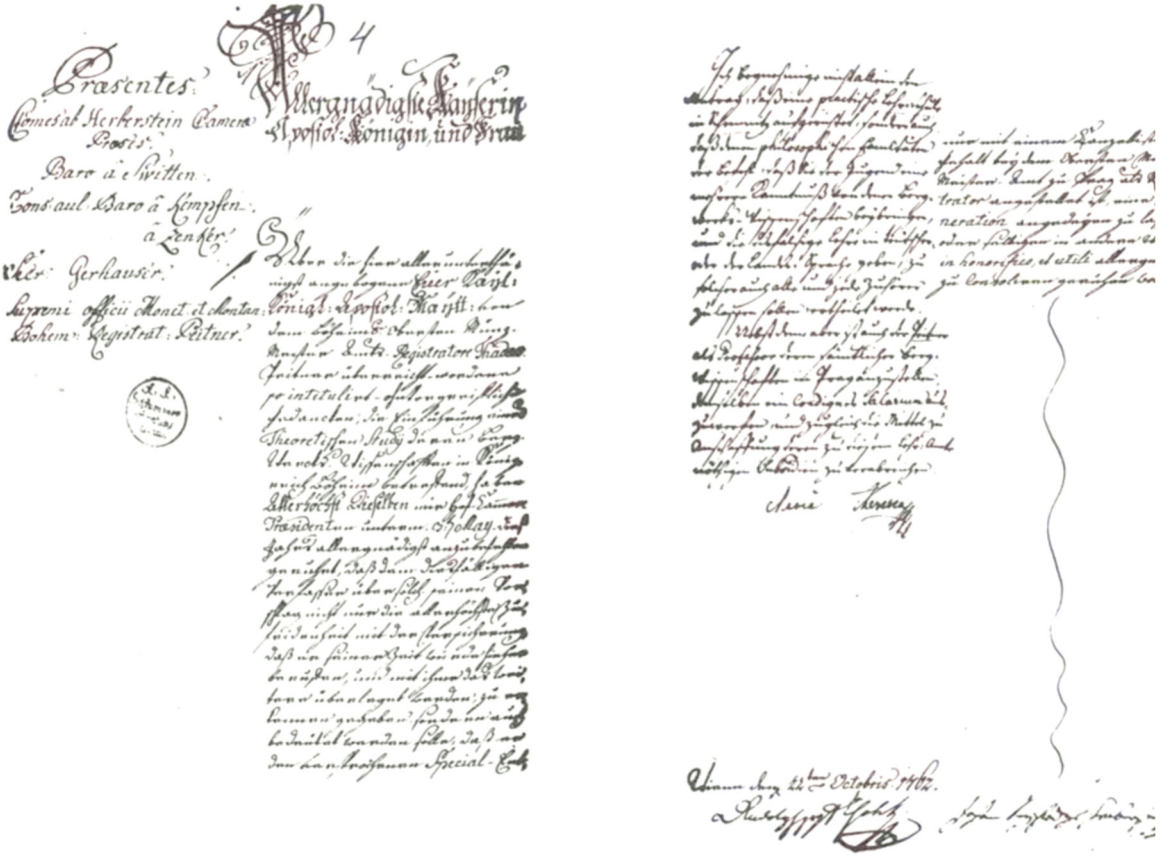
1.1 Počiatky banskej činnosti na území Slovenska

Počiatky banskej činnosti na Slovensku siahajú až do doby bronzovej, keď sa v lokalite Piesky pri Španej Doline ťažila a spracovávala meď. Po príchode Keltov a Rimanov na naše územie nastal prvý rozkvet banskej činnosti na Slovensku, avšak až do vzniku Uhorska baníctvo na Slovensku stagnovalo. Počiatky formulovania banského práva sú na území Slovenska znateľné už na začiatku druhého tisícročia n. l., konštitúciou kráľovských práv a majetku. Jednotná banská správa sa postupne formuluje až za čias kráľa Maximiliána a neskôr vydaním všeobecného banského zákona na území Uhorska v r. 1854.

Vznik Uhorska podmienil zvýšenú potrebu ťažby drahých kovov za účelom razenia mincí, s čím prichádzal aj rozvoj banských metód a banskej techniky. V 14. a 15. storočí sa v Uhorsku ťažilo najviac drahých kovov na svete, pričom drahé kovy pochádzali najmä z oblasti Banskej Bystrice, Kremnice a Banskej Štiavnice. Banská činnosť na našom území poklesla v 19. storočí po objavení veľkých ložísk drahých kovov v zámorí.

Obr. 1.1. Mikovínyho mapa okolia Kremnice z roku 1733
(Slovenský banský archív, 2018a)

Rozvoj banskej činnosti podmienil zriadenie škôl s banským zameraním. Prvú školu v Uhorsku s banským zameraním založil v Banskej Štiavnici v roku 1735 Samuel Mikovíny. Na prelome rokov 1761 až 1762 Jan Tadeáš Peithner, ktorý v tom čase pôsobil na pražskej univerzite a v českej kráľovskej mincovni, vypracoval návrh zriadenia univerzitného vzdelávania v odbore baníctva a hutníctva. Na zasadnutí 22. októbra 1762 kráľovská kancelária jeho návrhy prijala so zmenami, z ktorých nezáväznejšou bola zriadenie Banskej akadémie v Banskej Štiavnici, ktorá bola zriadená dekrétom Márie Terézie dňa 13. decembra 1762. Banská akadémia sa stala prvou univerzitou s banským, resp. technickým zameraním na svete. Úzke prepojenie medzi teoretickým a praktickým vzdelávaním na tejto univerzite dosvedčuje aj skutočnosť, že vedúci banského meračstva zastával aj funkciu profesora na akadémii. Vzdelávanie v oblasti banského meračstva malo vysokú úroveň a absolventi akadémie ovplyvňovali vývoj banského merania a mapovania v Uhorsku a v Európe.



Obr. 1.2. Zápisnica zo zasadnutia kráľovskej kancelárie z roku 1762
(Slovenský banský archív, 2018b)

1.2 Pôvodné banské mapy

Rozvoj banskej činnosti, zložité geologické pomery, zvyšovanie ťažby a rozsiahlosť banských revírov podmienili vyhotovovanie väčšieho počtu banských máp. Rozvoj banského mapovania na území Slovenska úzko súvisí s meraním na Vindšachte v dnešnej Štiavnickej

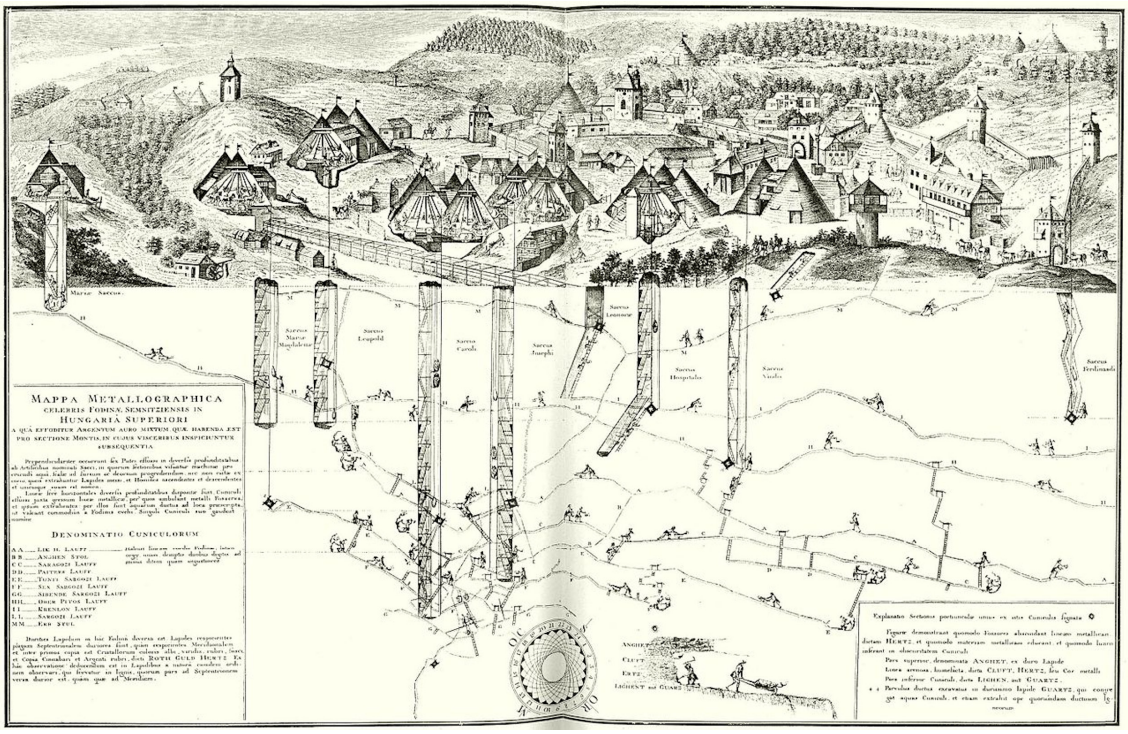
Bani. Na vývoj banského mapovania na území Slovenska mala veľký vplyv inštrukcia cisára Maximiliána II. z roku 1565, ktorá je najstarším úradným nariadením o vyhotovovaní banských máp v období rakúskej monarchie a návrh smernice J. Marschana z roku 1842, v ktorej sa písalo o povinnostiach banského merača a kritériách meračských prác. Význam banského mapovania ešte vzrástol po založení Banskej akadémie v Banskej Štiavnici. Od polovice 16. storočia až dodnes sa zachovalo približne 30 000 exemplárov banských máp (Lukáč et al., 2002).

Banské mapy môžeme podľa vývoja rozdeliť do časových období podľa výrazových prostriedkov, ktoré boli použité pri ich vyhotovovaní. Je to najvhodnejšie rozdelenie banských máp vzhľadom na rozdielne projekcie a mierky máp, ktoré až do zavedenia katastrálnym máp, ako základu banských máp, neboli jednotné. Mierka bola určovaná tak, aby sa banský závod zmestil na jeden mapový list. Obsah banských máp závisel najmä od požiadaviek banských úradov. Banské mapy môžeme podľa ich vzniku deliť do 4 období (Lukáč & Macej, 2002):

1. obdobie: 1550 až 1750

Charakteristické znaky banských máp tohto obdobia sú vecnosť znázornenia štôlní, chodieb a ostatných banských diel, jednoduchosť, sprievodné texty a vysvetlivky vpisované do mapy, orientácia mapy zvyčajne vykreslenou ružicou kompasu.

Najstaršou zachovanou banskou mapu na území Slovenska je mapa bane v Jarabej vyhotovená v roku 1569 za účelom zlepšenia vetrania, dopravy a odvodnenia banského diela. Táto mapa nemá udanú mierku, ale možno ju odvodiť z číselných a grafických údajov a nadobúda hodnoty v rozmedzí 1 : 500 až 1 : 560 (Obr. 1.3).



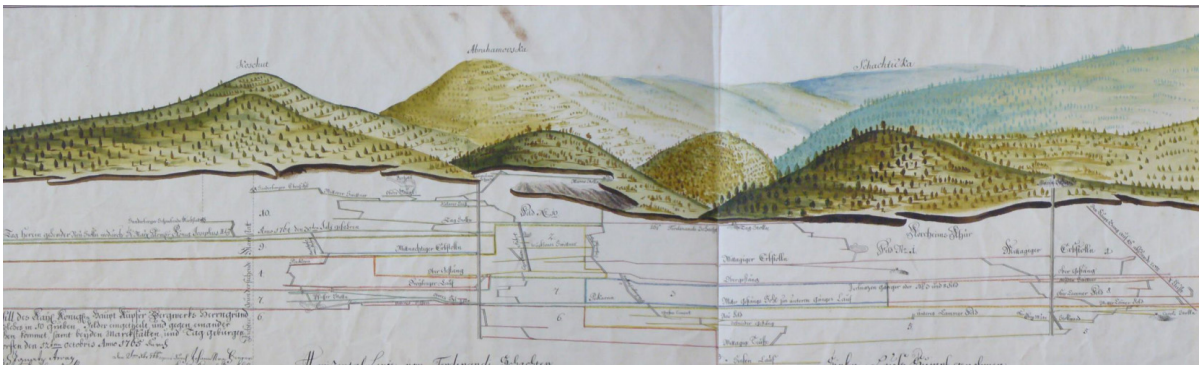
Obr. 1.3. Banská Štiavnica z roku 1726 – Luigi Ferdinando Marsigli (Quark, 2018)

2. obdobie: 1750 až 1830

Rozvoj banskej činnosti v 18. storočí, zložitosť geologických pomerov a rozsiahlosť banských revírov podmienili nutnosť vyhotovovať banské mapy nielen celých revírov, ale taktiež ich častí, prípadne jednotlivých banských diel. V tomto období sa v tvorbe banských máp objavili nové prvky, a to:

- výzdoba máp,
- zobrazovanie terénu,
- štvorcová sieť,
- zákres rudných žíl,
- vyhotovovanie osobitnej dobývacej mapy.

Na banských mapách vyhotovovaných v tomto období sa vyskytovali maliarske ozdoby. Na niektorých banských mapách maliarske ozdoby prevládali, resp. potlačovali samotnú kresbu mapy. Ozdoby však plnia často aj informačnú funkciu, napríklad obraz tvoriaci ozdobu súčasne obsahuje grafickú mierku. Terén sa zobrazoval schematicky tzv. panoramatickou kresbou. Do panorámy sa premietali šachty a objekty zo situačnej kresby (Obr. 1.4).



Obr. 1.4. Veduta Špane j Doliny – Arvay, rok 1765 (Pamiatkový úrad SR, 2018a)

Štvorcová sieť na banských mapách nesúvisela so súradnicovým systémom, ale slúžila na znázornenie prehľadu partikulárnych máp (listov) na hlavnej mape. Vyhotovovanie osobitnej dobývacej mapy malo dôležitý informačný charakter. Cieľom bolo dokumentovať pokrok v ťažbe na jednotlivých žilách, vyznačiť vyťažené miesta medzi horizontmi, vyznačiť úseky pripravené na ťažbu alebo vyznačiť miesta ochranných pilierov.

3. obdobie: 1830 až 1870

V tomto období vzrástla potreba vyhotovovať mapy potrebné na plánovanie ťažby, nakoľko veľké nerastné ložiská boli vyčerpané a začali sa ťažiť suroviny v žilách menšej mocnosti. Z tohto dôvodu vznikla potreba poznať geognostické (geologické) pomery v baniach a začali sa vyhotovovať mapy geognostické.

V roku 1836 gróf Gabriel von Schweiczer vydal nariadenie, podľa ktorého bolo potrebné pre každý banský závod vyhotoviť viac druhov máp – geognostickú mapu povrchu so zákresom všetkých trhlín a východov žíl, geognostickú mapu hlavných chodieb, prehľadnú mapu a dobývaciu (dobývkovú) mapu.

4. obdobie: 1870 až doteraz

Banské mapy tohoto obdobia sa vyhotovujú na podklade katastrálnych máp, resp. iných máp štátneho mapového diela. V banských mapách sa tak vyskytujú charakteristické znaky, ktoré majú jednotný základ, jednotný spôsob vyhotovenia a jednotnú mierku.

Dovtedajšie banské mapy evidovali banské diela, ale neposkytovali údaje a informácie nevyhnutné na plánovanie a riadenie ťažby. Z tohto dôvodu A. Péch, banský riaditeľ v Banskej Štiavnici, v druhej polovici 19. storočia koncipoval požiadavky na novú banskú mapu, ktorá mala byť vecná a prehľadná. Podľa A. Pécha by banská mapa mala zobrazovať všetky pomery v bani, poskytovať informácie a podklady na plánovanie skrývok a dobývania a slúžiť na kontrolu banskej ťažby. Navrhol, aby sa vyhotovovalo 5 druhov máp pre každý banský závod v mierke katastrálnej mapy (1 : 2880, príp. v mierke z nej odvodenej) – mapa povrchu, prehľadná mapa, mapy jednotlivých obzorov, dobývaciu mapu a zvislé rezy.

Navrhol, aby sa **povrchová mapa** vyhotovovala na podklade katastrálnej mapy doplnenej o výškopis znázornený vrstevnicami, geologickou situáciou na povrchu, hranicami banských polí, situovaním hlavných žíl, banským zariadením a pod (Obr. 1.5).

Obr. 1.5. Katastrálne zameranie mesta Gelnica z r. 1868, M 1 : 2880
(Pamiatkový úrad SR, 2018b)

(červená farba – murovaná zástavba, žltá farba – drevená zástavba, oranžovo-červená farba – významné verejné stavby)

Ako podklad pre **prehľadnú mapu** navrhol katastrálnu mapu alebo mapu z nej odvodenú (Obr. 1.6). Do prehľadnej mapy navrhoval zakresľovať banské polia. Jednotlivé banské diela sa rozlišovali farbami.

Obr. 1.6. Prehľadná mapa banského mesta Gelnica z r. 1788 – uložená v mestskom archíve v Šali, (Pamiatkový úrad SR, 2018c)

Pre **mapy obzorov** zvolil väčšiu mierku odvodenú z katastrálnej mapy, a to 1 : 576. Navrhol vyhotovovanie samostatného listu pre každý obzor a na mapách obzorov navrhoval zobraziť:

- tvar chodieb a ich výmurovku alebo výdrevu,
- druhy hornín a ich pevnosť a drobivosť,
- smer a sklon žíl.

Na vyhotovovanie **zvislých rezov** A. Péch navrhol mierku 1 : 576. Počet zvislých rezov a ich vzájomná vzdialenosť mala byť odvodená od geologických podmienok a informácií o ložisku v danom mieste banského revíru.

Taktiež navrhol vyhotovovať **osobitnú dobývaciu mapu** na určenie rozsahu ťažby. Táto mapa mala poskytovať obraz o banských prácach na každej žile zvlášť, ako aj v celom závode. Mierka dobývacej mapy bola navrhnutá v mierke 1 : 1440.

V roku 1876 boli smernice a vzory jednotlivých máp navrhnuté A. Péchom schválené Ministerstvom financií v Budapešti a bolo odporúčané, aby sa banské mapy podľa týchto smerníc a vzorov vyhotovovali. Smernice A. Pécha položili základ jednotného vyhotovenia banských máp. Na začiatku 20. storočia boli smernice doplnené a s úpravami a doplnkami sa využívajú až doteraz.

1.3 Vybrané pojmy z banskej terminológie

Banská činnosť – banskou činnosťou sa podľa § 2 Zákona č. 51/1988 Zb. o banskej činnosti, výbušninách a o štátnej banskej správe (banský zákon) v znení neskorších predpisov rozumie:

- ložiskový geologický prieskum vyhradených nerastov,
- otvárka, príprava a dobývanie výhradných ložísk, zriaďovanie,
- zabezpečovanie a likvidácia banských diel a lomov,
- úprava a zušľachťovanie nerastov vykonávané v súvislosti s ich dobývaním,
- zriaďovanie a prevádzka odvalov, výsypiek a odkalísk pri činnostiach uvedených vyššie,
- osobitné zásahy do zemskej kôry,
- zabezpečovanie a likvidácia starých banských diel, sprístupňovanie banských diel a starých banských diel pre múzejné a iné účely a práce na ich udržiavaní v bezpečnom stave.

Banský revír – časť banského priestoru, v ktorom sa dobýva úžitkový nerast.

Dobývací priestor – priestor, kde prebieha ťažba. Zvislý priemet jeho okrajov na povrch definuje jeho hranice.

Čelba – predná čelná plocha razeného diela.

Činnosť vykonávaná banským spôsobom – činnosťou vykonávanou banským spôsobom sa podľa § 3 Zákona č. 51/1988 Zb. o banskej činnosti, výbušninách a o štátnej banskej správe (banský zákon) v znení neskorších predpisov rozumie:

- dobývanie ložísk nevyhradených nerastov vrátane úpravy a zušľachťovania nerastov vykonávaných v súvislosti s ich dobývaním,
- zabezpečovanie a likvidácia banských diel a lomov, ako aj vyhľadávanie a ložiskový geologický prieskum nevyhradených nerastov, inžiniersko-geologický a hydrogeologický prieskum okrem geologických prác vykonávaných za účelom získania dopĺňajúcich údajov pre dokumentáciu stavieb,
- ťažba pieskov a štrkopieskov v korytách vodných tokov plávajúcimi strojmi vrátane úpravy a zušľachťovania týchto surovín vykonávaných v súvislosti s ich ťažbou, s výnimkou odstraňovania nánosov pieskov a štrkopieskov pri údržbe vodných tokov,
- podzemné práce vykonávané banským spôsobom, najmä hĺbenie jám a jamíc, razenie štôlní a tunelov, ako aj iných podzemných priestorov s objemom nad 250 m^3,
- práce na zabezpečenie stability podzemných priestorov (podzemné sanačné práce), práce na sprístupňovaní jaskýň a práce na ich udržiavaní v bezpečnom stave, zemné práce vykonávané s použitím strojov a výbušnín, ak sa na jednej lokalite premiestňuje viac ako 100 000 m^3 horniny,
- strojové vŕtanie studní s dĺžkou nad 30 m a vrty s dĺžkou nad 30 m na iné účely než sú činnosti uvedené vyššie,
- čerpanie prírodných liečivých a stolových minerálnych vôd v banských dielach.

Chodba – banské dielo, ktoré nevystupuje na povrch, môže byť:

- **hlavná** – vybavená dopravnými a vetracími zariadeniami,
- **smerová** – razí sa v smere plánovanej ťažby nerastu, pri výstavbe tunelov sa vytyčuje v smere osi diela,
- **dovrchná** – chodba razená šikmo nahor.

Jama – zvislé, niekedy úklonné dielo s menším priemerom, môže byť:

- **ťažná** – dopravná,
- **vťažná** – slúži na prúdenie čerstvého vzduchu z povrchu do bane,
- **výdušná** – slúži na odvedenie znečisteného vzduchu z bane na povrch,
- **kutacia a prieskumná** – slúži na vyhľadávanie ložísk nerastu,
- **slepá** – spája dva alebo viac obzorov v bani, nevychádza na povrch a slúži na prepravu rúbaniny.

Komín – zvislé alebo úklonné dielo, ktoré spája niekoľko úrovní v podzemí alebo vystupuje na povrch, používa sa na vetranie, dopravu a niekedy aj na meračské práce.

Nerast – prvok alebo zlúčenina s kryštalickou štruktúrou prirodzene sa vyskytujúca v zemskej kôre. Zákon č. 44/1988 Zb. o ochrane a využití nerastného bohatstva (banský zákon) definuje nerasty ako tuhé, kvapalné a plynné časti zemskej kôry.

Nerasty vyhradené – medzi vyhradené nerasty patria nerasty uvedené v zozname nevyhradených nerastov (§ 2 banského zákona):

- rádioaktívne nerasty,
- všetky druhy uhlia, ropy a horľavého zemného plynu a bituminózne horniny vhodné na energetické využitie,
- nerasty, z ktorých možno priemyselne vyrábať kovy,
- magnezit,
- nerasty, z ktorých možno priemyselne vyrábať fosfor, síru a fluór alebo ich zlúčeniny,
- kamenná soľ, draselné, bórové, brómové a jódové soli,
- grafit, baryt, azbest, sľuda, mastenec, diatomit, sklársky a zlievarenský piesok, minerálne farbivá, bentonit,
- nerasty, z ktorých možno priemyselne vyrábať prvky vzácnych zemín a prvky s vlastnosťami polovodičov,
- granit, granodiorit, diorit, gabro, diabas, hadec, dolomit a vápenec, pokiaľ sú blokovo dobývateľné a leštiteľné, a travertín,
- technicky použiteľné kryštály nerastov a drahé kamene,
- halloyzit, kaolín, keramické a žiaruvzdorné íly a ílovce, sadrovec, anhydrit, živce, perlit a zeolit,

- kremeň, kremenec, vápenec, dolomit, slieň, čadič, znelec, trachyt, pokiaľ sú tieto nerasty vhodné na chemickotechnologické spracovanie alebo spracovanie tavením,
- mineralizované vody, z ktorých sa môžu priemyselne získavať vyhradené nerasty,
- technicky využiteľné prírodné plyny, pokiaľ nepatria medzi plyny uvedené vyššie.

O zaradení nerastov do zoznamu vyhradených nerastov rozhoduje Ministerstvo životného prostredia SR.

Nerasty nevyhradené – nerasty, ktoré nie sú uvedené v zozname vyhradených nerastov.

Obzor – sústava banských diel nachádzajúca sa približne v rovnakej úrovni.

Ochranné dielo – vymedzená časť nadložia, ktorá slúži na zamedzenie alebo zníženie vplyvu banskej činnosti na objekty nachádzajúce sa na povrchu.

Počva – dno banských diel (chodby, štôlne) alebo hlbinných vrtov.

Porub – pracovisko, na ktorom sa úžitkový nerast dobýva.

Prerážka – miesto, kde sa dve čelby spoja. Miesto prerážky sa vyznačí vytýčením bodu na konci prerážky – prerážkovým bodom.

Prerážkový bod – určený (vytýčený) a stabilizovaný bod na konci prerážky (obvykle priesečník zvislej osi a nivelety v mieste prerážky alebo priesečník zvislej a vodorovnej osi banského diela).

Prerážkový uhol – uhol na vytýčenie smeru razeného banského diela (ide o vodorovný a zvislý uhol smeru od poslednej strany polygónového ťahu po prerážkový bod).

Protičelba – razenie z dvoch strán oproti sebe.

Rúbanie – činnosť, pri ktorej sa uvoľňuje úžitkový nerast z ložiska.

Stojka – podpera, ktorá zachytáva zvislé tlaky nadložia v podzemí.

Šachta – zvislé dielo s väčším priemerom, ktoré obsahuje aj dopravné zariadenia (napr. výťah).

Štôlňa – vodorovné alebo mierne sklonené banské dielo, väčšinou menšieho prierezu (približne do 16 m^2), ktoré umožňuje vstúpiť do podzemia a začína na povrchu.

Štôlňa dedičná – hlavná chodba, ktorá sa nachádza na najnižšie položenom mieste banského revíru, je využívaná najmä na dopravu, vetranie a odvodňovanie.

Úpadnica – šikmé banské dielo hĺbené v ložisku v smere jeho najväčšieho sklonu.

Úvodné dielo – hlavný vstup do bane, ak ide o hlbinnú baňu je ním ústie hlavnej šachty.

Veraj – drevená alebo oceľová výstuž chodby, ktorá pozostáva z dvoch stojok a stropnice.

Obr. 1.7. Veraj banskej chodby vo forme drevených stojok a stropnice (Krošľák, 2015)

Obr. 1.8. Kombinovaná oblúková výstuž štôlne (Čierne diery, 2017)

Zarážkový bod – vytýčený stred banského diela na povrchu, kde sa začína razenie (obvykle priesečník zvislej osi a nivelety v mieste začiatku prerážky alebo priesečník zvislej a vodorovnej osi banského diela vstupujúceho z povrchu do podzemia). V prípade zvislých banských diel (šachty, jamy) sa za zarážkový bod považuje priesečník zvislej osi diela s povrchom.

Zával – živelné alebo kontrolované nahromadenie vrstiev do vyrúbaného banského priestoru.

2 Legislatívne predpisy v oblasti banskej činnosti a činností vykonávaných banským spôsobom

Dobývanie nerastného bohatstva je činnosť, ktorá významným spôsobom ovplyvňuje okrem vybraných ekonomických ukazovateľov aj celkovú prosperitu regiónu, v ktorom je realizovaná. Výrazným spôsobom však ovplyvňuje aj environmentálne podmienky regiónu a dotknutej oblasti. Najmä povrchová ťažba nerastných surovín je spojená s intenzívnymi zásahmi do prostredia, ktoré výrazným spôsobom menia reliéf zemského povrchu, žiaľ často s negatívnym dopadom na životné prostredie. Banská činnosť a činnosti vykonávané banským spôsobom preto podliehajú prísnej regulácii zo strany štátu, ktorá sa uplatňuje prostredníctvom celej série legislatívnych predpisov.

Výkon štátnej správy na úseku banskej činnosti a činností vykonávaných banským spôsobom realizuje štát prostredníctvom **banských úradov**, ktoré pôsobia pod gesciou **Ministerstva hospodárstva SR (MH SR)**. Úlohu hlavného dozoru orgánov štátnej banskej správy plní **Hlavný banský úrad (HBÚ)** so sídlom v Banskej Štiavnici, ktorý zároveň riadi činnosť **obvodných banských úradov**. Banskú činnosť na území Slovenskej republiky rámcovo upravujú tieto zákony a vykonávacie vyhlášky:

- **Zákon č. 44/1988 Zb.** o ochrane a využití nerastného bohatstva (**banský zákon**) v znení neskorších predpisov, dostupný na: http://www.zakonypreludi.sk/zz/1988-44,
- **Zákon SNR č. 51/1988 Zb.** o banskej činnosti, výbušninách a o štátnej banskej správe v znení neskorších predpisov, dostupný na: http://www.zakonypreludi.sk/zz/1988-51,
- **Výnos Ministerstva hospodárstva Slovenskej republiky č. 1/1993** o bansko-meračskej dokumentácii pri banskej činnosti a niektorých činnostiach vykonávaných banským spôsobom (**banskomeračský predpis**), dostupný na: http://www.hbu.sk/files/documents/zoznamy/specialnepredpisy/vynos-mh-sr-c-1-1993-o-banskomeracskej-dokumentacii.rtf,
- **Vyhláška Slovenského banského úradu č. 21/1989 Zb.** o bezpečnosti a ochrane zdravia a bezpečnosti prevádzky pri banskej činnosti a činnosti vykonávanej banským spôsobom v podzemí v znení neskorších predpisov, dostupná na: http://www.zakonypreludi.sk/zz/1989-21,
- **Vyhláška Slovenského banského úradu č. 29/1989 Zb.** o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci a bezpečnosti prevádzky pri banskej činnosti a činnosti vykonávanej banským spôsobom na povrchu v znení neskorších predpisov, dostupná na: http://www.zakonypreludi.sk/zz/1989-29,
- **Vyhláška Slovenského banského úradu č. 79/1988 Zb.** o chránených ložiskových územiach a dobývacích priestoroch v znení vyhlášky Slovenského banského úradu č. 533/1991 Z. z., vyhlášky Ministerstva hospodárstva SR č. 295/1999 Z. z. a neskorších predpisov, dostupná na: http://www.zakonypreludi.sk/zz/1988-79,
- **Vyhláška Slovenského banského úradu č. 89/1988 Zb.** o racionálnom využívaní výhradných ložísk, o povoľovaní a ohlasovaní banskej činnosti a ohlasovaní činnosti

vykonávanej banským spôsobom v znení vyhlášky Slovenského banského úradu č. 16/1992 Z. z. a neskorších predpisov, dostupná na: http://www.zakonypreludi.sk/zz/1988-89,

Vyhláška Ministerstva hospodárstva Slovenskej republiky č. 333/1996 Z. z., ktorou sa ustanovujú obvody pôsobnosti obvodných banských úradov v znení neskorších predpisov, dostupná na: http://www.zakonypreludi.sk/zz/1996-333.

Banský zákon ustanovuje zásady ochrany a racionálneho využívania nerastného bohatstva, najmä pri geologickom prieskume, otvárke, príprave a dobývaní ložísk nerastov, úprave a zušľachťovaní nerastov vykonávanom v súvislosti s ich dobývaním, ako aj bezpečnosti prevádzky a ochrany životného prostredia pri týchto činnostiach. Zákon definuje:

- zoznam vyhradených a nevyhradených nerastov, ktoré možno legálne dobývať,
- rámcové podmienky pre geologický prieskum a hospodárenie so zásobami výhradných ložísk (výhradným ložiskom sa rozumie ložisko nerastného bohatstva, na ktoré je vydané osvedčenie Ministerstva životného prostredia SR),
- spôsob a podmienky ochrany nerastného bohatstva,
- podmienky na výstavbu, rekonštrukciu a likvidáciu baní a povrchových lomov,
- podmienky dobývania výhradných ložísk,
- osobitné zásahy do zemskej kôry (uskladňovanie plynov alebo kvapalín v prírodných horninových štruktúrach a v podzemných priestoroch, ukladanie rádioaktívnych a iných odpadov v podzemných priestoroch, trvalé ukladanie oxidu uhličitého do geologického prostredia a využívanie geotermálnej energie),
- spôsob odstraňovania a náhrady škôd spôsobených nehodami alebo inými mimoriadnymi udalosťami v banských priestoroch,
- povinnosť viesť banskomeračskú a geologickú dokumentáciu.

Zákon č. 51/1988 Zb. o banskej činnosti, výbušninách a o štátnej banskej správe v znení neskorších predpisov ustanovuje podmienky vykonávania banskej činnosti a činnosti vykonávanej banským spôsobom najmä z hľadiska racionálneho využívania ložísk nerastov, bezpečnosti práce a prevádzky, ochrany pracovného prostredia, ako aj podmienky používania výbušnín a upravuje organizáciu a pôsobnosť orgánov štátnej banskej správy. Tento zákon nedefinuje podmienky používania streliva. Zákon definuje:

- rozsah činností, ktoré patria do skupiny banských činností a činností vykonávaných banským spôsobom,
- podmienky vydávania oprávnení na vykonávanie niektorých banských činností a činností vykonávaných banským spôsobom,
- spôsob vedenia banského registra vedeného príslušnými obvodnými banskými úradmi,
- požiadavky na vypracovanie a aktualizáciu plánov likvidácie závažných prevádzkových nehôd,
- pôsobnosť banskej záchrannej služby,
- možnosti použitia, evidencie a údržby technických a vyhradených technických zariadení,
- podmienky pre povoľovanie banskej činnosti,
- obsah a základné náležitosti banskomeračskej a geologickej dokumentácie,

- podmienky zaobchádzania s výbušninami, výroby, prepravy a uskladnenia výbušnín a pyrotechnických výrobkov pre banskú činnosť,
- pôsobnosť orgánov štátnej banskej správy a Ministerstva hospodárstva Slovenskej republiky v rámci banskej činnosti,
- možnosti vyvlastnenia nehnuteľností vo verejnom záujme pre banskú činnosť,
- činnosť a právomoci banských inšpektorov.

Obidva zákony ukladajú povinnosť viesť banskomeračskú a geologickú dokumentáciu schváleného dobývacieho priestoru. V prípade, že obvodný banský úrad pri inšpekcii zistí, že sa pre predmetný dobývací priestor nevedie banskomeračská dokumentácia, stanoví lehotu odstránenia tohto nedostatku.

Obsah a náležitosti banskomeračskej dokumentácie ustanovuje Výnos Ministerstva hospodárstva Slovenskej republiky č. 1/1993 o banskomeračskej dokumentácii, pri banskej činnosti a niektorých činnostiach vykonávaných banským spôsobom (banskomeračský predpis). Banskomeračský predpis upravuje vyhotovovanie, vedenie, dopĺňanie a uchovávanie banskomeračskej dokumentácie pri nasledovných činnostiach:

- pri banskej činnosti, s výnimkou úpravy a zušľachťovania nerastov vykonávaného v súvislosti s ich dobývaním,
- dobývanie ložísk nevyhradených nerastov, zabezpečovanie a likvidácia banských diel a lomov, ako aj vyhľadávanie a prieskum ložísk nevyhradených nerastov,
- podzemné práce vykonávané banským spôsobom, najmä hĺbenie jám a jamíc, razenie štôlní a tunelov, ako aj iných podzemných priestorov s objemom nad 500 m^3,
- práce na sprístupňovaní jaskýň a práce na ich udržiavaní v bezpečnom stave,
- nevzťahuje sa na povrchové dobývanie ložísk nevyhradených nerastov, ak postup každej z ťažobných stien je menší ako 20 m za rok a ročná ťažba neprekročí 50 000 m^3.

Banskomeračský predpis ďalej definuje:

- rozsah platnosti banskomeračského predpisu,
- osobu, resp. organizáciu zodpovednú za vedenie banskomeračskej dokumentácie,
- funkciu hlavného banského merača a banského merača,
- podmienky pre budovanie a údržbu banského bodového poľa,
- metódy a presnosť merania v banských priestoroch,
- obsah banskomeračskej dokumentácie,
- obsah a druhy základných banských máp,
- spôsob realizácie zmien a opráv v banskomeračskej dokumentácii,
- podmienky realizácie vytyčovacích prác,
- značkový kľúč pre grafickú časť banskomeračskej dokumentácie.

Vyhláška Slovenského banského úradu č. 89/1988 Z. z. o racionálnom využívaní výhradných ložísk, o povoľovaní a ohlasovaní banskej činnosti a ohlasovaní činnosti vykonávanej banským spôsobom v znení vyhlášky Slovenského banského úradu č. 16/1992 Z. z. a neskorších predpisov definuje zoznam náležitostí dokumentácie pre ohlasovanie, povoľovanie banskej činnosti, uzávery a likvidáciu banských diel. Vyhláška definuje:

- druhy povolení banskej činnosti, ktoré sa odvíjajú od rozsahu a účelu prác,
- povinné náležitosti žiadosti o povolenie banskej činnosti,
- definuje právomoci obvodného banského úradu pri povoľovaní banskej činnosti,
- stanovuje podmienky ohlasovania banskej činnosti – fyzické a právnické osoby oprávnené realizovať banskú činnosť, obsah a spôsob ohlásenia, ohlasovacie lehoty a podmienky oznamovania výsledkov banskej činnosti,
- definuje obsah dokumentácie pri povoľovaní a ohlasovaní banskej činnosti, na ktorej sa podieľajú geodeti a banskí merači.

Súčinnosť geodetov a banských meračov v zmysle tejto vyhlášky je potrebná pri týchto úlohách:

- tvorba účelových máp a rezov na dokumentáciu vyhľadávania a prieskumu výhradného ložiska banskými dielami, ktoré zobrazujú cieľ vyhľadávania a prieskumu, zabezpečenie prevádzky, opatrenia na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci, nakladanie s banskými vodami, zabezpečenie požiadaviek štátnych orgánov, prehľad banských diel, ktoré ústia na zemskom povrchu,
- tvorba účelových máp a rezov na dokumentáciu zabezpečenia a likvidácie banských diel pri vyhľadávaní a prieskume výhradného ložiska banskými dielami,
- príprava plánu otvárky, prípravy a dobývania výhradného ložiska hlbinným a povrchovým spôsobom,
- plán ťažobnej otvárky a ťažby ropy, horľavého zemného plynu a technicky využiteľného prírodného plynu,
- plán prípravy, otvárky a dobývania lúhovacieho poľa,
- plán zabezpečenia banských diel a lomov a likvidácie hlavných banských diel a lomov,
- plán zabezpečenia a likvidácie vrtov a sond,
- plán zabezpečenia a likvidácie lúhovacieho poľa,
- dokumentácia osobitných zásahov do zemskej kôry,
- dokumentácia zabezpečenia a likvidácie osobitných zásahov do zemskej kôry,
- plán zabezpečenia a likvidácie starých banských diel.

Vyhláška Ministerstva hospodárstva SR č. 333/1996 Z. z. v znení neskorších predpisov ustanovuje obvody pôsobnosti obvodných banských úradov (pozri kap. 3).

3 Štátna banská správa a postavenie banských meračov

3.1 Štátna banská správa

Štátna banská správa je najstarší historicky doložený štátny orgán, pôsobiaci na území Slovenska. Prvé konštituovanie banského práva možno evidovať už v roku 1035, keď bolo v 6. oddiele knihy II. konštitúcie vypovedané, že si nesmie nik privlastniť kráľovských práv a majetku (regálie). Jednotná banská správa bola zavedená vydaním banského poriadku kráľa Maximiliána v roku 1573, ktorý na území Uhorska platil s doplnkami, podľa ktorých banským mestám zostali zaručené ich staré slobody a práva. V roku 1854 bol v Uhorsku zavedený všeobecný banský zákon, ktorý okrem iného obsahoval niektoré základné ustanovenia, ktoré sa týkali pôsobnosti banských úradov (Dvanásty diel: O hlavnom dozore banských úradov nad baňami a o konaní pri ňom). Na základe tohto zákona bol v roku 1871 vydaný zákon o zriadení a pôsobnosti banských úradov. Zavedením všeobecného banského zákona v roku 1854 došlo aj k zmene vo vykonávaní banskej správy, keď boli zriadené banské kapitanáty a banské komisariáty. Banské kapitanáty plnili funkciu prvostupňového orgánu. V roku 1919 vznikol Vládny komisariát pre banské a hutnícke záležitosti, ktorý plnil funkciu druhostupňového orgánu banskej správy na Slovensku. Na území Slovenska pôsobili do roku 1934 dva banské kapitanáty, v Banskej Bystrici a v Spišskej Novej Vsi. Výrazná úprava organizácie štátnej banskej správy bola vykonaná až po 2. svetovej vojne vládnym nariadením v roku 1954, o organizácii štátnej banskej správy.

Všeobecný banský zákon z roku 1854, i keď s viacerými zmenami spôsobenými hlavne zmenami v národnom hospodárstve, zostal v platnosti až do roku 1957. V tomto roku bol prijatý nový banský Zákon č. 41/1957 Zb. o využití nerastného bohatstva. Zákon stanovil, že hlavný dozor nad dodržiavaním banských predpisov vykonáva štátna banská správa. Tento zákon zostal nezmenený až do roku 1988, keď bol prijatý nový federálny banský Zákon č. 44/1988 Zb. o ochrane a využití nerastného bohatstva (banský zákon) a Zákon SNR č. 51/1988 Zb. o banskej činnosti, výbušninách a o štátnej banskej správe. Banský zákon rozšíril pôsobnosť štátnej banskej správy o niektoré ďalšie kompetencie, hlavne v oblasti ochrany nerastného bohatstva. Zákon SNR č. 51/1988 Zb. podstatne rozšíril pôsobnosť štátnej banskej správy, hlavne v oblasti využívania výbušnín (Hlavný banský úrad, 2018).

Výkon štátnej správy na úseku banskej činností a činností vykonávaných banským spôsobom realizuje v súčasnosti štát prostredníctvom banských úradov, ktoré pôsobia pod gesciou Ministerstva hospodárstva SR. Úlohu hlavného dozoru orgánov štátnej banskej správy plní Hlavný banský úrad (HBÚ) so sídlom v Banskej Štiavnici, ktorý zároveň riadi činnosť obvodných banských úradov. Na čele HBÚ je predseda, ktorého vymenúva a odvoláva minister hospodárstva SR. Pri výkone hlavného dozoru HBÚ ukladá opatrenia na zabezpečenie racionálneho využívania ložísk nerastov a na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci a bezpečnosti prevádzky a za tým účelom organizuje, riadi a vykonáva osobitné previerky pracovísk, činností a technických zariadení a vymedzuje pôsobnosť

banských záchranných staníc. Určuje podmienky na ustanovenie do funkcií a preveruje odbornú spôsobilosť vedúcich zamestnancov pracovísk.

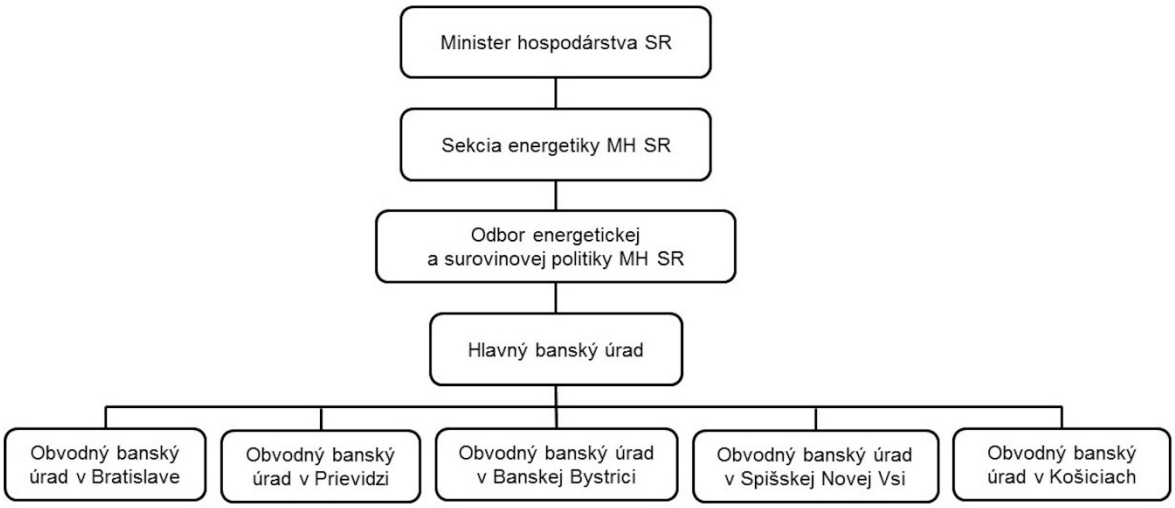
HBÚ vedie súhrnnú evidenciu dobývacích priestorov a ich zmien, určuje podmienky používania vybraných banských strojov a zariadení. Posudzuje odbornú spôsobilosť zamestnancov v rozsahu ustanovenom banským zákonom a súvisiacimi predpismi, vydáva týmto zamestnancom príslušné osvedčenia alebo oprávnenia na výkon funkcií alebo im tieto osvedčenia alebo oprávnenia odníma. HBÚ tiež schvaľuje učebné texty na vzdelávanie a vydáva skúšobné poriadky.

Obvodné banské úrady (OBÚ) sú predovšetkým výkonnými orgánmi štátnej banskej správy. Na čele OBÚ je predseda, ktorého vymenúva a odvoláva predseda HBÚ. Pri výkone hlavného dozoru OBÚ kontrolujú plnenie povinností vyplývajúcich z banského zákona a ďalších predpisov, ako aj predpisov vydaných na ich základe, ak upravujú ochranu a využívanie ložísk nerastov, bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci a bezpečnosť prevádzky. Dozerajú na stav, vybavenie a činnosť banskej záchrannej služby a preverujú odbornú spôsobilosť jej vedúcich zamestnancov s výnimkou zamestnancov hlavných banských záchranných staníc a obvodných banských záchranných staníc. Obvody pôsobnosti OBÚ určuje Vyhláška Ministerstva hospodárstva SR č. 333/1996 Z. z. v znení neskorších predpisov (Obr. 3.1):

a) **Obvodný banský úrad v Bratislave** pre okresy Bratislava I, Bratislava II, Bratislava III, Bratislava IV, Bratislava V, Malacky, Pezinok, Senec, Myjava, Trnava, Dunajská Streda, Galanta, Hlohovec, Piešťany, Senica, Skalica, Nitra, Komárno, Levice, Nové Zámky, Šaľa, Zlaté Moravce,
b) **Obvodný banský úrad v Banskej Bystrici** pre okresy Banská Bystrica, Banská Štiavnica, Brezno, Detva, Krupina, Lučenec, Poltár, Veľký Krtíš, Zvolen, Žarnovica, Žiar nad Hronom, Dolný Kubín, Liptovský Mikuláš, Martin, Námestovo, Ružomberok, Turčianske Teplice, Tvrdošín,
c) **Obvodný banský úrad v Košiciach** pre okresy Košice I, Košice II, Košice III, Košice IV, Košice-okolie, Michalovce, Sobrance, Trebišov, Prešov, Bardejov, Humenné, Medzilaborce, Sabinov, Snina, Stropkov, Svidník, Vranov nad Topľou,
d) **Obvodný banský úrad v Prievidzi** pre okresy Trenčín, Bánovce nad Bebravou, Ilava, Nové Mesto nad Váhom, Partizánske, Považská Bystrica, Prievidza, Púchov, Žilina, Bytča, Čadca, Kysucké Nové Mesto, Topoľčany,
e) **Obvodný banský úrad v Spišskej Novej Vsi** pre okresy Kežmarok, Levoča, Poprad, Stará Ľubovňa, Gelnica, Rožňava, Spišská Nová Ves, Revúca a Rimavská Sobota.

OBÚ preverujú, či organizácia vykonávajúca banskú činnosť alebo činnosť vykonávanú banským spôsobom je spôsobilá projektovať a vyrábať vyhradené technické zariadenia slúžiace na vykonávanie banskej činnosti alebo činnosti vykonávanej banským spôsobom, vydávajú jej príslušné povolenie, prípadne jej toto povolenie odnímajú. Ďalej preverujú skúškami u zamestnancov znalosť predpisov, ktorú títo zamestnanci potrebujú na výkon riadiacich a kontrolných funkcií. Posudzujú odbornú spôsobilosť zamestnancov na výkon

vybraných funkcií a vydávajú im osvedčenia alebo oprávnenia na výkon funkcií, prípadne im tieto osvedčenia alebo oprávnenia odnímajú.



Obr. 3.1. Aktuálna štruktúra banskej správy (Hlavný banský úrad, 2018)

OBÚ okrem iného ďalej:

a) určujú, menia alebo rušia chránené ložiskové územia a dobývacie priestory a vedú ich evidenciu,
b) povoľujú otvárku, prípravu a dobývanie výhradných ložísk a v určených prípadoch geologický prieskum výhradných ložísk banskými dielami,
c) povoľujú dobývanie ložísk nevyhradených nerastov, ako aj zabezpečenie banských diel a lomov a likvidáciu hlavných banských diel a lomov,
d) vydávajú súhlas na povolenie stavieb a zariadení v chránenom ložiskovom území,
e) nariaďujú vyhotovenie alebo doplnenie banskomeračskej a geologickej dokumentácie, ak chýbajú, sú neúplné alebo ak sú v nich nedostatky,
f) povoľujú sprístupňovanie banských diel na muzeálne účely a práce na ich udržiavaní v bezpečnom stave, osobitné zásahy do zemskej kôry a zabezpečenie alebo likvidáciu starých banských diel,
g) povoľujú trhacie práce a ohňostrojné práce,
h) povoľujú umiestnenie, stavbu a užívanie, zrušenie alebo odstránenie skladov výbušnín v prípadoch a za podmienok ustanovených § 31 a § 32 Zákona SNR č. 51/1988 Zb. v znení neskorších predpisov,
i) vedú evidenciu organizácií, ktorým vydali povolenie na vykonávanie trhacích alebo ohňostrojných prác, povolenia na prevoz výbušnín a povolenie na užívanie, zrušenie alebo odstránenie skladov výbušnín,
j) vydávajú a rušia banské oprávnenia a vedú banský register,
k) plnia ďalšie úlohy vyplývajúce zo Zákona č. 44/1988 Zb. v znení neskorších predpisov, zákona SNR č. 51/1988 Zb. v znení neskorších predpisov, a iných všeobecne záväzných právnych predpisov.

3.2 Postavenie a úlohy banských meračov

Pri projektovaní, výstavbe a prevádzke banských závodov a ich podzemných častí, sa vyžadujú podklady a súčinnosť personálu s odborným vzdelaním v oblasti merania geometrických veličín (uhlov, dĺžok, prevýšení a pod.), určovania polohy, tvorby mapových podkladov, vytyčovania a realizácie kontrolných meraní. Podmienky merania, najmä v podzemí, vykazujú osobitosti v porovnaní s bežnými geodetickými meraniami. Tieto osobitosti viedli k vzniku osobitného odvetvia označované ako banské meračstvo. Osoby s odborným vzdelaním, potrebným na výkon týchto činností, sa nazývajú „banskí merači“, v minulosti „markšajderi“ (z nemeckého Markscheider).

Banskí merači svojimi znalosťami garantujú kvalitu výkonu banskomeračských činností v plnom rozsahu, tvorbu, obsah a kvalitu banských máp, budovanie banských bodových polí, vytyčovanie a kontrolné meranie banských objektov a objektov, budovaných banským spôsobom na povrchu, ako aj v podzemí. Ich pôsobenie, úlohy a povinnosti vymedzuje banskomeračský predpis ustanoveniami § 2 až § 4.

Každá právnická osoba, ktorá vykonáva banské činnosti alebo podzemné práce banským spôsobom (hĺbenie jám, razenie štôlní a tunelov, a pod.), ako aj práce na sprístupňovaní jaskýň a iných podzemných priestorov, je povinná zabezpečiť vedenie banskomeračskej dokumentácie a odborný výkon banskomeračských prác. Za riadne vedenie, správnosť, úplnosť a odborné vyhotovenie banskomeračskej dokumentácie zodpovedá pracovník poverený organizáciou, s príslušným odborným vzdelaním a odbornou spôsobilosťou – **hlavný banský merač**. Za správnosť a úplnosť jednotlivých meraní a častí banskomeračskej dokumentácie zodpovedá pracovník, ktorý tieto práce vykonáva alebo riadi a disponuje s príslušným odborným vzdelaním a odbornou spôsobilosťou – **banský merač**. O prevzatí výsledkov meraní, podkladov a údajov do banskomeračskej dokumentácie vyhotovených iným útvarom alebo organizáciou rozhoduje hlavný banský merač. Svoj súhlas s prevzatím výsledkov vyznačí priamo na dokumentácii, ktorú overí svojim podpisom.

Funkciu **hlavného banského merača** smie vykonávať osoba s vysokoškolským vzdelaním v odbore:

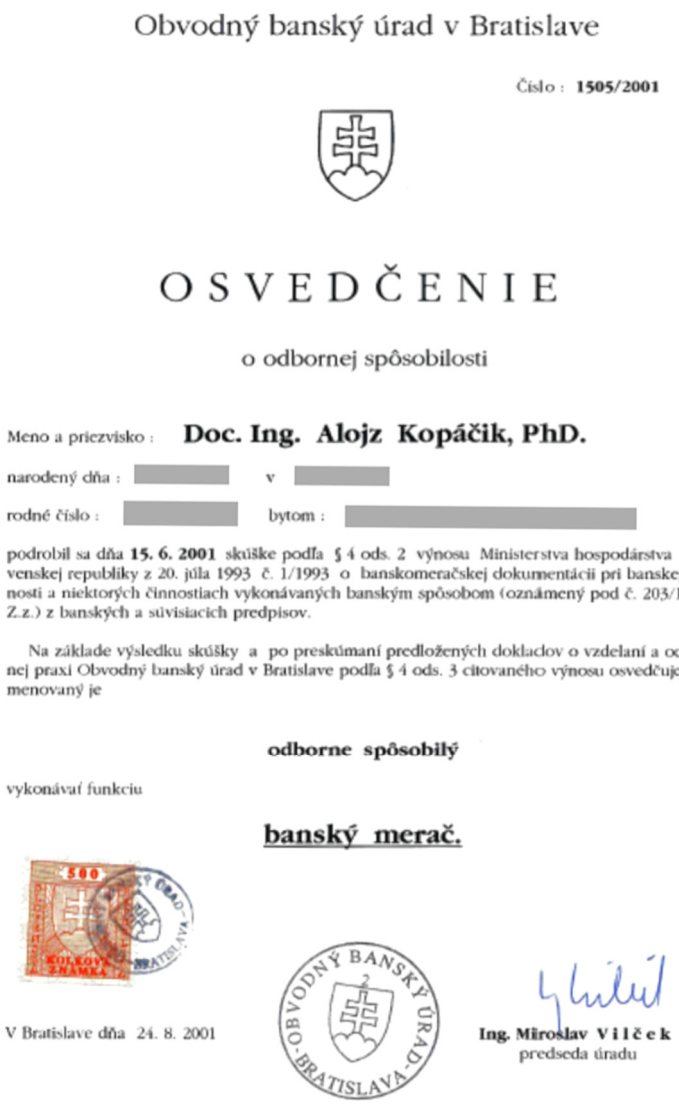
a) banské meračstvo s minimálne dvojročnou praxou v odbore banské meračstvo,
b) banská geológia alebo geodézia a kartografia s minimálne trojročnou praxou v odbore banské meračstvo.

Odbornú spôsobilosť preukazuje uchádzač o pozíciu hlavného banského merača (fyzická osoba) vykonaním skúšky pred skúšobnou komisiou, menovanou Ministerstvom hospodárstva SR (ďalej len „ministerstvo“), podľa skúšobného poriadku vydaného ministerstvom. O spôsobilosti uchádzača vydá ministerstvo osvedčenie.

Funkciu **banského merača** smie vykonávať osoba s vysokoškolským alebo úplným stredoškolským odborným vzdelaním v odbore:

a) banské meračstvo,
b) banská geológia alebo geodézia a kartografia s minimálne trojročnou praxou v odbore banské meračstvo.

Odbornú spôsobilosť preukazuje uchádzač o pozíciu banského merača (fyzická osoba) vykonaním skúšky pred komisiou OBÚ, podľa skúšobného poriadku vydaného ministerstvom. O spôsobilosti vydá OBÚ uchádzačovi osvedčenie (Obr. 3.2).



Obvodný banský úrad v Bratislave

Číslo : **1505/2001**

OSVEDČENIE

o odbornej spôsobilosti

Meno a priezvisko : **Doc. Ing. Alojz Kopáčik, PhD.**

narodený dňa : [redacted] v [redacted]

rodné číslo : [redacted] bytom : [redacted]

podrobil sa dňa **15. 6. 2001** skúške podľa § 4 ods. 2 výnosu Ministerstva hospodárstva Slovenskej republiky z 20. júla 1993 č. 1/1993 o banskomeračskej dokumentácii pri banskej činnosti a niektorých činnostiach vykonávaných banským spôsobom (oznámený pod č. 203/1993 Z.z.) z banských a súvisiacich predpisov.

Na základe výsledku skúšky a po preskúmaní predložených dokladov o vzdelaní a odbornej praxi Obvodný banský úrad v Bratislave podľa § 4 ods. 3 citovaného výnosu osvedčuje, že menovaný je

odborne spôsobilý

vykonávať funkciu

banský merač.

KOLKOVÁ ZNÁMKA

V Bratislave dňa 24. 8. 2001

OBVODNÝ BANSKÝ ÚRAD BRATISLAVA

Ing. Miroslav Vilček
predseda úradu

Obr. 3.2. Osvedčenie o odbornej spôsobilosti banského merača

4 Banskomeračská dokumentácia

Povinnosť vyhotovovať, viesť, dopĺňať a uchovávať banskomeračskú dokumentáciu ukladá právnickej či fyzickej osobe banskomeračský predpis, ktorý túto povinnosť ukladá pri vykonávaní banských činností, s výnimkou úpravy a zušľachťovania nerastov vykonávaného v súvislosti s ich ťažbou. Pri činnostiach vykonávaných banským spôsobom má zhotoviteľ povinnosť viesť banskomeračskú dokumentáciu pri:

a) ťažbe nevyhradených nerastov, zabezpečovaní a likvidácii banských diel a lomov, vyhľadávaní a prieskume ložísk nevyhradených nerastov,
b) podzemných prácach vykonávaných banským spôsobom, najmä hĺbenie jám a jamíc, razenie štôlní a tunelov, ako aj iných podzemných priestorov s objemom nad 500 m^3,
c) prácach na sprístupňovaní jaskýň a prácach na ich udržiavaní v bezpečnom stave.

Výnos sa nevzťahuje na povrchové dobývanie ložísk nevyhradených nerastov, ak postup každej z ťažobných stien je menší ako 20 m za rok a ročná ťažba neprekročí 50 000 m^3.

Za riadne vedenie, správnosť, úplnosť a odborné vyhotovenie banskomeračskej dokumentácie zodpovedá pracovník poverený organizáciou – hlavný banský merač. Dohľad vykonáva kontrolou predpisom určených častí dokumentácie. Kontrolované časti dokumentácie opatrí svojim podpisom. Hlavný banský merač zároveň rozhoduje o prevzatí dokumentácie vyhotovenej iným útvarom organizácie alebo inou organizáciou do súboru banskomeračskej dokumentácie.

Za správnosť a úplnosť jednotlivých meraní a častí banskomeračskej dokumentácie zodpovedá pracovník, ktorý tieto práce vykonáva, riadi alebo tieto vyhotovil – banský merač. Túto skutočnosť vyznačí na dokumentoch svojim podpisom.

Za vedenie špeciálneho obsahu účelových banských máp vyhotovených využitím banskomeračskej dokumentácie alebo jej častí zodpovedá odborný pracovník poverený organizáciou. Táto skutočnosť sa na účelových mapách vyznačí a odborný pracovník ich taktiež potvrdí svojim podpisom.

Banskomeračská dokumentácia sa vyhotovuje v súradnicovom systéme Jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej (S-JTSK) a výškovom systéme Baltskom po vyrovnaní (Bpv). V banskej praxi sa využívajú aj mapy vyhotovené v minulosti využitím iných kartografických zobrazení a v iných súradnicových a výškových systémoch. Často sa využívali aj miestne systémy samotných banských závodov alebo revírov. Na území Slovenska sa môžeme stretnúť s banskými mapami alebo časťami banskomeračskej dokumentácie vyhotovenými kartografickým zobrazením s valcovou projekciou (roky 1853 až 1864) so stredom súradnicového systému na trigonometrickom bode Gellérthegy v Budapešti. Na území Českej republiky sa v danom období používala zhodná súradnicová sústava so stredom v bode Gustenberg pri Linzi, alebo sv. Štefan vo Viedni (kostol sv. Štefana).

4.1 Obsah banskomeračskej dokumentácie

Banskomeračská dokumentácia pozostáva zo súboru základnej dokumentácie, číselnej a grafickej časti.

4.1.1 Súbor základnej dokumentácie

Súbor základnej dokumentácie tvoria údaje o dobývacom priestore, chránenom ložiskovom území, chránených územiach a ochranných pásmach, ochrane povrchu, ochrane proti výronu plynov a vody, ochrane jám, ochranných pilierov a ostatných podzemných banských diel, pripájacích a usmerňovacích meraniach a meraniach v hlavnom polohovom a výškovom bodovom poli vrátene technických správ.

Najdôležitejšou a súbornou časťou súboru základnej dokumentácie je **evidenčná kniha** (v minulosti nazývaná „hlavná kniha“), ktorá obsahuje údaje o vykonaných meraniach, bodových poliach, údaje potrebné na konštrukciu banských máp, údaje o bodoch bodového poľa s trvalou stabilizáciou, odkazy na zápisníky, náčrty a pod.

4.1.2 Číselná časť

Číselná časť banskomeračskej dokumentácie pozostáva zo zápisníkov, výpočtových kníh, resp. výpočtových protokolov, zoznamov súradníc a výšok bodov banského bodového poľa, dokumentáciu o odovzdávaní výsledkov meraní a evidenciu (pohyb) zásob ložiska.

Pri jednotlivých meraniach, prípadne ich samostatných častiach, sa vždy uvedie miesto a predmet merania, dátum merania a vyhodnotenia, súradnice alebo výšky použitých bodov banského bodového poľa, banskomeračských náčrt, odkaz na zápisníky, prípadne inú dokumentáciu. Vstupné údaje a výsledky slúžiace na vedenie grafickej časti alebo slúžiace ako východiskové pre iné výpočty sa zapisujú trvalým spôsobom. Pri vstupných údajoch sa uvádza ich zdroj (napr. číslo strany zápisníka, zoznamu alebo protokolu). Ak sa pri meraní údaje zaznamenávajú na pamäťové média a výpočty vykonávajú na počítačoch, výstupné súbory (zostavy) z nich plnia funkciu číselnej časti banskomeračskej dokumentácie. Každá zostava musí obsahovať údaj o meračovi, vyhotoviteľovi v podobe mena a podpisu (v elektronických záznamoch evidenčného znaku).

Výpočty sa spracovávajú prehľadným spôsobom. Pri každom výpočte sa uvedie:

- odkaz na podklady, z ktorých sa čerpali vstupné údaje (merané i vypočítané),
- rozdiely dosiahnuté pri kontrole vstupných údajov a počas výpočtu a ich porovnanie s krajnými hodnotami odchýlok,
- meno osoby, ktorá výpočet vykonala alebo spracovala zadanie pre výpočet na počítači,
- meno osoby, ktorá kontrolovala výpočet alebo spracované zadanie na počítači, vrátane výsledkov kontroly,
- dátum výpočtu.

V prípade výpočtu vykonávaného ručne sa vo výpočtovom protokole vyznačia trvalým spôsobom vstupné údaje a výsledok výpočtu.

Zoznamy súradníc a výšok obsahujú súradnice bodov bodového poľa s trvalou stabilizáciou. Pre každý stabilizovaný bod sa uvedú základné identifikačné údaje v podobe – súradnice a výška, spôsob stabilizácie, miestopis, spôsob označenia, dátum určenia súradníc a výšky.

4.1.3 Grafická časť

Grafickú časť banskomeračskej dokumentácie tvorí súbor povrchových a podzemných máp (základná banská mapa, mapa povrchu, účelové banské mapy, profily a rezy. Podľa druhu banskej činnosti alebo činností vykonávaných banským spôsobom banskomeračský predpis rozoznáva základnú:

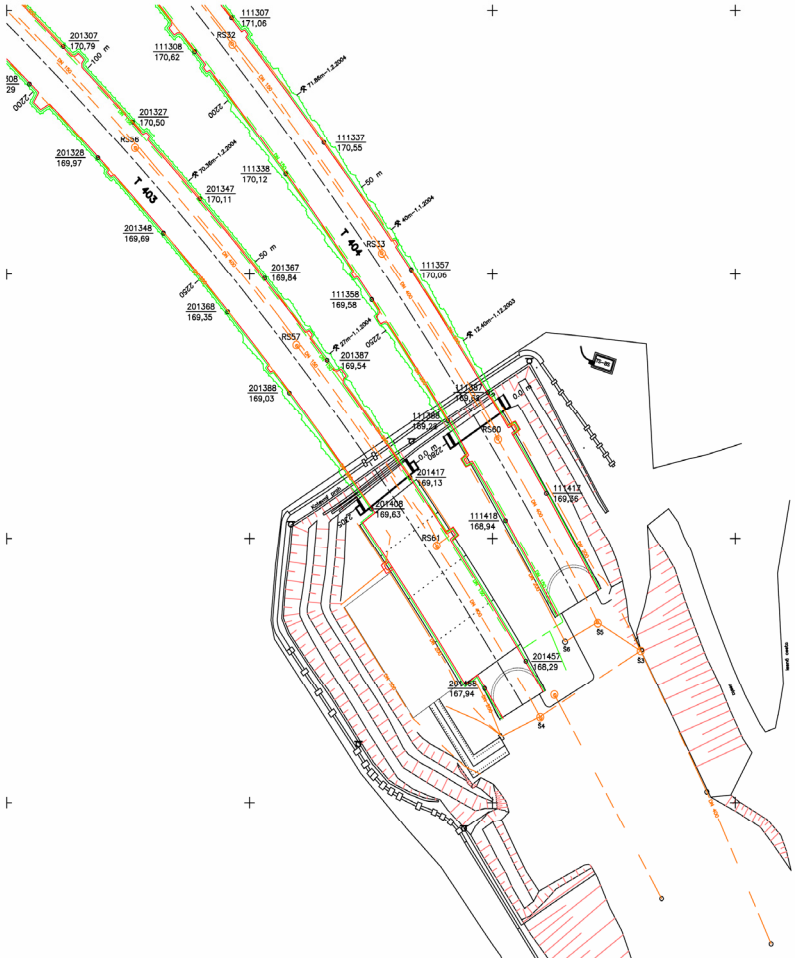
- prieskumnú mapu pri geologických prácach na ložiskách nerastov v podzemí a na povrchu,
- banskú mapu pri hlbinnej ťažbe nerastu a pri zabezpečovaní a likvidácii starých banských diel,
- mapu lomu pri povrchovej ťažbe ložísk nerastov,
- mapa pri ťažbe ropy a zemného plynu,
- mapa pri ťažbe lúhovaním,
- mapu jaskyne vedenú pri prácach na sprístupňovaní jaskýň a na ich udržiavaní v bezpečnom stave,
- mapa pri osobitných zásahoch do zemskej kôry (podľa § 34 banského zákona).

Základná banská mapa obsahuje zákres všetkých základných banských, geologických, technických a správnych skutočností (údajov) potrebných na riadne vedenie prác. Technologické objekty a zariadenia sa do základnej banskej mapy zakresľujú len v prípade, že budú na danom mieste najmenej tri roky. Originál základnej banskej mapy sa vyhotovuje na podklade, ktorého zrážanlivosť v žiadnom smere neprekročí hodnotu 0,1 %, v mierke 1 : 500, 1 : 1000 alebo 1 : 2000 jednotne v rámci celého dobývacieho priestoru alebo pracoviska. O voľbe mierky základnej banskej mapy rozhoduje hlavný banský merač. Klad listov základnej banskej mapy nadväzuje na delenie evidenčnej jednotky (triangulačného listu) v súradnicovom systéme S-JTSK. Pri vyhotovovaní základnej banskej mapy v digitálnej podobe sa prijíma rozhodnutie o vhodnom zoskupení údajov do jednotlivých vrstiev, pričom údaje rovnakého charakteru, situované na rôznych úrovniach (povrch, jednotlivé horizonty), sa ukladajú v osobitných vrstvách.

V základnej banskej mape sa zobrazí (Obr. 4.1 a 4.2):

a) súradnicová sieť rozmeru 100 mm x 100 mm,
b) štátne hranice a hranice katastrálnych území,
c) hranica chráneného ložiskového územia, chráneného územia, dobývacieho priestoru,
d) hranice ochranných pásiem, ochranných pilierov a ďalších ochranných diel a iné obmedzenia činnosti včítane čísla rozhodnutia, ktorým boli hranice určené,

e) základné a podrobné banské bodové pole,
f) prieskumné vrty, štôlne a šachtice,
g) základné geologické údaje, plochy odpisov zásob a plošných strát ložiska,
h) banské a podzemné diela, ktoré súvisia s činnosťou včítane technologických údajov o nich,
i) zariadenia a objekty slúžiace k zaisteniu bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci a bezpečnosti prevádzky,
j) zariadenia a objekty slúžiace k zaisteniu vetrania a protipožiarnej ochrany,
k) údaje o predchádzajúcej banskej činnosti a ostatnej činnosti v podzemí,
l) údaje o objektoch a miestach osobitnej dôležitosti,
m) úplná banská situácia do vzdialenosti 100 m za hranicou dobývacieho priestoru,
n) umiestnenie profilov a rezov,
o) vrty a sondy,
p) krasové iné dutiny prírodného charakteru,
q) odvaly, výsypky, skládky, odkaliská, miesta na uskladnenie odpadov a rekultivované plochy,
r) správne, sociálne a administratívne zariadenia a objekty,
s) ďalšie dôležité skutočnosti súvisiace s činnosťou.

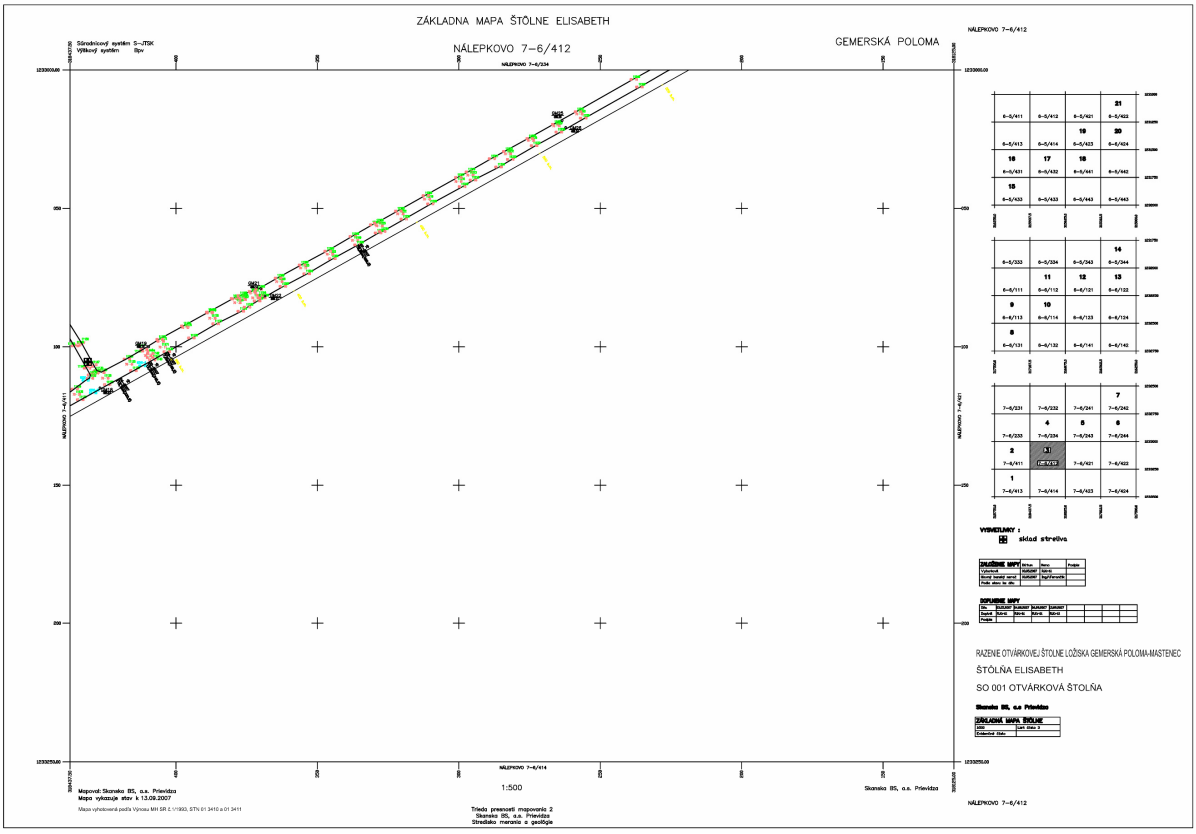


Obr. 4.1. Základná mapa Tunela Sitina – výrez (Skanska BS, 2003)

Ak by znázornenie údajov uvedených v bodoch g) a k) sťažovalo čitateľnosť a prehľadnosť základnej banskej mapy, vedú sa tieto údaje na samostatných priesvitkách v mierke základnej banskej mapy. Pri vyhotovovaní základnej banskej mapy v digitálnej podobe sa vedú tieto údaje v samostatných vrstvách.

Mimorámové údaje základnej banskej mapy obsahujú (Obr. 4.2):

- označenie mapového listu,
- súradnicový a výškový systém (pri mapách vyhotovených v inom ako v záväznom výškovom systéme sa uvádza rozdiel výšky voči záväznému výškovému systému),
- klad mapových listov s vyznačením hraníc dobývacieho priestoru, vyšrafovaním predmetného listu a označením mapových listov uvedených v klade,
- súradnice rohov mapového listu,
- súradnice štvorcovej siete na južnom a východnom okraji mapového listu,
- názov a mierku mapy,
- názov organizácie, ložiska a dobývacieho priestoru,
- ťažený nerast, poradové a evidenčné číslo mapového listu používaného v organizácii,
- údaje o založení, doplňovaní a obnove mapy,
- vysvetlivky.



Obr. 4.2. Ukážka mapového listu základnej banskej mapy štôlne Elisabeth, Gemerská Poloma (Skanska BS, 2007)

Základná banská mapa vedená pri banskej činnosti a činnosti vykonávanej banským spôsobom v podzemí sa vyhotovuje samostatne pre jednotlivé horizonty (podzemné diela),

prípadne pre sloje alebo lavice mocného sloja, pre žily alebo žilové uzly. Banské podzemné diela iných horizontov alebo ložísk sa zakresľujú iba vtedy, ak je to potrebné z prevádzkových dôvodov.

Pre ložiská s väčším úklonom ako 45° sa vyhotovuje ako súčasť základnej banskej mapy aj priemet ložiska do zvislej roviny alebo do roviny, ktorá sleduje generálny smer ložiska. Stopa tejto roviny a ďalšie údaje sa vyznačia v základnej banskej mape.

Organizácia je povinná vyhotoviť kópiu základnej banskej mapy a pravidelne (najmenej v dvojročnom intervale) aktualizovať jej obsah. Zároveň je povinná uchovávať kópiu oddelene od originálu spôsobom, ktorý zaručí že nedôjde súčasnému poškodeniu alebo zničeniu originálu a jeho kópie. Funkciu kópie základnej banskej mapy môže plniť aj iná mapa, ak možno na základe jej obsahu vyhotoviť základnú banskú mapu, ako aj mapa v digitálnom vyhotovení, ktorá je uložená na pamäťovom médiu a je zabezpečená proti poškodeniu.

Profily a rezy tvoria súčasť základných banských máp. Obvykle sa vyhotovujú pozdĺžne a priečne profily a rezy jám, štôlní, vrtov, ložísk, prekopov, komínov a iných banských diel. Konštruujú sa z údajov priamo meraných alebo z kartometrických a číselných údajov základnej banskej mapy. Doplňovanie geologických údajov do profilov a rezov sa vykoná podľa predpisov na vedenie geologickej dokumentácie. Rozmiestnenie a smerovanie profilov a rezov sa volí tak, aby poskytovali údaje potrebné na riadenie činnosti banského závodu. O rozmiestnení a dĺžke profilov a rezov rozhoduje hlavný banský merač. Grafické znázornenie profilov a rezov obsahuje údaj o mierke profilu (rezu) a primerane volené údaje základnej banskej mapy. Mierka profilov sa volí podľa potreby z normalizovaného radu mierok. Poloha profilov a rezov a ich označenie musí byť zakreslené v základnej banskej mape.

Mapa povrchu (povrchovej situácie) sa vedie podľa Zákona NR SR č. 215/1995 Z. z. o geodézii a kartografii v znení neskorších predpisov na podklade katastrálneho operátu (podľa § 8 Zákona NR SR č. 162/1995 Z. z. o katastri nehnuteľností a o zápise vlastníckych a iných práv k nehnuteľnostiam (katastrálny zákon) v znení neskorších predpisov) a musí spĺňať požiadavky kladené na štátne mapy veľkých mierok. Mapa povrchu sa vedie v mierke totožnej s mierkou základnej banskej mapy. Vyhotovenie mapy povrchu v inej mierke je možné len so súhlasom OBÚ. Mapa povrchu obsahuje všetky objekty nachádzajúce sa na povrchu na území banského závodu a v jeho okolí, ak súvisia s činnosťou (polohopis). Výškopis sa na mape povrchu zobrazuje v podobe vrstevníc, ktorých interval určí hlavný banský merač. Okrem uvedených skutočností sa na mape povrchu zobrazujú:

- názov organizácie,
- názov ložiska,
- názov dobývacieho priestoru,
- údaje o aktualizácii mapy, poradové číslo podľa kladu listov používaného v organizácii,
- hranice chráneného ložiskového územia, chráneného územia,
- hranice dobývacieho priestoru,
- hranice ochranných pásiem, ochranných diel a iných obmedzeniach pri činnosti,

- údaje o objektoch a miestach osobitnej dôležitosti,
- úplná banská situácia do vzdialenosti 100 m za hranicou dobývacieho priestoru,
- línie profilov a rezov,
- vrty a sondy,
- krasové a iné dutiny prírodného charakteru,
- správne, sociálne a technologické zariadenia a objekty.

Skutočnosti, predmety, zariadenia a objekty nachádzajúce sa v podzemí sa na mape povrchu zobrazujú v rozsahu potrebnom na jednoznačnú identifikáciu vstupov do podzemia, resp. pri povrchovej ťažbe len v rozsahu hornej hrany prvého skrývkového rezu. Rozhodnutie o tom, ktoré z týchto údajov budú zobrazené na priesvitke, prinesie hlavný banský merač. Pri vyhotovovaní mapy povrchu v digitálnej podobe sa prijíma rozhodnutie o vhodnom zoskupení údajov do jednotlivých vrstiev, pričom údaje rovnakého charakteru, situované na rôznych úrovniach (povrch, jednotlivé horizonty), sa ukladajú v osobitných vrstvách.

Účelové banské mapy sa v organizácii vedú podľa osobitných predpisov Zákona SNR č. 51/1988 Zb. o banskej činnosti, výbušninách a o štátnej banskej správe v znení neskorších predpisov, Vyhlášky SBÚ č. 21/1989 Zb. o bezpečnosti a ochrane zdravia a bezpečnosti prevádzky pri banskej činnosti a činnosti vykonávanej banským spôsobom v podzemí v znení neskorších predpisov, vyhlášky SBÚ č. 29/1989 Zb. o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci a bezpečnosti prevádzky pri banskej činnosti a činnosti vykonávanej banským spôsobom na povrchu v znení neskorších predpisov, banskomeračského predpisu alebo podľa potrieb organizácie a rozhodnutia hlavného banského merača. Medzi účelové banské mapy patria najmä:

- prevádzková banská mapa,
- mapa vetrania,
- mapa zdolávania havárií,
- základná mapa závodu (prevádzky).

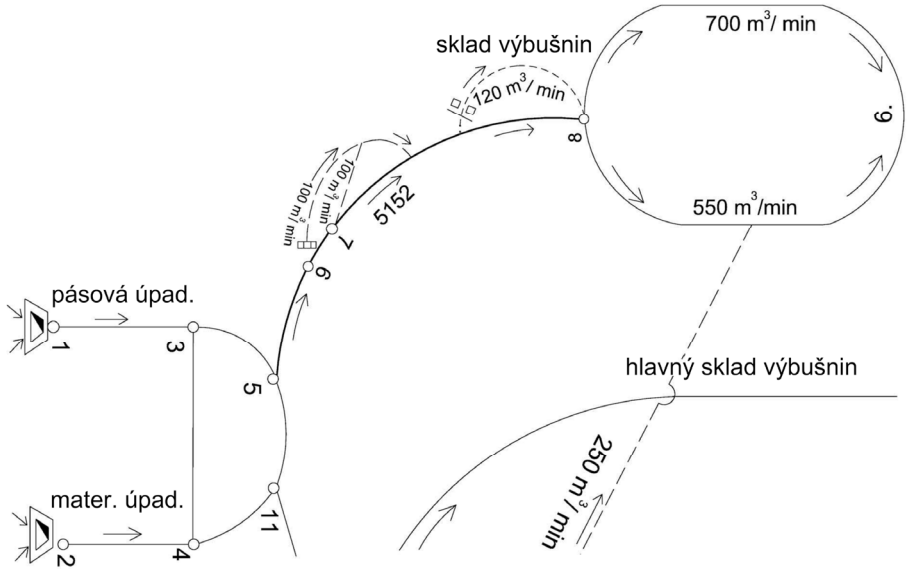
Vedenie účelových banských máp, na ktoré sa nevzťahujú osobitné predpisy vyššie vymenované, sa riadi internou smernicou, ktorú vyhotoví hlavný banský merač a schváli pracovník zodpovedný za odborné a bezpečné riadenie banskej činnosti a činnosti vykonávanej banským spôsobom.

Prevádzková banská mapa sa vedie v rozsahu vykonávanej činnosti, spravidla na jednom mapovom liste ľubovoľného formátu. Mierku prevádzkovej banskej mapy určí hlavný banský merač. Orientácia mapy sa volí tak, aby umožňovala účelné zobrazenie ložiska, kryhy alebo lomu a iných skutočností podľa potreby organizácie. V prevádzkovej banskej mape sa zakreslia priesečníky rámov mapových listov základnej banskej mapy a vyznačením kladu jej listov. Na prevádzkovej banskej mape sa zobrazujú:

- označenie listu mapy,
- názov ložiska, dobývacieho priestoru a organizácie,
- mierka mapy,
- evidenčné číslo mapy,

- údaje o aktualizácii mapy,
- štvorcová sieť,
- hranice chráneného územia, chráneného ložiskového územia, dobývacieho priestoru, ochranných pásiem, ochranných diel a iných obmedzení,
- vrty a sondy,
- údaje a skutočnosti súvisiace s predchádzajúcou banskou činnosťou v podzemí,
- a ďalšie skutočnosti podľa potrieb organizácie.

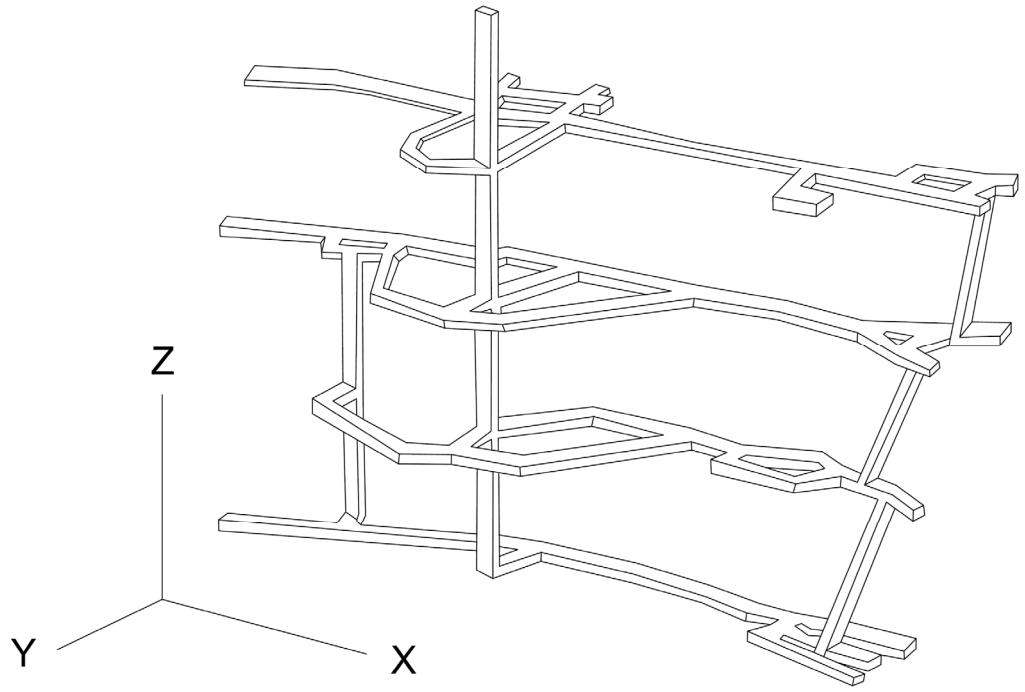
Mapa vetrania slúži na projektovanie, prevádzku, údržbu, evidenciu a kontrolu zariadení a objektov slúžiacich na vetranie banských diel. Vedie sa na prevádzkovej banskej mape a obsahuje najmä banské podzemné diela vlastné a susedných baní (závodov, podzemných priestorov) až do vzdialenosti 100 m od spoločných hraníc s vyznačením spôsobu ich vetrania (spoločne, oddelene, difúznym spôsobom). Na mape sa vyznačia údaje o smere vetrov (vťažných, osviežených a výdušných) s uvedením ich objemového prietoku a rýchlosti, ako aj zariadenia slúžiace na rozvod a reguláciu veterných prúdov (Obr. 4.3). Zariadenia a objekty vetrania musia byť označené zhodne s mapou zdolávania havárií. Mapa vetrania obsahuje všetky údaje o výskyte výronov plynov, miesta uzavretých zápar, starín a ohňov, ako aj preventívne zariadenia proti výbuchom, požiarom, prievalom vôd, bahnín a plynov.



Obr. 4.3. Výrez kanonickej schémy vetrania banských diel (Michalčák, 1985)

Mapa zdolávania havárií sa vedie podobne ako mapa vetrania na prevádzkovej banskej mape. Obsahuje údaje mapy vetrania doplnené o údaje určené osobitnými predpismi – Vyhláškou SBÚ č. 21/1989 Zb. o bezpečnosti a ochrane zdravia a bezpečnosti prevádzky pri banskej činnosti a činnosti vykonávanej banským spôsobom v podzemí v znení neskorších predpisov, vyhláškou SBÚ č. 29/1989 Zb. o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci a bezpečnosti prevádzky pri banskej činnosti a činnosti vykonávanej banským spôsobom na povrchu v znení neskorších predpisov a banskomeračským predpisom. Tieto údaje možno

viesť na priesvitkách, resp. v osobitných vrstvách. Ak je mapa zdolávania havárií nahradená novou mapou, musí sa pôvodná mapa uchovávať po dobu najmenej jedného roka. Na mapu zdolávania havárií a mapu vetrania sa kladú zvýšené požiadavky najmä na prehľadnosť a názornosť. Z tohto dôvodu sa tieto mapy vyhotovujú metódami využívajúcimi názorné priestorové vizualizačné prvky a metódy – axonometria, afinita, vektorové premietanie alebo centrálna projekcia (Obr. 4.4). Dôležitá je však ich pravidelná aktualizácia (pozri kap.4.2).



Obr. 4.4. Dimetrické klinogonálne axonometrické zobrazenie banských diel (Kovanič et al., 1990)

Základná mapa závodu (prevádzky) sa vyhotovuje a vedie podľa predpisov na vyhotovenie účelových (technických) máp veľkých mierok obvykle využívaných v priemysle. Obsah základnej mapy závodu je odvodený od obsahu základných máp priemyselných prevádzok a závodov. Základná mapa závodu sa vyhotovuje v mierke 1 : 500 alebo 1 : 1000.

Medzi obvykle vyhotovované účelové banské mapy ďalej patria povrchová banská mapa *požiarna, geologicko-tektonická* mapa, mapa *evidencie zásob*, banské mapy *ťažobných ciest, dopravy a telekomunikačných zariadení*, banské mapy *rozvodov vody, stlačeného vzduchu* a *elektrickej energie*. Mapy skutočných a predpokladaných *pohybov povrchu* obsahujúce povrchovú situáciu a izolínie alebo iné formy zobrazenia poklesov.

Prehľadné banské mapy znázorňujú širšiu oblasť záujmu organizácie, banského revíru, závodu. Vyhotovujú sa v mierke 1 : 5000 a menšej, napr. 1 : 10 000, 1 : 25 000.

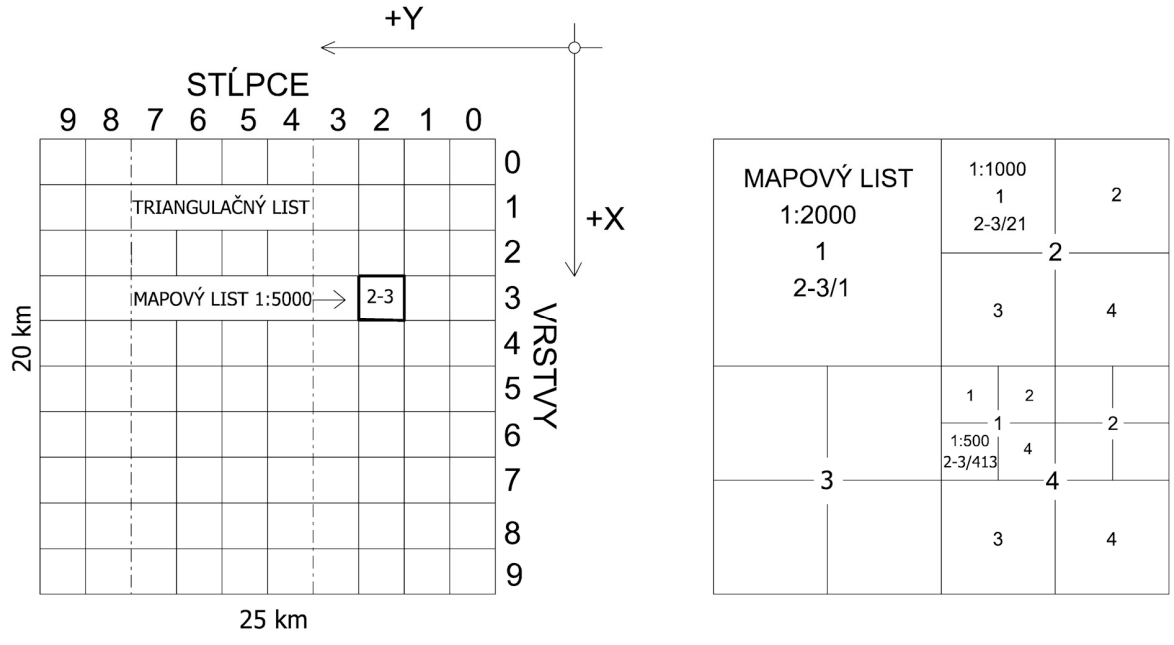
4.2 Vyhotovenie banskomeračskej dokumentácie

Banskomeračskú dokumentáciu tvorí rozsiahly súbor číselných, textových a grafických dokumentov rôznej veľkosti a rôzneho formátu. Preto je veľmi dôležité, aby každý dokument

alebo každá časť banskomeračskej dokumentácie bola evidovaná a označená samostatným jednoznačným evidenčným číslom. Dokumentácia sa trvale uchováva tak, aby nedošlo k jej poškodeniu, zničeniu alebo odcudzeniu. Zápisníky, výpočtové knihy a protokoly výpočtov súvisiacich s bodovým poľom sa uchováva po dobu najmenej 10 rokov.

Základná banská mapa sa vyhotovuje trvalým spôsobom ako originál na základe údajov z priameho merania alebo údajov prevzatých na základe rozhodnutia hlavného banského merača (§ 2 ods. 5, banskomeračského predpisu). Originál základnej banskej mapy v analógovej podobe sa vyhotovuje na podklade, ktorého zrážanlivosť v žiadnom smere neprekročí 0,1 %. Vyhotovuje sa v jednotnej mierke v rámci celého dobývacieho priestoru, pričom sa využívajú mierky 1 : 500, 1 : 1000 alebo 1 : 2000. O voľbe mierky rozhoduje hlavný banský merač.

Klad mapových listov základných banských máp nadväzuje na delenie evidenčnej jednotky (triangulačného listu) v súradnicovom systéme S-JTSK. Mapové listy v mierke 1 : 5000 sa označujú zhodne s označením mapových listov štátnej mapy odvodenej 1 : 5000 – názvom príslušného mapového listu mierky 1 : 50 000 a číslom stĺpca a vrstvy tejto mapy oddelenej pomlčkou. Mapový list sa označí názvom významnej obce alebo geografického objektu – napr. Nováky 2-3 (Obr. 4.5). Mapové listy v mierke 1 : 2000 sa označujú príslušným mapovým listom mierky 1 : 5000 doplneným o čísla 1 až 4, podľa rozdelenia tohto listu na štvrtiny. Mapové listy v mierkach 1 : 1000 a 1 : 500 majú označenie mapového listu 1 : 2000 doplnené opäť o čísla 1 až 4 – napr. Nováky 2-3/21, resp. Nováky 2-3/413 (obr. 4.5).



Obr. 4.5. Klad mapových listov základných banských máp (Michalčák, 1985)

Nedodržanie kladu mapových listov je prípustné v prípade, že možno na posunutom liste zobraziť celý dobývací priestor, prípadne celé ložisko. Mapové listy možno posunúť o 100 m a ich celé násobky v smere osi X a o 25 m a ich celé násobky v smere osi Y. Posunutie mapového listu sa vyznačí v banskomeračskej dokumentácii a na mapovom liste. Dva

susedné mapové listy toho istého stĺpca možno spojiť do jedného listu dvojnásobného formátu. Rám mapového listu sa umiestni tak, aby severný, južný a západný okraj listu bol rovnako široký.

Na zobrazenie objektov, predmetov a skutočností, ktoré vznikajú v súvislosti s činnosťou organizácie, sa použije v závislosti na mierke a druhu grafickej dokumentácie mapová generalizácia, ktorá sa uskutoční:

a) zjednodušením obrysov a tvarov zobrazených predmetov,
b) znázornením predmetov a alebo javov symbolicky – značkou,
c) kombináciu spôsobov uvedených v bodoch a) a b).

Na zobrazenie predmetov a javov banskomeračský predpis definuje medzný (krajný) rozmer v mierke grafickej dokumentácie (mapy) podľa tvaru, resp. prevládajúceho rozmeru:

a) banské diela kruhového rozmeru, priemer 9 mm,
b) banské diela iného prierezu, priečny rozmer 6 mm,
c) dlhé banské diela a líniové stavby, pôdorysná šírka 2 mm,
d) pre ostatné predmety, priestory, objekty a zariadenia s jednoduchým pôdorysom – najkratšia strana kresby 2 mm,
e) pre podrobnosti tvaru 1 mm.

Predmety a javy, ktorých obraz v mierke grafickej dokumentácie je menší alebo sa rovná krajnému rozmeru, sa zásadne vyznačia značkou. Predmety, ktorých obraz v mierke grafickej dokumentácie je väčší ako krajný rozmer, sa zobrazujú podľa merania jeho zjednodušením, prípadne zakreslením príslušnej značky do zobrazovaného predmetu. Na kreslenie značiek sa používajú čiary hrúbky 0,18 mm.

Značky, ktoré znázorňujú pôdorys predmetov (objektov), sa orientujú vždy podľa orientácie v skutočnosti. Ostatné značky a ich popis je orientovaný podľa rámu mapového listu. Popis značky sa uvedie spravidla vpravo od značky. V prípade, že by došlo k prekrytiu kresby popisom a k zníženiu prehľadnosti dokumentácie, umiestni sa popis na inom vhodnom mieste. Popis dlhých objektov a líniových stavieb sa umiestňuje rovnobežne s prevládajúcim rozmerom kresby. Na popis sa použije písmo podľa STN EN ISO 3098-1 a skratky uvedené v prílohe č. 3 banskomeračského predpisu.

Ak sú body bodového poľa umiestnené na objektoch, spojí sa značka bodu so zobrazovaním objektu. Pritom nesmie byť polohové umiestnenie značky bodu skreslené.

Rozmery značiek, ktoré sú uvedené v prílohe č. 3 banskomeračského predpisu, sú prispôsobené ich využitiu v grafických dokumentoch v mierke 1 : 1000 alebo 1 : 2000. Pre použitie v mierke 1 : 500 sa použijú značky dvojnásobných rozmerov. V dokumentácii mierky 1 : 5000 a menšej sa rozmery značiek zmenšia na polovicu.

Grafická presnosť zobrazenia kresby a značiek pri vyhotovovaní (tlači) mapových listov v analógovej podobe ustanovuje § 14, § 15 a § 33 banskomeračského predpisu (Tab. 4.1). Splnenie vyžadovaných kritérií sa kontroluje porovnaním kartometrických hodnôt s hodnotami vypočítanými zo súradníc v mierke mapy. Pri prekročení predpisom stanovených hodnôt sa

zistí a odstráni chyba v kresbe. Kresba na styku susedných mapových listov sa porovná meraním priesečníkov kresby s rámom na oboch mapových listoch. Zistené chyby sa odstránia.

Tabuľka 4.1. Grafická presnosť prvkov banských máp

Druh kresby	Vyžadovaná presnosť [mm]
rám mapového listu – dĺžka strán	0,2
rám mapového listu – dĺžka uhlopriečky	0,3
štvorcová sieť – vzdialenosť značiek	0,2
bod kresby – banské bodové pole	0,3
bod kresby – vzdialenosť podrobných bodov	0,4
omerné (kontrolné) miery	0,5
rozmer značky	0,5

Značky sa vo všeobecnosti kreslia čiernou farbou. V prípade farebného zobrazenia značiek sa používa stupnica farieb Technicolor definovaná v prílohe č. 3 banskomeračského predpisu. Príloha č. 3 zároveň obsahuje zoznam všetkých značiek (značkový kľúč) využívaných pri tvorbe banskomeračskej dokumentácie (Tab. 4.2).

Vyhotovenie a vedenie základnej mapy závodu a mapy povrchu sa riadi ustanoveniami noriem STN 01 3410 Mapy veľkých mierok. Základné a účelové mapy a STN 01 3411 Mapy veľkých mierok. Kreslenie a značky. Použitie ďalších značiek, znázorňujúcich skutočnosti súvisiace s činnosťou organizácie podľa § 1 a § 20 banskomeračského predpisu, sa riadi ustanoveniami a prílohou č. 3 banskomeračského predpisu.

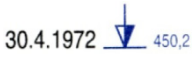
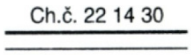
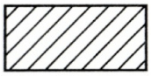
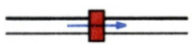
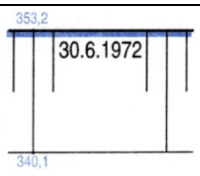
4.3 Doplňovanie a uchovávanie banskomeračskej dokumentácie

Každý dokument tvoriaci súčasť banskomeračskej dokumentácie alebo jeho neoddeliteľná súčasť sa **eviduje** a označí evidenčným číslom. Dokumentácia sa uchováva trvalým spôsobom tak, aby nedošlo k jej poškodeniu, zničeniu alebo odcudzeniu.

Opravy a zmeny v banskomeračskej dokumentácii sa vykonávajú spôsobom, ktorý garantuje uchovanie pôvodnej informácie. Opravy sa môžu vykonať iba so súhlasom hlavného banského merača. Pri opravách sa uvedie vždy dátum, meno a podpis osoby, ktorá opravu vykonala. Opravu alebo zmenu overí hlavný banský merač svojim podpisom.

Doplňovanie banskomeračskej dokumentácie sa riadi ustanoveniami § 26 banskomeračského predpisu. Základná banská mapa pri banskej činnosti v podzemí sa dopĺňa najneskôr do 15. dňa nasledujúceho mesiaca. Pri činnostiach vykonávaných banským spôsobom na povrchu aspoň jedenkrát do roka. Doplnenie aktuálnych zmien sa však musí vykonať najneskôr do jedného mesiaca po ich zameraní.

Tabuľka 4.2 Výber značiek využívaných na tvorbu banskomeračskej dokumentácie

Číslo	Predmet	Značka	Vysvetlivky
03.1.02	Stabilizovaný bod banského polohového bodového poľa – bez výšky		d = 1,5 mm, ku značke sa píše číslo bodu, výška písma 2,5 mm, v prostriedku krúžku bodka
03.1.03	Stabilizovaný bod banského polohového bodového poľa – s výškou počvy		Výška sa uvedie s presnosťou na dm, kóta modro, výška písma 2,0 mm
03.2.04	Nestabilizovaný bod banského výškového bodového poľa		Bodka d = 0,5 mm, kóta modro, výška písma 2,0 mm
03.2.06	Výšková kóta vodnej hladiny		Uvedie sa stav vodnej hladiny ku dňu zamerania, dátum čierno, šípka dĺžky 6,0 mm, trojuholník v = 3,0 mm, vodorovná čiara dĺžky 6,0 mm a výšková kóta s presnosťou na dm modro, výška písma 2,0 mm.
02.2.01	Hranica dobývacieho priestoru		Čiara čierna 0,35 mm, rozmery 6-2-2-2-6 mm, lemovanie vo vnútri vlastného dobývacieho priestoru červeno, hrúbka čiary 0,5 mm, susedné dobývacie priestory treba olemovať inou farbou
06.1.01	Jama obdĺžnikového, prípadne štvorcového prierezu		Obdĺžnik 4 x 2,5 mm, šírka rámčeka 1,0 mm, farba podľa druhu vyztužovacieho materiálu, ku značke sa píše označenie jamy, výška ohlbne (červeno) a výška dna jamy (modro) v absolútnych hodnotách s presnosťou na dm.
06.1.02	Jama kruhového prierezu		Obdĺžnik 4 x 2,5 mm, medzikružie 1,0 mm, farba podľa druhu vyztužovacieho materiálu, ku značke sa píše označenie jamy, výška ohlbne (červeno) a výška dna jamy (modro) v absolútnych hodnotách s presnosťou na dm.
06.1.18	Ústie úklonnej jamy na povrch		Vnútorné rozmery: spodok 5,0 mm, strop 3,0 mm šírka rámčeka 1,0 mm. Farba podľa druhu výztuže, ku značke sa píše označenie diela, výška ústia (červeno) a výška dna jamy (modro)
06.1.20	Ústie štôlne		Vnútorné rozmery: spodok 3,0 mm, strop 2,0 mm, výška 3,0 mm, šírka lemovania 0,5 mm. Značka sa umiesti podľa situácie vyústenia štôlne. K značke sa pripíše názov diela a nadmorská výška počvy ústia štôlne s presnosťou na dm (červeno)
06.2.02	Chodby v ložisku		Chodby sa ohraničujú dvoma čiarami v tvare podľa skutočnosti v mierke banskej mapy, pokiaľ šírka kresby presiahne 2,0 mm. V ostatných prípadoch sa použije príslušná mapová značka. Najmenšia vzdialenosť medzi čiarami je 2,0 mm pre mapy v mierke 1 : 2000 a väčšie. Čiara 0,18 mm, čiara proti úklonu vrstvy (vrchný bok chodby) 0,35 mm
06.3.04	Vyrúbaný priestor v plnej hrúbke na zával – zatiaľ nezavalené		Základná vzdialenosť šráf je 2,0 mm, uhol šráf je 45° vzhľadom k južnej strane mapového rámu, hrúbka čiary 0,18 mm
07.1.04	Protipožiarna hrádza s otvorom len pre vetry		Rozmery zodpovedajúce skutočnosti, minimálny rozmer značky 2,0 mm. Šírka hrádze 2,0 mm, presah cez čiaru chodby 1,0 mm hrúbka čiary 0,18 mm, farba podľa druhu murovacieho materiálu. Dĺžka šípky 8,0 mm (modro), hrúbka čiary 0,25 mm
06.4.01	Ťažobný rez dobývaného nerastu (kameňolom), celý svah		Vzdialenosť medzi dlhými šrafami 30 až 50 mm, krátke šrafy vo vzdialenosti 3,0 mm od dlhých šráf, čiara hornej hrany 0,35 mm, dolnej hrany a šráf 0,18 mm. Lemovanie 1,0 mm (modro), kóty modro, popis 2,5 mm smere postupu ťažby

Obsah mapy povrchu, prevádzkovej mapy, profilov a rezov sa aktualizuje súčasne so základnou banskou mapou. Základná mapa závodu sa dopĺňa jedenkrát do roka. Mapa vetrania a mapa zdolávania havárií sa dopĺňa o údaje:

- banskomeračské najmenej jedenkrát do mesiaca – novovzniknuté prepojenia banských diel, spojenia podzemia s povrchom, ktoré majú za následok zmenu vetracích prúdov sa vyznačujú najneskôr do 24 hodín,
- vo vetraní najneskoršie do troch dní – zmeny vo vetraní, ktoré majú za následok zmenu veterných prúdov sa vyznačujú najneskoršie do 24 hodín,
- určené osobitnými predpismi Vyhlášky Slovenského banského úradu č. 79/1988 Zb. o chránených ložiskových územiach a dobývacích priestoroch v znení najneskoršie do 24 hodín.

V prípade ukončenia činnosti podľa § 1 banskomeračského predpisu sa **banskomeračská dokumentácia uchová** v archíve organizácie. Pri likvidácii organizácie sa úplná dokumentácia odovzdá jej právnemu nástupcovi. Ak nie je právny nástupca, potom sa časti dokumentácie:

- údaje o dobývacom priestore,
- údaje o chránenom ložiskovom území, chránených územiach a ochranných pásmach,
- údaje o ochrane povrchu,
- údaje o ochrane proti výronu plynov a vody,
- údaje o ochrane jám, ochranných pilierov a ostatných podzemných banských diel,
- evidenčná kniha súboru základnej dokumentácie,
- zoznam súradníc a výšok bodov základných banských bodových polí,
- základná banská mapa,
- profily a rezy,
- mapa povrchu,

odovzdajú do Slovenského banského archívu v Banskej Štiavnici, ktoré je špecializovaným pracoviskom Slovenského národného archívu[1]. Ostatná dokumentácia sa skartuje.

[1] Podľa Zákona č. 395/2002 Z. z. o archívoch a registratúrach a o doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov a naň nadväzujúceho vykonávacieho predpisu Slovenský banský archív v Banskej Štiavnici preberá archívne dokumenty od orgánov a organizácií z oblasti baníctva, hutníctva, geológie a iných príbuzných odvetví všetkých stupňov pôsobiacich na území Slovenskej republiky. V predarchívnej starostlivosti je k 31. decembru 2015 zaradených 130 organizácií, z ktorých 15 má vlastný archív. V Slovenskom banskom archíve je ku koncu roka 2015 sústredených 357 archívnych fondov z obdobia od konca 15. storočia po súčasnosť. Archívne fondy obsahujú spisový i obrazový materiál (mapy a plány) a umožňujú vzájomné dopĺňanie poznatkov pri ich využívaní. Vzhľadom na voľakedajšie začlenenie územia Slovenska do rámca Rakúsko–Uhorskej monarchie, v mnohých archívnych fondoch sa nachádzajú dokumenty vzťahujúce sa na rôzne krajiny Európy, hlavne strednej Európy.

5 Budovanie bodových polí na hlbinných banských dielach

Základom na realizáciu akýchkoľvek meraní je bodové pole primeranej konfigurácie, hustoty a presnosti. Bodové pole, budované pre potreby hlbinnej ťažby nerastných surovín a pri činnostiach vykonávaných banským spôsobom v podzemí, sa člení podľa Výnosu Ministerstva hospodárstva Slovenskej republiky č. 1/1993 o banskomeračskej dokumentácii pri banskej činnosti a niektorých činnostiach vykonávaných banským spôsobom (banskomeračský predpis) na polohové a výškové. Vzhľadom na rozdielnu funkciu a najmä konfiguráciu budujú sa obe časti bodového poľa samostatne a ich parametre sa určujú osobitnými metódami a postupmi.

Z hľadiska hierarchie sa obe bodové polia členia na bodové pole **základné** a **podrobné**. Na merania vykonávané s cieľom určenia parametrov bodov základného bodového poľa sa aplikujú postupy a kritériá presnosti uvedené v banskomeračskom predpise na veľmi presné merania. Na merania vykonávané pre potreby podrobného bodového poľa sa aplikujú postupy a kritériá uvedené pre presné merania (pozri kapitolu 6).

5.1 Banské polohové bodové pole

Banské polohové bodové pole pozostáva z časti na povrchu a v podzemí, pričom body podzemnej časti bodového poľa sa budujú na každom horizonte samostatne.

Bodové pole **na povrchu** tvoria body trvale stabilizované so súradnicami určenými v S-JTSK. Konfigurácia a hustota bodov sa volí tak, aby tvorili vhodný geometrický základ na vykonanie meraní na povrchu a boli vhodným východiskom pre pripojovacie a usmerňovacie merania. V minulosti sa tieto body budovali metódami a postupmi využívanými na zhusťovanie bodových polí, najmä trigonometrických sietí. V súčasnosti sa na tieto účely využívajú metódy GNSS s využitím služieb SKPOS, resp. SmartNet alebo metodika presných polygónových meraní.

Konfigurácia bodov povrchovej časti polohového bodového poľa má obvykle tvar trigonometrickej siete vhodne doplnenej polygónovými štruktúrami, najmä po obvode. Štruktúra siete je vhodne zhustená v okolí šachty, resp. vstupných objektov banského závodu s cieľom vytvoriť dostatočne tuhú a kvalitnú východiskovú štruktúru pre potreby pripojovacích a usmerňovacích meraní (pozri kapitolu 7).

Základné polohové bodové pole na povrchu tvoria body, ktorých poloha sa určí meraním vychádzajúcim z bodov štátneho polohového bodového podľa banskomeračského predpisu:

- uhlovým, dĺžkovým alebo smerovým pretínaním, a to najmenej z dvoch samostatných trojuholníkov, výnimočne sa môžu použiť určujúce trojuholníky so spoločným bodom,
- obojstranne orientovanými a pripojenými polygónovými ťahmi,
- pomocou GNSS,
- kombináciou vyššie uvedených metód.

Súčasná kvalita priestorových observačných služieb (SKPOS, SmartNet) umožňuje splnenie vyžadovaných kritérií a tým použitie metód GNSS (s využitím priestorových observačných služieb) na určenie bodov základného polohového bodového poľa na povrchu.

Presnosť určenia bodov základného polohového bodového poľa je v banskomeračskom predpise definovaná krajnou odchýlkou v polohe bodu, určeného dvoma nezávislými meracími metódami (postupmi)

$$u_p = 6 \cdot 10^{-2} \text{ (m)}. \tag{5-1}$$

Pri určovaní bodov bodového poľa polygónovými ťahmi sa vrcholové uhly merajú sekundovým teodolitom (univerzálnou meracou stanicou) najmenej v dvoch skupinách. Krajná odchýlka v smerníku poslednej strany polygónového ťahu nesmie prekročiť

$$u_\alpha = 10'' \cdot \sqrt{n} \text{ (m)}, \tag{5-2}$$

kde *n* je počet vrcholov polygónového ťahu.

Presnosť určenia súradníc bodov základného polohového bodového poľa určených polygónovým ťahom sa posudzuje podľa dosiahnutej odchýlky v polohe koncového bodu ťahu. Dosiahnutá odchýlka nesmie prekročiť hodnotu krajnej odchýlky

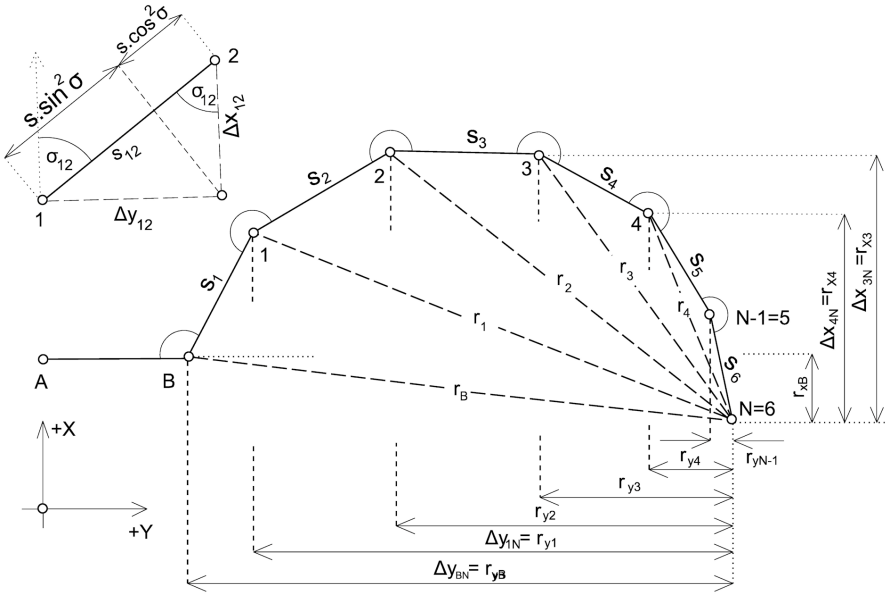
$$u_{x,y} = 10^{-3} \cdot \sqrt{k_1 \cdot L + k_2 \cdot [r\,r]} \text{ (m)}, \tag{5-3}$$

kde k_1 = 8,

k_2 = 0,04 ,

L je súčet dĺžok meraných strán v polygónovom ťahu v metroch,

$[r\,r]$ je súčet štvorcov priamych vzdialeností jednotlivých bodov polygónového ťahu od koncového bodu ťahu v metroch (Obr. 5.1).



Obr. 5.1. Priame vzdialenosti v banskom polygónovom ťahu (Michalčák, 1985)

Body podrobného bodového poľa na povrchu sa určia z bodov základného polohového bodového poľa obvykle polygónovým meraním. Využívajú sa najmä pri podrobnom meraní a vytyčovaní objektov banského závodu, ako aj pri meraniach potrebných na vedenie a dopĺňanie banskomeračskej dokumentácie. Sú trvalo stabilizované.

Podzemnú časť základného bodového poľa tvoria body základných orientačných priamok, ktorých poloha sa určí pripájacími a usmerňovacími meraniami a body orientačných priamok, ktoré sa určia polygónovým meraním aplikáciou postupov a kritérií uvedených pre veľmi presné merania podľa banskomeračského predpisu (pozri kapitolu 6.) Orientačné priamky na každom horizonte sa budujú tak, aby vzdialenosti medzi nimi neboli väčšie ako 1000 m. Základné orientačné priamky sa budujú v blízkosti šachty. Pre prípad možného poškodenia je každá orientačná priamka zaistená minimálne trojicou trvale stabilizovaných bodov.

Hlavnou a vo veľkej väčšine prípadov jedinou možnosťou na určenie polohy bodov bodových polí v podzemí sú polygónové merania. Podľa konfigurácie podzemných diel sa v podzemí na určenie polohy bodov volia polygónové ťahy uzavreté alebo častejšie jednostranne pripojené a orientované (voľné). V takýchto prípadoch sa vykonávajú opakované nezávislé merania vždy, ak:

- sa banské podzemné diela navzájom priblížia na vzdialenosť menšiu ako 30 m, alebo ak sa na túto vzdialenosť priblíži banské dielo k bezpečnostnému pilieru, ochrannému pilieru, starinám, uzatvorenému požiarisku, ku hranici dobývacieho priestoru, predpokladanému erozívnemu korytu alebo k tektonickej poruche,
- sa banské dielo priblíži na vzdialenosť 100 m ku skladu výbušnín,
- sa má vytýčiť smer iného banského diela (napr. prerážky),
- razenie banského diela postúpi od konca poslednej, dvakrát nezávisle určenej, polygónovej strany 500 m, ak sa smer banského diela mení alebo 1000 m, ak sa smer banského diela nemení.

Dosiahnutá odchýlka v polohe koncového bodu v uzavretom polygónovom ťahu nesmie prekročiť hodnotu krajnej odchýlky

$$u_{x,y} = 10^{-3} \cdot \sqrt{k_1 \cdot L + k_2 \cdot [r\,r]} \ \text{(m)}, \qquad (5\text{-}4)$$

kde $k_1 = 1$, $k_2 = 0{,}003$ pre veľmi presné merania,
$k_1 = 2$, $k_2 = 0{,}008$ pre presné merania,
$k_1 = 8$, $k_2 = 0{,}040$ pre technické merania,
L je súčet dĺžok meraných strán v polygónovom ťahu,
$[r\,r]$ je súčet štvorcov priamych vzdialeností jednotlivých bodov polygónového ťahu od koncového bodu ťahu v metroch.

Pri opakovanom nezávislom meraní voľných polygónových ťahov sa dosiahnutá presnosť posudzuje výpočtom rozdielu (vzdialenosti) v polohe koncového bodu, ktorý musí byť menší ako krajná hodnota definovaná

$$u_{x,y} = \sqrt{u_I^2 + u_{II}^2} \text{ (m)}, \tag{5-5}$$

kde $u_I = 10^{-3} \cdot \sqrt{k_1 \cdot L_I + k_2 \cdot [r\,r]_I}$ je odchýlka prvého merania voľného banského polygónového ťahu,

$u_{II} = 10^{-3} \cdot \sqrt{k_1 \cdot L_{II} + k_2 \cdot [r\,r]_{II}}$ je odchýlka druhého merania voľného banského polygónového ťahu.

Ak možno v podzemí využiť obojstranne pripojený a orientovaný polygónový ťah, presnosť bodov určených týmto ťahom sa posudzuje porovnaním rozdielu v polohe koncového bodu ťahu určeného meraním a výpočtom s krajnou odchýlkou

$$u_{x,y} = 10^{-3} \cdot \sqrt{2 \cdot \left(k_1 \cdot L + k_2 \cdot [r\,r]\right)}\,. \tag{5-6}$$

Podrobné polohové bodové pole v podzemí tvoria body, ktorých poloha sa určí meraním, vychádzajúcim z bodov základného polohového bodového poľa:

- polygónovým ťahom,
- uhlovým a dĺžkovým pretínaním,
- polárnou metódou,
- postupným uhlovým a dĺžkovým pretínaní (trojuholníkový reťazec),
- kombináciou vyššie uvedených metód.

Presnosť určenia bodov podrobného banského bodového poľa, určeného postupným pretínaním, sa posudzuje krajnou odchýlkou v polohe koncového bodu trojuholníkového reťazca

$$u_p = 12 \cdot 10^{-2} \text{ (m)}. \tag{5-7}$$

Pri meraní uhlov v trojuholníku nesmie uhlový uzáver prekročiť hodnotu 15“.

Na meranie banských polygónových ťahov sa využíva závislá centrácia s meraním doplnkových vrcholových uhlov (pozri kapitolu 6). Obojstranne sa pripoja, pri dlhých ťahoch sa na niektorých bodoch merajú aj orientačné smery. Hlavné polygónové ťahy sa vkladajú vždy medzi body základného bodového poľa. Vedľajšie polygónové ťahy sú vložené medzi body hlavných polygónových ťahov.

Uhly v polygónových ťahoch sa merajú najmenej v jednej skupine. Odchýlka v smerníku poslednej strany polygónovom ťahu nesmie prekročiť krajnú hodnotu

$$u_\alpha = 30'' \cdot \sqrt{n} \text{ pre hlavné polygónové ťahy}, \tag{5-8}$$

$$u_\alpha = 60'' \cdot \sqrt{n} \text{ pre vedľajšie polygónové ťahy}, \tag{5-9}$$

kde *n* je počet meraných vrcholových uhlov.

Presnosť určenia bodov podrobného polohového bodového poľa, určených polygónovým ťahom, sa posudzuje podľa dosiahnutej odchýlky v smerníku poslednej meranej

strany (pozri kapitolu 6) a podľa dosiahnutej odchýlky v polohe koncového bodu ťahu. Dosiahnutá odchýlka v polygónovom ťahu nesmie prekročiť hodnotu krajnej odchýlky

$$u_{x,y} = 10^{-3} \cdot \sqrt{k_1 \cdot L + k_2 \cdot [r\,r]} \ \text{(m)}, \tag{5-10}$$

kde $k_1 = 10$, $k_2 = 0{,}06$ pre hlavné polygónové ťahy,

$k_1 = 12$, $k_2 = 0{,}08$ pre vedľajšie polygónové ťahy,

L je súčet dĺžok meraných strán v polygónovom ťahu,

$[r\,r]$ je súčet štvorcov priamych vzdialeností jednotlivých bodov polygónového ťahu od koncového bodu ťahu v metroch.

5.2 Banské výškové bodové pole

Banské výškové bodové pole pozostáva z časti na povrchu a v podzemí, pričom body podzemnej časti bodového poľa sa budujú na každom horizonte samostatne.

Základné výškové bodové pole **na povrchu** tvoria body trvale stabilizované s výškami určenými vo výškovom systéme Bpv, prípadne inom výškovom systéme používanom na príslušnom banskom závode. Použitie iného výškového systému možno len so súhlasom obvodného banského úradu. Body výškového bodového poľa sú rozmiestnené na celom území závodu tak, aby tvorili vhodný základ na vykonanie výškových meraní na povrchu a súčasne boli vhodným východiskom pre hĺbkové merania (výškové pripojenie podzemných častí výškového bodového poľa, pozri kapitolu 7). Body základného výškového bodového poľa sú pripojené priamym meraním na body ŠNS I. až III. rádu metódou geometrickej nivelácie, dodržaním postupu a kritérií platných pre veľmi presnú niveláciu.

Body podrobného výškového bodového poľa na povrchu tvoria trvalo stabilizované body:

- určené z bodov základného výškového bodového poľa určené geometrickou niveláciou,
- banského polohového bodového poľa na povrchu, ktorých výšky boli určené geometrickou niveláciou, postupom platným pre technickú niveláciu.

Trigonometrické určovanie výšok sa používa len na určenie výšok stanovísk prístrojov pri podrobnom meraní (mapovaní) v členitom a ťažko prístupnom území. Súčasné prístrojové vybavenie (UMS) a špecifické podmienky v podzemí (dĺžka zámer) umožňujú pri určení výšky bodu polárnou metódou splnenie kvalitatívnych parametrov vyžadovaných pre technickú niveláciu, za optimálnych podmienok aj kritériá na presnú niveláciu.

Presnosť určenia výšok bodov základného výškového bodového poľa sa posudzuje splnením krajnej odchýlky na meranie tam a späť v nivelačnom ťahu

$$u_{\Delta h} = 5 \cdot 10^{-3} \sqrt{L} \ \text{(m)}, \tag{5-11}$$

kde L je dĺžka nivelačného ťahu v kilometroch.

Pri určovaní výšok podrobného bodového poľa geometrickou niveláciou využitím postupu platného na technickú niveláciu je krajná odchýlka definovaná

$$u_{\Delta h} = 40 \cdot 10^{-3} \sqrt{L} \text{ (m).} \tag{5-12}$$

V prípade využitia metódy trigonometrického určovania prevýšení je krajná odchýlka daná vzťahom

$$u_{\Delta h} = 40 \cdot 10^{-3} \sqrt{n} \text{ (m),} \tag{5-13}$$

kde *n* je počet vrcholov výškového ťahu.

Základné výškové bodové pole **v podzemí** tvoria body trvale stabilizované:

- v náraziskách jám (šácht) jednotlivých horizontov (minimálne trojica bodov),
- body v hlavných banských chodbách vo vzájomnej vzdialenosti najviac 300 m.

Výšky bodov základného výškového bodového poľa sa určia geometrickou niveláciou aplikáciou kritérií a postupov uvedených pre veľmi presné výškové merania (pozri kapitolu 6). Použitie metódy trigonometrického určenia prevýšení je prípustné iba v prípadoch, keď možno pripojenie banského výškového bodového poľa v podzemí vykonať len úklonným banským dielom.

Podrobné výškové bodové pole v podzemí tvoria body, ktorých výšky sú určené geometrickou niveláciou (postupom a kritériami platnými pre technickú niveláciu), nivelačným ťahom vloženým medzi body základného výškového bodového poľa.

Presnosť bodov bodového poľa určených geometrickou niveláciou sa posudzuje na základe krajných odchýlok pre meranie tam a späť v nivelačnom ťahu v tvare

$$u_{\Delta h} = 2{,}5 \cdot 10^{-3} \sqrt{L} \text{ (m) pre veľmi presné merania,}$$

$$u_{\Delta h} = 7{,}0 \cdot 10^{-3} \sqrt{L} \text{ (m) pre presné merania,} \tag{5-14}$$

$$u_{\Delta h} = 25 \cdot 10^{-3} \sqrt{L} \text{ (m) pre technické merania,}$$

kde *L* je dĺžka nivelačného ťahu v kilometroch. Pri použití metódy trigonometrického určovania prevýšení sú krajné odchýlky definované v tvare

$$u_{\Delta h} = 20 \cdot 10^{-3} \sqrt{n} \text{ (m) pre presné merania,}$$

$$u_{\Delta h} = 40 \cdot 10^{-3} \sqrt{n} \text{ (m) pre technické merania,} \tag{5-15}$$

kde *n* je počet vrcholov výškového ťahu.

5.3 Stabilizácia bodov banských bodových polí

Body banského bodového poľa sa stabilizujú na miestach zabezpečujúcich minimálnu pravdepodobnosť ich poškodenia alebo zničenia. Organizácia vykonávajúca banskú činnosť alebo činnosť vykonávanú banským spôsobom je povinná chrániť a udržiavať všetky body,

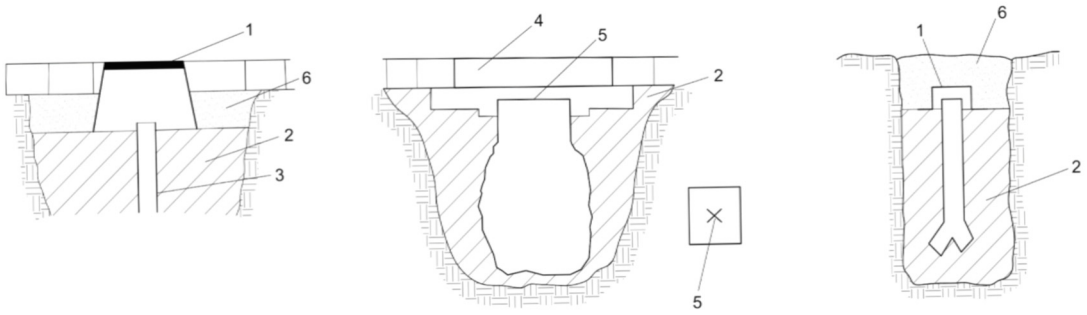
ktoré prevzala alebo zriadila. Pri prevzatí meračských bodov pred ich zaradením do banskomeračskej dokumentácie sa overí ich neporušenosť.

Označenie bodov povrchovými alebo podzemnými znakmi sa realizuje rôznym spôsobom, v závislosti od ich dôležitosti, umiestnenia a úlohy. Pri stabilizácii **bodov na povrchu** sa využívajú obvykle využívané stabilizačné znaky a prvky, ako sú žulové meračské znaky (kamene), čapové a klincové značky. Body podrobného bodového poľa sa často stabilizujú menej nákladným spôsobom, napr. obetónovaním trubky, roxorovej tyče a pod. Osobitnú pozornosť treba venovať rozmiestneniu bodov v oblastiach, kde sa prejavujú vplyvy banskej činnosti na stabilitu zemského povrchu.

Určenie parametrov bodov bodového poľa v podzemí je technologicky, organizačne aj časovo značne náročné (pozri kapitolu 7). Z uvedeného dôvodu je treba venovať ochrane **bodov v podzemí** a ich stabilizácii zvýšenú pozornosť a voliť taký spôsob, ktorý zaručí čo najdlhšiu životnosť týmto bodom bez porušenia ich stability. V podzemných častiach banských diel sa využívajú rôzne spôsoby a rozmanité prípravky na stabilizáciu bodov banských bodových polí:

a) na dne (v počve) vodorovných banských diel,
b) na bočných stenách (v ostení) alebo v podperách (výstuže) banského diela,
c) v strope banského diela.

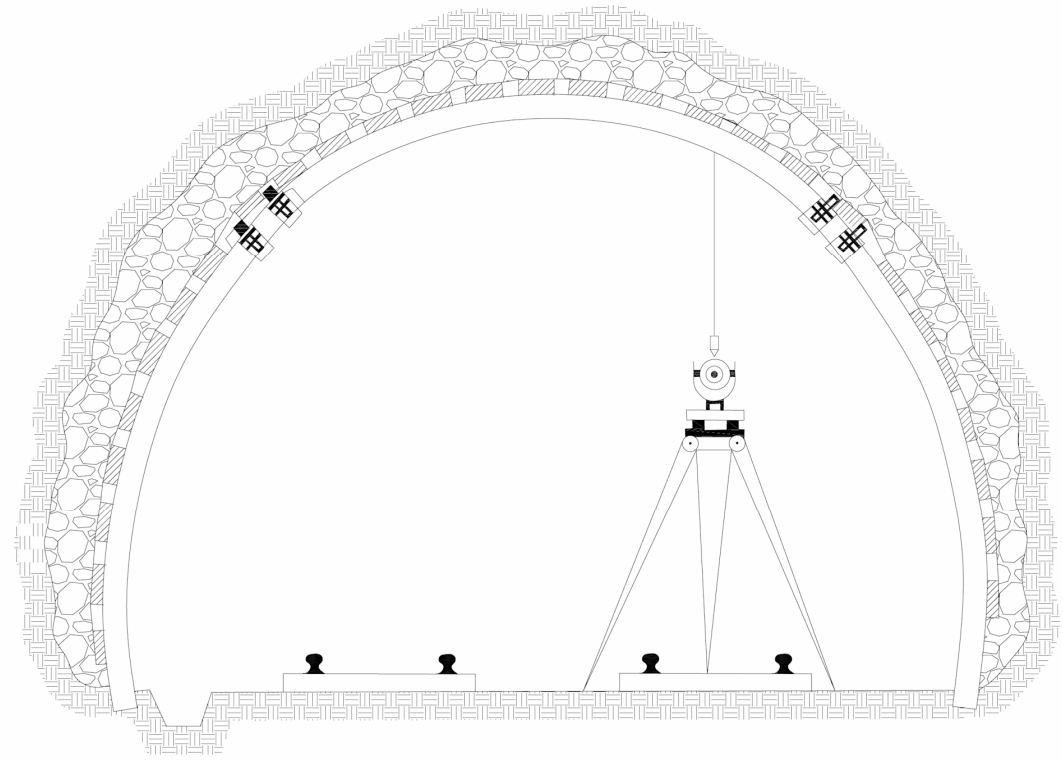
Body stabilizované na dne banského diela (chodby) sú vystavené výraznému zaťaženiu dopravou, zmenami v zložení podložia, resp. zasypávaním. Pred uvedeným javmi sú čiastočne chránené, ak sú body prekryté poklopmi alebo umelým zásypom (Obr. 5.2).



Obr. 5.2. Spôsob stabilizácie bodov na dne banského diela (Kovanič et al., 1990)

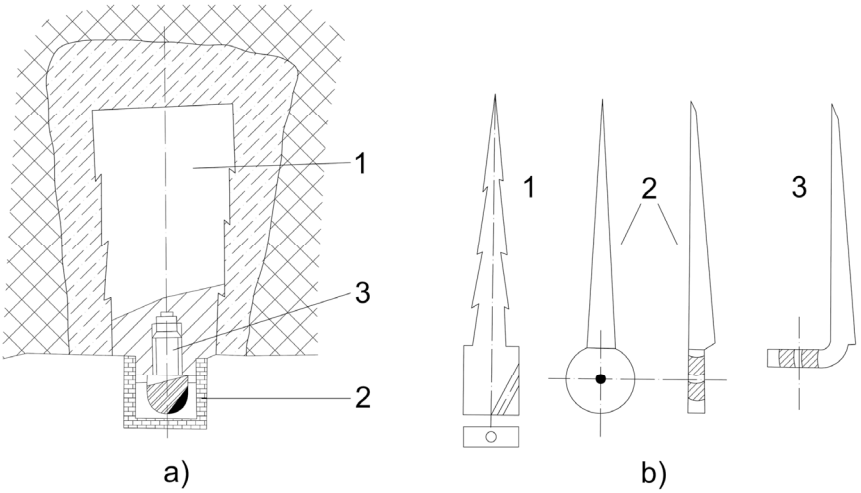
Body základných orientačných priamok a body základného výškového bodového poľa sa stabilizujú až na rastlú horninu (skalu) alebo na betónovú výstuž, v miestach minimálnych geologických tlakov.

Prednosťou stabilizácie v strope alebo na bočnej stene je vyššia miera ochrany. Stabilizácia bodov v strope však znamená používanie iného spôsobu signalizácie bodov a centrácie prístrojov a cieľových značiek (Obr. 5.3). Pri výškových meraniach je treba použiť laty s opačným priebehom číslovania (s otočenou stupnicou) a úpravou na zavesenie. Zmena v priebehu číslovania znamená aj zmenu znamienka pri výpočte prevýšenia pre príslušné čítanie latového úseku.



Obr. 5.3. Centrácia cieľovej značky pod bodom stabilizovaným v strope banského diela (Kovanič et al., 1990)

Dlhodobým používaním stabilizácie v strope sa vyvinulo množstvo rôznorodých spôsobov, ktorých spoločným znakom je využívanie skoby s malým otvorom na zavesenie olovnice alebo laty (Obr. 5.4).



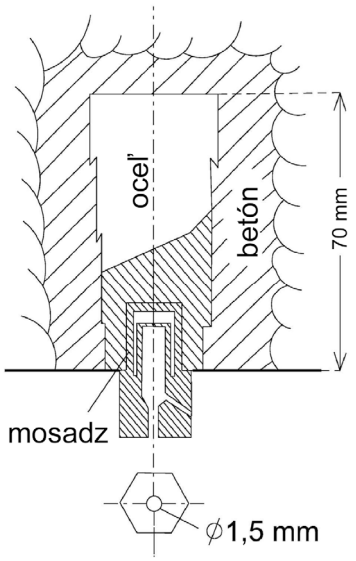
Obr. 5.4. Stabilizácia bodov v strope banského diela (Kovanič et al., 1990)

a) základné body 1 – kovový hranol, 2 – kryt, 3 – mosadzná značka bodu,

b) podrobné body 1 – skobka vŕtaná, 2 – skobka plochá, 3 – skobka plochá ohnutá

Stabilizačné značky sa vyhotovujú z antikoróznych materiálov. Na stabilizáciu bodov základného bodového poľa sa využívajú značky, ktoré pozostávajú z dvoch častí. Prvá časť je

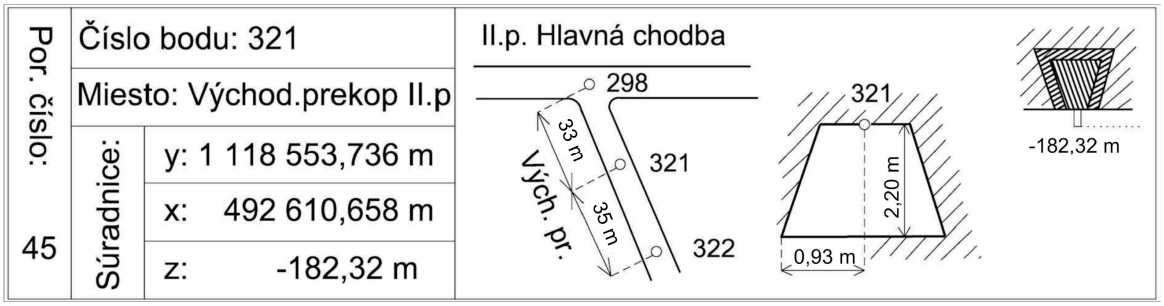
trvalo stabilizovaná v strope alebo vo výstuži s krytom a druhá časť, ktorá sa po odobratí krytu naskrutkuje do základu (Obr. 5.5).



Obr. 5.5 Stabilizácia bodov pre presné merania v strope banského diela (Michalčák, 1985)

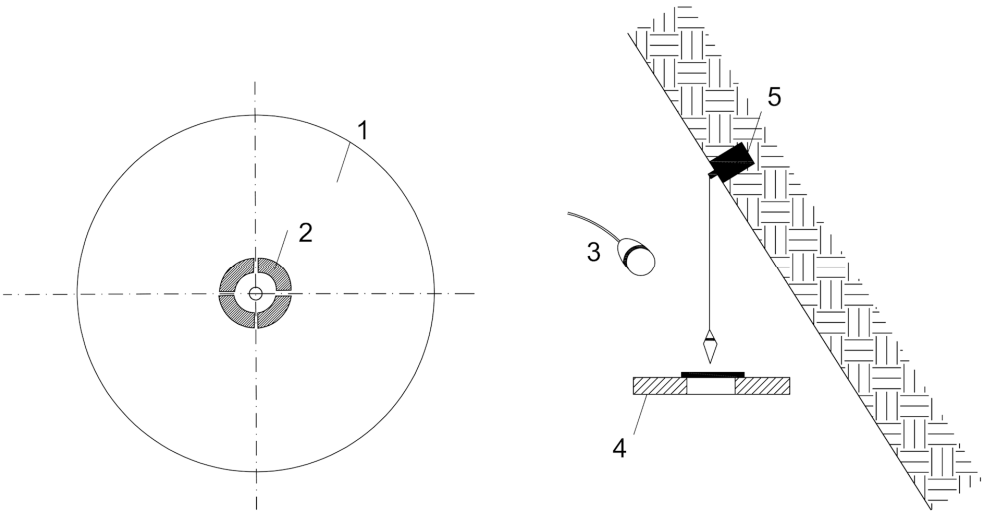
Pre každý trvalo stabilizovaný bod banského bodového poľa sa vyhotovujú identifikačné (geodetické) údaje obsahujúce (Obr. 5.6):

a) súradnice a výšku,
b) spôsob stabilizácie,
c) miestopis,
d) spôsob označenia,
e) dátum určenia.



Obr. 5.6. Identifikačné údaje (topografia) bodu (Michalčák, 1985)

Signalizácia bodov v podzemí je z dôvodu kratších zámer jednoduchšia. Na druhej strane merania sa vykonávajú za zhoršených svetelných podmienok, čo znamená dodatočné osvetlenie signálu alebo cieľovej značky. Na bežné merania a vo väčšine prípadov postačuje cielenie na záves olovnice, ktorý možno jednoduchým spôsobom, použitím banskej lampy a papiera vhodne osvetliť (Obr. 5.7). Súčasná meracia technika a možnosti LED osvetlenia umožňujú dlhodobé (po dobu niekoľkých hodín) osvetlenie cieľových značiek aj lát.



Obr. 5.7. Osvetlenie závesu olovnice (Kovanič et al., 1990)

1 – kotúč, 2 – výrez, 3 – LED svetlo, 4 – rozpera, 5 – bod bodového poľa

Zabudované vnútorné osvetlenie prístrojov, ich zámerných krížov a displejov uľahčuje prácu merača v podzemí. Na druhej strane je potrebné dbať na bezpečnosť pri používaní elektronických zariadení najmä v prostredí s nebezpečenstvom výbuchu.

6 Metódy merania na hlbinných banských dielach

Geodetické merania v banskom meračstve členíme na polohové, výškové, pripájacie a usmerňovacie merania. Nedeliteľnou súčasťou každodennej činnosti banského merača pri prevádzke banských diel je budovanie bodového poľa, vytyčovanie a kontrola postupu raziacich prác, dokumentácia objemu vyťaženej horniny alebo úžitkového nerastu a kontrola stability banských diel na povrchu aj v podzemí.

K **polohovým meraniam** radíme budovanie bodového poľa na povrchu a v podzemí, vytyčovanie banských diel na povrchu a v podzemí, zber údajov na tvorbu banskomeračskej dokumentácie (meranie polohopisu, profilov, rezov a pod.), realizácie kontrolných meraní s cieľom kontroly stability banských diel a zber údajov na určenie objemov úžitkového nerastu pri ťažbe alebo na skládkach.

Cieľom **výškových meraní** je vybudovanie a údržba výškového bodového poľa na povrchu a v podzemí, včítane výškového pripojenia bodov výškového bodového poľa na jednotlivých úrovniach (hĺbkové merania). K výškovým meraniam patrí aj vytyčovanie výšok banských diel, ich častí a určenie prevýšenia medzi ľubovoľnými časťami banských diel na povrchu a v podzemí.

Úlohou **pripájacích a usmerňovacích meraní** je polohové a smerové pripojenie povrchovej časti bodového poľa s bodovým polom na jednotlivých horizontoch. Merania súvisiace s pripájaním a usmernením banských diel svojim charakterom patria medzi najnáročnejšie činnosti vykonávané banskými meračmi na banských dielach a vyžadujú precíznu a podrobnú prípravu, ako aj skúsenosti meračského personálu.

Pri realizácii meraní na banských dielach sa volia také metódy merania, prístroje a pomôcky, ktoré umožňujú dosiahnutie vyžadovanej alebo vyššej presnosti. Používajú sa metódy a postupy umožňujúce vnútornú kontrolu meraní alebo ich nezávislú kontrolu. O spôsobe spracovania výsledkov (vyrovnania) meraní rozhoduje hlavný banský merač. Pri každom meraní je potrebné prihliadať na účel a význam predmetu merania, ako aj na možné budúce využitie výsledkov meraní. Metódy merania opisujú a kvalitatívne požiadavky pri ich realizácii upravujú prílohy Výnosu Ministerstva hospodárstva Slovenskej republiky č. 1/1993 o banskomeračskej dokumentácii pri banskej činnosti a niektorých činnostiach vykonávaných banským spôsobom (banskomeračský predpis), pričom tieto upravujú osobitne pre hlbinné banské diela (príloha č. 1 predpisu) a osobitne pre povrchovú ťažbu a diela budované banským spôsobom (príloha č. 2 predpisu) – pozri kapitoly 9 a 10.

Nižšie opísané metódy a kvalitatívne požiadavky pri ich aplikácii sa vzťahujú na merania spojené s banskou činnosťou vykonávanou v podzemí podľa § 2 písm. a), b), c), f) a g) a na činnosti vykonávané banským spôsobom v podzemí podľa §3 písm. d) a f) banského zákona.

Podľa požiadaviek na presnosť, hospodárnosť a účel meraní tieto delíme na metódy merania:

a) veľmi presné,

b) presné,
c) technické,
d) špeciálne.

Veľmi presné metódy merania a im prislúchajúce kvalitatívne kritériá používame na určenie parametrov bodov hlavného bodového poľa na povrchu a na jednotlivých horizontoch, pri pripájacích a usmerňovacích meraniach, pri vytyčovaní prerážok medzi banskými závodmi, pri meraniach vykonávaných na účely kontroly stability nadložia alebo podložia a meraniach vykonávaných na vedecké ciele.

Presné metódy merania používame na určenie parametrov bodov podrobného bodového poľa, hlavných polygónových a nivelačných ťahov, pri prácach spojených s otvárkou v rozsahu celého dobývacieho priestoru, na vytýčenie prerážky v rámci banského závodu, na vytyčovanie chodieb hlavných prekopov a pod.

Medzi **technické metódy merania** zaraďujeme metódy využívané na meranie banských diel a priestorov, na ktoré nebudú nadväzovať ďalšie merania, vytyčovanie prerážok a banských diel menšieho rozsahu, zvážnych a vedľajších chodieb, podrobné meranie súvisiace so zberom údajov na vyhotovovanie banských máp, výpočet objemov a pod.

Do skupiny **špeciálnych metód** na meranie radíme merania s osobitnými požiadavkami na kvalitu meraní (obvykle určených v projekte). Využívame ich pri vytyčovaní prerážky dlhých banských diel, pri razení a budovaní metra a iných náročných tunelových stavieb, ako aj podzemných diel osobitného určenia (urýchľovače, časti atómových elektrární a pod.) alebo pri meraniach vykonávaných na výskum a bádanie.

6.1 Metódy na meranie vodorovných smerov a uhlov

Na meranie vodorovné smerov a uhlov v podzemných priestoroch používame obdobne ako v geodézii teodolity a univerzálne meracie stanice. Okrem univerzálnych meracích staníc a klasických optických teodolitov sa v hlbinných baniach často používajú osobitné banské teodolity a pomôcky, ktoré umožňujú pohodlnejšie a rýchlejšie meranie v tmavých a stiesnených priestoroch. Banské teodolity sa líšia od bežných teodolitov niektorými konštrukčnými úpravami a doplnkami:

- úprava ďalekohľadu na meranie uhlov s veľmi strmými zámerami (obvykle excentricky osadený ďalekohľad),
- úprava osvetlenia uhlomerných stupníc, zámerného kríža a cieľových značiek,
- vybavenie teodolitu značkou na centráciu pri zvislej stabilizácii (hrot alebo iná značka na hornej časti ďalekohľadu),
- zaostrenie ďalekohľadu pre veľmi krátke zámery 1,2 m až 2,0 m,
- úprava zväčšenia ďalekohľadu (používajú sa zväčšenia 10 x, 15 x a 20 x),
- úprava tesnení teodolitu, aby odolal nepriaznivým vplyvom prostredia (zvýšená prašnosť, vlhkosť a chemická agresivita),
- úprava povrchu a elektrických častí teodolitu, aby spĺňal požiadavky zariadenia vhodného pre výbušné prostredie.

Pri meraniach na prieskum alebo merania technické sa na meranie uhlov a určenie azimutov v podzemí využívali aj magnetické prístroje (kompasy a buzoly), alebo teodolity vybavené týmito prístrojmi (napr. buzolové teodolity). Ich používanie je v súčasnosti značne obmedzené. Na meranie uhlov v úzkych, nízkych a šikmých priestoroch a chodbách (úpadniciach, komínoch apod.) sú vhodné závesné teodolity (napr. Zeiss THEO 020, resp. THEO 120, FPM THEO 6, resp. THEO 6.1), ktoré sa pri meraní samočinne urovnajú vlastnou hmotnosťou prístroja (Obr. 6.1).

Obr. 6.1. Závesný teodolit od spoločnosti Freiberger Präzisions Mechanik FPM THEO 6.1 (Virtuelles Museum, 2018)

Vo všeobecnosti sa na banských dielach používajú teodolity menšie, ľahšie a jednoduchšej konštrukcie. Sú vybavené obvykle jednoduchšími odčítacími pomôckami (optické – čiarovým alebo stupnicovým mikroskopom, elektronické – kódovým kruhom a čítaním). Ich jednoduchšej konštrukcii zodpovedá adekvátne aj presnosť meraného smeru, či uhla, najčastejšie na úrovní 1´. Na zvýšenie presnosti, resp. na dosiahnutie vyžadovanej presnosti sa využívajú rôzne metódy merania uhla násobením – jednoduchá, Weissbachova, Gaussova a pod. Pri všetkých spôsoboch sa okrem meraného vrcholového uhla vždy meria aj doplnkový uhol.

Voľba metódy a spôsobu merania závisí od vyžadovanej presnosti a prístrojového vybavenia, ktoré má banský merač k dispozícii, ale aj od prevádzkových a priestorových podmienok. Kvalitatívne požiadavky na meranie uhlov sú určené krajnou odchýlkou pre uzáver skupiny (súčet meraného a doplnkového uhla):

a) veľmi presné merania $u_1 = 5“$,
b) presné merania $u_2 = 10“$,
c) technické merania $u_3 = 30“$.

Vrcholové uhly v banských polygónových ťahoch sa merajú bez prerušenia. Ak dôjde k prerušeniu merania (najčastejšie z prevádzkových dôvodov), môže sa v meraní pokračovať vtedy, ak rozdiel pôvodne a znova meraného vrcholového uhla neprekročí hodnotu:

a) veľmi presné merania $u_1 = 15“$,
b) presné merania $u_2 = 30“$,
c) technické merania $u_3 = 90“$.

Začiatočný smerník na pokračujúce meranie sa určí výberom tých bodov (ich spojnice, t. j. strany) pôvodného polygónového ťahu, na ktorých bola splnená vyššie uvedená podmienka. Krajná odchýlka v smerníku poslednej strany polygónového ťahu je:

a) veľmi presné merania $u_1 = 10" \cdot \sqrt{n}$,
b) presné merania $u_1 = 20" \cdot \sqrt{n}$,
c) technické merania $u_1 = 40" \cdot \sqrt{n}$,

kde *n* je upravený počet vrcholových uhlov v polygónovom ťahu z oboch nezávislých meraní, pričom:

- za 1 sa počíta uhol, ktorého zámery sú merané pod zvislým uhlom do 20 °,
- za 2 sa počíta uhol, ktorého zámery sú merané pod zvislým uhlom od 20°do 50°,
- za 3 sa počíta uhol, ktorého zámery sú merané pod zvislým uhlom väčším ako 50° s prihliadnutím na dĺžku strán.

K vyššie určenej početnosti uhla sa pripočíta:

- 1 ak strany príslušné k uhlu sú dlhšie ako 10 m,
- 1,5 ak aspoň jedna zo strán prislúchajúcich k uhlu je kratšia ako 10 m.

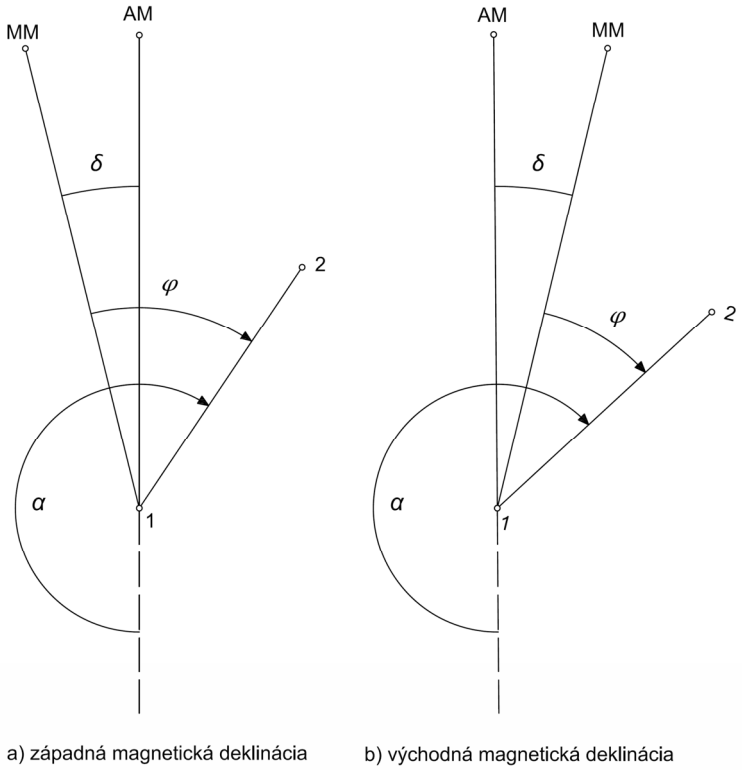
Pri meraní uhlov v banských priestoroch je potrebné zohľadniť celý rad faktorov, ktoré nepriaznivo vplývajú na priebeh a výsledky meraní. Premenlivosť svetelných, teplotných a vlhkostných pomerov, neustále prúdenie vzduchu a často sa meniaca ich intenzita v banských chodbách spôsobujú premenlivé, pre realizáciu meraní zložité, miestami až nevhodné podmienky. Výrazným spôsobom tieto podmienky determinuje aj vzájomná poloha a tvar šachty, jednotlivých chodieb a štôlní a ostatných priestorov. Teplota a vlhkosť vzduchu sa na rôznych miestach v podzemí mení v závislosti od hĺbky, ale aj od ročného obdobia.

Najväčší vplyv na meranie smerov a uhlov, na základe vyššie uvedeného, majú logicky excentricita prístroja a cieľových značiek, refrakčné prejavy a ich meniaca sa intenzita, či už vplyvom meniacich sa geomorfologických alebo fyzikálnych faktorov. Na základe výsledkov výskumných meraní boli formulované niektoré zákonitosti (napr. minimálna teplota vzduchu pri počve a maximálna pri strope vodorovných chodieb, výrazný vplyv šachty na teplotné zmeny v napájajúcich častiach vodorovných štôlní a chodieb, a pod.). Ich využiteľnosť je však často obmedzená lokálnymi vplyvmi pôsobiacimi na vykonávané merania (Michalčák, 1985).

6.2 Gyroskopické meranie vodorovných smerov

V prípadoch chýbajúcej orientácie v podzemí sa na určovanie smerov využívajú prístroje, ktoré umožňujú vytýčenie (určenie) magnetického alebo zemepisného poludníku (severu). Využitie magnetického alebo zemepisného poludníka ako základného orientačného smeru pri meraní smerov umožňuje orientáciu (usmernenie) meraní práve na miestach, kde chýba bodové pole. Ďalšou výhodou orientácie smerov na poludníky v polygónových ťahoch je skutočnosť, že meranie smerov je navzájom nezávislé a chyby v meraní jednotlivých smerov sa neprenášajú na ostatné smery. Napriek uvedeným výhodám patria v súčasnosti tieto merania medzi zriedkavo využívané najmä z dôvodu nižšej presnosti a náročného prístrojového vybavenia.

Na určenie smeru magnetického poludníku sú používané kompasy, buzoly a buzolové teodolity. Na meranie magnetických smerov v podzemí sa využívali najmä buzolové teodolity, ktoré vznikli spojením teodolitu a kompasu opatreného uhlovým delením po obvode. Pri orientácii merania na magnetický poludník je potrebné si uvedomiť, že magnetický a zemepisný pól Zeme nie sú totožné, čo spôsobuje, že v danom bode je medzi magnetickým a zemepisným poludníkom malý uhol δ, nazývaný magnetická deklinácia (Obr. 6.2).



Obr. 6.2. Magnetická deklinácia

Deklinácia nie je hodnota stála, mení sa vzhľadom na miesto aj čas. Zmeny sú spôsobené jednak činnosťou Slnka, ako aj zmenami polohy magnetickej zemskej osi, resp. polohy magnetického pólu. Pri meraniach je potrebné zavádzať opravy zo zmeny deklinácie – bližšie napr. (Kovanič et al., 1990). Krátkodobé (denné, ročné) zmeny deklinácie dosahujú približne hodnoty 5´až 10´. Dlhodobé (sekulárne) zmeny deklinácie nadobúdajú hodnoty niekoľkých

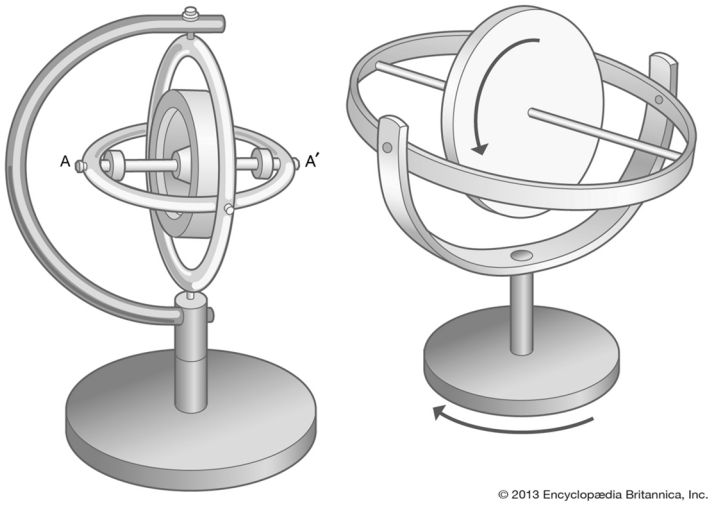
desiatok stupňov s periódou približne 477 rokov. Zmeny v magnetickej orientácií spôsobujú aj lokálne anomálie v skladbe geologického prostredia. Na určenie zmien deklinácie sa využívajú deklinatóriá (stabilné, prenosné), pričom stabilné deklinatóriá sú inštalované v observatóriách a slúžia najmä na určenie zmien deklinácie vzhľadom na čas.

Pri meraní magnetickými prístrojmi je výsledkom merania magnetický azimut, resp. smer orientovaný vzhľadom na magnetický poludník v mieste merania. Smery φ_{ik} merané magnetickými prístrojmi je potrebné prepočítať na smerníky α_{ik} (smery orientované vzhľadom na osi referenčnej sústavy) podľa

$$\alpha_{ik} = \varphi_{ik} + \delta + \gamma + 180^{\circ}, \tag{6-1}$$

kde δ je magnetická deklinácia a γ zbiehavosť poludníkov v danom mieste. Vzhľadom na presnosť, akou sme schopní určiť jednotlivé členy rovnice, bude presnosť určenia smerníka najviac na úrovni 10´, čo je postačujúce na orientáciu prieskumných diel v podzemí, jaskýň alebo banských diel menšieho významu. Na väčšinu úloh však takáto presnosť nie je vyhovujúca, a preto sa kládol aj v minulosti veľký dôraz na výskum a vývoj iných metód na usmernenie podzemných diel.

Využitie rotácie Zeme ako relatívne ustáleného fyzikálneho javu na určenie stáleho smeru na jeho povrchu, resp. v blízkosti jeho povrchu umožňuje prístroj zvaný gyroskop. Fyzikálny princíp gyroskopu spočíva v rotujúcom telese, ktorého väčšia časť hmoty je rozložená po jeho obvode. Umiestnením zotrvačníka v kardanovom závese (Obr. 6.3) vznikne zotrvačník s tromi stupňami voľnosti – možnosťou otáčania sa zotrvačníka okolo osi rotácie, vodorovnej osi a zvislej osi závesu. Takéto usporiadanie zotrvačníka spôsobí, že sa jeho os rotácie neustáli a bude premenná v priestore.

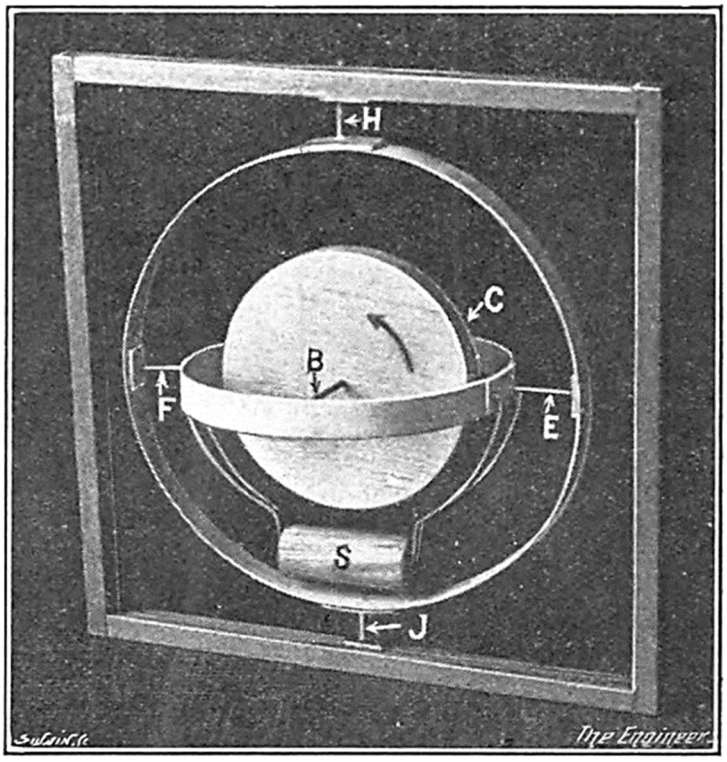


Obr. 6.3. Umiestnenie zotrvačníka v kardanovom závese (Encylopaedica Britannica, 2018)

Ak bude na os rotácie zotrvačníka pôsobiť sila konštantnej veľkosti, bude mať zotrvačník tendenciu ustáliť sa (svojou osou rotácie) v rovine pôsobenia tejto sily (Obr. 6.4). Konštrukčne

sa táto vlastnosť využíva pridaním závažia o hmotnosti *m* na os rotácie zotrvačníka, ktoré pôsobením tiaže bude pôsobiť na os rotácie silou

$$\mathbf{F} = m \times \mathbf{g} \ \text{(N)}. \tag{6-2}$$



Obr. 6.4. Princíp kyvadlového zotrvačníkového kompasu (Chalmers, 2018)
C-B – os rotácie, E-F – vodorovná os, H-J – zvislá os, S – závažie

Takto upravené zariadenie sa nazýva kyvadlový zotrvačníkový kompas (gyrokompas). Ak je gyrokompas (ang. gyrocompass) vychýlený z rovnovážnej polohy o uhol Θ bude na jeho rotačnú os pôsobiť moment sily veľkosti

$$\mathbf{M} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{a} \cdot \sin\Theta \ \text{(Nm)}, \tag{6-3}$$

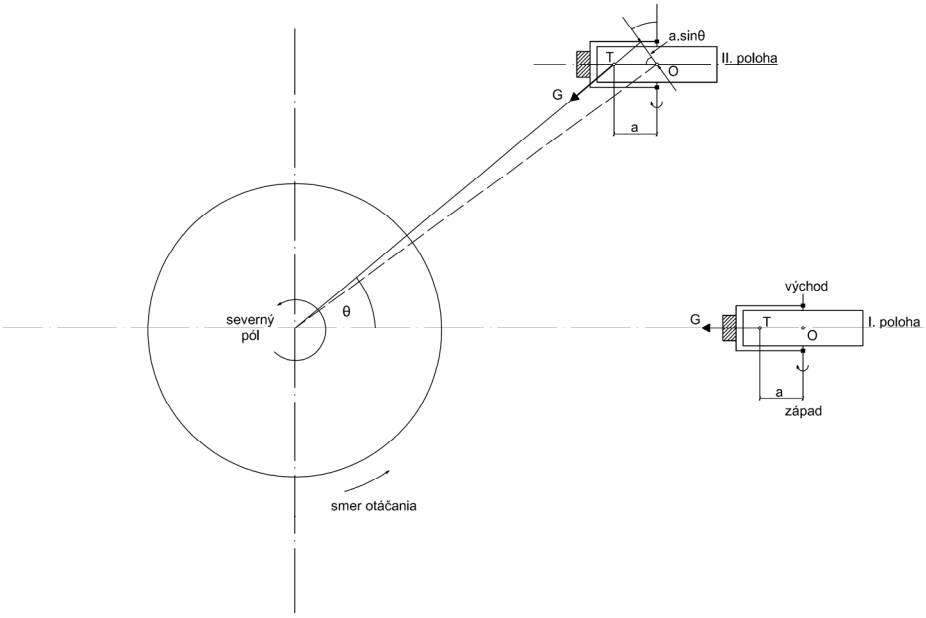
kde *a* je vzdialenosť ťažiska kompasu a jeho osi rotácie (Obr. 6.5). Moment sily **M** sa snaží natočiť os rotácie gyroskopu do smeru kolmého ku rovine miestneho poludníku. Výsledkom je kývavý pohyb hlavnej osi zotrvačníka okolo roviny kolmej k rovine miestneho poludníku. Veľkosť momentu sily **M** sa určí podľa

$$\mathbf{M} = \mathbf{k} \cdot \boldsymbol{\omega}_z \cdot \cos\varphi \cdot \sin\alpha \ \text{(Nm)}, \tag{6-4}$$

kde $\mathbf{k}$ je kinetický moment zotrvačníka,
$\boldsymbol{\omega}_z$ je uhlová rýchlosť rotácie Zeme,
φ je zemepisná šírka,
α je uhol medzi osou zotrvačníka a rovinou miestneho poludníka.

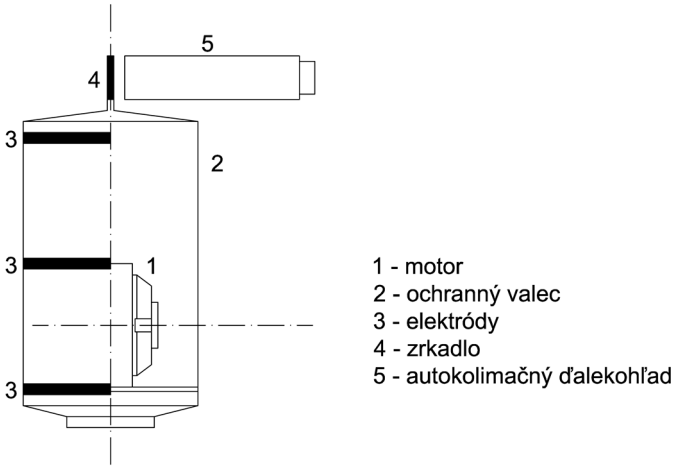
Je evidentné, že maximálne hodnoty bude nadobúdať **M** na rovníku a na póloch Zeme bude $\mathbf{M} = 0$. Vlastné meranie (observácia) spočíva v pozorovaní rovnovážnych (krajných) polôh osi

zotrvačníka a v určení strednej hodnoty prislúchajúcej týmto polohám. Ak uvážime, že čas kyvu zotrvačníka sa v našich zemepisných šírkach pohybuje v rozmedzí 3 až 4 minúty, bude na určenie strednej hodnoty potrebný čas minimálne 15 minúť.



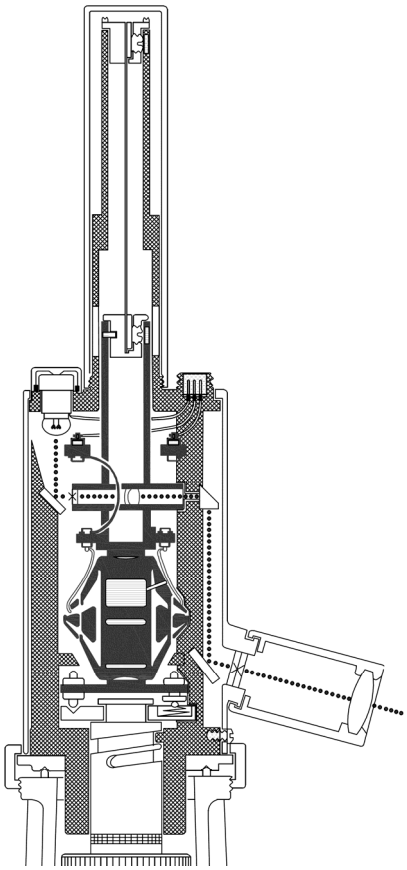
Obr. 6.5. Fyzikálny princíp gyrokompasu (Kovanič et al., 1990)

Citlivý člen gyroskopu tvorí malý asynchrónny motor, ktorého rotor plní funkciu zotrvačníka. Motor je obvykle napájaný striedavým prúdom a po roztočení postupne dosahuje hodnoty 20 až 30 tisíc otáčok za minútu. Je hermeticky uzatvorený vo valci (Obr. 6.6), ktorý je naplnený inertným plynom. V hornej časti citlivého prvku je umiestnené zrkadlo umožňujúce sledovanie (observáciu) pohybu citlivého prvku autokolimačným ďalekohľadom. Zámerná priamka autokolimačného ďalekohľadu musí ležať v rovine preloženej zámernou priamkou teodolitu. Z hľadiska spojenia citlivého prvku s konštrukciou gyroskopu rozoznávame citlivý prvok – plávajúci alebo zavesený. V prípade plávajúceho citlivého prvku je tento uložený



Obr. 6.6. Asynchrónny motor gyroskopu (Kovanič et al., 1990)

v kvapaline a preto takéto spojenie sa označuje aj kvapalinové (kvapalinový záves). V druhom prípade je citlivý prvok zavesený na torznom závese (vlákne) (Obr. 6.7).



Obr. 6.7. Zavesenie citlivého prvku gyroskopu na torznom vlákne (Kovanič et al., 1990)

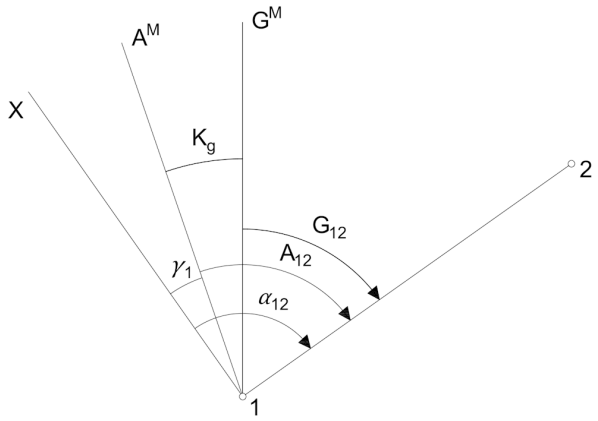
Zložité konštrukčné riešenie gyroskopov často prináša situáciu, v ktorej stredná poloha (orientácia) hlavnej osi gyroskopu G_{12} nie je totožná so smerom zemepisného azimutu A_{12}, ale sa líši o hodnotu označovanú ako konštanta gyroskopu K_G (Obr. 6.8)

$$A_{12} = G_{12} + K_G \,. \tag{6-5}$$

Konštanta gyroskopu zahŕňa odchýlku spôsobenú nesprávnou polohou odčítacieho zariadenia (zrkadlo, autokolimačný ďalekohľad atď.) a odchýlku zámerných priamok autokolimačného ďalekohľadu a ďalekohľadu teodolitu. Nadobúda obvykle malé hodnoty (rádovo niekoľko sekúnd), prevádzkou sa však mení a je preto potrebné ju v pravidelných intervaloch overovať meraním na základnici. Smerník orientačnej priamky vo zvolenej referenčnej sústave sa určí podľa

$$\alpha_{12} = A_{12} + \gamma_1 = G_{12} + K_G + \gamma_1 \,, \tag{6-6}$$

kde γ_1 je meridiánová konvergencia.



Obr. 6.8. Rozdiel medzi zemepisným azimutom A_{12} a gyroazimutom G_{12} (Kovanič et al., 1990)

Konštrukcia samotného gyroskopu neobsahuje uhlomerné zariadenia. Spojením gyroskopov a teodolitov vznikli gyroteodolity, spájajúce vlastnosti (schopnosti) oboch prístrojov v jeden konštrukčný celok – gyroteodolit. Spôsob spojenia konštrukcie gyroskopu a teodolitu musí zabezpečiť stotožnenie ich zvislých osí a prenesenie informácie o polohe (orientácii) osi zotrvačníka na vodorovný kruh teodolitu. Podľa vzájomnej polohy gyroskopu a teodolitu rozoznávame gyroteodolity:

- závesné,
- nasadzovacie.

Konštrukcia závesných gyroteodolitov umiestňuje gyrokompas pod teodolitom, zavesením gyrovalca na hlavu statívu, centricky k zvislej osi teodolitu. Centrické postavenie prístroja nad bodom je možné len pomocou mechanickej závesnej olovnice s neistotou rádovo 10 mm. Pri presnejších meraniach (najmä kratších zámerách v podzemí) sa volí dvojica excentrických stanovísk prístroja s doplnkovým uhlovým meraním na druhom konci zdvojenej zámery.

Konštrukcia závesných gyroteodolitov vyžaduje osobitne upravenú hlavu statívu a bajonetové spojenie gyrovalca s podložkou teodolitu. Urovnaním teodolitu na statíve je urovnaný aj gyrovalec. Optické lúče zobrazujúce os zotrvačníka a jeho pohyb vo vnútri gyrovalca sú vedené stredom bajonetového spojenia. Prídavnými optickými prvkami a vhodným usporiadaním ovládacích prvkov teodolitu (alidády) možno obraz pohybujúcej (otáčajúcej) sa osi zotrvačníka sledovať v mikroskope umiestnenom na alidáde teodolitu. Na kvantifikáciu veľkosti kyvov sa využíva vodorovný kruh teodolitu. Typickým predstaviteľom závesných optických gyroteodolitov boli v minulosti gyroteodolity zo sérií výrobcov FPM MRK (Nemecko), MOM GiB1 (Maďarsko) (Obr. 6.9). Najvyššiu presnosť z optických gyroteodolitov dosahuje MOM GiB3, ktorý už má čiastočne automatizovanú prevádzkou.

Konštrukcia nasadzovacích gyroteodolitov umiestňuje gyrokompas nad ďalekohľad teodolitu na hornú, nosnú konštrukciu alidády (Obr. 6.10). Optické lúče, zobrazujúce os zotrvačníka, sú vedené k objektívu ďalekohľadu teodolitu sklápajúcim sa ramenom so sústavou hranolov.

Obr. 6.9. Závesný gyroteodolit MOM GiB1 (MOM, 2018)

Pohyb osi zotrvačníka je pozorovateľom kvantifikovaný cez ďalekohľad teodolitu a využitím jeho vodorovného kruhu. Vzhľadom na skutočnosť, že je gyrovalec umiestnený na alidáde, má subtílnejšiu konštrukciu, čím sa zároveň znižuje presnosť určenia smeru (azimutu). Často využívanými predstaviteľmi v minulosti boli rôzne verzie nasadzovacích gyroteodolitov MOM GiC (Maďarsko), Wild GAK (Švajčiarsko) a v súčasnosti v spojení s univerzálnou meracou stanicou Gyro GTA 1310 od výrobcu Suzhou FOIF Co, Ltd.

Obr. 6.10. Nasadzovací gyroteodolit GTA 1310 (FOIF, 2018)

Relatívne zdĺhavý a časovo náročný proces gyroskopického merania viedol k jeho automatizácii a vývoju plne automatizovaného gyroskopu GYROMAT od spoločnosti Deutsche Montan Technologie (DMT). Prvý zo série gyroskopov GYROMAT 2000 bol uvedený na trh v roku 1991. V súčasnosti sú dostupné dve kvalitatívne rozdielne verzie GYROMAT 3000 a GYROMAT 5000. Verzia s označením GYROMAT 5000 zostáva dodnes gyroskopom ponúkajúcim užívateľovi najvyššiu presnosť a komfort (Obr. 6.11). Funkčný princíp automatizovaného gyroskopu opísali ako prví Eichholz a Schäfler v roku 1978 (Eicholz, Schäfler, 1978). Celý proces postupného vývoja prístroja aj jeho technológiu priniesol Korritke v roku 1997 (Korritke, 1997).

Obr. 6.11. DMT GYROMAT 2000 s Leica TCA1800 (Leinhart & Brunner, 2004)

GYROMAT je plne automatizovaný gyroskop vhodný na určenie deklinácie (výchylky) osi rotácie zotrvačníka od smeru miestneho poludníka. Vysokou rýchlosťou rotujúci zotrvačník spolu s motorom, internou batériou a elektronikou je umiestnený vo valci zavesenom na oceľovom lanku. Zavesenie valca umožňuje jeho voľné otáčanie sa okolo zvislej osi. Nad valcom je umiestnená riadiaca a vyhodnocovacia jednotka umožňujúca spracovanie a vyhodnotenie meraní v reálnom čase (Grillmayer, 2003).

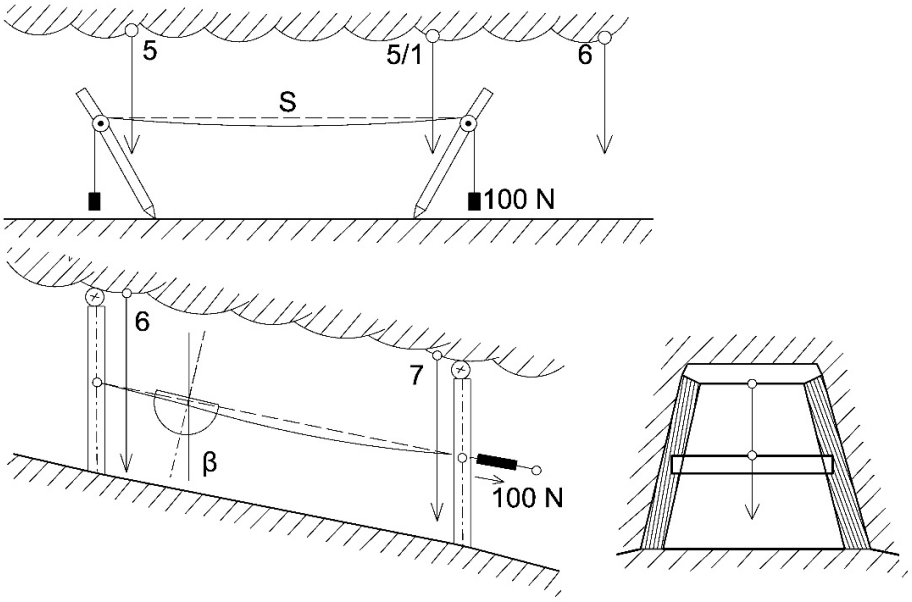
Presnosť určenia gyroskopického smeru (gyroazimutu) je závislá od konštrukcie gyroskopu a jeho spojenia s teodolitom. Nasadzovacie gyroteodolity sú menej presné a umožňujú dosiahnutie strednej kvadratickej chyby v určení gyroazimutu 30´´ až 1´. Gyroteodolity so závesnou konštrukciou sú stabilnejšie, čo sa prejavuje v kvalite určenia gyroazimutu. V teréne možno dosiahnuť strednú kvadratickú chybu v určení azimutu na úrovni 15´´ až 30´´, v laboratórnych podmienkach menej ako 10´´. Automatizáciu procesu určenia rovnovážnej polohy osi rotácie zotrvačníka u gyroskopu GYROMAT 5000 sa dosiahla presnosť na úrovni strednej kvadratickej chyby azimutu 7´´až 8´´ v teréne.

6.3 Metódy na meranie dĺžok

Metódy na meranie dĺžok v banských priestoroch sú ovplyvnené tvarom a rozmermi banského diela, ďalej úklonom, výstrojom, úpravou spodnej časti chodby, ako aj možnosťami osvetlenia priestoru pri meračských prácach. Aj v súčasnosti sa na meranie dĺžok najčastejšie používa pásmo na vidlici, pritom je výhodné, ak je pásmo z antikorovej ocele s milimetrovým delením. Vo vlhkom prostredí sa pásma chránia proti korózii ochranným filmom z epoxidovej živice, náterom alebo poniklovaním. Meranie dĺžok pásmom je výhodné, nakoľko pásmo je malé, skladné, ľahko prenosné, použiteľné v stiesnených pomeroch.

Pri priamom meraní dĺžok je najvhodnejšie pásmo klásť na koľajnice alebo na spodok (dno, počvu) chodby, ak je táto upravená (suchá, vysypaná, zhutnená). V prípade existujúcej stropnej stabilizácie alebo nevyhovujúcej úprave dna chodby je výhodnejšie pásmo napínať medzi meračskými bodmi (označenými závesmi olovníc) alebo dvojicou meračských lát, resp. výtyčiek (Obr. 6.12). Pri presných meraniach sa napínacia sila určuje silomerom a na určenie teploty pásma sa používajú kontaktné teplomery. Sklon pásma pri meraní sa určí príložným sklonomerom, prípadne určením prevýšenia koncových bodov pásma. Pri meraní dĺžok pásmom sa dĺžky merajú:

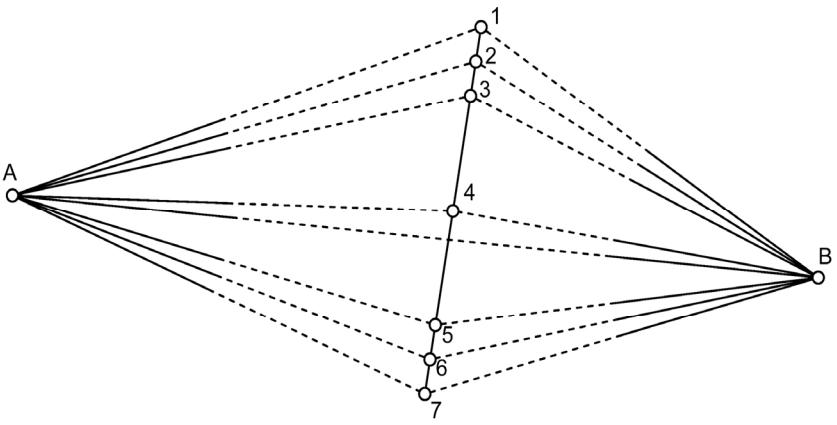
a) najmenej trikrát pri presnom a veľmi presnom meraní a to v troch polohách pásma,
b) najmenej dvakrát pri technickom meraní a to vo dvoch polohách pásma.



Obr. 6.12. Priame meranie dĺžok v bani

Na optické meranie dĺžok bola v Československu vyvinutá základnicová lata dlhá 1,2 m, vybavená na konci dvojznačkami valcovitého tvaru. Lata sa samočinne ustaľuje do zvislej polohy, je vybavená termostatickou konštrukciou. Možno ju použiť súčasne na meranie vodorovných aj zvislých uhlov (Kučera, 1960). Na optické meranie so základnicovou latou vyššej presnosti bola spoločnosťou Kern vyvinutá lata z uhlíkových vlákien dĺžky 1,5 m, vybavená na oboch koncoch sadou značiek v tvare ihlanu (Obr. 6.13). Lata je pri meraní vo

vodorovnej polohe orientovaná kolmo na spojnicu prístroj-lata. Meranie na sadu cieľových značiek umožňuje určiť dĺžku vyrovnaním a súčasne eliminovať chybu z excentrickej polohy, nesprávnej orientácie a chybu z urovnania laty (Kopáčik, 1998).



Obr. 6.13. Základnicová lata Kern (Kopáčik, 1998)

Príchodom optických diaľkomerov sa zjednodušilo aj meranie dĺžok v banských priestoroch. Najčastejšie sa využívajú diaľkomery integrované v univerzálnych meracích staniciach, pokiaľ tieto vyhovujú požiadavkám na bezpečnosť najmä vo výbušných priestoroch. Pri použití diaľkomeru sa dĺžky merajú najmenej dvakrát pri veľmi presnom a presnom meraní a to v smere tam a späť a jedenkrát pri technickom meraní.

Presnosť merania dĺžok je určená banskomeračským predpisom krajnými odchýlkami pre dĺžky merané pásmom:

a) veľmi presné merania $u_1 = 0{,}4.10^{-3} \sqrt{s}$ (m),

b) presné merania $u_2 = 0{,}5.10^{-3} \sqrt{s}$ (m),

c) technické merania $u_3 = 1{,}0.10^{-3} \sqrt{s}$ (m),

kde s je meraná dĺžka v metroch, a pre dĺžky merané diaľkomerom pomernou chybou:

a) veľmi presné merania 1 : 18 000,

b) presné merania 1 : 14 000,

c) technické merania 1 : 10 000.

Pri veľmi presnom a presnom meraní sa dĺžky merané pásmom pred redukciou do vodorovnej polohy opravia a systematické chyby z nesprávnej dĺžky a nesprávneho delenia (komparácie) pásma, z rozdielu teploty pásu pri meraní a pri komparácii, z rozdielu napínacej sily, z prehnutia pásma, z nadmorskej výšky a z kartografického zobrazenia. Pri technických meraniach sa dĺžky merané pásmom opravia o systematické chyby z rozdielu napínacej sily pri meraní a komparácii, z prehnutia pásma, o opravu z nesprávnej dĺžky a delenia pásma (komparácia), z nadmorskej výšky a z kartografického zobrazenia.

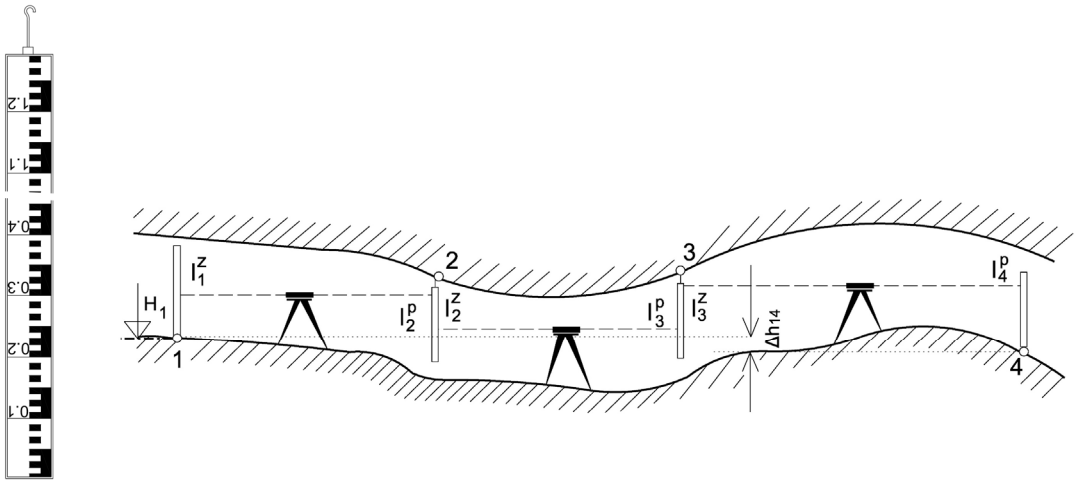
Pri meraní dĺžok diaľkomerom sa merané dĺžky opravia o vplyv atmosférických podmienok (teplota, tlak a vlhkosť), z nadmorskej výšky a z kartografického zobrazenia.

6.4 Metódy na meranie výšok a prevýšení

Meranie výšok a prevýšení patrí v banskom meračstve k základným a nemenej dôležitým činnostiam ako je meranie uhlov a dĺžok. V banskom meračstve na výškové merania používame geometrickú niveláciu, trigonometrickú metódu a iné približné metódy. Výber a použitie adekvátnej metódy je determinované vyžadovanou presnosťou, účelom, ale často aj topológiou (tvar, šírka, výška a úklon) priestoru, v ktorom sa merania vykonávajú. Výškové merania sa vykonávajú v chodbách s menším či väčším sklonom, ale aj v komínoch a zvislých šachtách.

Geometrická nivelácia patrí medzi najpresnejšie a najčastejšie využívané metódy na určovanie výšok a prevýšení. Vykonáva sa podľa rovnakých zásad a obvyklých postupov ako pri meraní prevýšení na povrchu. Podmienky v podzemných priestoroch sú však zložitejšie, sťažujú realizáciu samotných meraní a vplývajú na výslednú kvalitu (presnosť) meraní. Patria sem najmä nízka priezračnosť ovzdušia spôsobená zvýšenou vlhkosťou a prašnosťou, veterné prúdy, nedostatočné svetelné podmienky vyžadujúce osvetľovanie nivelačných lát a cieľových značiek, mäkké podložie spôsobujúce nestabilitu lát aj prístrojov, silné refrakčné vplyvy, ako aj úzke, kľukaté a sklonené chodby. S cieľom minimalizácie uvedených vplyvov na výsledok merania sa volia výrazne kratšie zámery ako býva obvykle zvykom pri geometrickej nivelácii, čo zvyšuje počet zostáv a teda aj čítaní na latách. Nie vždy možno dodržať zásadu rovnakej dĺžky zámer, čo zvyšuje vplyv systematickej chyby z nesprávnej polohy (sklonu) zámernej osi nivelačného prístroja.

Nestabilita dna chodieb, zložité sklonové pomery a existujúca stropná stabilizácia vyvolali osobitné úpravy prístrojov a lát, resp. cieľových značiek, umožňujúce ich využívanie zavesením na značky stabilizované v strope – závesné nivelačné laty (Obr. 6.14). Pri kombinácii bežných a závesných nivelačných lát pri meraní jedného prevýšenia je potrebné dbať na správne znamienko pred čítaním latového úseku (čítanie na závesnej nivelačnej late označujeme ako záporné).



Obr. 6.14. Závesná lata (vľavo) a schéma nivelácie v bani (vpravo)

Presnosť merania prevýšení metódou geometrickej nivelácie je určená banskomeračským predpisom krajnými odchýlkami:

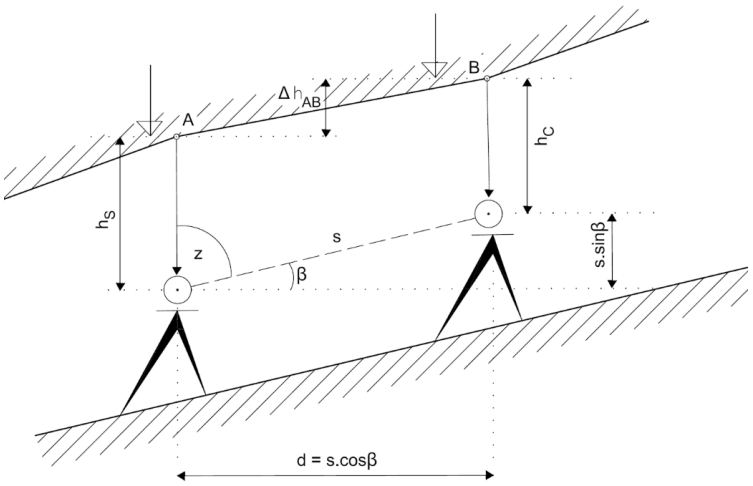
a) veľmi presné merania $u_1 = 2{,}5.10^{-3} . \sqrt{L}$ (m),

b) presné merania $u_2 = 7{,}0.10^{-3} . \sqrt{L}$ (m),

c) technické merania $u_3 = 25{,}0.10^{-3} . \sqrt{L}$ (m),

kde *L* je dĺžka výškového ťahu meraného tam a späť v kilometroch.

Trigonometrické určovanie prevýšení (trigonometrická nivelácia) je obvykle spájané s meraním polygónových ťahov, v kombinácii merania vodorovných uhlov a šikmých dĺžok. Príchodom elektronického merania dĺžok sa mierne zvýšila úroveň dosiahnuteľnej presnosti metódy, ako aj efektivita merania v teréne. K zvýšeniu presnosti určenia prevýšenia trigonometrickou metódou prispieva aj využívanie závislej centrácie (trojpodstavcových súprav). Pri používaní trojpodstavcových súprav a cieľových značiek od výrobcu prístroja možno zjednodušiť výpočet nastavením rovnakej výšky prístroja a cieľa. Na správnosť výpočtu treba osobitne dbať pri stropnej stabilizácii, keď výška cieľa, resp. prístroja je definovaná zvislou vzdialenosťou medzi vodorovnou osou prístroja, resp. cieľovej značky a značky stabilizovanej v strope (Obr. 6.15).



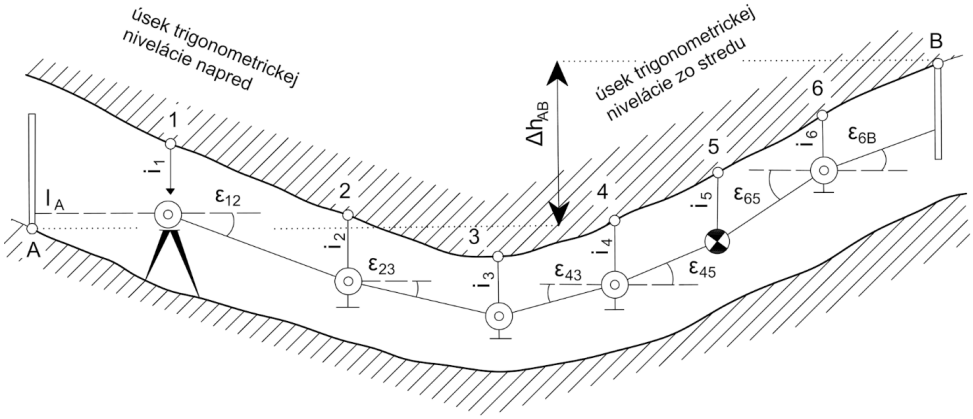
Obr. 6.15. Trigonometrické určenie prevýšenia

V úzkych chodbách s výrazným sklonom sa často používajú na meranie závesné banské teodolity a meranie dĺžok pásmom, resp. kombinácia bežných a osobitných postupov (Obr. 6.16). Osobitnú pozornosť je potrebné venovať v týchto prípadoch samotnému meraniu, ale aj výpočtu prevýšenia. Presnosť merania prevýšení trigonometrickou metódou je určená banskomeračským predpisom krajnými odchýlkami:

a) presné merania $u_2 = 20 .10^{-3} . \sqrt{n}$ (m),

b) technické merania $u_3 = 40 .10^{-3} . \sqrt{n}$ (m),

kde *n* je počet stanovísk výškového ťahu.



Obr. 6.16. Trigonometrická nivelácia v podzemí

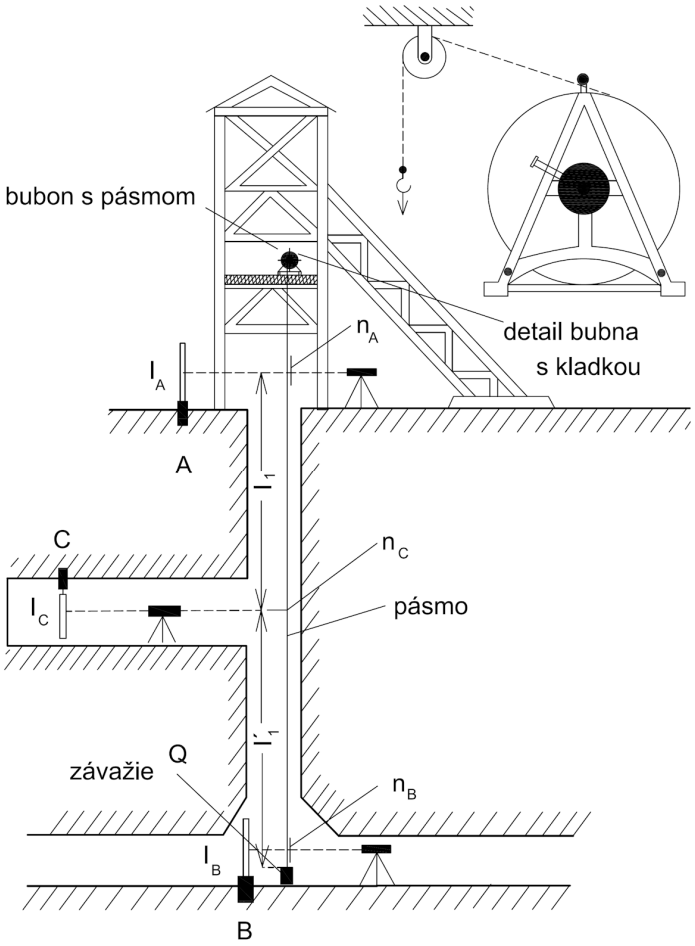
Na **približné, predbežné alebo dočasné určenie** prevýšenia a výšok sa v banskom meračstve často využívala metódy barometrického určenia výšok, sklonomery alebo zjednodušené postupy hydrostatickej nivelácie. Je potrebné si uvedomiť, že v takýchto prípadoch je kvalita výsledku limitovaná možnosťami metódy merania, ako aj prístrojmi a pomôckami použitými pri meraní (Michalčák, 1985).

6.5 Hĺbkové merania

Nadmorské výšky bodov na jednotlivých horizontoch v hlbinných baniach určujeme hĺbkovými meraniami. Hĺbkové merania sa vykonávajú osobitným hĺbkovým pásmom, bežným pásmom, oceľovým drôtom alebo elektronickým diaľkomerom.

Meranie osobitným oceľovým **hĺbkovým pásmom** patrí medzi najpresnejšie metódy hĺbkového merania. Hĺbkové pásma sa vyhotovujú podľa potreby a hĺbky banského diela (šachty) v dĺžkach 200 m, 500 m až 1000 m. Hĺbkovým pásmom môžeme pri jednom meraní určiť výšky bodov na viacerých obzoroch (horizontoch) súčasne. Delenie na hĺbkovom pásme je vyznačené po decimetroch a metroch, pričom každý celý meter je vyznačený dierkou a číslom. Pri meraní (čítaní) na danom mieste sa na pásmo upevňuje meradlo so stupnicou s milimetrovým delením tak, aby sa začiatok stupnice meradla zhodoval so značkou na pásme. Pásmo je navinuté na bubon s kľukou a brzdou.

Počas merania je pásmo inštalované do šachty (jamy) vo zvislej polohe tak, aby sa nedotýkalo jej stien ani vystrojenia (Obr. 6.17), čo sa kontroluje spustením prstenca po pásme, resp. meraním doby kyvu voľne zaveseného pásma (pozri vzťah (7-3)). V hornej časti je pásmo vedené cez osobitnú, na tento účel používanú kladku, zabezpečujúcu hladké odvíjanie a spúšťanie pásma do šachty bez porušenia jeho prierezu a tvaru. Na konci pásma sa pripevní závažie určenej hmotnosti, aby sa docielilo napnutie pásma a jeho ustálenie vo zvislej polohe. V dôsledku prúdenia vzduchu v jame má pásmo tendenciu otáčať sa, čím sa jeho celková dĺžka skracuje. Toto možno tlmiť (eliminovať) zvýšením hmotnosti závažia a jeho ponorením do kvapaliny.



Obr. 6.17. Meranie hĺbkovým pásmom

Presnosť hĺbkového merania limitujú systematické vplyvy a náhodné chyby merania. Medzi najvýraznejšie systematické vplyvy patrí:

- zmena teploty pásma,
- predĺženie pásma vlastnou hmotou,
- predĺženie pásma hmotou závažia,
- nesprávna dĺžka pásma.

Vplyv teplotných zmien eliminujeme zavedením opráv k meranému prevýšeniu zo zmeny teploty po jednotlivých úsekoch pásma podľa vzťahu

$$\Delta = h \cdot (t - t_0) \cdot \alpha \ \text{(m)}, \tag{6-7}$$

kde h je merané prevýšenie v metroch,

t je teplota pásma počas merania,

t_0 je teplota pásma pri komparácii,

α je koeficient teplotnej rozťažnosti materiálu pásma.

Teplotu pásma meriame kontaktnými teplomermi na viacerých miestach a to (Michalčák, 1985):

- na povrchu pri ústí jamy,
- približne 5 m pod ústím jamy,
- v 1/3 a 2/3 meranej dĺžky, resp. v pravidelných vzdialenostiach (približne 100 m) podľa teplotných pomerov v jame,
- 5 m nad úrovňou obzoru, na ktorom určujeme výšku bodu,
- v úrovni obzoru.

Celková oprava zo zmeny teploty je súčtom opráv určených pre jednotlivé úseky pásma.

Oprava z predĺženia pásma vlastnou hmotnosťou a hmotnosti závažia sa vypočíta zo vzťahu

$$\Delta = \frac{h \cdot (F - F_0)}{E \cdot q} \text{ (m)}, \tag{6-8}$$

kde h je dĺžka pásma použitá pri hĺbkovom meraní v metroch,

F je sila pôsobiaca na pásmo v dôsledku zaťaženia pásma počas merania,

F_0 je sila, ktorou bolo pásmo napínané pri komparácii,

q je plocha prierezu pásma,

E je modul pružnosti materiálu pásma.

Komparácia hĺbkového pásma sa vykonáva priamo na banskom závode na vodorovnej komparačnej základnici zriadenej osobitne na tento účel v blízkosti bubna s hĺbkovým pásmom. Oprava z nesprávnej dĺžky (komparácie) pásma sa určí zo vzťahu

$$\Delta = \frac{h \cdot \Delta l}{l} \text{ (m)}, \tag{6-9}$$

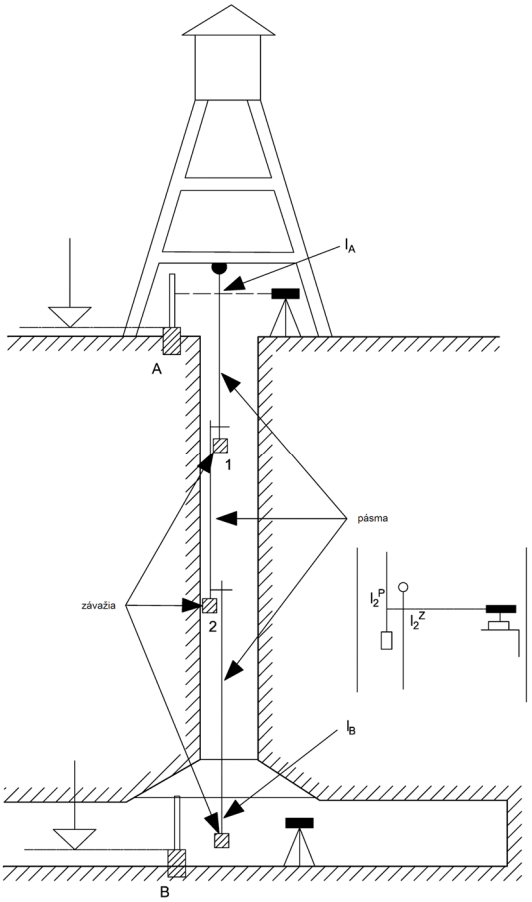
kde h je merané prevýšenie v metroch,

l je jednotková dĺžka pásma (určená pri komparácii – obvykle 5 m až 10 m),

Δl je oprava z nesprávnej dĺžky pásma pre jednotkovú dĺžku v metroch.

Hĺbkové meranie **bežným pásmom** dĺžky 50 m, resp. 100 m sa vykonáva v prípadoch, že v banskom závode nie je k dispozícii hĺbkové pásmo. Nato sa využívajú oceľové komparované pásma s milimetrovým delením, zavesené v jame na skoby (háky) tak, aby sa jednotlivé pásma prekrývali (Obr. 6.18). Oproti prekrývajúcim sa úsekom pásiem je v jame inštalovaná konzola na upevnenie nivelačného prístroja, ktorým sa vykoná čítanie na oboch pásmach súčasne. Nevýhodou tohto spôsobu je, že vyžaduje pohyb personálu v jame využitím výťahu (klietky) a postupné prekladanie pásiem. Kontrola merania sa vykoná opakovaným meraním vedenom v opačnom smere.

Na hĺbkové meranie **oceľovým drôtom** sa obvykle využíva oceľový drôt priemeru 1 mm navinutý na bubon s kľukou. Zaťažuje sa závažím o hmotnosti 5 kg až 15 kg podľa meranej hĺbky. Výška horizontu nivelačného prístroja na povrchu a na príslušnom horizonte je vyznačená na drôte svorkami a po vytiahnutí drôtu na povrch, je vzdialenosť medzi svorkami určená meraním na komparačnej základnici. Nahradenie hĺbkového pásma oceľovým drôtom je prípustné v prípadoch, keď sa nevyžaduje vysoká presnosť.



Obr. 6.18. Hĺbkové meranie komparovanými pásmami

Hĺbkové meranie **elektronickým diaľkomerom** si vyžaduje vhodné priestorové usporiadanie v jame a najmä dodatočné vybavenie (odrazové zariadenia na odraz zväzku diaľkomerných lúčov pod 90° uhlom, držiaky na odrazové zariadenia s možnosťou jemnej justáže polohy a sklonu zariadenia nad jamou. Výšku horizontu diaľkomera a odrazových zariadení sa určí geometrickou niveláciou. Hodnota meranej dĺžky sa opraví o opravu z fyzikálnych parametrov prostredia v jame (teplota, vlhkosť a tlak vzduchu). Pri vedení diaľkomerného zväzku lúčov v blízkosti stien jamy treba uvažovať s intenzívnejším pôsobením refrakčných javov a s ich možným vplyvom na výsledky merania. Vzhľadom na náročnosť meračských prác a potrebu doplnkového vybavenia je v súčasnosti tento postup využívaný zriedkavo.

Presnosť merania prevýšení pri hĺbkových meraniach je určená banskomeračským predpisom nezávisle na spôsobe merania krajnou odchýlkou

$$u = k.10^{-3} \cdot \sqrt{20 + \frac{2}{15} \cdot h} \ \text{(m)}, \qquad \text{(6-10)}$$

kde k = 2 pre veľmi presné merania,

k = 4 pre presné merania,

k = 8 pre technické merania,

h je meraná hĺbka pripájaného obzoru v metroch.

7 Pripájacie a usmerňovacie merania

Cieľom pripájacích a usmerňovacích meraní je určiť vzájomnú polohu a orientáciu banských diel a objektov nachádzajúcich sa na povrchu a v podzemí. Poloha a orientácia banských diel a objektov je jednoznačne daná súradnicami ich charakteristických bodov a prvkov. Úlohou pripájacích a usmerňovacích meraní je teda určiť súradnice bodov banského bodového poľa a smerník základných orientačných priamok na jednotlivých horizontoch banského diela v súradnicovom systéme banského závodu, reprezentovanom bodmi bodového poľa na povrchu.

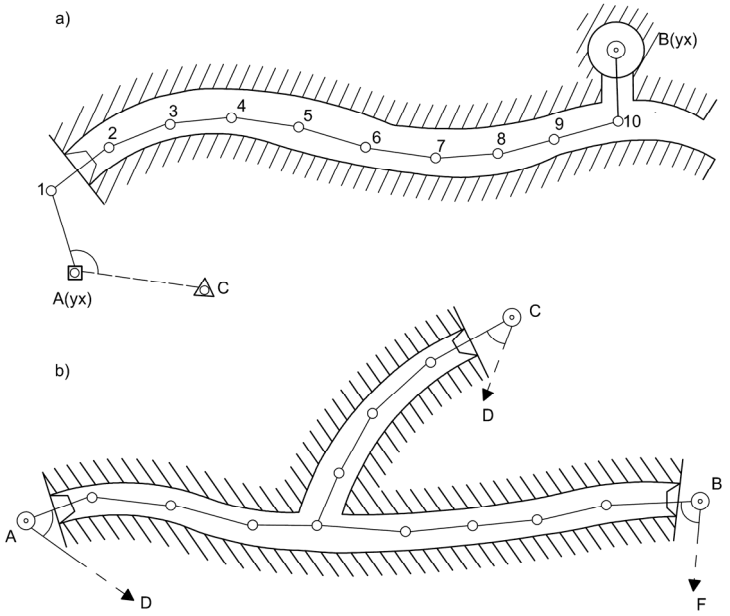
Spôsob pripájania bodov nachádzajúcich sa na jednotlivých horizontoch je determinovaný najmä topológiou banského diela, počtom a rozmiestnením prístupov do podzemnej časti banského diela. Rozoznávame pripájanie:

a) vodorovným alebo úklonným dielom (štôlňou),
b) jednou zvislou šachtou (jamou),
c) dvoma, príp. viacerými zvislými jamami.

7.1 Pripájanie vodorovným alebo úklonným dielom

Najpresnejším spôsobom pripájania banského diela je pripájanie cez vodorovné alebo úklonné štôlne ústiace na povrchu. Základným určujúcim obrazcom (štruktúrou) je v takýchto prípadoch polygónový ťah, ktorý môže byť v závislosti od topológie banského diela:

- obojstranne pripojený a orientovaný,
- obojstranne pripojený a jednostranne orientovaný (Obr. 7.1a),
- tvorený polygónovou štruktúrou s uzlovým bodom (Obr. 7.1b),
- jednostranne pripojený a orientovaný.



Obr. 7.1. Pripájacie a usmerňovacie meranie polygónovým ťahom

V praxi sa najčastejšie stretávame s jednostranne pripojeným a orientovaným (voľným) polygónovým ťahom. Vzhľadom na význam pripájacích a usmerňovacích meraní pri ich realizácii používame metódy a kritériá presnosti určené pre kategóriu veľmi presných meraní (pozri kap. 5 a 6). Správnosť merania a splnenie kvalitatívnych požiadaviek kontrolujeme opakovaným nezávislým meraním.

7.2 Pripájanie zvislou šachtou

Pripájanie jednou šachtou (jamou) sa využíva v prípade, ak je podzemná časť banského diela spojená s povrchom iba zvislou jamou. V takýchto prípadoch možno do podzemia premietnuť:

- jeden bod, pričom usmernenie sa vykoná určením smerníka orientačnej priamky gyroskopickým meraním, v krajnom prípade odvodením z magnetického azimutu,
- dva koncové body úsečky.

Prvý z uvedených spôsobov je menej presný, najmä v kombinácii s magnetickým usmernením. Takéto riešenie sa používa obvykle iba na predbežné určenie alebo kontrolu orientácie podzemnej časti bodového poľa. S využitím gyroskopického usmernenia je možné docieliť presnosť vyhovujúcu pre kategóriu presných, resp. pri použití automatizovaných gyroteodolitov aj pre kategóriu veľmi presných meraní (pozri kap. 6.2 a kap. 7.4).

Poloha bodu, resp. koncových bodov úsečky, sa určí v úrovni jednotlivých horizontov banského diela premietaním, buď mechanickými olovnicami alebo opticky (napr. teodolitom, využitím laserov alebo špeciálnych prístrojov, tzv. prevažovačov). Najčastejšie sa však pri tomto spôsobe usmernenia využívajú mechanické olovnice a to najmä vzhľadom na špecifikum prostredia a možnú dosiahnuteľnú presnosť usmernenia v závislosti na dĺžke premietanej úsečky (tá je limitovaná priemerom šachty). Obvykle je dĺžka premietanej úsečky 1,5 m až 4,5 m. Pri dĺžke premietanej úsečky a = 4,5 m a neistote v určení polohy jej koncových bodov σ_p = 1 mm, bude neistota v určení jeho smerníka charakterizovaná hodnotou $\Delta\alpha$

$$tg\Delta\alpha = \frac{\sigma_{p1}^2 + \sigma_{p2}^2}{a} \ , \tag{7-1}$$

po úprave

$$\Delta\alpha = \rho'' \frac{\sigma_p \sqrt{2}}{a} = 2'26'' \ . \tag{7-2}$$

Odchýlka v určení smerníka limituje kvalitu učenia smerníka základnej orientačnej priamky v podzemí a následne kvalitu usmernenia podzemnej časti bodového poľa. S narastajúcou vzdialenosťou bodov bodového poľa od šachty (olovníc) výrazne porastie neistota v určení ich polohy najmä v priečnom smere, napr. pri vzdialenosti približne 1000 m a neistote v určení smerníka premietanej priamky $\Delta\alpha = 2'26''$ bude priečna odchýlka v určení polohy koncových bodov polygónovej štruktúry až 0,70 m. Nakoľko nie je možné zvýšiť

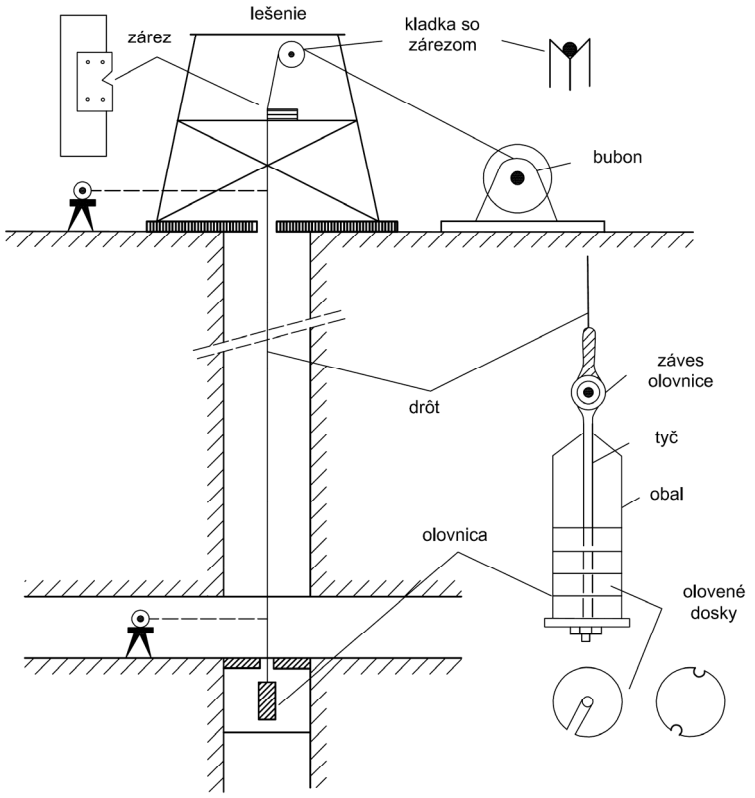
presnosť usmernenia predĺžením premietanej úsečky, je potrebné venovať zvýšenú pozornosť určeniu zvislého priemetu bodov (premietaniu bodov pomocou olovníc).

Kvalita pripájania a usmernenia jednou šachtou sa môže zvýšiť jednak zvýšením počtu stanovísk prístroja, ako aj zvýšením počtu premietaných bodov (olovníc). Praktické aplikácie potvrdili, že zvýšenie počtu olovníc na viac ako tri nemá význam. Limitujúce priestorové podmienky neúmerne zvyšujú pri väčšom počte olovníc čas potrebný na ich inštaláciu a vykonanie meraní. Vzhľadom na mierny nárast kvality sú zvýšené nároky na realizáciu meraní neefektívne.

Pri premietaní dvojice bodov tvorí premietaná úsečka s ostatnými určujúcimi prvkami rôzne geometrické obrazce, ktorých tvar a veľkosť závisí jednak od podmienok v šachte (vystrojenie, usporiadanie ťažných a meračských zariadení a pod.), ako aj od vzájomnej topológie šachty a chodieb na jednotlivých horizontoch. V banskomeračskej praxi sa na území Slovenska najčastejšie využíva trojuholník, menej často priamka alebo štvoruholník.

7.2.1 Premietanie bodov mechanickými olovnicami

Úkony spojené s premietaním, predovšetkým pri veľkých hĺbkach, patria medzi najzložitejšie a najnáročnejšie v banskomeračskej praxi. Na premietanie polohy koncových bodov orientačnej priamky sa vyžívajú osobitne upravené olovnice, zariadenia a pomôcky (Obr. 7.2).



Obr. 7.2. Pripájanie mechanickou olovnicou

Olovnice sú pri veľkých dĺžkach závesov značne citlivé na vplyvy prostredia, najmä na pôsobenie vzdušných prúdov v šachte, kvapiek vody a pod. Obvykle používané olovnice pozostávajú z oceľového alebo mosadzného drôtu priemeru 0,8 mm až 3,0 mm a závažia valcového typu s možnosťou meniť jeho hmotnosť. Hmotnosť závažia sa obvykle volí medzi 20 kg až 30 kg do hĺbky šachty 100 m, na každých ďalších 100 m sa zvyšuje hmotnosť olovníc o 10 kg. Pri premietaní bodov do veľkých hĺbok ($h > 800$ m) sa používajú olovnice s hmotnosťou závažia od 100 kg do 1000 kg a so závesom z pružinovej ocele.

Je veľmi dôležité, aby bol záves olovníc po celej dĺžke voľný a nedotýkal sa stien alebo vystrojenia šachty. Toto sa kontroluje spustením prstenca (krúžku) po celej dĺžke závesu alebo výpočtom doby kyvu *t* (medzi krajnými polohami olovnice).

$$t = \pi\sqrt{\frac{h}{g}} = 1{,}003\sqrt{h} \approx \sqrt{h} \text{ (s)}, \qquad (7\text{-}3)$$

kde h je dĺžka závesu olovnice v metroch,

g je hodnota tiažového zrýchlenia 9,81 $m.s^{-2}$.

Otázkami správnej polohy olovníc v šachte sa zaoberali mnohí autori (napr. Weissbach, Uhlich, Junge, Wilski) s cieľom určiť optimálnu polohu a počet olovníc použitých na pripojenie a usmernenie podzemných častí banského bodového poľa.

Určenie správneho priemetu zvislice pomocou olovníc vyžaduje okrem starostlivosti aj použitie vhodného postupu. V praxi sa používajú postupy s **voľnými** (kývajúcimi sa olovnicami), ako aj s **ustálenými** (upevnenými) olovnicami. Prvý zo spomínaných postupov sa využíva pri premietaní (prevažovaní) do malých hĺbok, obvykle $h < 100$ m. Olovnice sú v šachte voľne zavesené a teda aj vystavené vplyvu vzdušných prúdov. Na tlmenie tohto vplyvu sa závažie ponára do nádoby s kvapalinou (olej, voda, voda s pilinami), alebo sa na olovnicu montujú tlmiace krídla (lopatky). Vychýlenie olovnice môžu spôsobovať aj padajúce kvapky vody v šachte, a preto sa tento postup využíva skôr v plytkých a suchých šachtách.

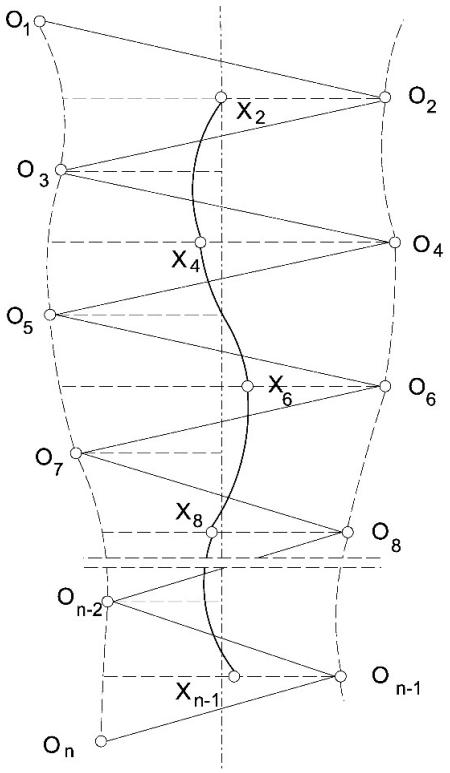
Olovnica sa po čase mierne ustáli, naďalej však ostáva v pohybe a je potrebné opakovaným cielením určiť krajné polohy závesu olovnice a týmto polohám prisúdiť čítanie o_i na vodorovnom kruhu teodolitu. Tlmením kmitov olovnice sa čítania navzájom približujú, „smerujú“ k rovnovážnej polohe prezentujúcej polohu zvislého priemetu bodu závesu v mieste pozorovania (Obr. 7.3).

Pri väčších hĺbkach šácht ($h > 600$ m) je intenzita vírivých vzdušných prúdov natoľko veľká, že je potrebné ich vplyv eliminovať aj zmenou závažia počas merania, pričom prvé a posledné čítanie sa vykoná pri závaží rovnakej hmotnosti. Wilski napr. navrhuje vykonať meranie štyrmi závažiami postupne o hmotnosti

100 kg – 400 kg – 500 kg – 100 kg.

Podľa Schneidera stačí vykonať len tri merania s olovnicami o hmotnosti

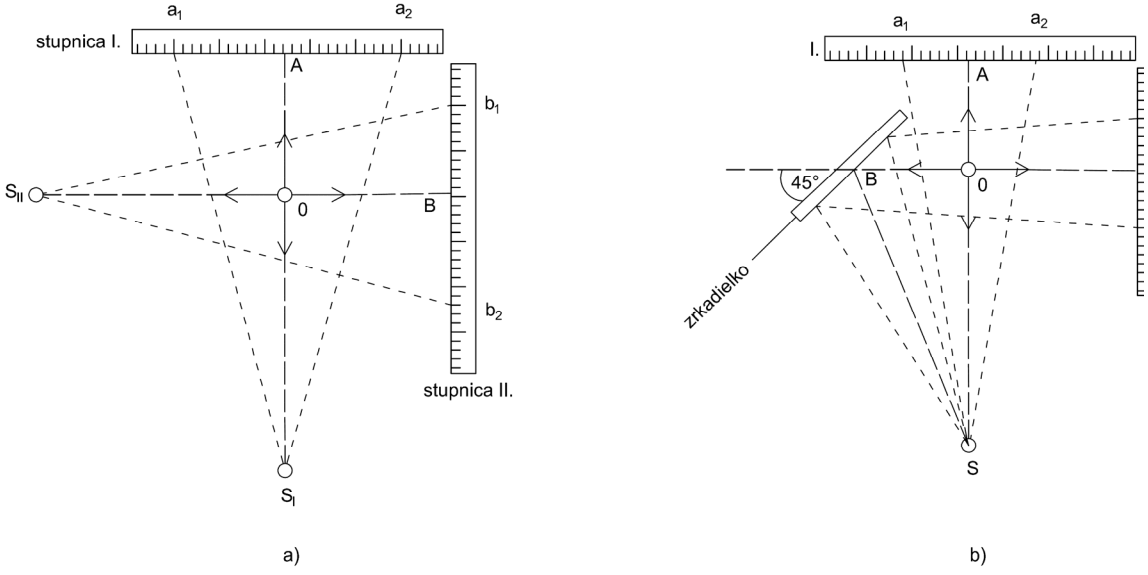
300 kg – 1100 kg – 300 kg.



Obr. 7.3. Priebeh kmitov olovnice

Pri šachtách s hĺbkou nad 1000 m je potrebné už uvažovať aj s vplyvom príťažlivosti okolitých hornín na záves a závažie olovnice. Podrobnejšiu analýzu vplyvu rôznych faktorov na odklon olovnice od zvislice uvádza napr. (Neset, 1967).

Pri druhom z uvádzaných postupov sú krajné polohy kývajúcej sa tlmenej olovnice registrované čítaním na vodorovných stupniciach, umiestnených v blízkosti závesu olovnice a to v dvoch navzájom kolmých smeroch (Obr. 7.4a).



Obr. 7.4. Pozorovanie kmitov olovnice

Pri meraní sú používané sklenené stupnice s milimetrovým delením a čítanie na stupnici sa vykoná s odhadom na 0,1 mm. Po vykonaní niekoľkých (obvykle 10 až 11) čítaní a výpočte rovnovážnej polohy olovnice (zodpovedajúcej hodnoty na stupnici), je olovnica upevnená osobitným centračným zariadením v zodpovedajúcej polohe. Na pozorovanie kyvov a určenie krajných polôh závesu olovnice sa používa teodolit postavený kolmo na stupnicu. Aby nebolo potrebné na meranie použiť dva teodolity, je meranie na druhej stupnici vykonané pomocou zrkadielka umiestnenom pod 45° uhlom (Obr. 7.4b).

Smer α, zodpovedajúci spojnici prístroja a závesu olovnice v rovnovážnej polohe, bude určený strednou hodnotou zo série čítaní krajných polôh. Na výpočet strednej hodnoty a jej strednej kvadratickej chyby nachádzame v literatúre u viacerých autorov (napr. Fox, Uhlich) rôzne postupy, z ktorých uvádzame dva najčastejšie používané v praxi (v Tab. 7.1).

Tabuľka 7.1. Určenie rovnovážnej polohy olovnice

Hodnota	Fox	Uhlich
x_2	$x_2 = \frac{1}{2}\left(\frac{o_1 + o_3}{2}\right) + o_2$	$x_2 = \frac{1}{2}\left(\frac{o_1 + o_3}{2}\right) + o_2$
$x_{3,4}$	$x_3 = \frac{1}{2}\left(\frac{o_2 + o_4}{2}\right) + o_3$	$x_4 = \frac{1}{2}\left(\frac{o_3 + o_5}{2}\right) + o_4$
$x_{4,6}$	$x_4 = \frac{1}{2}\left(\frac{o_3 + o_5}{2}\right) + o_4$	$x_6 = \frac{1}{2}\left(\frac{o_5 + o_7}{2}\right) + o_6$
.	.	.
.	.	.
x_{n-1}	$x_{n-1} = \frac{1}{2}\left(\frac{o_{n-2} + o_n}{2}\right) + o_{n-1}$	$x_{n-1} = \frac{1}{2}\left(\frac{o_{n-2} + o_n}{2}\right) + o_{n-1}$
α	$\frac{[x_i]}{n-2}$	$\frac{2[x_i]}{n-1}$
σ_α	$\sqrt{\frac{[vv]}{(n-3)\cdot(n-2)}}$	$2\sqrt{\frac{[vv]}{(n-1)\cdot(n-3)}}$

kde o_i je čítanie polohy závesu olovnice v milimetroch,

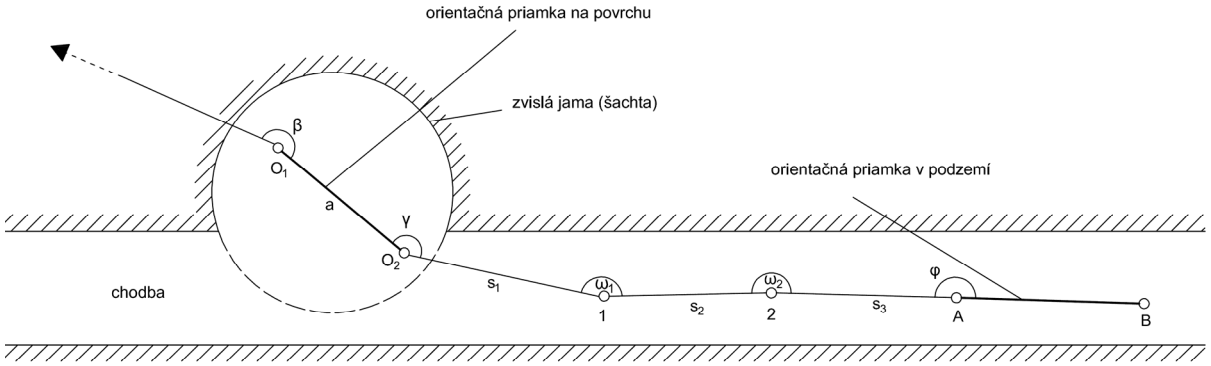
n je počet kyvov olovnice.

7.2.2 Metódy pripájania jednou šachtou a dvomi olovnicami

Podľa konfigurácie a vzájomnej polohy (topológie) určovacích obrazcov rozoznávame pripojovacie a usmerňovacie merania:

- centrické,
- excentrické.

Pri **centrickom** pripojovacom meraní je stanovisko prístroja (teodolitu) totožné so zvislým priemetom olovníc O_1 a O_2, t. j. prístroj centrujem na povrchu nad závesom olovníc a v podzemí pod olovnicami (Obr. 7.5). Splnenie tejto požiadavky vyžaduje špeciálne meračské pomôcky na zavesenie olovníc, centrovanie prístrojov, ako aj úpravu ďalekohľadu na krátke zámery. Z uvedených dôvodov sa tento spôsob pripojovacích meraní realizuje veľmi zriedka.



Obr. 7.5. Princíp centrického pripájacieho merania

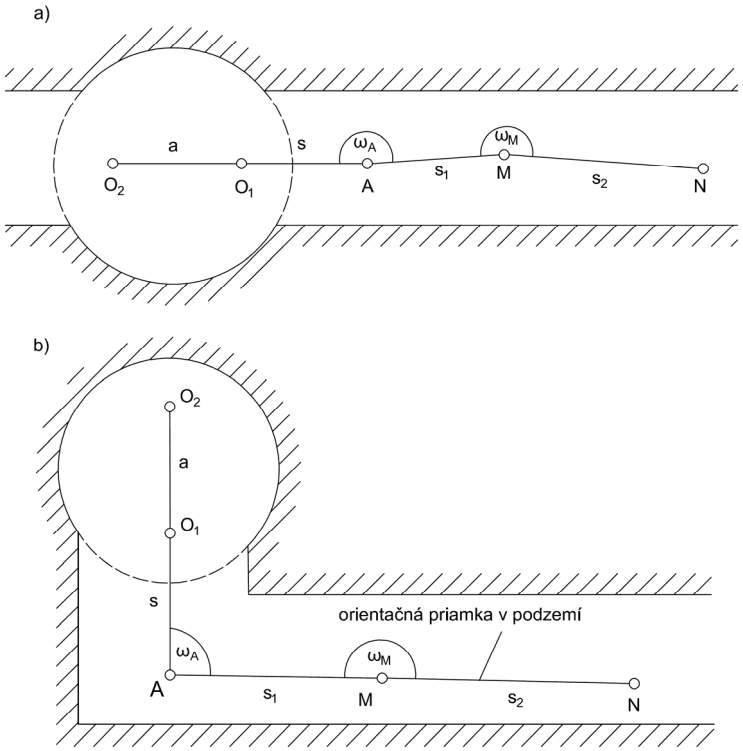
Pri **excentrickom** pripojovaní je stanovisko prístroja mimo záves olovníc a s olovnicami vytvára rôzne geometrické obrazce najčastejšie trojuholník alebo štvoruholník, výnimočne mnohouholník.

7.2.2.1 Pripájanie priamkou

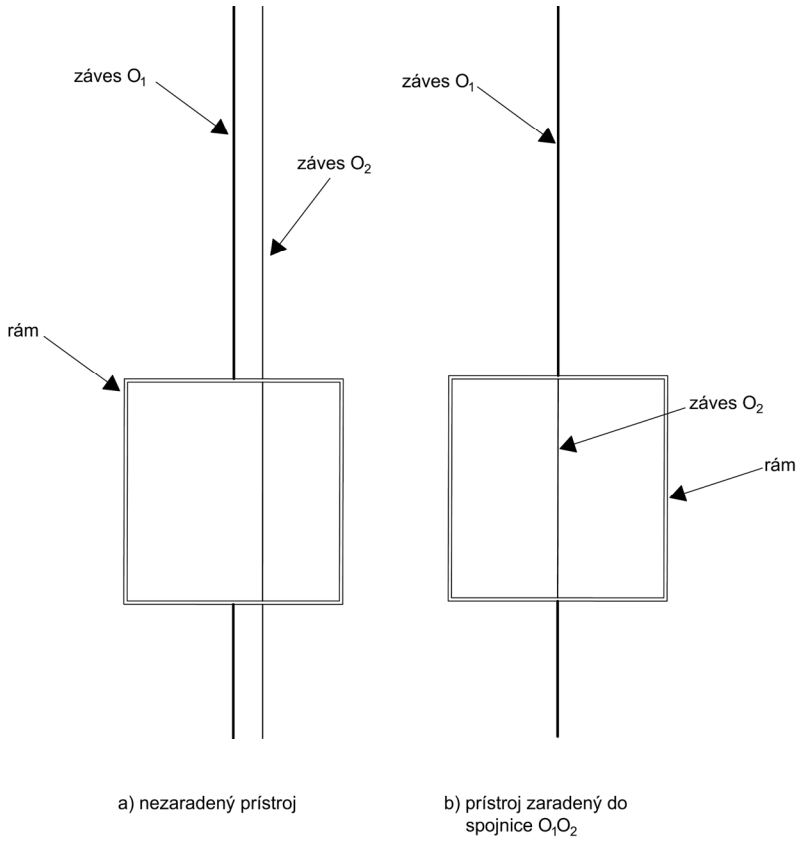
Osobitným prípadom centrického pripojovacieho merania je pripojenie priamkou, pri ktorom je prístroj zaraďovaný do smeru (priamky) vytvorenej spojnicou olovníc O_1 a O_2 (Obr. 7.6). Na zaradenie prístroja do smeru s vyžadovanou presnosťou je potrebná špeciálna podložka umožňujúca posunutie teodolitu na statíve v priečnom smere a meračská pomôcka v tvare štvoruholníka (okienka), ktoré sa upevní na záves olovnice nachádzajúcej sa bližšie k prístroju (Obr. 7.7). Tým sa umožní cielenie na záves zadnej olovnice. Stotožnenie obrazov oboch olovníc v ďalekohľade teodolitu dosiahneme priečnym posunutím teodolitu na špeciálnej podložke. Stotožnením zvislej osi teodolitu a spojnice olovníc O_1 a O_2 bude smerník

$$\alpha_{O1,O2} = \alpha_{A,O1} = \alpha_{A,O2} \ . \tag{7-4}$$

Výhodou tohto postupu je, že priemet (polohu) olovníc stačí určiť iba v jednom smere a to kolmo na spojnicu O_1O_2. Presnosť pripojenia závisí od presnosti určenia polohy závesov olovníc na povrchu, presnosti určenia ich priemetu v podzemí (v smere kolmom na ich spojnicu), presnosti zaradenia prístroja do smeru a od presnosti merania uhlov v polygónovom ťahu v podzemí.



Obr. 7.6. Princíp pripojenia priamkou



Obr. 7.7. Pohľad z bodu *A* na závesy olovníc O_1 a O_2

Kvalita pripojenia priamkou sa kontroluje opakovaným nezávislým meraním, výsledkom ktorého je dvakrát určená poloha koncových bodov a smerníka základnej orientačnej priamky *MN* na danom horizonte. Krajná odchýlka pre dvakrát určený smerník orientačnej priamky je daná hodnotou

$$u_\alpha = 10'' \sqrt{n + k}\,, \tag{7-5}$$

kde *n* je upravený počet meraných vrcholových uhlov polygónového ťahu z obidvoch nezávislých meraní,

k = $50.a^{-2}$ pri hĺbke premietania do 400 m,

$60.a^{-2}$ pri hĺbke premietania do 600 m,

$80.a^{-2}$ pri hĺbke premietania do 800 m,

$130.a^{-2}$ pri hĺbke premietania nad 800,

a je vzdialenosť olovníc v metroch.

Krajná odchýlka v polohe koncových bodov orientačnej priamky v podzemí je

$$u_{xy} = 10^{-3} \sqrt{2L + 2k_2 [rr] + k \left(\frac{x}{100} \right)^2} \text{ (m)}, \tag{7-6}$$

kde *L* je dĺžka polygónového ťahu v metroch,

k_2 = 0,003 pre veľmi presné merania a k_2 = 0,008 pre presné merania,

k je koeficient uvedený vo vzťahu (7-5),

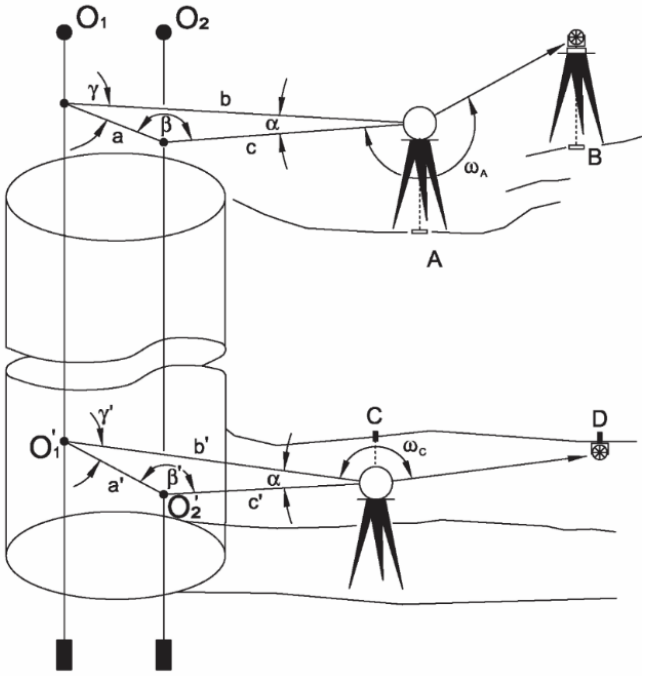
x je priama vzdialenosť koncového bodu základnej orientačnej priamky od premietanej úsečky O_1O_2,

$[rr]$ je súčet priamych vzdialeností jednotlivých bodov polygónového ťahu od koncového bodu základnej orientačnej priamky.

7.2.2.2 Pripájanie pomocou trojuholníka

Pripájací trojuholník patrí medzi najjednoduchšie a najčastejšie používané obrazce pri pripojovacom a usmerňovacom meraní. Na meranie sa využíva štíhly trojuholník, ktorého dva vrcholy sú tvorené olovnicami O_1 a O_2. Tretí vrchol tvorí stanovisko prístroja *A*, umiestnené excentricky mimo šachty (Obr. 7.8).

V prvom kroku sa realizuje pripájacie meranie na povrchu banského diela. Na stanovisku *A* sa určí vodorovný uhol *α* medzi závesmi olovníc. V trojuholníku sú ďalej merané vodorovné dĺžky strán *a*, *b*. Tretia strana *c* sa meria len pre kontrolu výpočtu. Postup merania v podzemí je identický s postupom uskutočneným na povrchu – na stanovisku *A'* sa meria vodorovný uhol *α'* a dĺžky strán v trojuholníku *a'*, *b'*, *c'* (strana *c'* sa meria opäť len pre kontrolu výpočtu).



Obr. 7.8. Princíp pripájania štíhlym pripájacím trojuholníkom

Výpočet súradníc bodov spočíva v určení smerníka základnej orientačnej priamky. V prvom kroku sa aplikáciou sínusovej vety vypočítajú uhly β a γ v trojuholníku na povrchu a vodorovné uhly β' a γ' v podzemí:

$$\sin\beta = \frac{b}{a}\sin\alpha\,,$$

$$\sin\beta' = \frac{b'}{a'}\sin\alpha'\,,$$

$$\sin\gamma = \frac{c}{a}\sin\alpha\,, \qquad (7\text{-}7)$$

$$\sin\gamma' = \frac{c'}{a'}\sin\alpha'\,.$$

Potom sa vypočítajú smerníky strán v pripájacom trojuholníku na povrchu. Tie sa určia z vodorovných uhlov meraných na stanovisku *A* medzi poslednou stranou pripájacieho polygónového ťahu a stranami v trojuholníku.

Zo známych dĺžok strán a smerníkov v trojuholníku sa vypočítajú pravouhlé súradnice závesov olovníc O_1 a O_2. Tie sa potom použijú pre ďalší výpočet v podzemí. Podobne ako v trojuholníku na povrchu, aj v podzemí sa určia súradnice bodu *A'* pomocou známych súradníc závesov olovníc O_1 a O_2. Smerníky z bodov O_1 a O_2 na bod *A'* v podzemí sa vypočítajú podľa vzťahu

$$\alpha_{O_1A'} = \alpha_{O_1O_2} - \gamma'$$
$$\alpha_{O_2A'} = \alpha_{O_1O_2} + \beta' \quad . \tag{7-8}$$

Na základe známych smerníkov strán *b'* ($\alpha_{O_1A'}$), *c'* ($\alpha_{O_2A'}$) sa vypočítajú pravouhlé súradnice bodu *A'* v podzemí. Potom sa vypočíta smerník orientačnej priamky *CD* v podzemí.

Presnosť určenia pripájacích uhlov *β* a γ závisí od presnosti meraných prvkov *a*, *b*, *c*, α a od tvaru trojuholníka. Stredné kvadratické chyby uhlov *β* a γ sa určí aplikáciou zákona o šírení chýb. Pre strednú kvadratickú chybu σ_β platí:

$$\sigma_\beta = \sqrt{\left(\frac{\partial\beta}{\partial\alpha}\sigma_\alpha\right)^2 + \left(\frac{\partial\beta}{\partial a}\sigma_a\right)^2 + \left(\frac{\partial\beta}{\partial b}\sigma_b\right)^2} \quad . \tag{7-9}$$

Po úpravách rovnice získame strednú kvadratickú chybu uhla σ_β v tvare

$$\sigma_\beta^2 = \sqrt{\tan^2\beta\left(\frac{\sigma_a^2}{a^2} + \frac{\sigma_b^2}{b^2}\right) + \frac{b^2\cos^2\alpha}{a^2\cos^2\beta}\sigma_\alpha^2} \quad . \tag{7-10}$$

Podobným spôsobom získame aj hodnotu strednej kvadratickej chyby uhla γ. Prvý člen pravej strany rovnice vyjadruje vplyv presnosti merania dĺžok a druhý člen vyjadruje presnosť merania uhlov.

Najlepšie výsledky pri určení uhlov *β* a γ možno dosiahnuť, ak hodnota uhla *β* bude blízka hodnote 0^g, resp. 200^g. Ak je uhol α menší ako 1^g, potom môžeme prvý člen rovnice zanedbať. Druhý člen rovnice predstavuje vplyv chýb meraného uhla α na určované uhly *β* a γ. Pre druhý člen rovnice teda platí:

$$\sigma_\beta = \sqrt{\frac{b^2}{a^2\cos^2\beta} - \tan^2\beta} \quad . \tag{7-11}$$

Ak je uhol *β* blízky hodnote 0^g, resp. 200^g, potom vzťah pre σ_β môžeme upraviť na tvar

$$\sigma_\beta = \frac{b}{a}\sigma_\alpha \quad . \tag{7-12}$$

Zo vzťahu (7-12) vyplýva, že presnosť určenia pripájacieho uhla *β* závisí predovšetkým od pomeru strán *b*/*a*, resp. od schopnosti ďalekohľadu teodolitu zaostriť na vzdialenosť nižšiu ako 2 m. Stredná kvadratická chyba sa zmenšuje úmerne so zmenšovaním pomeru obidvoch dĺžok strán.

Odľahlosť stanoviska *A* od bližšej olovnice na povrchu závisí spravidla od dispozičných daností v okolí vstupu do jamy a pod povrchom od tvaru priestoru v okolí náraziska. V praktických aplikáciách môžeme uvažovať rovnaký vplyv presnosti merania dĺžok a uhlov na pripájací uhol *β* a γ. Pre optimálne výsledky pripájacích meraní sa odporúča zvoliť pomer dĺžok strán *b*/*a* v intervale od 1,5 do 3. Za predpokladu, že *a* = *b* , budú stredné kvadratické chyby

σ_α a σ_β rovnaké. Pri konfigurácii trojuholníka je nevyhnutné zabezpečiť, aby uhol α bol v intervale od 1° do 3°.

V praxi môžu nastať aj prípady, keď spomenuté riešenie pripájacieho trojuholníka pomocou sínusovej vety nie je realizovateľné. V takýchto prípadoch možno aplikovať tieto riešenia:

- pomocou tangensovej vety,
- pomocou kosínusovej vety.

Riešenie pomocou tangensovej vety je optimálne v prípade, keď nie je možné použiť štíhly pripájací trojuholník, ale len trojuholník rovnoramenný, pravouhlý alebo iný všeobecný trojuholník s uhlami väčšími ako 5°. Takéto prípady nastávajú spravidla pri stiesnených priestoroch banského diela.

Riešenie pomocou kosínusovej vety je možné použiť, ak nie je možné postaviť teodolity, resp. univerzálnu meraciu stanicu na bode *A*. V tomto prípade je potrebné merať všetky dĺžky v trojuholníku. Kontrola meraných prvkov v trojuholníku sa vykoná pomocou vzťahu:

$$c_{kont} = a + b - \frac{b \cdot c_{mer}\left(1 - \cos\alpha\right)}{c_{mer} - b} \text{ (m).} \tag{7-13}$$

Krajná odchýlka medzi kontrolnou a meranou hodnotou je pri meraní na povrchu 2 mm a v podzemí 3 mm.

Presnosť usmerňovacieho merania je charakterizovaná strednou kvadratickou chybou smerníka základnej orientačnej priamky σ_{MN} a pozostáva z:

- presnosti pripájacích meraní na povrchu,
- presnosti premietania závesov olovníc,
- presnosti pripájacieho merania v podzemí.

Presnosť pripájacích meraní na povrchu je definovaná strednou kvadratickou chybou pripájacích meraní na povrchu σ_{MN} a pozostáva z troch zložiek:

- strednej kvadratickej chyby smerníka σ_{AB} medzi stanoviskom prístroja *A* a koncovým bodom *B* pripájacej priamky na povrchu,
- strednej kvadratickej chyby σ_α meraného uhla α,
- strednej kvadratickej chyby pripájacích uhlov σ_β a σ_γ.

Celková stredná kvadratická chyba pripájacieho merania na povrchu sa vypočíta zo vzťahu

$$\sigma_{pov} = \sqrt{{\sigma_{AB}}^2 + {\sigma_\alpha}^2 + {\sigma_\beta}^2 + {\sigma_\gamma}^2}\,. \tag{7-14}$$

Presnosť premietania olovníc je definovaná strednou kvadratickou chybou smerníka spojnice závesov olovníc O_1 a O_2 – σ_{O1O2}. Táto časť patrí medzi najnáročnejšie práce, pričom presnosť smerníka závisí okrem iného aj od dĺžky premietanej úsečky.

Presnosť pripájacieho merania v podzemí je podobne ako v predchádzajúcich prípadoch definovaná strednou kvadratickou chybou smerníka σ_{pod}. Jej hodnota závisí od viacerých faktorov:

- strednej kvadratickej chyby σ'_{α} meraného uhla α' v pripájacom trojuholníku v podzemí,
- stredných kvadratických chýb pripájacích uhlov σ'_{β} a σ'_{γ},
- strednej kvadratickej chyby pripájacieho merania k základnej orientačnej priamke σ_p.

Vzhľadom na podstatne náročnejšie priestorové a svetelné podmienky v podzemí, definujeme pre presnosť merania uhlov koeficient zníženia presnosti oproti meraniu na povrchu, ktorý má spravidla hodnotu 1,5. Presnosť merania uhla σ'_{α} v podzemí bude určená pomocou vzťahu

$$\sigma'_{\alpha} = 1{,}5 \cdot \sigma_{\alpha} \ . \tag{7-15}$$

Celková stredná kvadratická chyba pripájacieho merania v podzemí sa vypočíta zo vzťahu

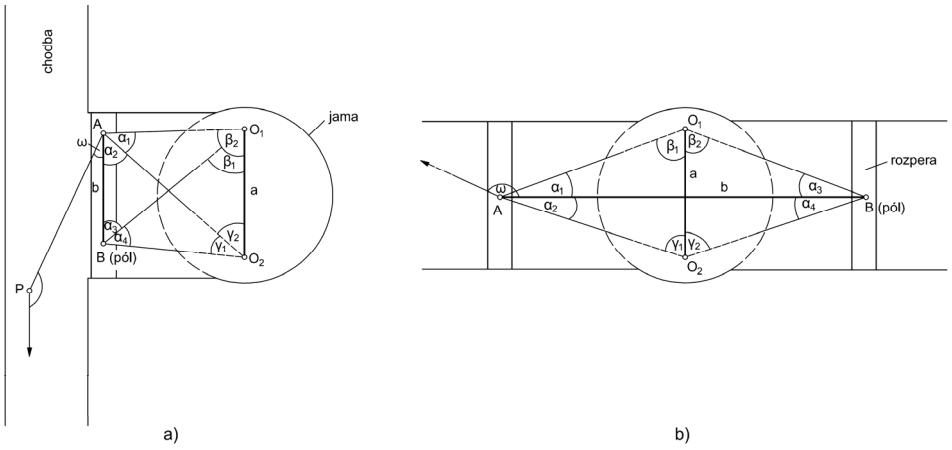
$$\sigma_{pod} = \sqrt{\sigma'^{\,2}_{\alpha} + \sigma'^{\,2}_{\beta} + \sigma'^{\,2}_{\gamma} + \sigma_p^{\,2}} \ . \tag{7-16}$$

Pre celkovú neistotu v realizácii pripájacieho a usmerňovacieho merania, ktorá je reprezentovaná strednou kvadratickou chybou smerníka základnej orientačnej priamky v podzemí σ_{CD} platí vzťah

$$\sigma_{CD} = \sqrt{\sigma_{pov}^{\,2} + \sigma_{O1O2}^{\,2} + \sigma_{pod}^{\,2}} \ . \tag{7-17}$$

7.2.2.3 Pripájanie pomocou štvoruholníka

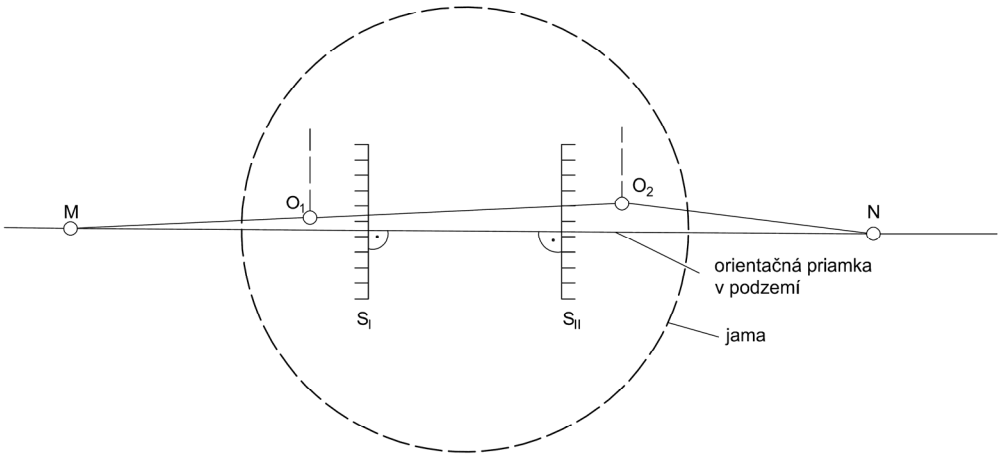
Ak dispozícia objektov v okolí šachty nie je vhodná na použitie trojuholníka a je možné rozvinúť štvoruholníkovú štruktúru v podzemí, využije sa na pripojenie štvoruholníková štruktúra dvomi olovnicami O_1 a O_2 a dvomi excentrickými stanoviskami prístroja A a B (Obr. 7.9).



Obr. 7.9. Pripájane pomocou štvoruholníka

Tvar pripájacieho štvoruholníka sa volí najmä v závislosti od topológie chodieb na pripojovanom horizonte, pričom bolo preukázané, že z hľadiska dosiahnuteľnej presnosti je najvhodnejším určujúcim obrazcom štvorec.

Osobitným prípadom pripájacích meraní využitím štvoruholníkových štruktúr, je využitie Foxovho štvoruholníka. Fox používa ako pripojovací obrazec veľmi plochý lichobežník, ktorého kratšiu základnicu tvorí spojnica olovníc O_1 a O_2 (Obr. 7.10). Dlhšia orientačná priamka je tvorená stanoviskami teodolitu *M* a *N*. Výhodou tejto metódy je, že poloha olovníc sa určuje len v smere kolmom na orientačnú priamku *MN*. Tým možno použiť naraz dva teodolity (univerzálne meracie stanice) na oboch stanoviskách *M* a *N*. Týmto spôsobom možno skrátiť čas merania zvislého priemetu olovníc o štvrtinu celkového času merania. Z dôvodu tvaru štvoruholníka si táto metóda vyžaduje priebežné nárazisko.



Obr. 7.10. Pripájanie Foxovým pripájacím štvoruholníkom (Michalčák, 1985)

Na priebežnom nárazisku sa stabilizujú koncové body orientačnej priamky *M* a *N*. Dĺžka priamky sa volí v intervale 12 m až 15 m. Zároveň musí byť orientačná priamka *MN* približne rovnobežná so spojnicou závesov olovníc O_1 a O_2. Krajná odchýlka od rovnobežnosti priamok *MN* a O_1O_2 je 2°. Odľahlosť obidvoch priamok sa volí v intervale 0,2 m až 0,4 m. Za olovnicami v odľahlosti cca 0,05 m až 0,10 m a v smere kolmom na priamku *MN* je potrebné stabilizovať dve stupnice (najlepšie z priehľadného materiálu, napr. sklo) s milimetrovým delením. Pozorovaním kmitov olovníc v rovine rovnobežnej so stupnicami sa získajú prvky potrebné na určenie polohy olovníc. Ďalekohľadom teodolitu sa čítaním na stupniciach S_I a S_{II} určia hodnoty A_1, A_2, B_1 a B_2 na oboch stanoviskách. V ďalšom kroku je potrebné merať vodorovné dĺžky b_0, b_1 a b_2. Spravidla sa tento úkon realizuje meracím pásmom. Potom sa určí vodorovná dĺžková odľahlosť stupníc a závesov olovníc. Vzhľadom na relatívne krátke vzdialenosti (niekoľko centimetrov) možno na tieto merania použiť krátke milimetrové pravítka.

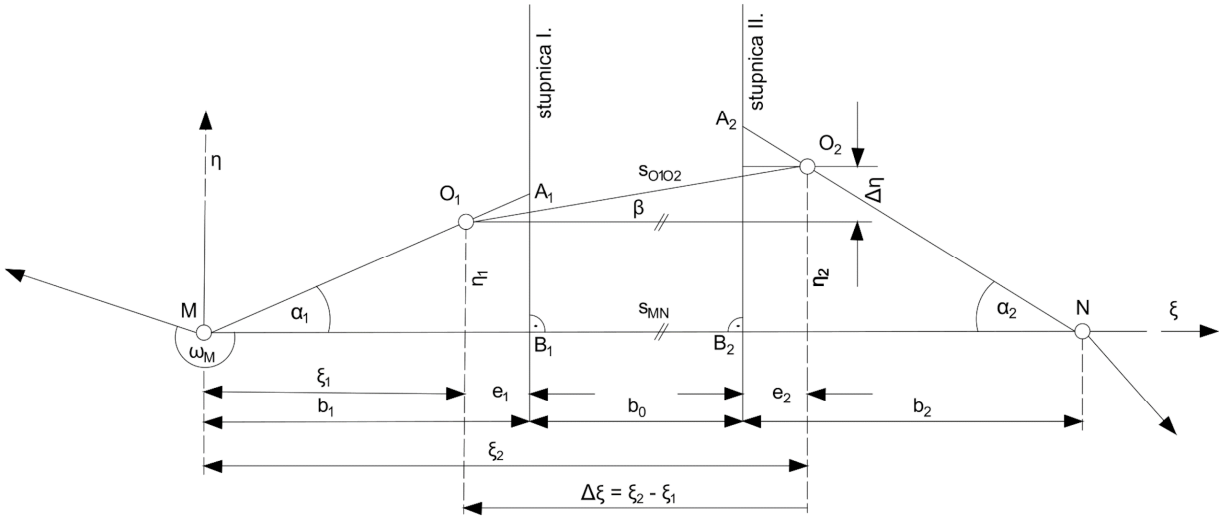
Úloha je realizovaná v miestnom súradnicovom systéme Foxovho pripájacieho štvoruholníka, v ktorom sa pravouhlý pravotočivý súradnicový systém spravidla volí so začiatkom v bode *M* a s jednou osou rovnobežnou so spojnicou *MN* (Obr. 7.11). Súradnice

premietaných bodov O_1 a O_2 v súradnicovom systéme Foxovho štvoruholníka sa určia z podobnosti trojuholníkov podľa vzťahov

$$\eta_1 = (B_1 - A_1)\left(1 - \frac{e_1}{b_1}\right)$$
$$\eta_2 = (A_2 - B_2)\left(1 - \frac{e_2}{b_2}\right) \text{ (m).} \qquad (7\text{-}18)$$

Súradnice ξ_1 a ξ_2 vypočítame zo vzťahov

$$\xi_1 = b_1 - e_1$$
$$\xi_2 = b_1 + b_0 - e_2 \text{ (m).} \qquad (7\text{-}19)$$



Obr. 7.11. Schéma Foxovho pripájacieho štvoruholníka

Hodnota pripájacieho uhla β, ktorý zviera premietaná úsečka O_1O_2 a orientačná priamka MN, sa určí z

$$\beta = arctg\left(\frac{\eta_2 - \eta_1}{b_0 + e_1 + e_2}\right) . \qquad (7\text{-}20)$$

Smerník spojnice závesov olovníc sa vypočíta zo súradníc O_1 a O_2 určených pripájacím meraním na povrchu banského diela. Smerník orientačnej priamky MN je východiskom pre usmernenie bodového poľa v podzemí. Vypočíta sa zo vzťahu

$$\alpha_{MN} = \alpha_{O_1O_2} + \beta \ . \qquad (7\text{-}21)$$

V poslednom kroku sa vypočítajú pravouhlé súradnice koncových bodov orientačnej priamky v súradnicovom systéme banského diela, resp. jeho časti podľa vzťahov

$$
\begin{aligned}
X_M &= X_{O_1} - \xi_1 \cdot \cos\alpha_{MN} - \eta_1 \cdot \sin\alpha_{MN} \\
Y_M &= Y_{O_1} - \xi_1 \cdot \sin\alpha_{MN} + \eta_1 \cdot \cos\alpha_{MN} \\
X_N &= X_{O_2} + (b - \xi_2) \cdot \cos\alpha_{MN} - \eta_2 \cdot \sin\alpha_{MN} \\
Y_N &= Y_{O_2} + (b - \xi_2) \cdot \sin\alpha_{MN} - \eta_2 \cdot \cos\alpha_{MN}
\end{aligned} \quad \text{(m).} \tag{7-22}
$$

Presnosť pripájacieho merania využitím Foxovho štvoruholníka závisí od týchto faktorov:

- od presnosti smerníka spojnice závesov olovníc na povrchu,
- od presnosti určenia pripájacieho uhla β.

Aplikáciou zákona o hromadení chýb sa určí

$$
\sigma_\beta{}^2 = \left(\frac{1}{1 + \frac{(\eta_2 - \eta_1)^2}{(\xi_2 - \xi_1)^2}} \cdot \frac{\eta_2 - \eta_1}{(\xi_2 - \xi_1)^2} \cdot \sigma_\xi{}^2 \right)^2 + \left(\frac{1}{1 + \frac{(\eta_2 - \eta_1)^2}{(\xi_2 - \xi_1)^2}} \cdot \frac{1}{(\xi_2 - \xi_1)^2} \cdot \sigma_\eta{}^2 \right)^2 . \tag{7-23}
$$

Úpravou vzťahu sa získa zjednodušený výraz pre výpočet neistoty pripájacieho uhla β

$$
\sigma_\beta = \frac{1}{s_{O_1O_2}} \cdot \sqrt{\cos^2\beta \cdot \sigma^2_{\Delta\eta} + \sin^2\beta \cdot \sigma^2_{\Delta\xi}} \quad , \quad \text{resp.} \quad \sigma_\beta = \frac{\sigma_{\Delta\eta}}{s_{O_1O_2}} \cdot \cos\beta \, . \tag{7-24}
$$

Optimálne výsledky pripájacieho merania možno dosiahnuť pri pripojovacom uhle $\beta < 35'$, čo možno dosiahnuť vhodnou voľbou stanovísk *M* a *N*, napr. pomocou natiahnutého tenkého drôtu pozdĺž spojnice závesov olovníc.

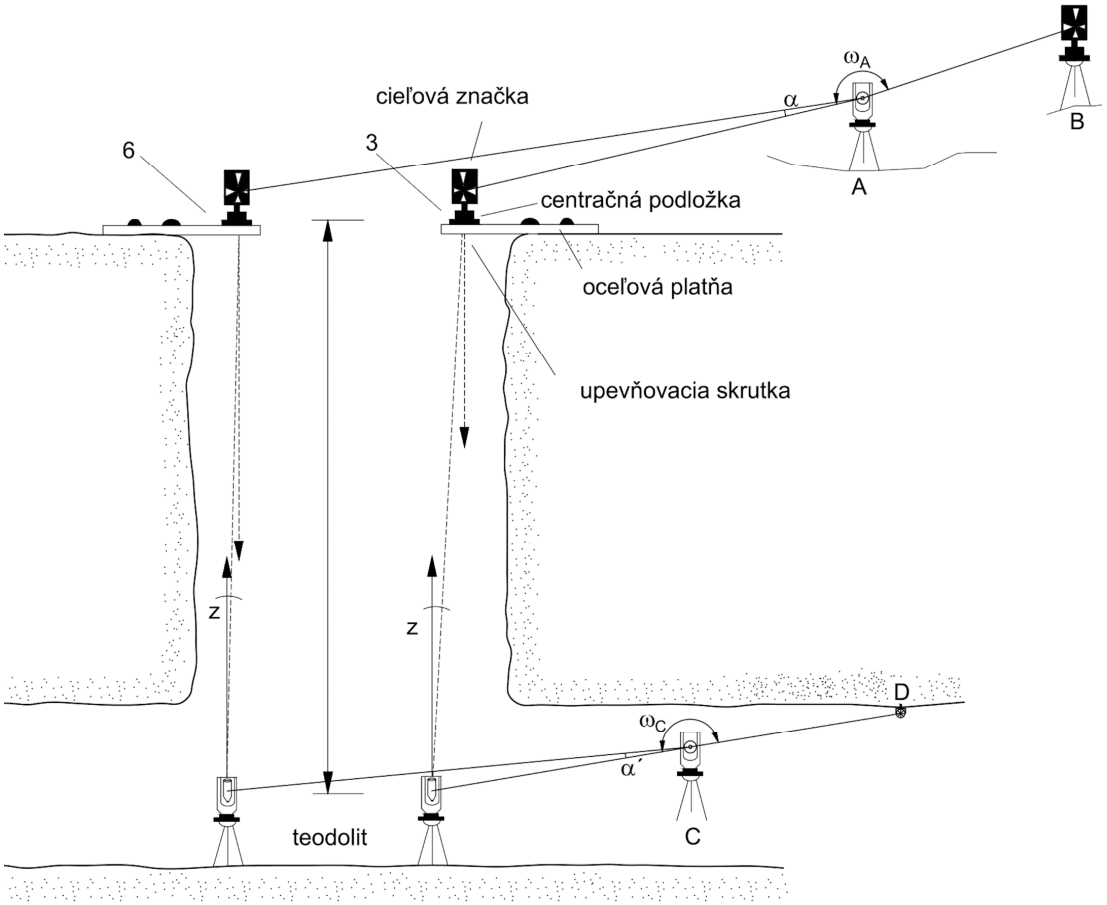
Pripájacie a usmerňovacie meranie využitím Foxovho štvoruholníka má v praxi veľmi dobré uplatnenie. Dôvodom je vysoká presnosť a pomerne rýchle meranie. Foxov štvoruholník sa s výhodou používa v jamách s častým zrážaním vodných pár a následnými zrážkami, ako aj v priestoroch s výrazne nepravidelnými zmenami prúdenia vzduchu.

7.2.2.4 Pripájanie pomocou mnohouholníka

Kvalitu pripájacieho usmerňovacieho merania jednou jamou možno zvýšiť väčším počtom pripájacích obrazcov (trojuholníkov), stanovísk prístrojov alebo mechanických olovníc. Podľa skúseností z praxe, zvyšovanie počtu olovníc na viac ako tri nemá význam, nakoľko komplikácie, ktoré vznikajú pri ich umiestnení v šachte a predlžovanie času potrebného na meranie, prevyšujú nad úžitkom z mierneho zvýšenia presnosti v určení polohy koncových bodov orientačnej priamky.

Zvýšenie počtu stanovísk prístroja (teodolitu) je využívané pri metóde La Manche (bližšie pozri kap. 7.2.3.2), kedy sú premietané body rozmiestnené po obvode šachty, obvykle v počte 6 až 8 (Obr. 7.12). Vytvárajú tak na povrchu, ako aj v podzemí, mnohouholník, ktorý umožňuje využiť na pripájanie teodolit namiesto optických prístrojov, a tak výrazným spôsobom zvýšiť

presnosť určenia polohy bodov touto metódou. Využitie merania je limitované vlastnosťami (možnosťami) optickej sústavy (zväčšenie, svetelnosť) použitého teodolitu. Podrobný popis merania a výpočtu pripájacích prvkov uvádza kap. 7.2.3.2.



Obr. 7.12. Pripájanie metódou La Manche

7.2.3 Optické premietanie bodov orientačnej priamky

Na optické premietanie polohy koncových bodov orientačnej priamky možno využiť teodolity, nivelačné prístroje a osobitne na tieto merania vyvinuté prístroje označované ako prevažovače. Priebeh zvislice v danom mieste v takomto prípade definuje zámerná priamka prístroja postaveného centricky pod, resp. nad premietaným bodom. V prípade použitia nivelačného prístroja je tento stavaný excentricky a jeho zámerná priamka je vychýlená o 90 ° optickým hranolom, osadeným centricky pod premietaným bodom. Vzhľadom na svetelné podmienky v banských dielach sa často využíva na zviditeľnenie priebehu zámernej priamky (zvislice) zväzok laserových lúčov vedených koaxiálne cez optickú sústavu prístroja. Pri použití prístrojov bez koaxiálneho zväzku laserových lúčov je možné tento vytvoriť nasadzovacími okulármi, ktoré je možné spojiť s generátorom laserového žiarenia cez optický kábel – laserové okuláre (Obr. 7.13).

Obr. 7.13. Laserový okulár pre prevažovače FG-L30 (SCCS, 2018)

Využitie optických prístrojov na premietanie koncových bodov orientačnej priamky je limitované vlastnosťami optickej sústavy prístrojov (zväčšenie, svetelnosť, rozlišovacia schopnosť), svetelnými podmienkami v šachte (osvetlenie cieľovej značky) a vzdialenosťou prístroja a cieľovej značky (hĺbkou). Pri použití laserov má na presnosť merania významný vplyv rozbiehavosť zväzku lúčov – napr. vo vzdialenosti 100 m je u bežných prístrojov priemer laserovej stopy väčší ak 20 mm. Z uvedených dôvodov sa prevažovače a nivelačné prístroje používajú na premietanie bodov do hĺbky $h < 150$ m, teodolity do hĺbky $h < 300$ m.

Využitie optických metód na premietanie je často obmedzené zložitými klimatickými (fyzikálnymi) podmienkami v šachte. Vo vlhkých šachtách, presýtených vodnými parami, neustálymi vzdušnými prúdmi smerujúcimi nahor (výdušné jamy) a pod., je optické premietanie značne komplikované a zdĺhavé. Na presnosť merania nepriaznivo pôsobí aj silná refrakcia a vibrácia vzduchu.

7.2.3.1 Premietanie pomocou zvislicových prístrojov

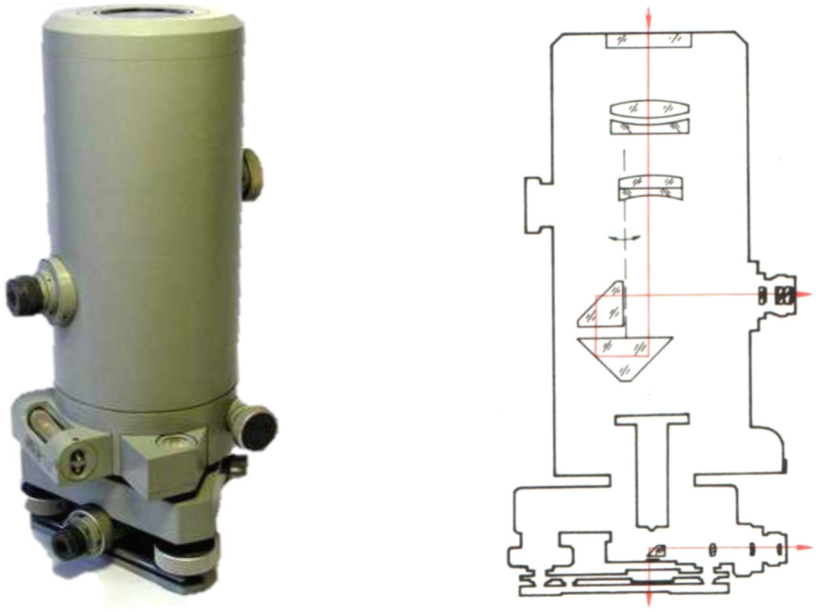
Zvislicové prístroje (prevažovače) sú prístroje, ktorých konštrukcia a optická sústava je uspôsobená na realizáciu zvislého smeru. Poznáme prístroje s možnosťou premietania zvislice nadol, nahor a prístroje s možnosťou priemetu zvislice obidvomi smermi. Po centrovaní prístroja nad bodom a jeho urovnaním pomocou alidádovej libely, resp. kompenzátorom zabudovaným v prístroji, bude zvislá os prístroja a zároveň aj jeho zámerná priamka zvislá. Kvalita realizácie zvislého smeru prístrojom je teda v prvom rade úmerná citlivosti libely a starostlivosti urovnania prístroja, resp. citlivosti kompenzátora.

Na Slovensku je stále najčastejšie využívaný optický prevažovač od výrobcu Zeiss nesúci označenie PZL100 (nemecký názov Präzisions-Zenit-Lot), ktorým je možné realizovať zvislicu len smerom nahor (Obr. 7.14). Konštrukcia prístroja vychádza z nivelačného prístroja Zeiss NI007. Presnosť vytýčenia zvislice je priamoúmerne závislá na hodnote prevýšenia medzi prevažovačom a cieľovou značkou a je možné ju charakterizovať relatívnou presnosťou 1 : 100 000. Základné parametre prístroja sú uvedené v Tabuľke 7.2.

Tabuľka 7.2. Parametre optického prevažovača Zeiss PZL100

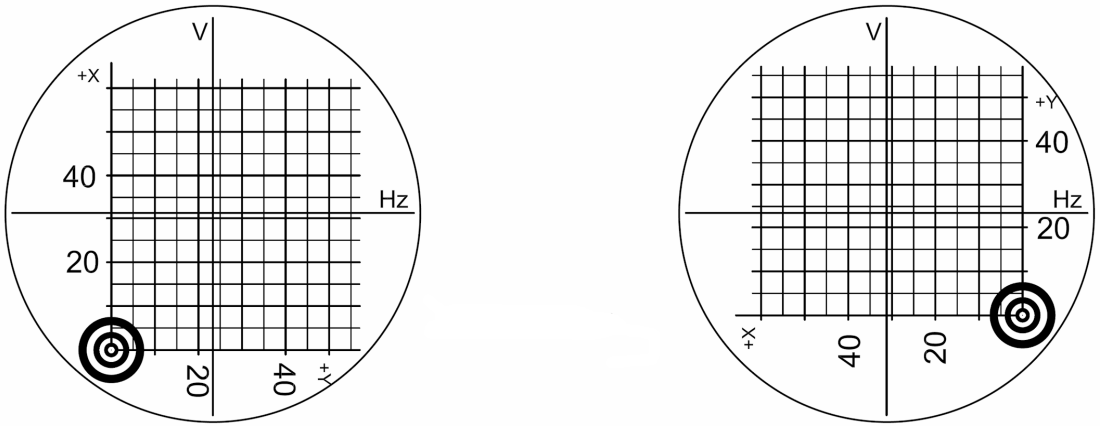
Názov parametra	Parameter
Výrobca	Carl Zeiss Jena (Nemecko)
Zväčšenie ďalekohľadu	31,5
Priemer objektívu	40 mm
Minimálna zaostrovacia vzdialenosť	2,20 m
Kompenzátor	jednoosový

Zámerný kríž optického prevažovača pozostáva z dvoch na seba kolmých rysiek – vodorovnej a zvislej. Vodorovná ryska (ryska rovnobežná so spojnicou očí merača) je urovnávaná kompenzátorom a zvislá len pomocou alidádovej libely, ktorá zabezpečuje nižšiu presnosť urovnania. Nižšia presnosť urovnania zvislej rysky spôsobuje, že pri presných prácach sa na meranie používa iba vodorovná ryska. Aby sa odstránila chyba z urovnania rysky vplyvom chyby kompenzátora, meranie sa vykonáva v dvoch navzájom o 180° pootočených polohách. Polohu bodu na cieľovej značke, ktorým prechádza zvislica realizovaná optickým prevažovačom, sa potom určuje v štyroch polohách, vzájomne pootočených o 90°.



Obr. 7.14. Optický prevažovač Zeiss PZL100

Optický prevažovač sa centruje a urovná nad bodom. Cieľová značka je tvorená milimetrovým, resp. dvojmilimetrovým rastrom s vyznačením orientácie jednotlivých osí. Otáčaním alidády sa nastaví vodorovná ryska zámerného kríža tak, aby bola rovnobežná s osou „*x*“ a na cieľovej značke sa odčíta hodnota na osi „*y*“ - Y^{I} (Obr. 7.15). Po otočení alidády o 90° bude vodorovná ryska rovnobežná s osou „*y*“ a na cieľovej značke sa vykoná čítanie hodnoty na osi „*x*“ - X^{I}. Tým je určená poloha bodu (Y^{I}, X^{I}) na cieľovej značke v prvej polohe. Pootočením alidády o 180°, resp. 270° sa určí poloha bodu (Y^{II}, X^{II}) v druhej polohe.



X´= 31,5 mm Y´= 23,5 mm

Obr. 7.15. Spôsob merania optickým prevažovačom Zeiss PZL 100

Výsledná poloha bodu (*Y*, *X*) na cieľovej značke sa určí výpočtom aritmetického priemeru hodnôt súradníc z prvej a druhej polohy

$$\bar{Y} = \frac{1}{2}\left(Y^{I} + Y^{II}\right) \text{(mm)} \;\; \text{a} \;\; \bar{X} = \frac{1}{2}\left(X^{I} + X^{II}\right) \text{ (mm).} \tag{7-25}$$

Presnosť takto určeného priebehu zvislice (polohy bodu na cieľovej značke) možno vyjadriť podľa vzťahu

$$\sigma_P = \sqrt{\sigma_Y^2 + \sigma_X^2} \text{ (mm).} \tag{7-26}$$

Stredné kvadratické chyby v smere súradnicových osí sa určia podľa vzťahu

$$\sigma_Y = \frac{2h}{100\,000} \text{ (mm), resp. } \sigma_X = \frac{2h}{100\,000} \text{ (mm),} \tag{7-27}$$

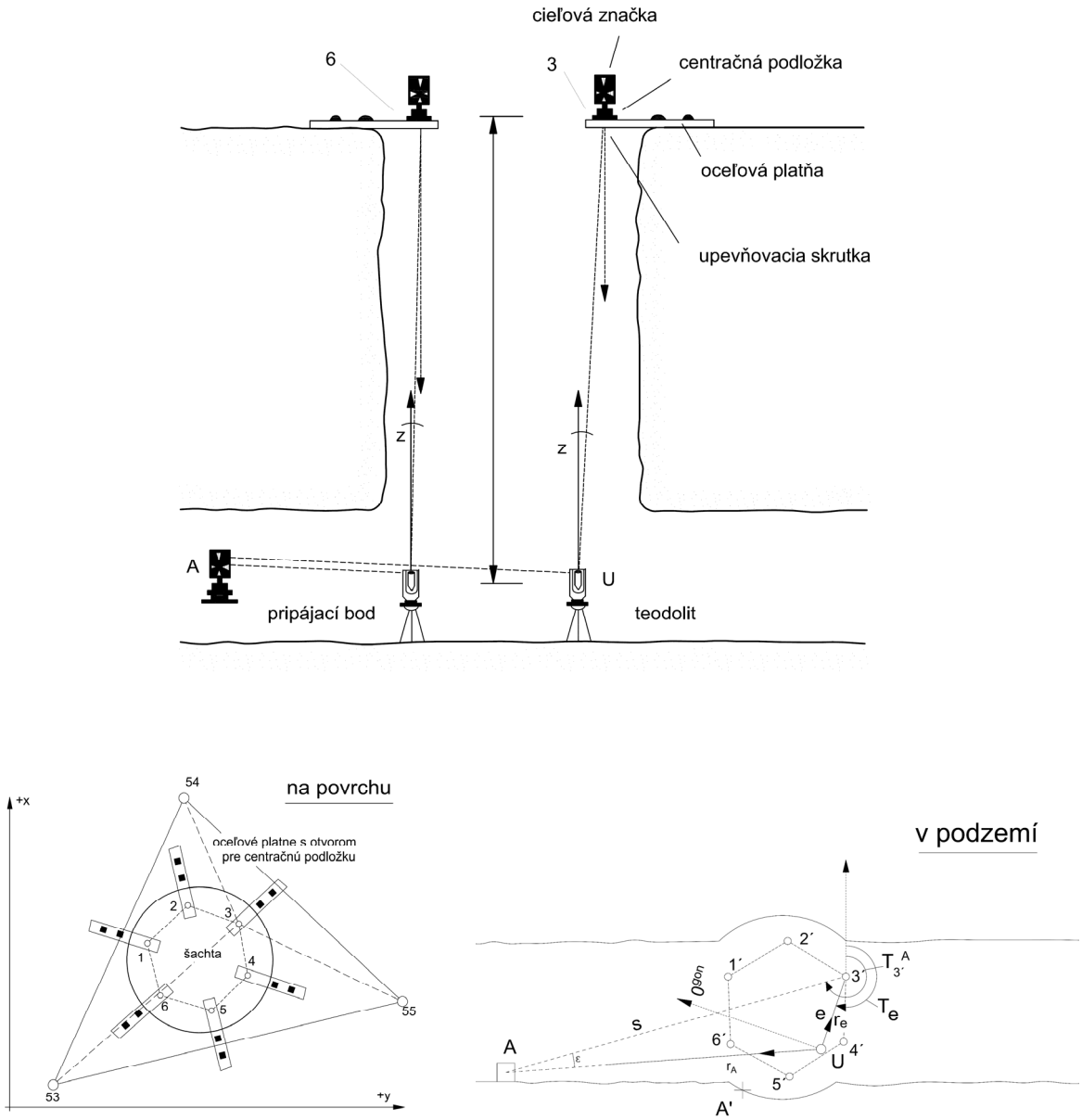
kde *h* je prevýšenie medzi optickým prevažovačom a cieľovou značkou vyjadrené v milimetroch.

Vzťah (7-27) uvádza vyjadrenie neistoty určenia odchýlky od zvislice prevažovačom Zeiss PZL100 pomernou chybou, v ktorej konštanta C = 100 000 zodpovedá približnej hodnote tangensu uhla vyjadrujúceho neistotu v realizácii zámery kompenzátorom prístroja a súčasne neistotu čítania na rastri s milimetrovým delením.

7.2.3.2 Premietanie pomocou teodolitu – metóda La Manche

Na určenie priebehu zvislice sa teodolit využíva v prípadoch, keď nie je možné dosiahnuť vyžadovanú presnosť určenia zvislice pomocou optického prevažovača. Metóda bola použitá pri stavbe Eurotunela pod Lamanšským prielivom spájajúcim Francúzsko a Veľkú Britániu a z tohoto dôvodu je v literatúre označovaná ako metóda „La Manche“ (Jacobs, 1991). Princíp metódy spočíva vo viacnásobnom vytýčení zvislice teodolitom, ktorý je postavený v podzemí približne v priemete zvislice prechádzajúcej cieľovou značkou, upevnenou na okraji šachty na

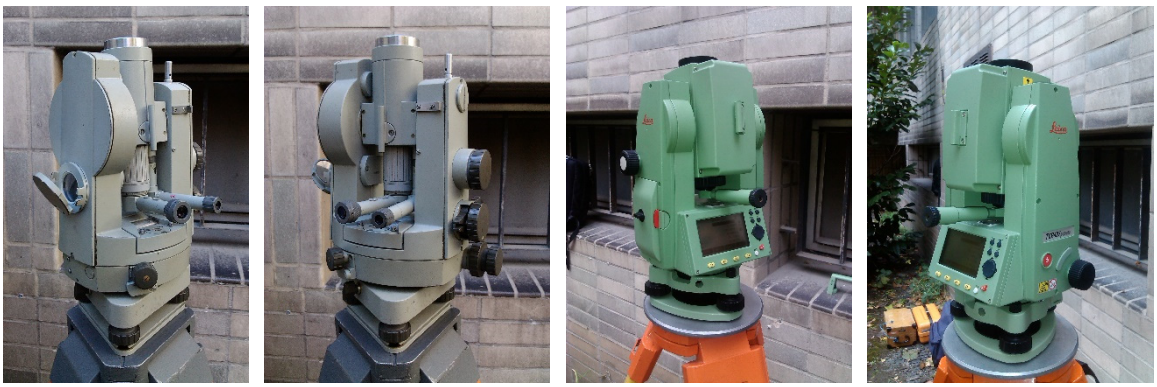
povrchu (Obr. 7.16). Použitie teodolitu umožňuje cielenie na väčšie prevýšenia, než pri použití prevažovačov a zároveň určenie excentricity teodolitu od zvislice vo viacerých postaveniach (polohách) alidády. Veľkosť (hodnota) a smer excentricity teodolitu sa určí odhadom obvykle metódou najmenších štvorcov z radu 6-tich až 8-ich meraní.



Obr. 7.16. Pripájacie meranie pomocou metódy La Manche

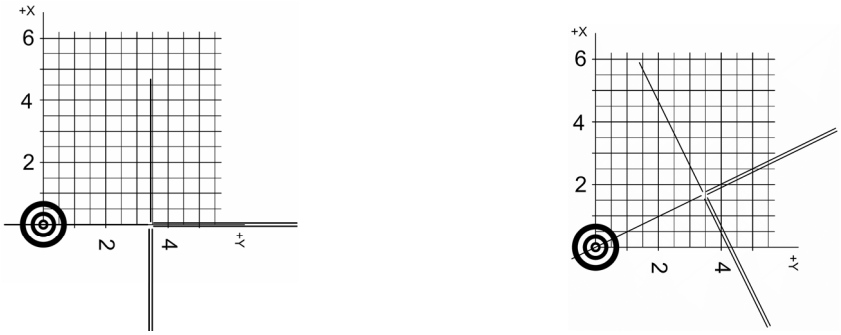
V šachte možno premietať viaceré zvislice, ktorých priemety vytvoria určujúci mnohouholník na povrchu (body 1, 2, 3, 4, 5, 6) a jemu zodpovedajúci mnohouholník (nie identický) v podzemí (body 1´, 2´, 3´, 4´, 5´, 6´). Meraním prvkov medzi vrcholmi oboch mnohouholníkov sa dosiahne jednak zvýšenie presnosti určenia súradníc premietaných bodov v podzemí, ako aj zvýšenie presnosti usmernenia celého diela v podzemí.

Pri použití tejto metódy teodolit, resp. univerzálna meracia stanica (UMS) musia byť vybavené lomeným okulárom, ktorý umožňuje pohodlné cielenie zvislo nahor (Obr. 7.17).



Obr. 7.17. Teodolit Zeiss THEO 010A a UMS Leica TCR407 s lomeným okulárom

Princíp určenia (vytýčenia) polohy zvislice na cieľovej značke spočíva v meraní zenitových uhlov z na cieľovú značku pri hodnotách vodorovného smeru α. Vodorovný smer sa vytyčuje v pravidelných krokoch, pri ktorých sa otáča alidáda teodolitu vo vodorovnom smere o zvolenú hodnotu napr. 10^{gon}, 20^{gon}, 25^{gon}, resp. 50^{gon}. Po urovnaní a centrovaní teodolitu nad bodom sa teodolit orientuje približne rovnobežne s osami rastra na cieľovej značke a do tohto smeru sa nastaví nulové čítanie α_1 (napr. $0{,}05^{gon}$) na vodorovnom kruhu (Obr. 7.18a). Sklápaním ďalekohľadu sa docieli, aby vodorovná ryska zámerného kríža prechádzala stredom kruhovej cieľovej značky a na výškovom kruhu sa vykoná čítanie



a) b)

Obr. 7.18. Spôsob cielenia pri metóde La Manche

hodnoty zenitového uhla z_1.

V ďalšom kroku sa alidáda prístroja natočí tak, aby hodnota vodorovného smeru bola väčšia o zvolenú hodnotu kroku, napr. 20^{gon} ($\alpha_2 = \alpha_1 + 20{,}0000^{gon}$), t. j. sa vytýči vodorovný smer α_2. Po natočení alidády do tohto smeru sa ďalekohľad sklopí tak, aby vodorovná ryska zámerného kríža opäť prechádzala stredom kruhovej cieľovej značky a na výškovom kruhu sa čítaním určí hodnota zenitového uhla z_2 (Obr. 7.18b). Postupným otáčaním alidády vždy o 20^{gon} sa získajú hodnoty zenitových uhlov. Meranie sa uzavrie určením zenitového uhla opätovne pri hodnote vodorovného smeru α_1. Meranie sa vykoná len v prvej polohe ďalekohľadu, hodnota indexovej chyby sa určí (odhadne) v procese spracovania meraní

súčasne s určovanými parametrami. Na záver sa určí prevýšenie *h* medzi horizontálnou osou teodolitu a cieľovou značkou.

Pri voľbe kroku 20^{gon} je výsledkom merania 21 hodnôt dvojíc vodorovného smeru α_i a k ním prislúchajúce hodnoty zenitových uhlov z_i. Výsledkom grafického zobrazenia meraných údajov, keď na os „*x*“ sa zobrazujú hodnoty vodorovného smeru a na os „*y*“ hodnoty zenitových uhlov, je krivka približne tvaru sínusoidy (obr. 7.19). Kontrola meraných zenitových uhlov sa vykoná viacnásobným výpočtom približných hodnôt indexovej chyby podľa vzťahu

$$i = \frac{400^{gon} - (z^{I} + z^{II})}{2} \ , \tag{7-28}$$

kde z^{I} je meraný zenitový uhol pri hodnote vodorovného smeru α (napr. z_1 = 0,0866^{gon}),

z^{II} je meraný zenitový uhol pri hodnote vodorovného smeru α + 200^{gon} (napr. z_{11} = 399,9110^{gon}).

V prípade hodnôt, ktoré vybočujú zo súboru meraní sa vykoná opakované meranie. Meraný zenitový uhol je funkciou prislúchajúcej hodnoty vodorovného smeru (Obr. 7.19)

$$z' = z + i = z_{\max} \sin(\alpha - \alpha_0) \ , \tag{7-29}$$

kde z je meraný zenitový uhol,

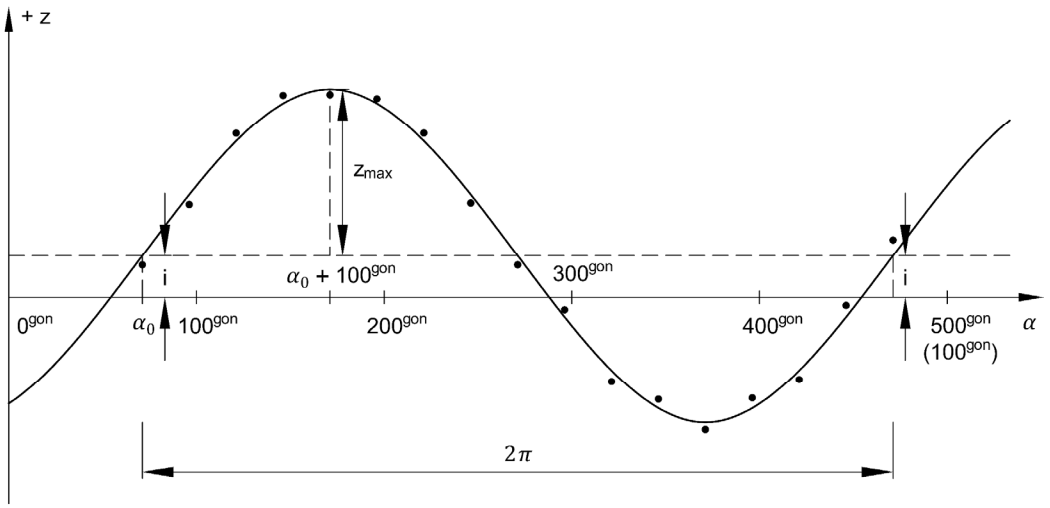
z' je zenitový uhol opravený o hodnotu indexovej chyby (skutočný zenitový uhol)

i je indexová chyba teodolitu alebo UMS,

z_{max} je maximálna hodnota zenitového uhla v smere excentricity (amplitúda sínusoidy),

α je meraná, resp. nastavovaná hodnota vodorovného smeru,

α_0 je hodnota vodorovného smeru v mieste $z + i = 0$ (priesečník narastajúcej časti sínusoidy a priamky zobrazujúcej veľkosť indexovej chyby).



Obr. 7.19. Grafické znázornenie meraných hodnôt

Na výpočet polohy (pravouhlé súradnice *Y*, *X*) bodu, ktorým prechádza zvislica je potrebné poznať hodnotu indexovej chyby teodolitu *i*, maximálny zenitový uhol z_{max} a hodnotu vodorovného smeru α_0, v ktorom narastajúca časť sínusoidy pretína hodnotu indexovej chyby (Obr. 7.19).

Po grafickom znázornení meraných údajov a skonštruovaní približného priebehu regresnej krivky (sínusoidy), sa meraním na grafe určia približné hodnoty určovaných parametrov i^o, $z_{max}{}^o$ a $\alpha_0{}^o$. Výsledné hodnoty určovaných parametrov *i*, z_{max} a α_0 sa odhadnú aplikáciou metódy najmenších štvorcov (2. lineárny model merania – vyrovnanie sprostredkujúcich meraní). Vychádza sa z funkčného vzťahu na výpočet zenitového uhla v tvare

$$X = f(\boldsymbol{\Theta}) = -i + z_{\max} \sin\left(\alpha - \alpha_0\right). \tag{7-30}$$

Linearizácia vzťahu sa vykoná rozvojom do Taylorovho radu, pričom sa zanedbávajú členy druhého a vyšších rádov

$$X = f(\boldsymbol{\Theta}^0) + \mathbf{A}\Delta\boldsymbol{\Theta}, \tag{7-31}$$

kde $\boldsymbol{\Theta}^0$ je vektor približných hodnôt i^o, $z_{max}{}^o$ a $\alpha_0{}^o$

A je matica plánu.

Matica plánu **A** sa získa deriváciou funkčného vzťahu (7-30) podľa neznámych parametrov

$$\mathbf{A} = \frac{\partial}{\partial \boldsymbol{\Theta}^0} f(\boldsymbol{\Theta}^0) \ . \tag{7-32}$$

Po dosadení približných hodnôt určovaných parametrov

$$f(\boldsymbol{\Theta}^0) = -i^0 + z_{\max}^0 \sin\left(\alpha - \alpha_0{}^0\right) \ . \tag{7-33}$$

Prvky matice **A** budú mať tvar

$$\begin{aligned} A_{i,1} &= -1 \\ A_{i,2} &= \sin\left(\alpha - \alpha_0{}^0\right) \\ A_{i,3} &= z_{\max}^0 \cdot \cos\left(\alpha - \alpha_0{}^0\right) \end{aligned} \quad . \tag{7-34}$$

a vektor redukovaných meraní (absolútnych členov)

$$\mathbf{y} = -\mathbf{z} + \left(-i^0 + z_{\max}^0 \sin\left(\alpha - \alpha_0{}^0\right)\right). \tag{7-35}$$

Vektor prírastkov určovaných parametrov sa určí podľa vzťahu

$$\Delta\boldsymbol{\Theta} = \left(\mathbf{A}^T\mathbf{A}\right)^{-1}\mathbf{A}^T\mathbf{y}, \tag{7-36}$$

a pre vektor odhadnutých hodnôt (indexovej chyby, maximálneho zenitového uhla a vodorovného smeru) platí

$$\boldsymbol{\Theta} = \boldsymbol{\Theta}^0 + \Delta\boldsymbol{\Theta}. \tag{7-37}$$

Vektor opráv sa určí zo vzťahu

$$\mathbf{v} = \mathbf{y} - \mathbf{A}\Delta\boldsymbol{\Theta}. \tag{7-38}$$

Stredné kvadratické chyby určovaných parametrov sa získajú obvyklým postupom, pomocou diagonálnych prvkov kovariančnej matice. Z hodnoty z_{max} a meraného prevýšenia h sa vypočíta hodnota excentricity e podľa vzťahu

$$e = h \cdot tg\left(z_{\max}\right) \text{ (m)}. \tag{7-39}$$

Excentricita e predstavuje vodorovnú vzdialenosť stredu cieľovej značky (počiatok súradnicového systému) a bodu, ktorým prechádza zvislica. Stredná kvadratická chyba excentricity je definovaná vzťahom

$$\sigma_e = \frac{\sigma_z}{\sqrt{2} \cdot \rho} \cdot h \text{ (m)}, \tag{7-40}$$

kde σ_z je neistota meraných zenitových uhlov (pre Zeiss Theo 010A $\sigma_z = 10^{cc}$).

Súradnice bodu, ktorým prechádza zvislica sa vypočíta podľa vzťahov

$$\begin{aligned} Y &= e \cdot \sin\left(\alpha_{\max} - \alpha_1 - \alpha_{OR}\right) \\ X &= e \cdot \cos\left(\alpha_{\max} - \alpha_1 - \alpha_{OR}\right) \end{aligned} \text{ (m)}, \tag{7-41}$$

kde $\alpha_{\max}$ je hodnota vodorovného smeru prislúchajúca hodnote $z_{\max}$ a vypočíta sa podľa vzťahu $\alpha_{\max} = \alpha_0 + 100^{gon}$,

α_1 je hodnota vodorovného smeru z prvého zacielenia na cieľovú značku,

α_{OR} je hodnota vodorovného smeru na orientačný bod (orientácie).

Stredné kvadratické chyby súradníc σ_Y a σ_X možno s dostatočným priblížením charakterizovať strednou kvadratickou chybou excentricity σ_e určenej podľa vzťahu (7-40).

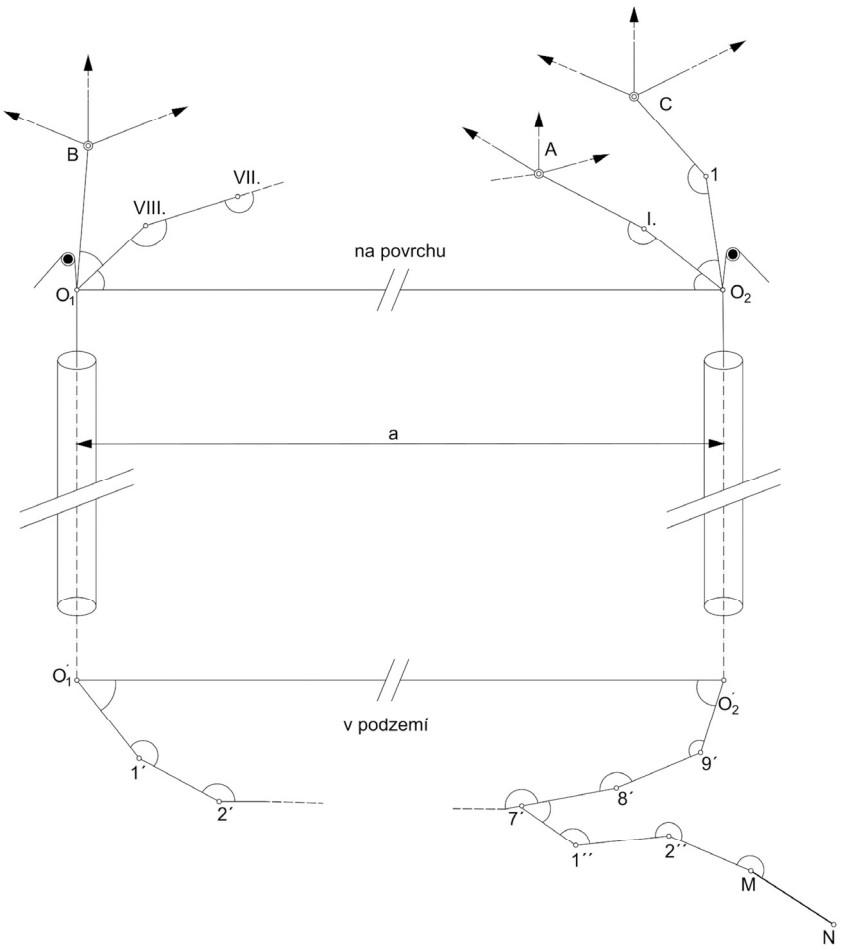
7.3 Pripájanie dvoma šachtami

Pripájacie a usmerňovacie meranie využitím dvoch šácht patrí medzi veľmi presné metódy. Hĺbenie dvoch šácht na jednom banskom diele je z dôvodu vysokých nákladov zriedkavosťou. Možnosť pripájania dvomi šachtami vzniká v situáciách, keď:

– na jednom banskom diele sa okrem hlavnej šachty vybuduje z dôvodu zabezpečenia dostatočného prúdenia vzduchu (vetrania) aj zvislá výdušná jama,

– postupom ťažby na dvoch susedných banských dielach sa ich podzemné časti spoja prerážkou na jednom alebo viacerých horizontoch.

Pripájanie dvoma šachtami zvyšuje presnosť výsledného usmernenia a to najmä z dôvodu niekoľkonásobného zväčšenia vzdialenosti olovníc (Obr. 7.20). Vzhľadom na veľkú vzdialenosť a zložitosť pripájacích polygónových štruktúr na jednotlivých horizontoch, resp. na povrchu, bude presnosť pripájacích a usmerňovacích meraní dvomi šachtami závisieť prvom rade od tvaru a dĺžky týchto štruktúr, ako aj kvality určenia ich parametrov.



Obr. 7.20. Pripájacie a usmerňovacie meranie dvomi šachtami

Ďalšou výhodou tohto spôsobu pripájania je skutočnosť, že v oboch šachtách je potrebné inštalovať iba jednu olovnicu, čo výrazným spôsobom znižuje náklady a čas potrebný na meranie. Poloha premietaného bodu sa určí obvyklým spôsobom s krajnou odchýlkou

$$u_{xy} = 7.10^{-3} \text{ (m)}. \qquad (7\text{-}42)$$

Súradnice bodov polygónových ťahov na povrchu a v podzemí sa určia dvomi nezávislými meraniami podľa zásad pre meranie polygónových štruktúr v banskom meračstve. Krajná odchýlka v smerníku základnej orientačnej priamky v podzemí (na príslušnom horizonte) bude daná

$$u_\alpha = 10'' \sqrt{0,5\left(n_1 - n_2\right) + n_3 + \frac{100}{a^2}} \text{ (m)}, \tag{7-43}$$

kde n_1 je počet vrcholov polygónového ťahu na povrchu,

n_2 je počet vrcholov polygónového ťahu v podzemí,

n_3 je počet vrcholov polygónového ťahu medzi bodmi základnej orientačnej priamky a najbližším bodom polygónového ťahu vedeného medzi olovnicami v podzemí,

a je dĺžka premietanej priamky v metroch.

Krajná odchýlka v polohe koncových bodov základnej orientačnej priamky v podzemí je daná

$$u_{xy} = 10^{-3} \sqrt{D_p^2 + D_d^2} \text{ (m)}, \tag{7-44}$$

kde D_p je krajná odchýlka polygónového ťahu meraného na povrchu,

D_d je krajná odchýlka polygónového ťahu meraného v podzemí (kap.5).

Odchýlka v určení vzdialenosti olovníc Δa vypočítaná zo súradníc na povrchu a vzdialenosti určenej zo súradníc v podzemí musí byť

$$\Delta a \le u_{xy} \text{ (m)}, \tag{7-45}$$

kde u_{xy} je krajná odchýlka určená podľa (7-42).

Pri pripájacích meraniach dvomi šachtami z dôvodu veľkej vzdialenosti premietaných zvislíc je potrebné pri väčších hĺbkach (viac ako 100 m) uvažovať s ich zbiehavosťou. Opravu zo zbiehavosti zvislíc určíme zo vzťahu

$$\Delta a = \frac{a \cdot h}{R} \text{ (mm)}, \tag{7-46}$$

kde a je dĺžka premietanej priamky v metroch,

h je hĺbka premietania v metroch,

R je stredný polomer zobrazovacej gule R = 6380 km.

Pri hĺbke premietania väčšej ako 100 m obvykle zavádzame aj opravu zo zobrazenia.

Pripájacie a usmerňovacie meranie dvomi šachtami sa považuje podľa platnej legislatívy za konečné, kým pripájanie banského diela jednou šachtou iba za dočasné (Michalčák, 1985). Výnimku tvorí pripájanie jednou olovnicou a gyroskopickým usmernením. Československo bolo prvou krajinou na svete, ktorá zaviedla do svojich predpisov pripájacie meranie vykonané jednou olovnicou a gyroskopickým usmernením ako konečné (definitívne) meranie.

7.4 Gyroskopické usmerňovacie merania

Gyroskopické usmerňovacie merania vykonávame v prípadoch, keď pripájanie jednotlivých horizontov banského diela je možné len jednou jamou a v nej jednou olovnicou. Na určenie smerníka základnej orientačnej priamky je potrebné v takýchto prípadoch použiť

metódu priameho určenia (merania) smerníka, ktoré možno vykonať buď magnetickým alebo gyroskopickým meraním. Nakoľko metódy využívajúce meranie magnetického azimutu nevyhovujú kritériám pripájacích a usmerňovacích (veľmi presných) meraní, zostáva jediná alternatíva – a to gyroskopické merania.

Na realizáciu gyroskopických meraní sa využívajú gyroteodolity (kap. 6.2), ktorými sa vykoná usmernenie základných orientačných priamok na povrchu a v podzemí. Obvyklý postup pri meraní gyroteodolitom zahŕňa určenie smerníka základnej orientačnej priamky na povrchu (v blízosti šachty) a smerníkov základných orientačných priamok na jednotlivých horizontoch banského diela (Obr. 7.21), ktoré sa vykoná dvakrát po sebe a nezávisle. Meranie vodorovných uhlov pripájacích polygónových ťahov sa realizuje teodolitom v dvoch skupinách. Pred a po realizácii meraní sa na povrchu overí konštanta gyroteodolitu určením smerníka orientačnej priamky gyroteodolitom a výpočtom zo súradníc

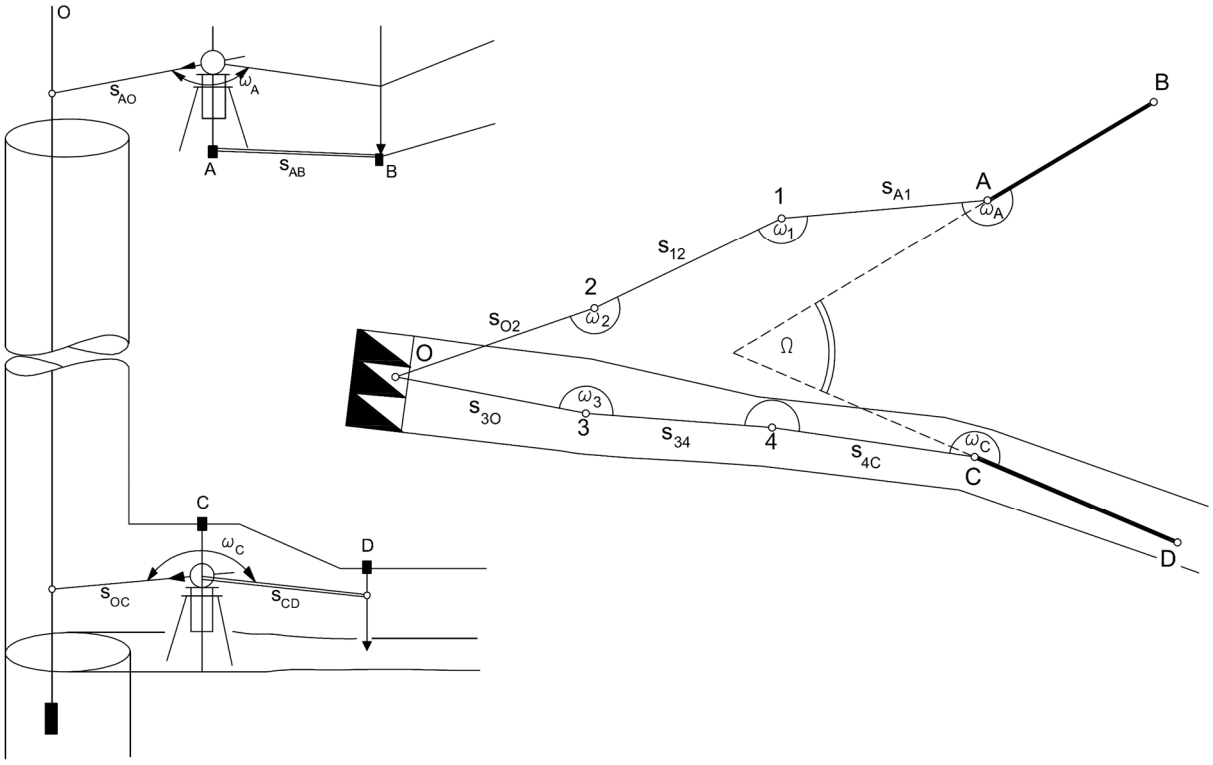
$$K_G = G_{AB} - \sigma_{AB} + \gamma_A , \tag{7-47}$$

kde G_{AB} je gyroskopicky určený azimut,

σ_{AB} je smerník určený výpočtom zo súradníc,

K_G je konštanta gyroteodolitu,

γ_A je meridiánová konvergencia v bode *A*.



Obr. 7.21. Gyroteodolitové usmernenie banského diela

Smerník základnej orientačnej priamky σ_{CD} na príslušnom horizonte sa vypočíta zo vzťahu

$$\sigma_{CD} = \sigma_{AB} + \Omega = \sigma_{AB} + G_{CD} - G_{AB} + \Delta\gamma_{AC}\,, \tag{7-48}$$

kde G_{AB}, G_{CD} sú gyroskopicky merané azimuty,

$\Delta\gamma_{AC}$ je rozdiel meridiánových konvergencií v bode *A* a *C*.

Vzhľadom na dosiahnuteľnú presnosť určenia gyroskopických azimutov je potrebné uvažovať s opravou smerov z vplyvu zvislicových odchýlok, ktorá sa vypočíta napr. podľa upravenej Laplaceovej rovnice z priečnej zvislicovej odchýlky η

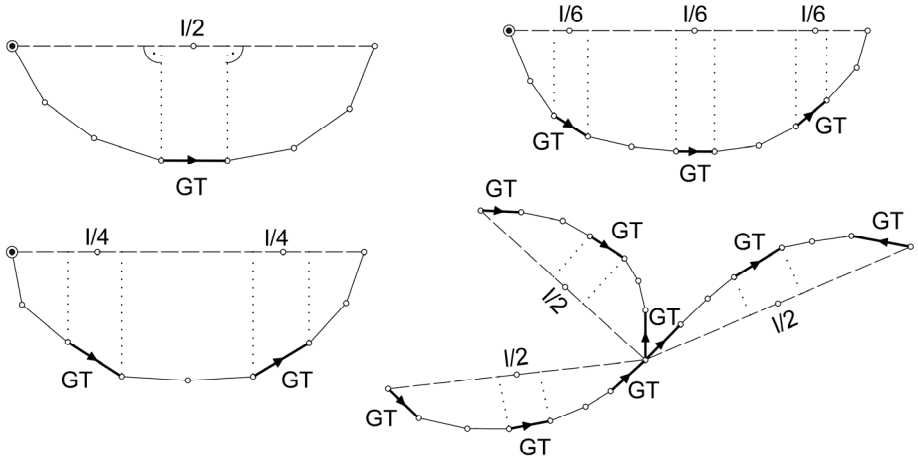
$$\delta = \eta \cdot tg\ \varphi\,, \tag{7-49}$$

kde φ je zemepisná šírka.

Súradnice olovnice *O* sa určia polygónovým ťahom z bodov základnej orientačnej priamky na povrchu obvyklým spôsobom. Súradnice bodov základnej orientačnej priamky na príslušnom horizonte sa určia z bodu *O*, využitím smerníkov a dĺžok meraných v podzemí. Smerníky polygónových strán v podzemí sa vypočítajú spätne zo smerníka σ_{CD}, napríklad

$$\sigma_{O3} = \sigma_{CD} - \left[\bar{\omega}\right] \pm k \cdot 180°\,. \tag{7-50}$$

Výhodou gyroskopických meraní je skutočnosť, že gyroskopické usmernenie môžeme vykonať v ľubovoľnom počte strán, resp. orientačných priamok na príslušnom horizonte. Z dôvodu efektívnosti postupu sa najčastejšie pri budovaní bodových polí polygónovými ťahmi usmerňuje každá druhá alebo tretia strany v polygónovom ťahu (Obr. 7.22). Takýto spôsob merania zároveň umožňuje vypočítať vrcholový uhol z gyroskopicky meraných azimutov na nedostupných, resp. ťažko dostupných bodoch polygónového ťahu.



Obr. 7.22. Gyroteodolitové usmernenie polygónových štruktúr

Pri meraní gyroskopických ťahov rastie chyba koncového smeru úmerne k dĺžkam jednotlivých strán, naproti tomu pri klasicky meraných polygónových ťahoch, úmerne dĺžke polygónového ťahu. Aplikácia gyroteodolitov v praxi je limitovaná ich relatívne vysokou cenou, zvýšenými nárokmi na znalosti obsluhujúceho personálu a náročné dodatočné vybavenie. Širšie využitie gyroteodolitov bolo aj v minulosti možné na banských závodoch prevádzkujúcich ťažbu na viacerých banských dielach, resp. pri výstavbe rozsiahlych podzemných dráh (metro) alebo pri náročných, najmä rozsiahlych tunelových stavbách (dĺžka viac ako desať kilometrov).

Kritérium presnosti určenia azimutu základnej orientačnej priamky gyroskopickým meraním je podľa banskomeračského predpisu definovaná strednou kvadratickou chybou gyroazimutu

a) veľmi presné merania σ_1 = 10“,
b) presné merania σ_2 = 20“.

Presnosť výsledného azimutu určeného gyroteodolitom je funkciou strednej kvadratickej chyby gyroazimutu a strednej kvadratickej chyby uhla meraného gyroteodolitom

$$\sigma_{GT} = \sqrt{\sigma_G^2 + \sigma_T^2} \ . \tag{7-51}$$

Neistota v určení azimutu rastie narastajúcou zemepisnou šírkou miesta, v ktorom sa meranie vykonáva. To znamená, že najnižšia je na rovníku a klesá smerom k pólom. V literatúre sa uvádzajú hodnoty pre naše zemepisné šírky v rozsahu cca 15“ až 20“ (Korritke, 1997), (Leinhart a Brunner, 2004), (Heister et al., 1992). V prípade využitia digitálneho gyroteodolitu sa presnosť zvýši na hodnotu 7“ až 9“.

8 Banskomeračské práce pri výstavbe a prevádzke banských závodov

Banskomeračské práce pri výstavbe a prevádzke banských závodov patria medzi osobitné úlohy nie len z dôvodu špecifických podmienok za akých sa vykonávajú, ale aj z dôvodu náročnosti požiadaviek na ich kvalitu. Pri každodennom plnení úloh a potrieb banských závodov na meranie, vytyčovanie a dokumentáciu banských diel je veľmi dôležitá kontrola každého úkonu, čiastkového výsledku, ale aj celku. Predmetom vytyčovania je obvykle vytýčenie polohy, smeru, osi, geometrického tvaru a rozmerov banských diel, polohy a geometrických prvkov ťažobných zariadení. Predmetom kontrolných meraní je najmä meranie tvaru, určovanie rozsahu a objemu podzemných priestorov, meranie pretvorenia nadložných vrstiev a časti povrchu zasiahnutých banskou činnosťou.

Banskomeračské práce pri výstavbe a prevádzke banských závodov členíme na:

- vytyčovanie banských diel,
- podrobné meranie banských diel na tvorbu máp a výpočet objemov,
- vytyčovanie a kontrolné meranie geometrických parametrov banských strojov a zariadení,
- kontrolné merania pretvorenia banských diel, nadložia a objektov na povrchu v dôsledku banskej činnosti.

Z hľadiska požiadaviek na kvalitu (presnosť) realizácie týchto meraní patria vytyčovacie práce a kontrolné merania posunov a pretvorení medzi presné až veľmi presné merania. Merania realizované pre zber údajov na tvorbu máp a výpočet objemov patria medzi merania technické.

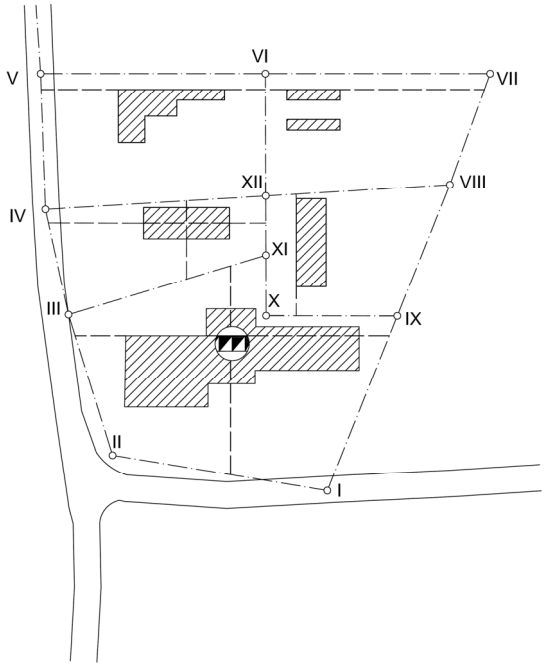
8.1 Vytyčovanie banských diel

Podkladom pre budovanie banských diel je projekt banského diela, alebo dokumentácia obsahujúca plán otvárky, prípravy a dobývania, vypracovaný podľa predpisov – stavebný zákon, Vyhláška Slovenského banského úradu č. 89/1988 Zb. o racionálnom využívaní výhradných ložísk, o povoľovaní a ohlasovaní banskej činnosti a ohlasovaní činnosti vykonávanej banským spôsobom v znení neskorších predpisov a Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 51/2008 Z. z., ktorou sa vykonáva geologický zákon v znení neskorších predpisov. V prípade vytyčovania diel súvisiacich s geologickými prácami je podkladom projekt geologických prác vyhotovený podľa Vyhlášky Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 51/2008 Z. z., ktorou sa vykonáva geologický zákon v znení neskorších predpisov. Vytyčovacie práce v podzemí spočívajú vo vytýčení smeru a sklonu vodorovného alebo úklonného banského diela a vo vytýčení prerážky medzi banskými dielami alebo závodmi. Na vytyčovanie sa spracuje zadanie, ktoré obsahuje základné parametre na razenie banského alebo iného diela – obvykle zarážkový bod, smer,

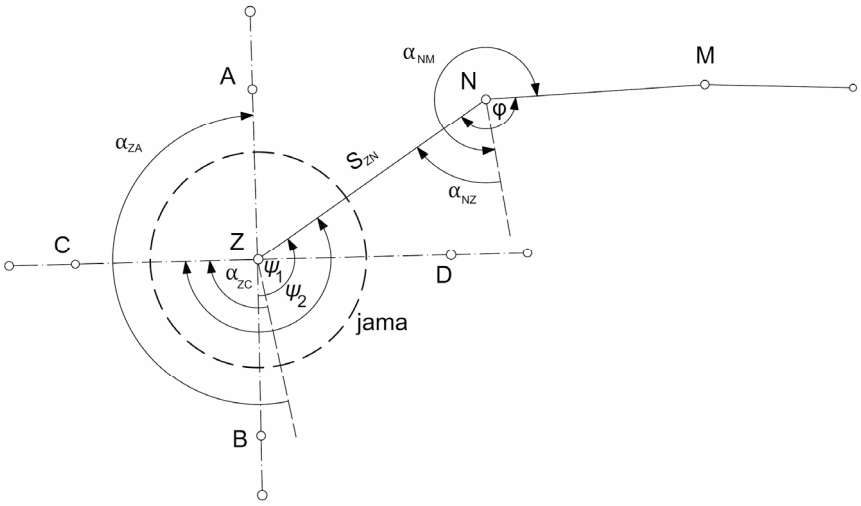
dĺžka, sklon a pod. O odovzdaní a prevzatí zadania sa vyhotoví záznam v príslušnej dokumentácii.

8.1.1 Vytýčenie zarážkového bodu zvislej jamy

Základnou úlohou pri otvárke hlbinného banského diela zvislou jamou (šachtou) je vytýčenie zarážkového bodu *Z* (zvislej osi) šachty a jej hlavných osí. Obvykle sú tieto prvky definované v projekte – zarážkový bod súradnicami (X_Z, Y_Z) a hlavné osi smerníkmi, napr. α_{ZA}, α_{ZC}. Pri vytyčovaní sa vychádza z bodov vybudovaného bodového poľa (vytyčovacej siete) na povrchu (Obr. 8.1), resp. často v blízkosti sa nachádzajúcich bodov hlavnej orientačnej priamky – *MN* (Obr. 8.2).



Obr. 8.1. Príklad vytyčovacej siete banského závodu

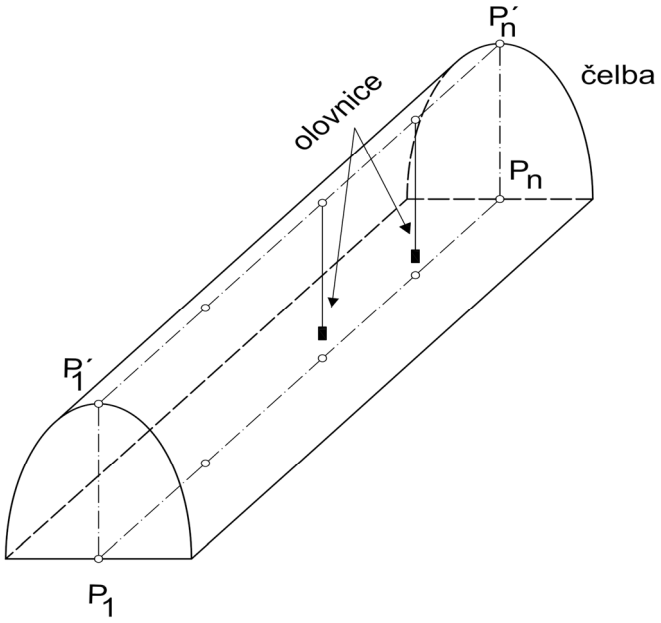


Obr. 8.2. Vytýčenie zarážkového bodu a hlavných osí šachty

Z dôvodu zabezpečenia plynulej prevádzky banského diela sú hlavné osi šachty stabilizované okrem štvorice bodov A, B, C a D aj zaisťovacími bodmi odsadenými v smere hlavných osí o niekoľko metrov (podľa situácie a rozmiestnenia banských zariadení a budov v okolí šachty). Body hlavných osí šachty (včítane zaisťovacích) sa trvalo stabilizujú a označujú ochrannými znakmi.

8.1.2 Vytýčenie vodorovnej chodby

Vytýčenie smeru banskej chodby sa vykoná teodolitom, vodorovným, priestorovým alebo zvislým polygónovým ťahom. V ojedinelých prípadoch, keď je potrebné smer vytýčiť dočasne alebo na krátku vzdialenosť a ide o priamy úsek, možno smer razenia chodby vytýčiť olovnicami (Obr. 8.3).



Obr. 8.3. Vytýčenie smeru chodby olovnicami

V prípadoch, keď vytyčovaná chodba nemá tvar priamy, sa vykoná vytýčenie priestorovým polygónovým ťahom. Vytyčovanie týmto spôsobom patrí medzi najnáročnejšie úkony, nakoľko vyžaduje správne smerové aj výškové vytýčenie diela v každom kroku. Prípadné chyby vo vytýčení diela sa neskôr veľmi náročne odstraňujú.

Aj vodorovne vedené banské diela sa projektujú v malom sklone z dôvodu zabezpečenia ich odvodnenia prirodzeným spôsobom. Obvykle sa navrhujú sklony 3 ‰ až 5 ‰ (max. 10 ‰). Sklon banského diela sa vytyčuje trigonometrickou metódou alebo geometrickou niveláciou, s použitím postupov a kritérií pre technickú niveláciu.

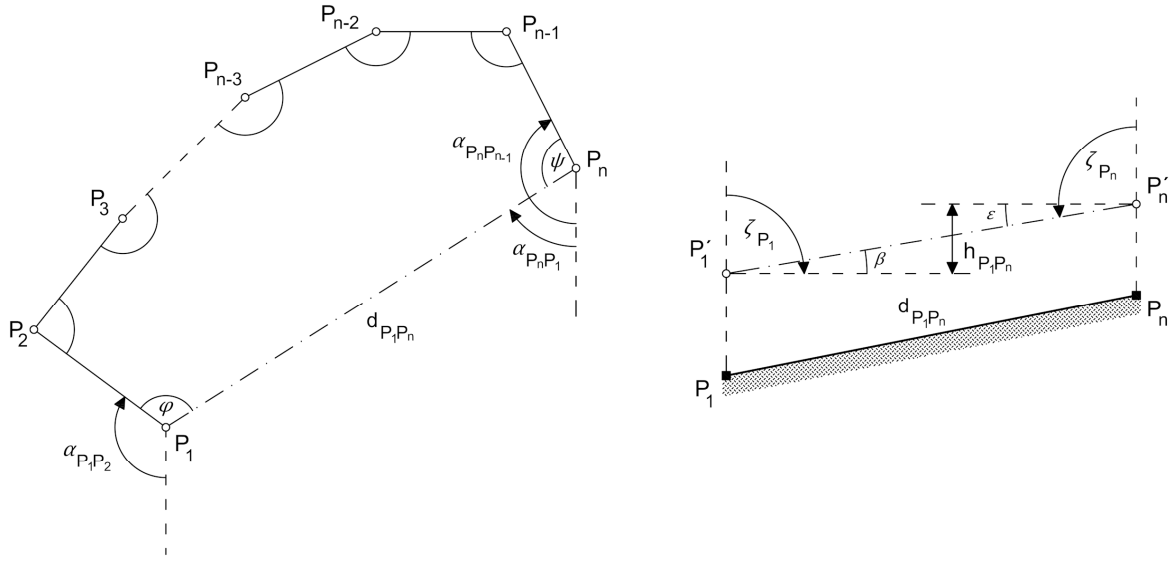
8.1.3 Vytyčovanie prerážok

Prerážky medzi banskými dielami a závodmi sa budujú s cieľom ich vzájomného prepojenia. Dôvody na budovanie týchto diel sú najmä prevádzkové, môžu však byť vyvolané

aj potrebou zvýšenia kvality vzduchu (vetranie) alebo bezpečnosti v závode. Z hľadiska banskomeračských prác sú veľmi významné prerážky v prípadoch, keď nimi dôjde k spojeniu dvoch častí banských diel alebo dvoch závodov, v ktorých bolo budované bodové pole osobitne (oddelene). Ich prepojením vzniká možnosť výrazného zvýšenia kvality parametrov bodov bodového poľa v podzemí. Vytyčovacie práce spojené s budovaním prerážok patria medzi:

- presné merania, ak ide o prerážku medzi banskými dielami v rámci jedného závodu,
- veľmi presné merania, ak ide o prerážku medzi dvoma banskými závodmi.

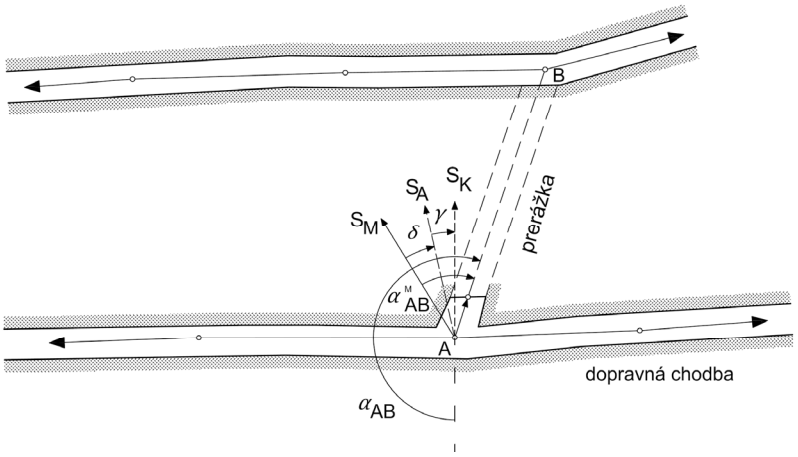
Pri vytýčení prerážky medzi dvomi chodbami na jednom horizonte ide v podstate o vytýčenie smeru a sklonu úklonného banského diela (chodby). Základné parametre prerážky tvoria smerník, dĺžka a sklon prerážky. Na oboch koncoch prerážky (chodby) vytyčujeme prerážkový bod a prerážkový uhol φ a ψ. Na určenie základných parametrov prerážky je potrebné určiť polohu a výšku prerážkových bodov P_1 a P_n a z nich vypočítať smer, dĺžku a sklon prerážky β (Obr. 8.4). Súradnice prerážkových bodov P_1 a P_n určíme meraním priestorového polygónového ťahu na príslušnom horizonte. Osobitnú pozornosť je potrebné venovať najme meraniu výškových uhlov, nakoľko nezrovnalosti spôsobené nesprávnym vytýčením sklonu prerážky sa veľmi ťažko odstraňujú a často zostávajú trvalým nedostatkom výsledného diela.



a) polohové vytýčenie prerážky b) výškové vytýčenie prerážky

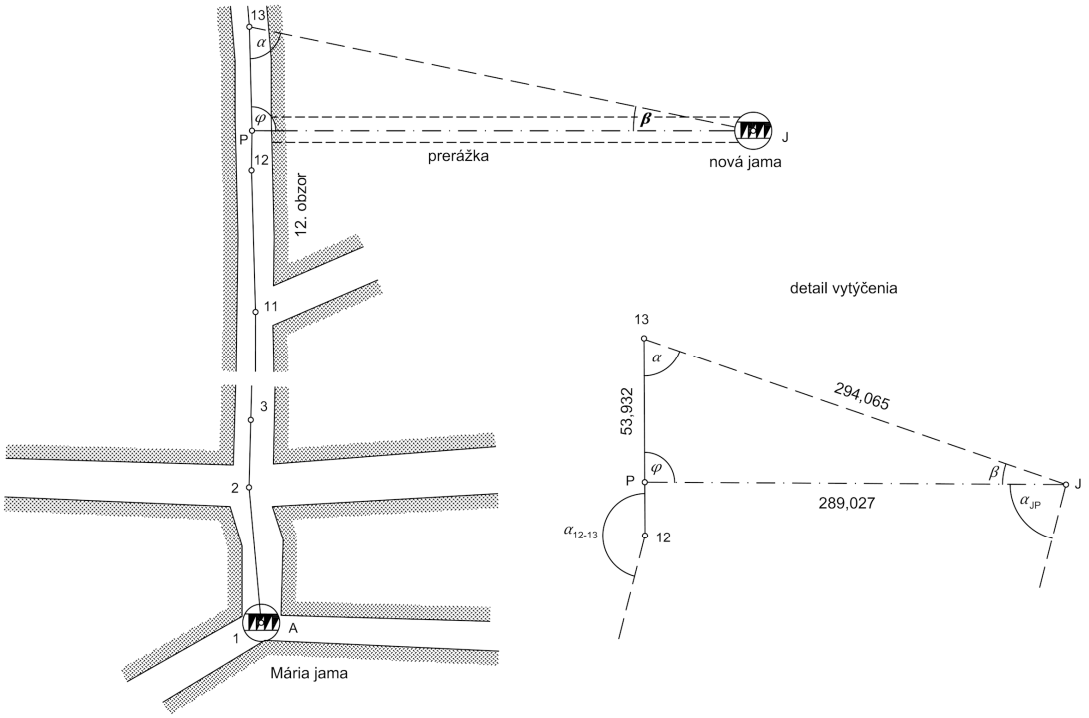
Obr. 8.4. Vytýčenie prerážky

Pri vytyčovaní krátkej prerážky medzi chodbami toho istého závodu možno využiť na vytýčenie smeru prerážky kompas alebo buzolu. V takomto prípade je potrebné zaviesť opravu z magnetickej deklinácie a meridiánovej konvergencie, aby sme získali správny smer prerážky (Obr. 8.5). Sklon prerážky možno v takýchto prípadoch vytýčiť sklonomerom alebo trigonometrickou metódou, prípadne geometrickou niveláciou.



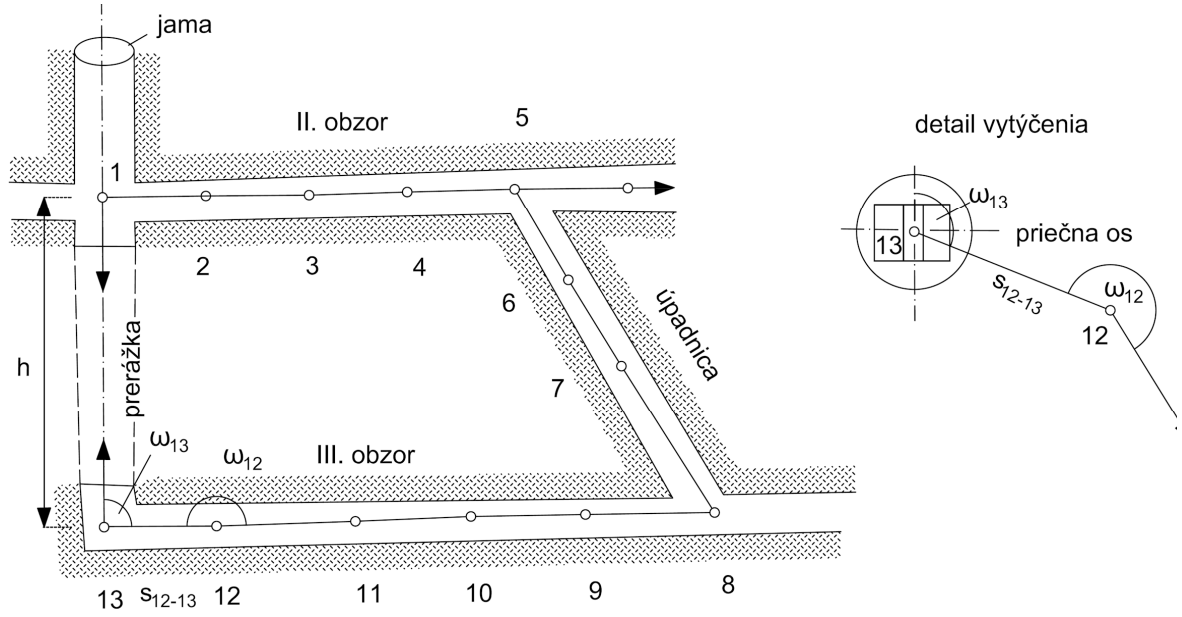
Obr. 8.5. Príklad vytýčenia smeru prerážky magnetickým kompasom

Jednou z najčastejšie sa vyskytujúcich úloh pri spájaní dvoch banských závodov je vytýčenie prerážky medzi zvislou šachtou a vodorovnou chodbou (Obr. 8.6). Obvykle sú známe súradnice stredu šachty (bod *J*) a súradnice bodov polygónového ťahu vedeného chodbou (body 11 až 13). Úlohou je nájsť polohu a určiť súradnice bodu *P*, ako najkratšej (kolmej) spojnice medzi dvoma banskými dielami. Súradnice bodu *P* sa určia napr. pretínaním napred zo smerníkov alebo použitím uhlov α a β. Výškové vytýčenie prerážky sa vykoná postupne z bodu *P* geometrickou niveláciou.



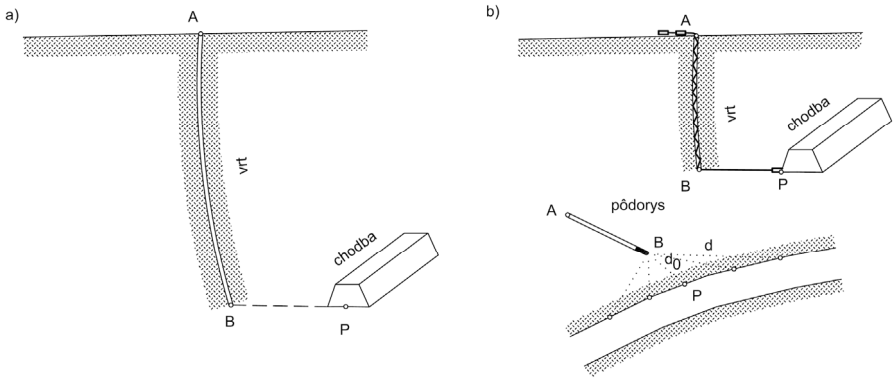
Obr. 8.6. Vytýčenie prerážky medzi zvislou šachtou a vodorovnou chodbou

Pri spájaní dvoch navzájom nad sebou vedených chodieb je prerážka vedená vo zvislom smere (Obr. 8.7). Ak možno obidve chodby vedené na rozdielnych horizontoch spojiť polygónovým ťahom, napr. cez existujúcu úpadnicu, úloha prechádza na vytýčenie koncového bodu priestorového, resp. zvislého polygónového ťahu. V tomto prípade začiatočný a koncový bod polygónového ťahu majú zhodné súradnice, kým prevýšenie medzi nimi zodpovedá približne prevýšeniu medzi horizontami. Zvislý smer pri razení sa kontroluje olovnicami alebo optickým prevažovačom (napr. PZL100).



Obr. 8.7. Vytýčenie prerážky zvislej jamy

V banskej praxi je často požadovanou úlohou spojenia päty hlbinného vrtu s chodbou (Obr. 8.8). Nakoľko poloha vrtu je určovaná metódami, ktoré umožňujú určiť súradnice päty vrtu *B* len s nižšou presnosťou, je potrebné pri razení prerážky postupovať obozretne. Polohu prerážkového bodu *P* možno určiť výpočtom alebo na základe geofyzikálnych meraní. V prvom



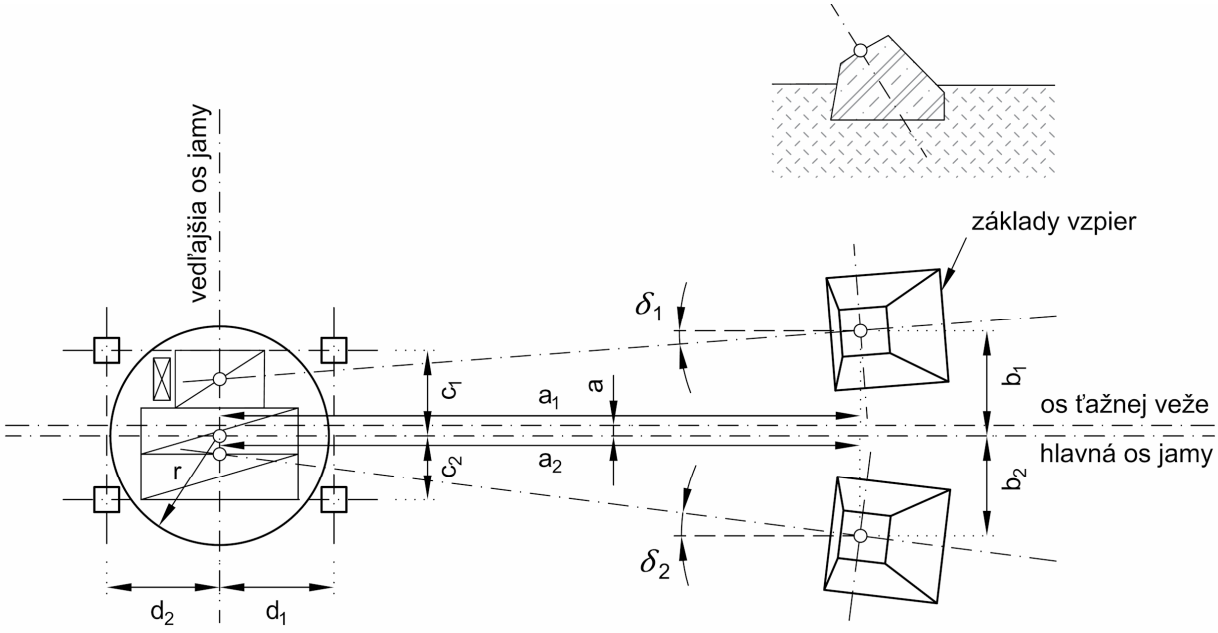
Obr. 8.8. Vytýčenie prerážky k hlbinnému vrtu
a) inklinometricky, b) elektromagneticky

prípade sa vychádza z približných súradníc päty vrtu určených inklinometrickými meraniami. V druhom prípade sa do vrtu spúšťa vysielač elektrického signálu alebo generátor magnetického poľa. V chodbe sa merač pohybuje s prijímačom a vyhľadáva miesto s najsilnejšou úrovňou prijímaného signálu. Vzhľadom na neistotu merania spôsobenú rozdielnymi geofyzikálnymi vlastnosťami prostredia, ktorým vysielaný signál prechádza, možno dosiahnuť presnosť v určení polohy bodu *P* približne 2 m pri vzdialenosti vrtu do 20 m.

8.1.4 Vytyčovanie banských zariadení

Vytýčenie základov a konštrukcie ťažnej veže patrí medzi základné úlohy vytyčovania na povrchu pri hlbinnej ťažbe nerastných surovín. Podkladom na vytýčenie ťažnej veže sú body bodového poľa na povrchu a stred a osi zvislej šachty (Obr. 8.1). Poloha ťažnej veže a ťažných strojov je definovaná charakteristickými bodmi základov a konštrukcie, ktoré sú určené v závislosti na polohe a orientácii hlavných osí šachty. V súlade s postupom prác sú predmetom vytyčovania (Obr. 8.9 a 8.10):

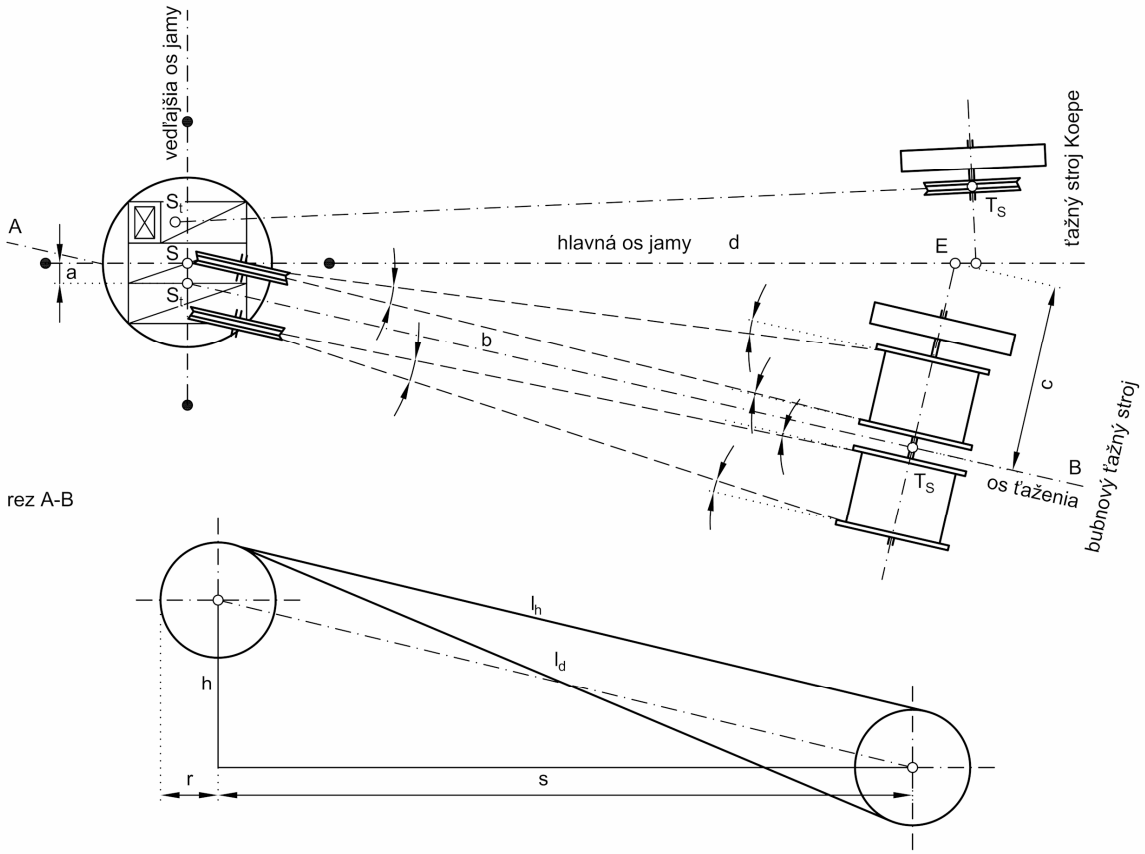
a) hlavná a vedľajšia os ťažnej veže,
b) základové bloky vlastnej konštrukcie, vzpier a ťažného bubna,
c) kotviace prvky konštrukcie ťažnej veže,
d) oceľová konštrukcia veže,
e) sústava kladiek pre ťažné laná,
f) ťažný bubon.



Obr. 8.9. Vytýčenie základov podpier ťažnej veže a osi ťažného stroja

Požiadavky na vytyčovanie základov sú formulované projektom na obvyklej úrovni pre vyhotovovanie železobetónových a oceľových konštrukcií. Výška charakteristických bodov základov a konštrukcie sa určí geometrickou niveláciou, prípadne trigonometricky.

8.2 Určovanie objemov pri hlbinnej ťažbe nerastných surovín



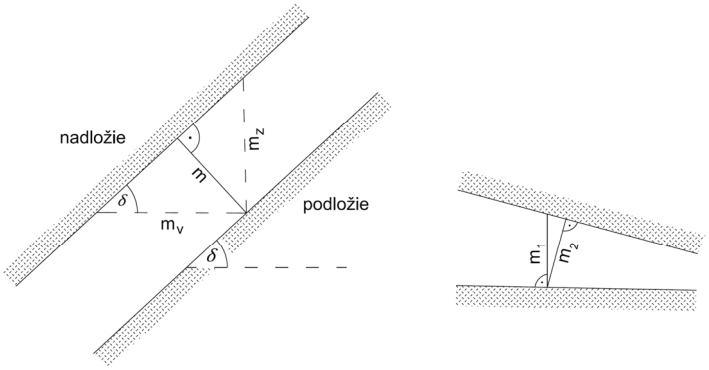
Obr. 8.10. Vytýčenie osí ťažného stroja

V každodennej prevádzke banských závodov má určovanie objemov nepravidelných telies veľký význam. Úlohy súvisiace s výpočtom objemu zásob záujmového nerastu v banskom závode, objemu skládok, nádrží, odkalísk a rôznych zásobníkov sú základnými a každodennými úlohami banských meračov.

Pri určovaní objemov na geologický prieskum a prevádzky hlbinných baní (napr. určovanie zásob) je určenie plošného rozsahu a mocnosti ložiskaveľmi dôležité. Mocnosť ložiska sa určí buď priamym meraním pri odkrytí ložiska alebo meraním dĺžky úsekov jadra vrtu prislúchajúcich predmetnému ložisku. Mocnosť m, meraná v smere kolmom na prevládajúcu rovinu ložiska, sa nazýva normálová, resp. pravá (Obr. 8.11). Mocnosť m_z, meraná v smere zvislom, sa nazýva zvislá a mocnosť meraná v smere vodorovnom vodorovná m_v .

Prevládajúcim prípadom je, že plochy ohraničujúce ložisko nie sú rovnobežné (Obr. 8.11). V takomto prípade možno charakterizovať mocnosť ložiska dvoma normálovými mocnosťami m_1 a m_2 . Výsledná mocnosť ložiska sa najčastejšie určí výpočtom aritmetického priemeru z oboch hodnôt. V prípadoch, keď bola mocnosť ložiska určovaná vo viacerých miestach rovnomerne rozložených na ložisku, sa priemerná hodnota mocnosti ložiska vypočíta

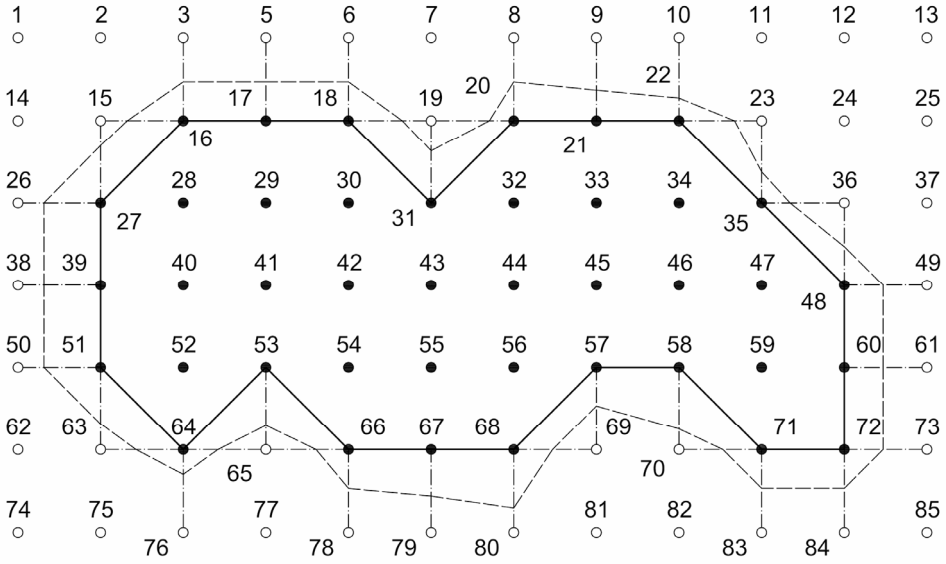
jednoduchým aritmetickým priemerom všetkých meraní. Ak jednotlivé body merania sú navzájom vzdialené nepravidelne, je vhodné priemernú hodnotu mocnosti určiť váženým aritmetickým priemerom, kde váhy sú funkciou pomeru vzájomných vzdialeností prieskumných vrtov a celkovej plochy ložiska.



Obr. 8.11. Druhy mocnosti ložiska

Ak je známy sklon ložiska δ, možno medzi jednotlivými typmi mocnosti definovať jednoduché vzájomné vzťahy:

$$m = m_z \cdot \cos\delta = m_v \cdot \sin\delta \ \text{(m)}. \tag{8-1}$$



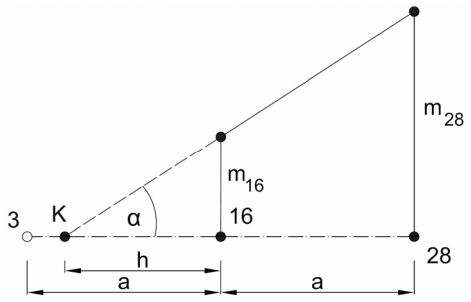
Obr. 8.12. Vonkajšie a vnútorné hranice ložiska

Na určenie objemu nerastu v ložisku je okrem mocnosti potrebné vymedziť jeho plochu, načo sa využívajú informácie o rozmiestnení prieskumných vrtov. Pri plošnom rozmiestnení vrtov a ich dostatočnej hustote možno považovať spojnicu krajných bodov (vrtov) prieskumného diela za vnútorný okraj ložiska (Obr. 8.12). Vonkajší okraj ložiska vytvára spojnica pravdepodobných hraničných bodov, v ktorých ložisko dosiahne nulovú mocnosť.

Polohu pravdepodobných hraničných bodov možno určiť napríklad ako stred medzi susednými vrtmi s pozitívnym a negatívnym výsledkom (prítomnosť nerastu). Iný spôsob

určenia hraničných bodov zohľadňuje vzájomný pomer mocností určených vo vrtoch, nachádzajúcich sa v blízkosti hranice (Obr. 8.13) podľa vzťahu (8-2).

$$h_i = m_i \cdot \cot g\,\alpha \ \text{(m)}. \tag{8-2}$$



Obr. 8.13. Určenie vonkajšej hranice ložiska uhlom odklonu

Množstvo nerastu v ložisku bude charakterizovať objem nepravidelného telesa (priestoru) vymedzeného viacerými plochami. Teleso sa aproximuje priestorovými útvarmi, ktorých objem možno vyjadriť matematickým vzťahom (obvykle množinou zvislých hranolov). Celkový objem sa určí ako súčet čiastkových hranolov

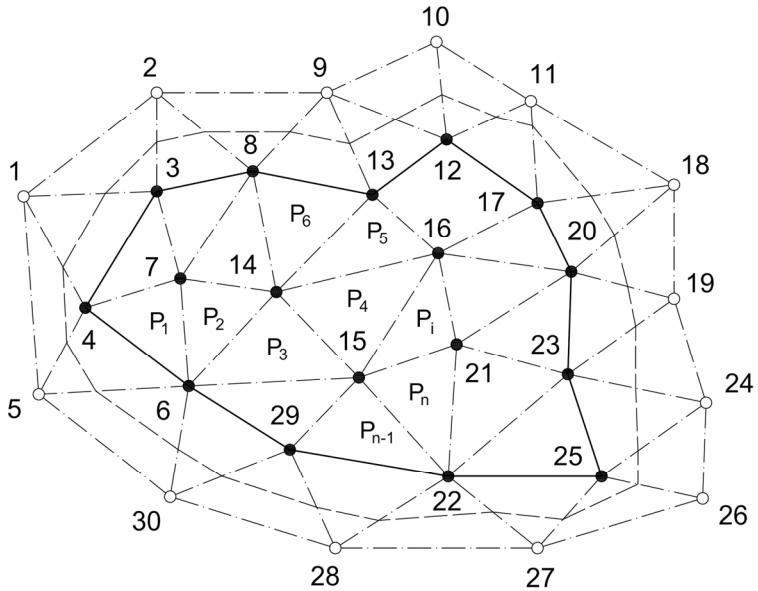
$$V = \sum V_i \quad (\text{m}^3). \tag{8-3}$$

V praxi sa najčastejšie využíva množina trojbokých zvislých hranolov (Obr. 8.14), ktorých objem sa vypočíta

$$V_i = P_i \cdot \frac{m_1 + m_2 + m_3}{3} \quad (\text{m}^3), \tag{8-4}$$

kde P_i je plošný obsah vodorovného rezu hranolom (plocha trojuholníka),

m_i sú mocnosti ložiska v jednotlivých vrtoch (bodoch trojuholníka).



Obr. 8.14. Výpočet objemu nepravidelného telesa

Využitie trojbokých hranolov na aproximáciu objemu je vhodné na nepravidelné telesá (priestory). Oproti tomu, používanie mnohouholníkov je vhodné u ložísk doskovitého typu s vodorovným usporiadaním vrstiev, resp. s malým úklonom hornej a dolnej dosky ložiska (Kovanič et al., 1990).

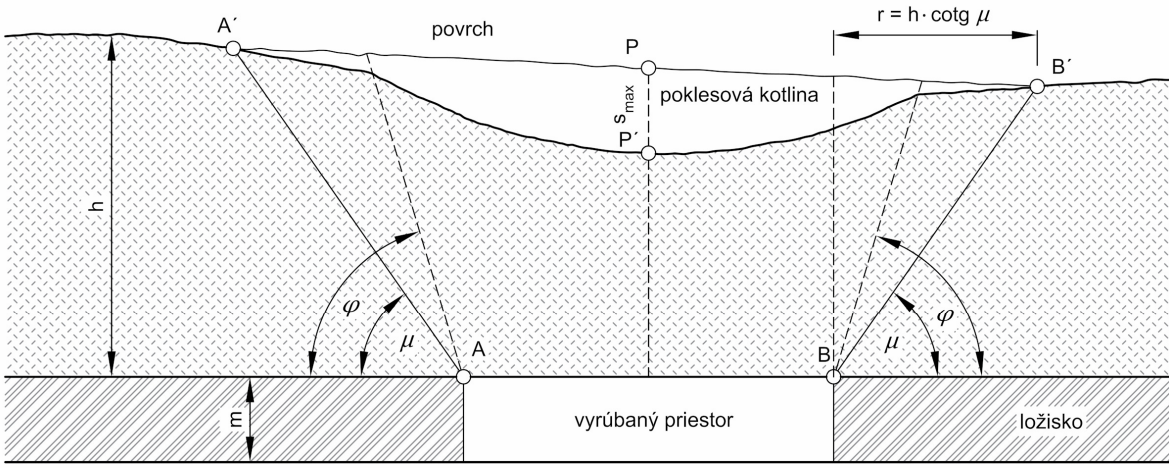
8.3 Kontrolné merania na banských dielach

Pri hlbinnej ťažbe nerastných surovín vznikajú v podzemí prázdne priestory. Prítomnosť takýchto priestorov spôsobuje na jednej strane porušenie a pohyb okolitých hornín, na strane druhej pokles nadložia. Zmeny nadložia sa prejavujú na povrchu poklesom terénu a sadaním objektov, nachádzajúcich sa nad ťažbou. Charakter a intenzita posunov, resp. pretvorenia, spôsobeného ťažbou, závisí od celého radu skutočností a od vlastností okolitých hornín a nadložia. Medzi najdôležitejšie patria:

- fyzikálne a mechanické vlastnosti,
- hydrogeologické podmienky,
- sklon a usporiadanie jednotlivých vrstiev,
- mocnosť a hĺbka jednotlivých vrstiev,
- spôsob a rýchlosť dobývania,
- morfológia terénu.

Poznanie uvedených javov, ich vplyvu na nadložie, na terén a na povrchu sa nachádzajúce objekty je dôležité najmä z dôvodu zabezpečenia ich plynulej prevádzky a bezpečnosti. Úlohy spojené s otázkou vplyvu ťažobných prác na objekty, nachádzajúce sa na povrchu, tak patria medzi špeciálne bansko-meračské úlohy a je im venovaná v praxi osobitná pozornosť.

Vplyv banskej činnosti na povrchu sa prejavuje vytvorením poklesovej kotliny. Veľkosť (plocha) a hĺbka poklesovej kotliny závisí od mocnosti a hĺbky vyrúbaného ložiska a od veľkosti zálomového uhla φ a medzného uhla μ (Obr. 8.15). Veľkosť oboch uhlov závisí od geologických vlastností nadložia a stanoví sa na základe výsledkov podrobného geologického prieskumu. Zálomový uhol φ dosahuje hodnoty v rozpätí cca 65° až 75°, hodnoty medzného uhla μ sú vždy o cca 5° až 20° menšie od hodnôt zálomového uhla. Plošné rozmery poklesovej kotliny sú vždy väčšie, ako je plošný rozsah vyrúbaného priestoru (ložiska). Najväčší pokles je v strede poklesovej kotliny a obvykle dosahuje hodnotu mocnosti vyrúbaného ložiska. Okraje poklesovej kotliny sa určia v závislosti na hĺbke ložiska h vo vzdialenosti $r = h \cdot \cot \mathrm{g}\, \mu$ od priemetu okrajov vyrúbaného priestoru na povrchu.



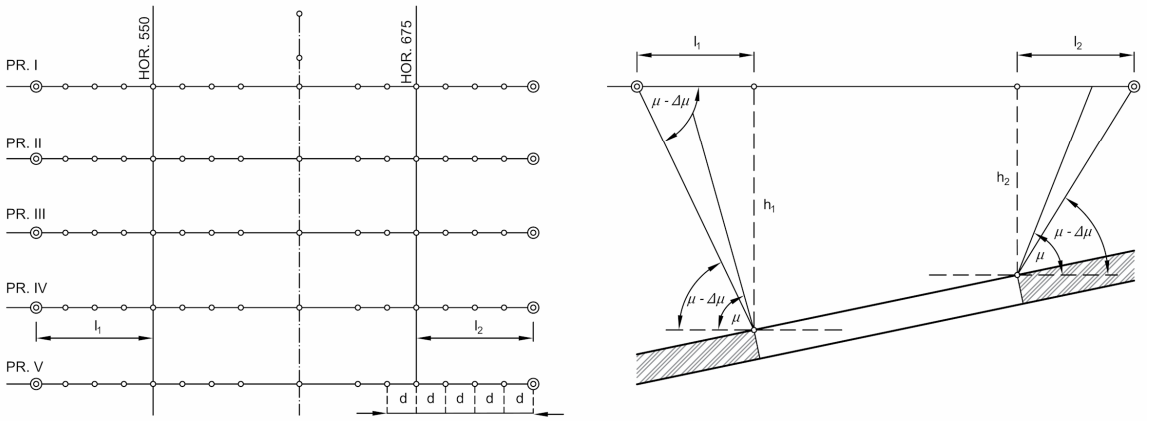
Obr. 8.15. Poklesová kotlina spôsobená banskou činnosťou

Vplyv banskej činnosti na objekty, nachádzajúce sa na povrchu, sa dokumentuje kontrolnými meraniami. Cieľom kontrolných meraní je súbežne aj kvantifikácia parametrov umožňujúcich lepšie poznanie a spresnenie geologických vlastností okolitých hornín a hornín nadložia. Výsledkom meraní sú okrem vodorovných a zvislých posunov objektov, hodnoty medzného uhla μ, súčiniteľ dobývacej metódy, časový faktor a priebeh dynamickej vlny (účinku) pri prechode porubového frontu (Michalčák, 1985).

Posuny a pretvorenia poklesovej kotliny a objektov, nachádzajúcich sa na povrchu, vo zvislom smere sa určia aplikáciou geometrickej nivelácie (technológia presnej, resp. technickej nivelácie), metódou trigonometrického určenia prevýšení a vybranými metódami fotogrametrie. Na určenie vodorovných posunov sa využíva metóda zámernej priamky, pretínanie napred, polygónometria a vybrané metódy fotogrametrie. Vzťažné body sa stabilizujú zásadne mimo územie poklesovej kotliny, spôsobom zabezpečujúcim ich dlhodobú stability a minimálne vo vzdialenosti $l = h \cdot \cot g(\mu - \Delta\mu)$ ($\Delta\mu$ nadobúda hodnoty 10° až 15°).

Pozorované body sú umiestňované tak na objektoch, ako aj na teréne usporiadané (rozmiestnené) v profiloch (Obr. 8.16), pričom hustota na okrajoch poklesovej kotliny musí byť väčšia ako v jej strede. Vzájomná vzdialenosť pozorovaných bodov na okraji kotliny sa určí zo vzťahu

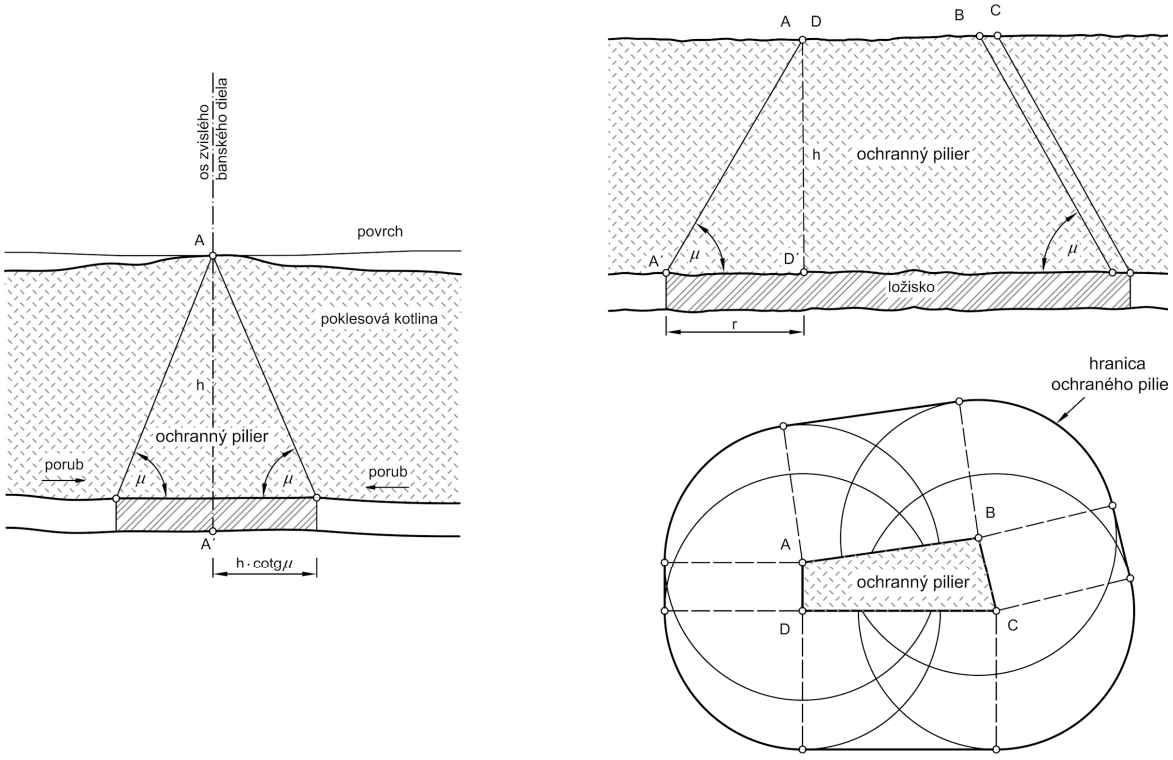
$$d = h \cdot \frac{\cot g^2(\mu + 1^\circ)}{\cot g(\mu + 20^\circ)} \text{ (m).} \qquad (8\text{-}5)$$



Obr. 8.16. Rozmiestnenie pozorovaných bodov na meranie dynamických prejavov poklesovej kotliny

Vzdialenosť bodov v strede poklesovej kotliny je 1,5- až 2-krát väčšia. Uvedená skutočnosť súvisí s intenzívnejšími prejavmi banskej činnosti na okraji kotliny, ako aj zvýšenou neistotou určenia posunov z dôvodu ich nižších hodnôt, blížiacich sa k neistote merania.

Na základe výsledkov kontrolných meraní sa projektujú (navrhujú) stavebno-technické parametre objektov na povrchu a počet a veľkosť ochranných objektov (ochranných pilierov) v podzemí (obr. 8.17). Úlohou ochranných pilierov, budovaných (ponechaných) v podzemí, je minimalizovať alebo zamedziť vplyvu banskej činnosti na objekty nachádzajúce sa na povrchu.



Obr. 8.17. Ochranný pilier pre bod a plochu

Ochranné piliere sa budujú:

- ponechaním (nevyťažením) ložiska pod vybranými objektami,
- zasypaním vyrúbaného priestoru neúžitkovým nerastom (horninou) v čo najkratšom čase po vyťažení úžitkového nerastu.

Veľkosť ochranných pilierov sa určí v závislosti od veľkosti a tvaru chráneného územia na povrchu, hĺbky ložiska a geologických vlastností nadložia. Tvar ochranného piliera odzrkadľuje tvar chráneného územia (objektu) na povrchu, nie však mechanicky, ale v závislosti na hĺbke a sklone ložiska a veľkosti zálomového uhla. V prípade rozdielnych geologických vlastností nadložia v jednotlivých častiach ložiska budú rozdielne aj hodnoty zálomového uhla v jednotlivých miestach. Zohľadnenie rozdielnych podmienok sa premietne do výsledného tvaru ochranného piliera v podzemí (Obr. 8.17).

9 Bodové polia a banskomeračská dokumentácia pri povrchovej ťažbe nerastných surovín

Povrchová ťažba nerastných surovín, strategicky významných na výrobu energie (uhlie), resp. drahých kovov a minerálov, tvorí v mnohých krajinách stále významnú časť priemyslu. Na Slovensku tvorí väčšinu tejto činnosti ťažba nerastných surovín na výrobu stavebných látok a hmôt (kamenivo, štrk, piesok, cement, vápno, tehly, strešná krytina a pod.), ktorá prebieha v 208 lokalitách a touto činnosťou sa zaoberá vyše 170 spoločností (Hlavný banský úrad, 2018). V Českej republike prevládala v minulosti práve ťažba hnedého uhlia v západnej časti republiky.

Rozhodnutie o spôsobe ťažby (povrchovým lomom alebo hlbinne), určuje dvojica hlavných parametrov ložiska – hrúbka sloja a hĺbka, v akej sloj leží pod povrchom. Vzájomný pomer týchto dvoch veličín určuje takzvaný skrývkový pomer, na základe ktorého sa rozhoduje o spôsobe ťažby úžitkového nerastu. Vo všeobecnosti je pomer nad 1 : 10 považovaný za hraničný, pri ktorom už povrchová ťažba nemôže byť ekonomická.

Povrchová ťažba nerastných surovín kladie vysoké nároky na ochranu životného prostredia a má podstatne vyšší vplyv na životné prostredie – vznik tzv. „mesačnej krajiny“, vysoká prašnosť, úplná zmena povrchovej situácie a vysoké náklady na rekultiváciu povrchu biotopov (Obr. 9.1). Pri ťažbe je používaných veľa dieselových motorov (rýpadlá, nákladné autá, buldozéry) v procese samotnej ťažby, ako aj pri doprave nerastov. V dôsledku povrchovej ťažby dochádza k úplnej zmene celého ekosystému na povrchu, k zmene hydrológie na povrchu aj v podzemí.

Obr. 9.1. Povrchový lom hnedého uhlia (pixabay, 2018a)

9.1 Budovanie bodových polí

Výkon geodetických činností a vedenie meračskej dokumentácie pri povrchovej ťažbe nerastných surovín sa riadi obdobne ako pri ťažbe hlbinnej banskomeračským predpisom, osobitne jeho prílohou č. 2 (Výnos MH SR, 1993). Činnosti súvisiace s povrchovou ťažbou sa členia na:

- budovanie a údržbu bodových polí,
- vytyčovanie banských diel a zariadení,
- podrobné meranie banských diel pre účely tvorby máp a výpočet objemov,
- vyhotovenie a vedenie banskomeračskej dokumentácie,
- kontrolné merania na výpočet zásob, stavu skrývok, odvalov a evidenciu ťažby.

Z hľadiska požiadaviek na kvalitu (presnosť) realizácie týchto meraní patria merania spojené s budovaním bodových polí, vytyčovacie práce, kontrolné merania posunov a pretvorení medzi presné, až veľmi presné merania. Merania realizované na zber údajov pre tvorbu máp a výpočet objemov patria medzi merania technické.

Bodové polia tvoria aj pri povrchovej ťažbe základnú kostru všetkých geodetických meraní. Ich úlohou je v prvom rade zabezpečiť jednotný a správny rozmer banského diela a nadväznosť diela na referenčné súradnicové a výškové systémy. Povrchová ťažba vo väčšine prípadov prebieha na relatívne veľkom území, ktoré je potrebné „pokryť“ dostatočnou množinou bodov základného a podrobného bodového poľa.

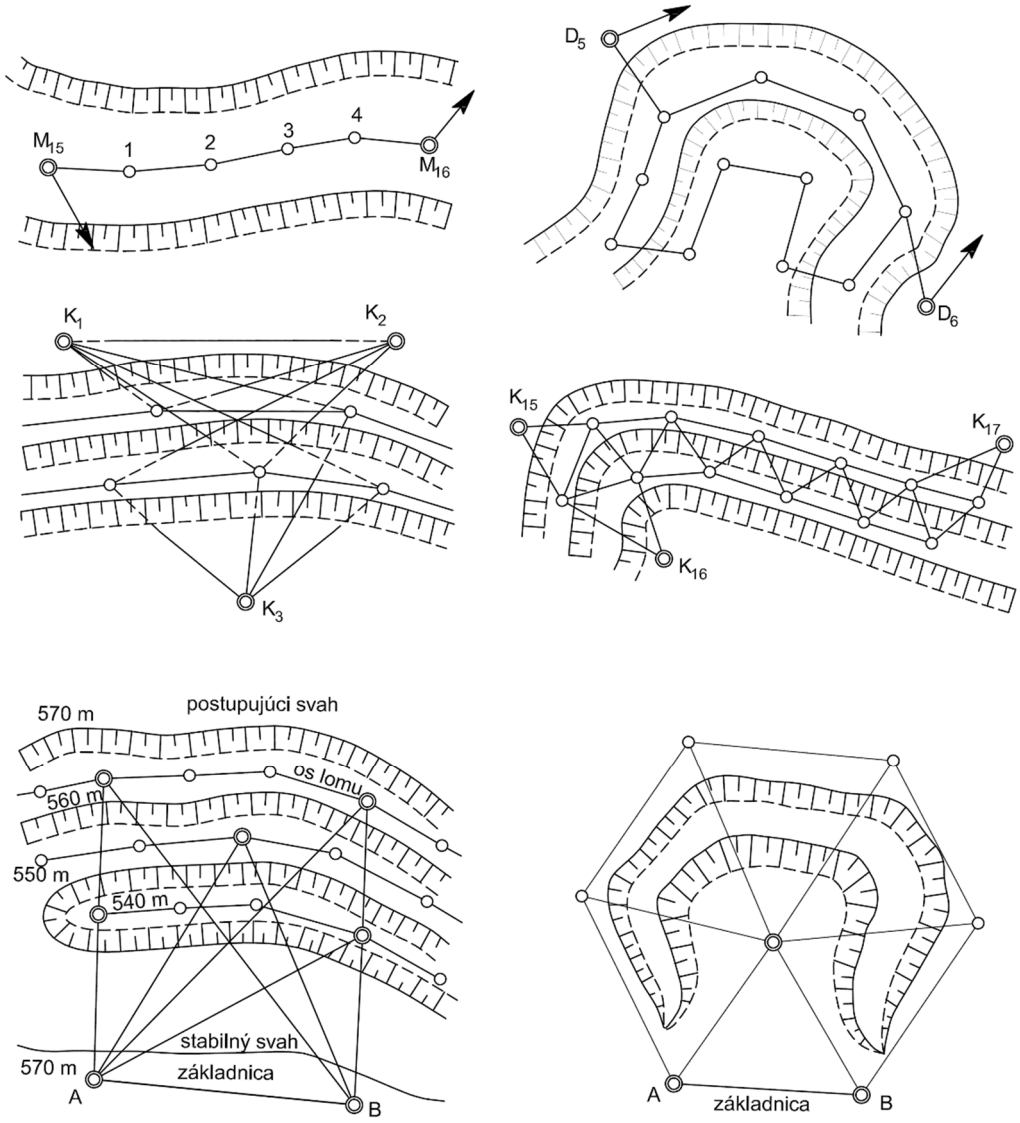
9.1.1 Polohové bodové polia

Konfigurácia polohového základného bodového poľa (ZBP) je silne determinovaná tvarom dobývacieho priestoru (Obr. 9.2). Body ZBP sa rozmiestňujú na základe plánu otvárky, mapových podkladov a výsledkov rekognoskácie v teréne na okraji lomu, mimo zásah ťažby.

Obr. 9.2. Povrchový lom Černý důl (youtube, 2018)

Počet bodov, ich rozmiestnenie a tvar určujúcich obrazcov závisia od tvaru lomu, topografie terénu a spôsobu vedenia ťažobných prác. Body ZBP sú priamo určené z bodov štátnych referenčných sietí, alebo meraním na aktívne geodetické základy (využitím služby SKPOS a SmartNet). Body podrobného bodového poľa (PBP) tvoria obvykle polygónové obrazce vložené medzi body ZBP. Do množiny PBP možno zaradiť aj body vybudované na geologický prieskum, projektovania lomu a pod. (Obr. 9.3).

Stabilizácia bodov polohového bodového poľa sa vykoná podľa všeobecne platných zásad uvedených v banskomeračskom predpise. Číslovanie bodov sa skladá zo začiatočného písmena banského závodu a priebežného poradového čísla v tvare napr. M-25. Na dlhodobé merania sa vybrané body signalizujú trvalým spôsobom (pyramídami alebo tyčovými signálmi).



Obr. 9.3. Konfigurácia bodových polí pri povrchovej ťažbe

Na určenie súradníc bodov ZBP sa prednostne využívajú body štátnych referenčných sietí a metódy:

- pretínanie napred z uhlov v konfigurácii najmenej dvojice nezávislých určujúcich trojuholníkov (použitie spoločného bodu je možné výnimočne),
- smerové pretínanie napred pomocou orientovaných smerov najmenej zo štyroch známych bodov (výnimočne z troch),
- dĺžkové pretínanie zo štyroch známych bodov (výnimočne z troch),
- polygónový ťah obojstranne orientovaný a pripojený,
- kombinácia vyššie uvedených metód.

V predpise vyžadovanú presnosť na určenie polohy bodu ZBP možno dosiahnuť aj využitím služieb SKPOS a SmartNet. Využitie tejto služby, resp. technológie GNSS je limitované dostupnosťou satelitného signálu v lokalite ťažby (často býva územie v čase budovania bodového poľa ešte zalesnené).

Centračné prvky na bodoch je potrebné merať a použiť vo výpočtoch v prípade, že presiahnu hodnotu excentricity $e = 5.10^{-3}$ m. Určujúce smery sa merajú v troch skupinách s maximálnou odchýlkou v uzávere skupiny $u = 5''$. V polygónových ťahoch sa uhly merajú najmenej v dvoch skupinách s krajnou hodnotou v rozdiele smerníka poslednej strany

$$u_\sigma = 10'' \cdot \sqrt{n}\,, \tag{9-1}$$

kde n je počet vrcholov v polygónovom ťahu.

Presnosť určenia polohy bodov ZBP a PBP uvádza banskomeračský predpis v podobe krajnej odchýlky v polohe bodu ZBP určenej dvoma nezávislými meračskými postupmi (metódami)

$$u_p = 6 \cdot 10^{-2} \text{ (m)}. \tag{9-2}$$

Ak sú body ZBP určené polygónovým ťahom, presnosť merania sa posudzuje podľa odchýlky v smerníku poslednej strany (9-1) a podľa dosiahnutej odchýlky v koncovom bode vzťahu

$$u_{xy} = 10^{-3} \cdot \sqrt{k_1 \cdot L + k_2 \cdot [rr]} \text{ (m)}, \tag{9-3}$$

kde $k_1 = 8$, $k_2 = 0{,}04$,

L je súčet dĺžok meraných strán polygónového ťahu,

$[rr]$ je súčet štvorcov priamych vzdialeností jednotlivých bodov a koncového bodu polygónového ťahu v metroch.

V predpise vyžadovanú presnosť na určenie polohy bodu ZBP alebo na zhustenie ZBP možno v súčasnosti dosiahnuť aj využitím služieb SKPOS a SmartNet.

Ak hustota ZBP nie je dostačujúca na vykonanie vyžadovaných meraní, zhusťuje sa bodové pole bodmi PBP použitím niektorej z nasledujúcich metód:

- polygónovým ťahom,
- polárnou meódou,
- uhlovým alebo dĺžkovým pretínaním,
- kombináciou vyššie uvedených metód.

Pri použití polygónového ťahu sa vyžaduje ich obojstranné pripojenie a orientovanie, minimálne však musí byť polygónový ťah votknutý medzi dvojicu bodov ZBP. Pri dlhých polygónových ťahoch sa na niekoľkých vrcholoch merajú aj orientačné smery na známe body. Hlavné polygónové ťahy musia byť pripojené vždy na body ZBP, vedľajšie polygónové ťahy sa vkladajú medzi body hlavných polygónových ťahov. Použitie jednostranne orientovaného a pripojeného polygónového ťahu je prípustné len vo výnimočných prípadoch, tento však musí byť zameraný dvakrát nezávisle od seba (Výnos MH SR, 1993).

V polygónových ťahoch sa uhly merajú najmenej v dvoch skupinách s krajnou hodnotou v rozdiele smerníka poslednej strany

$$u_\alpha = 30'' \cdot \sqrt{n} \text{ pre hlavné polygónové ťahy,}$$
$$u_\alpha = 60'' \cdot \sqrt{n} \text{ pre vedľajšie polygónové ťahy,} \qquad (9\text{-}4)$$

kde n je počet vrcholov v polygónovom ťahu.

Pri meraní uhlov v trojuholníku nesmie uhlový uzáver prekročiť hodnotu 15“. Dĺžky sa merajú vždy dvakrát nezávisle od seba. Merané dĺžky sa opravia o systematické chyby. Rozdiel medzi dvoma meraniami pri meraní dĺžok pásmom nesmie prekročiť hodnotu krajnej odchýlky

$$u_s = 10^{-3}\sqrt{s} \text{ (m),} \qquad (9\text{-}5)$$

kde s je meraná dĺžka v metroch.

Krajná odchýlka v polohe bodu ZBP, určená dvoma nezávislými meračskými postupmi (metódami), nesmie prekročiť hodnotu

$$u_p = 12 \cdot 10^{-2} \text{ (m).} \qquad (9\text{-}6)$$

Presnosť určenia bodov PBP je daná krajnou odchýlkou v polohe koncového bodu polygónového ťahu

$$u_{xy} = 10^{-3} \cdot \sqrt{k_1 \cdot L + k_2 \cdot [rr]} \text{ (m),} \qquad (9\text{-}7)$$

kde $k_1 = 10$ a $k_2 = 0{,}06$ pre hlavné polygónové ťahy,

$k_1 = 12$ a $k_2 = 0{,}08$ pre vedľajšie polygónové ťahy,

L je súčet dĺžok meraných strán polygónového ťahu,

$[rr]$ je súčet štvorcov priamych vzdialeností jednotlivých bodov a koncového bodu polygónového ťahu v metroch.

9.1.2 Výškové bodové polia

Nadmorské výšky bodov výškového bodového poľa sa určia s pripojením na body Štátnej nivelačnej siete (ŠNS). Stabilizácia bodov polohového bodového poľa sa vykoná podľa všeobecne platných smerníc na budovanie bodových polí (ÚGKK, 1994, ÚGKK, 2006). Číslovanie bodov sa skladá z písmena „V“, zo začiatočného písmena banského závodu a priebežného poradového čísla v tvare napr. VM-25.

Na určenie výšok bodov v banskom výškovom bodovom poli sa použije niektorá z nasledujúcich metód (Výnos MH SR, 1993):

- geometrická nivelácia,
- trigonometrické určovanie výšok,
- číselná tachymetria.

Výšky bodov ZBP sa určia metódou geometrickej nivelácie (technológia presnej nivelácie) s krajnou odchýlkou rozdielu medzi meraním „tam a späť“

$$u_h = 5 \cdot 10^{-3} \sqrt{L} \ \text{(m)}, \tag{9-8}$$

kde L je dĺžka nivelačného ťahu v kilometroch.

Merané prevýšenia sa opravia o hodnoty opráv z nominálnej dĺžky latového úseku a rozdiel meraného a daného prevýšenia sa rozdelí úmerne dĺžkam jednotlivých nivelačných úsekov. Výšky bodov ZBP sa určujú na tri desatinné miesta v metroch.

Na určenie výšok PBP sa využíva metóda geometrickej nivelácie (technickej nivelácie), pričom sa nivelačné ťahy spravidla vedú medzi bodmi ZBP. Pred meraním sa vykoná overenie stability bodov ZBP. Nivelačný ťah môže byť vložený, uzatvorený alebo otvorený s opakovaným nezávislým meraním. Krajná odchýlka v uzávere (rozdiele dvakrát meraného) nivelačného ťahu je daná hodnotou

$$u_h = 40 \cdot 10^{-3} \sqrt{L} \ \text{(m)}. \tag{9-9}$$

Výšky bodov určených geometrickou niveláciou (technickou niveláciou) sa uvádzajú na dve desatinné miesta v metroch.

Trigonometrické určovanie výšok sa použije na určenie výšok stanovísk prístroja pri podrobnom (tachymetrickom) meraní v členitom a neprístupnom území. Krajná odchýlka rozdielu dvakrát určenej výšky bodu je daná hodnotou

$$u_h = 40 \cdot 10^{-3} \sqrt{n} \ \text{(m)}, \tag{9-10}$$

kde n počet vrcholov trigonometrického výškového ťahu.

Metóda číselnej tachymetrie sa používa najmä na určenie výšok podrobných bodov, ktoré slúžia na konštrukciu výškopisu. Ak sa určujú výšky stanovísk na podrobné meranie tachymetrickými ťahmi, musí byť odchýlka v uzávere tachymetrického ťahu menšia ako

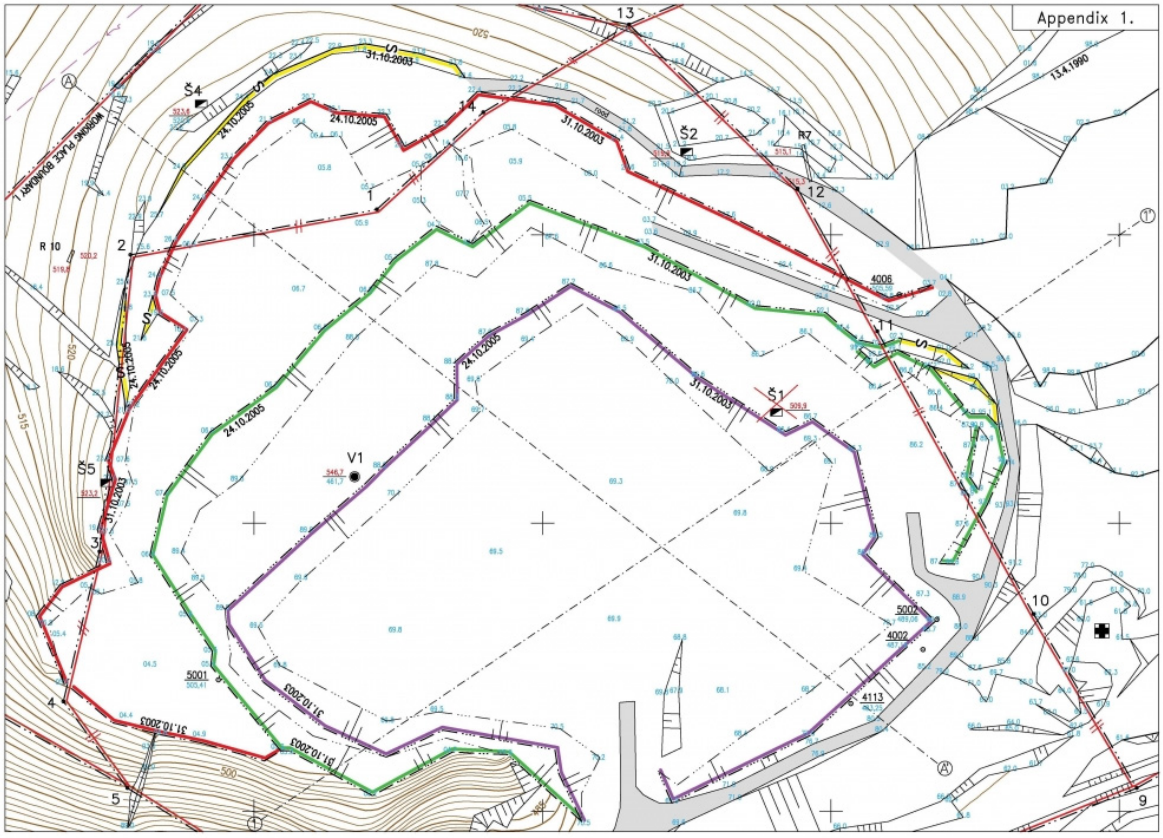
$$u_h = 150 \cdot 10^{-3} \sqrt{L} \ \text{(m)}. \qquad (9\text{-}11)$$

Maximálna dovolená dĺžka tachymetrických ťahov je 500 m. Výšky tachymetricky určených bodov sa uvádzajú na jedno desatinné miesto v metroch.

9.2 Banskomeračská dokumentácia pri povrchovej ťažbe nerastných surovín

Na každom banskom závode sa musí viesť banskomeračská dokumentácia obsahujúca súbor základnej dokumentácie s informáciami o dobývacom priestore, stave zásob a uloženia ložísk, situáciu lomu a povrchu, bodovom poli. Každý dokument je označený evidenčným a poradovým číslom, je na ňom vyznačený názov závodu a prevádzky. Pri vedení dokumentácie sa postupuje podľa predpisu (Výnos MH SR, 1993).

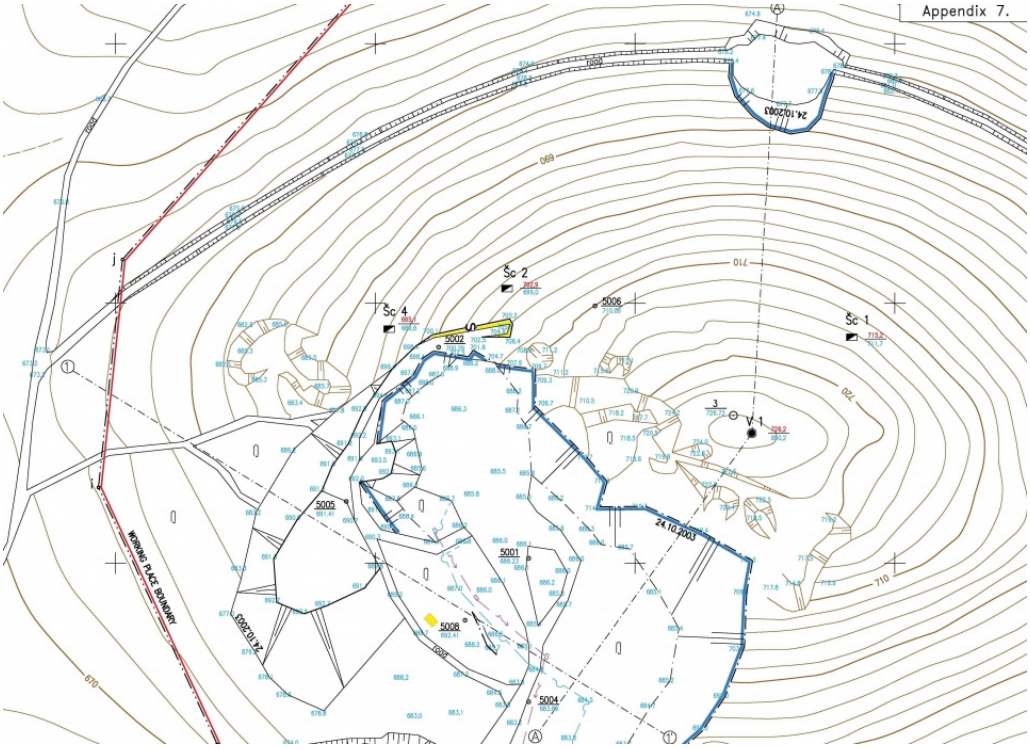
Súbor číselnej dokumentácie obsahuje zápisníky, výpočty, zoznamy súradníc a výšok bodov bodových polí a evidenciu pohybu zásob ložiska. Grafická časť dokumentácie obsahuje základnú banskú mapu, účelové a prehľadné mapy, profily a rezy. Základná banská mapa je súbor mapovej (grafickej) dokumentácie tvorenej základnou mapou lomu (ZML) a mapou



Obr. 9.4. Základná mapa lomu – výrez (GET, 2018)

povrchovej situácie. ZML sa vyhotovuje v mierke 1 : 1 000 (Obr. 9.4). Obsahuje zákres všetkých základných banských, geologických, stavebných a technologických objektov a celkov.

Mapa povrchovej situácie sa vyhotovuje v mierke ZML podľa predpisov platných pre tvorbu máp veľkých mierok. V prípade rozsiahlych lomov udeľuje výnimku hlavný banský merač (Obr. 9.5). Profily a rezy tvoria dôležitú súčasť základnej banskej mapy. Hustota a mierka profilov sa volí tak, aby v dostatočnej miere a podrobnosti poskytovali informáciu o postupe ťažby. Ich obsah a spôsob vyhotovenia definuje banskomeračský predpis.

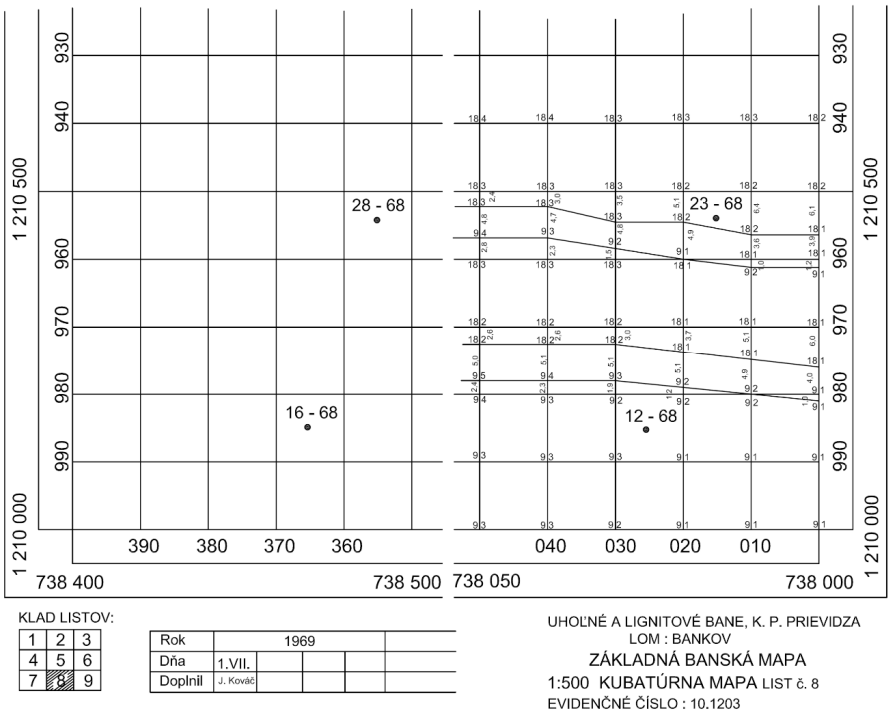


Obr. 9.5. Mapa povrchovej situácie s vyznačením hranice dobývacieho priestoru a prieskumných diel (GET, 2018)

Do skupiny účelových máp, definovaných banskomeračským predpisom, patria mapy, ktorých vedenie ukladá Zákon Slovenskej národnej rady č. 51/1988 Zb. o banskej činnosti, výbušninách a o štátnej banskej správe v znení neskorších predpisov, resp. obvykle predpisujú rôzne orgány a inštitúcie svojimi nariadeniami (Vyhláška SBÚ, 1989), (Vyhláška MŽP SR, 2008), (SÚGK, 1988), (Výnos SBÚ, 1987a), (Výnos SBÚ, 1987b). Patria sem požiarny plán závodu, základná mapa závodu, mapa geologických zásob ložiska, etážová mapa, kubatúrna mapa (Obr. 9.6), prípadne ďalšie mapy. Pri ich tvorbe sa vychádza zo zásad uvedených v STN 730410 a v predpisoch na tvorbu máp veľkých mierok (ÚGKK, 1993), (ÚGKK, 1988), (ÚGKK, 1993), (ÚGKK SR, 2015).

Účelové mapy veľkých mierok obsahujú a poskytujú dôležité informácie, nevyhnutne potrebné pre každodenné riadenie lomu. Medzi najdôležitejšie radíme požiarny a havarijný plán lomu a mapu dokladujúcu postup ťažby, tzv. kubatúrnu mapu. Výpočet objemov vyťaženého nerastu je zároveň podkladom pre ekonomickú dokumentáciu lomu (objednávky,

faktúry a pod.). V minulosti sa objemy dokladujúce postup ťažby počítali na základe profilov



Obr. 9.6. Kubatúrna mapa lomu

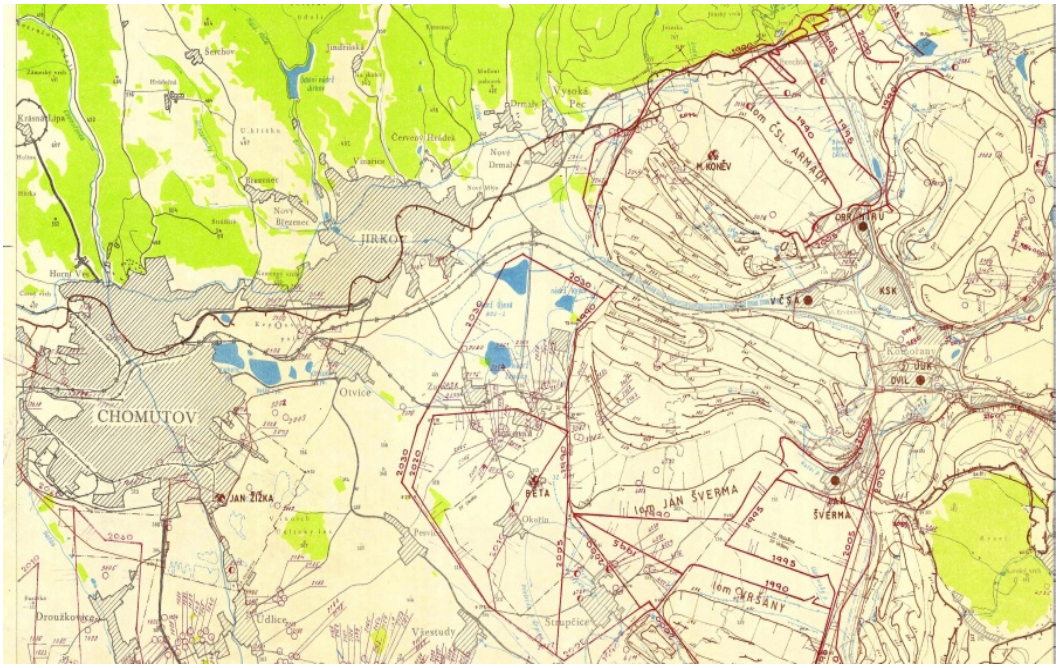
a rezov generovaných kartometricky práve na mapovom podklade kubatúrnej mapy (Obr. 9.6).

Obr. 9.7. Kubatúrna mapa lomu – zobrazenie hrán ťažobných terás (GET, 2018)

Nástupom digitálnych technológií sa objemy počítajú využitím 3D modelov povrchu vytvorených klasickým geodetickým meraním, realizovaným univerzálnymi meracími stanicami, fotogrametricky alebo využitím technológie laserového skeknovania. Obsahom

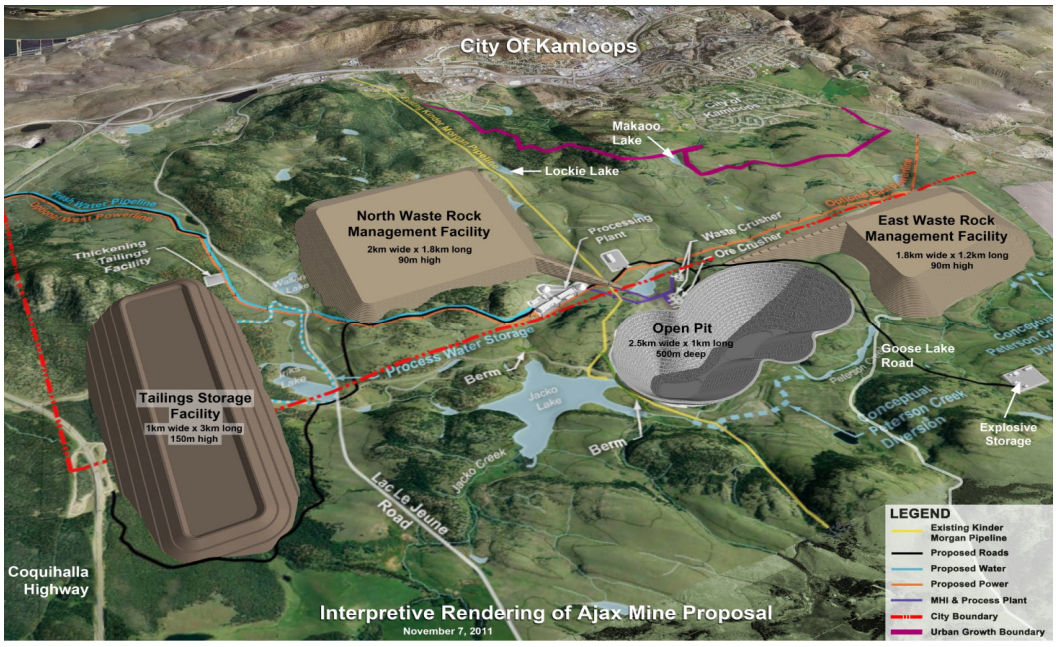
kubatúrnej mapy je najmä zákres aktuálneho priebehu lomových hrán ťažobných terás a rozmiestnenie a poloha prieskumných diel a bodov banského bodového poľa (Obr. 9.7). Harmonogram aktualizácie kubatúrnej mapy je závislý od intenzity ťažby najmä úžitkového nerastu.

Prehľadné mapy sa vyhotovujú v mierke 1 : 5000 alebo 1 : 10 000. Ako podklad na vyhotovenie prehľadných máp sa spravidla využívajú mapy stredných mierok (Obr. 9.8). V súčasnosti sa čoraz častejšie využívajú rôzne produkty ortofoto techník. Na zobrazenie



Obr. 9.8. Prehľadná mapa lomu (GET, 2018)

širších vzťahov, resp. plánovanej otvárky, postupu ťažby alebo na vizualizáciu rekultivačných plánov sa dnes často využívajú ortofoto produkty a 3D modely terénu (Obr. 9.9).



Obr. 9.9. Návrh plánu otvárky povrchového lomu (Thenarwhal, 2018)

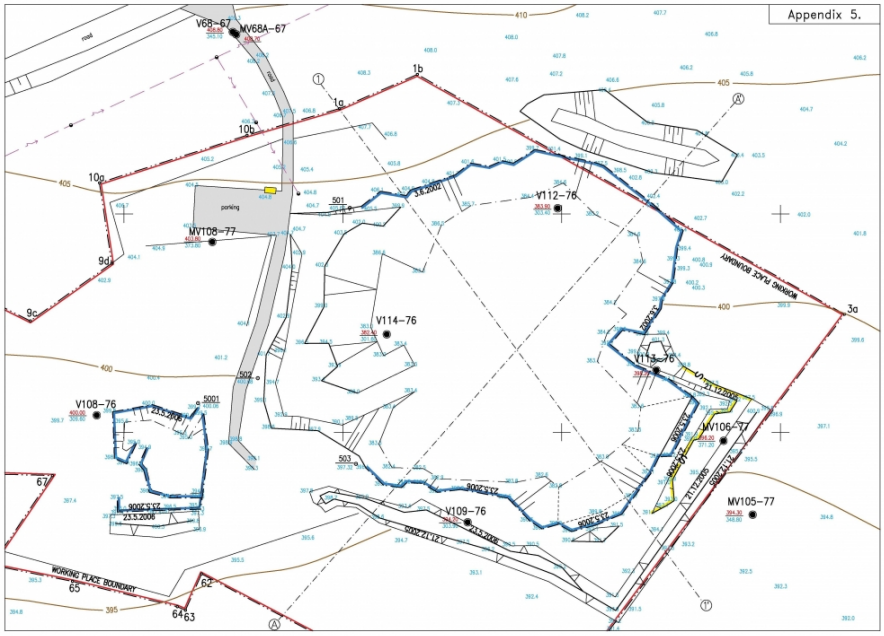
10 Banskomeračské činnosti pri prevádzke povrchových baní

Podkladom pre povrchovú ťažbu nerastných surovín je projektová dokumentácia obsahujúca návrh otvárky dobývacieho priestoru, podklady na výkup pozemkov vo forme zoznamu parciel a geometrických plánov, podklady na prípravu dobývacích prác a vytyčovacie výkresy. Geodetické činnosti spojené s prevádzkou povrchových baní pozostávajú z:

- prípravy podkladov,
- vyhotovenia geodetickej časti projektovej dokumentácie (vytyčovacích výkresov),
- vytyčovacích prác,
- kontrolných a evidenčných meraní,
- určovania objemov,
- vedenia banskomeračskej dokumentácie jej tvorby a aktualizácie,
- vyhotovovania mapovej dokumentácie.

10.1 Projektovanie a vytyčovanie povrchových baní

Podkladom pre projektovanie lomov a návrh dobývacieho priestoru sú prehľadné mapy povrchovej situácie záujmového územia v mierkach 1 : 5000, 1 : 10 000 alebo 1 : 25 000. Pre lokalitu s rozlohou menšou ako 50 ha sa prehľadné mapy vyhotovujú v mierke 1 : 2000 alebo 1 : 1000. Využívajú sa taktiež existujúce mapy povrchovej situácie lomu v 1 : 1000, resp. 1 : 2000. Na základe týchto podkladov sa vyhotovujú mapy otvárky, prípravy a dobývania v mierke 1 : 1000 a plánovacie mapy v mierkach 1 : 5000, 1 : 2000 alebo 1 : 1000.



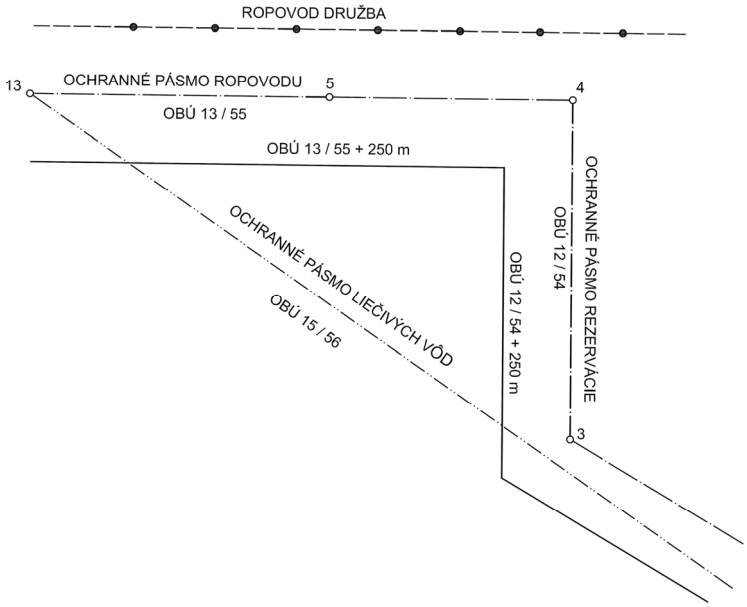
Obr. 10.1. Vyznačenie hranice dobývacieho priestoru (GET, 2018)

Podkladom pre vytyčovacie práce sú vytyčovacie výkresy tvoriace nedeliteľnú súčasť projektovej dokumentácie. Základom je vytýčenie hraníc dobývacieho priestoru, ktorých

priebeh sa definuje množinou charakteristických (lomových) bodov na základe informácií o najväčšej projektovanej hĺbke lomu a svahových uhlov (Obr. 10.1). Plocha dobývacieho priestoru sa určí analytickým výpočtom z bodov hranice dobývacieho priestoru. Vytyčovací výkres na vytýčenie hranice dobývacieho priestoru obsahuje súradnice charakteristických (lomových) bodov a ich vytyčovacie prvky. Pri výpočte vytyčovacích prvkov sa vychádza prednostne z bodov polohového ZBP. V súčasnosti je možné vytýčiť hranicu dobývacieho priestoru aj využitím služby SKPOS a SmartNet, resp. ďalších technológií GNSS.

Medzi obvyklé vytyčovacie práce na povrchových lomoch patria práce spojené s vytýčením:

- hraníc dobývacieho priestoru,
- skrývkových rezov a ťažobných úrovní,
- hraníc ochranných pásiem (Obr. 10.2),
- hraníc ochranných pilierov a bezpečnostných pásiem,
- komunikácií, dobývacích a dopravných zariadení,
- polohy a výšky vrtov a iných banských diel,
- osí a okrajov pri hĺbení zárezov a iných banských diel.

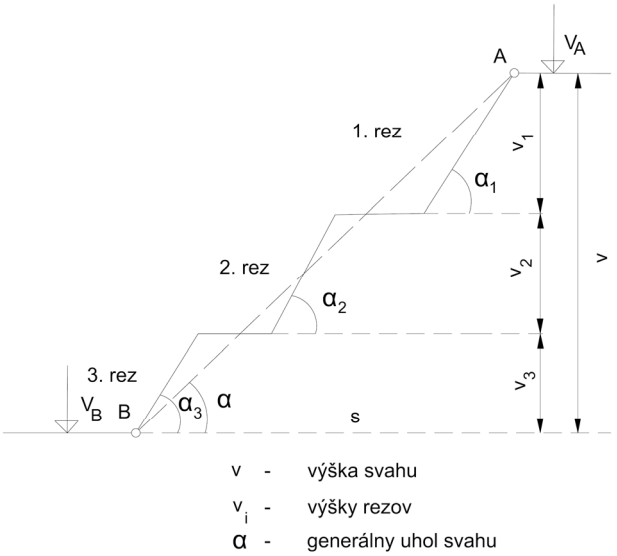


Obr. 10.2. Vyznačenie hraníc ochranných pásiem

Spôsob a metodika vytyčovania sa volí podľa morfológie terénu a technických podmienok na povrchovom lome. O vytýčení sa urobí záznam v stavebnom denníku, ktorého nedeliteľnú súčasť tvorí protokol o vytýčení.

K pravidelne vykonávaným činnostiam pri povrchovej ťažbe nerastných surovín patrí vytýčenie generálneho svahu skrývky, výrobných profilov a výšky rezov skrývky (Obr. 10.3). Generálny svah skrývky tvorí plocha spájajúca hornú hranu prvého skrývkového rezu so spodnou hranou posledného rezu. Úklon generálneho svahu sa vyjadruje v uhlovej miere alebo ako tangens uhla α generálneho svahu. Pri stabilných (pevných) svahoch sa úklon

generálneho svahu skrývky stanovuje projektom, pri pracovných („živých“) častiach skrývkového frontu je daný jednotlivými výrobnými profilmi. Výrobné profily sa konštruujú na základe výsledkov kontrolných meraní. Sklon generálneho svahu skrývky pravidelne kontroluje hlavný banský merač.



Obr. 10.3. Vytýčenie generálneho svahu skrývky

Pri prevádzke povrchových lomov sa realizujú rozsiahle kontrolné merania, ktorých výsledky slúžia ako podklad pri riadení ťažby, výkonu geodetických činností, dopĺňanie banskomeračskej dokumentácie, ale aj na kontrolu objektov a zariadení. V prípadoch, v ktorých to bezpečnosť a požiadavky prevádzky vyžadujú, sa vykonávajú kontrolné merania za účelom sledovania posunov a pretvorení pôdy, objektov a technologických zariadení. Medzi geodetické činnosti tohto druhu patrí kontrola:

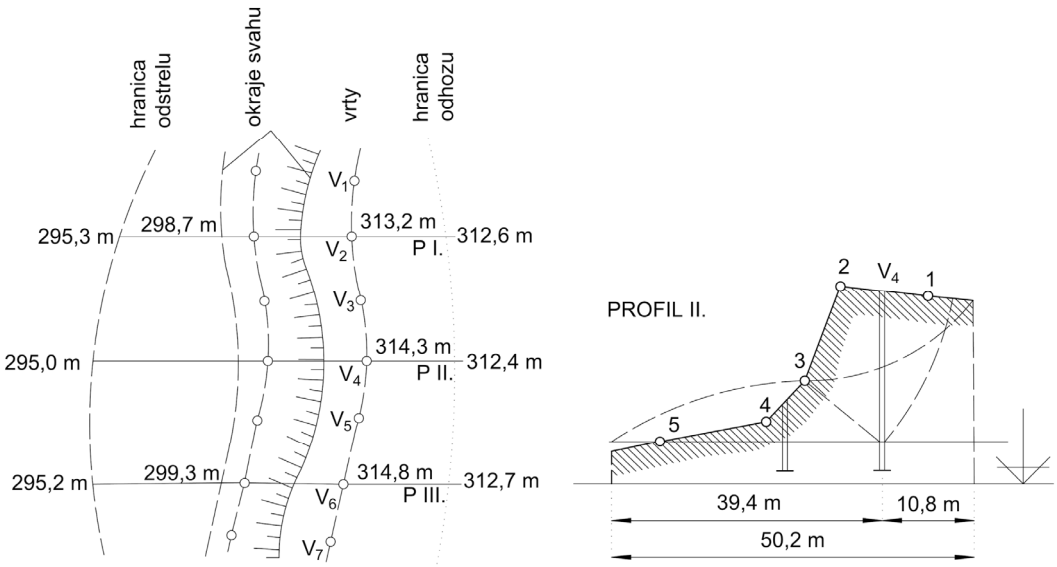
- dodržiavania postupu porubových stien v blízkosti hraníc dobývacieho priestoru,
- stavu skrývkových rezov a rezov úžitkových nerastov, vrátane ťažobných úrovní a odvalov,
- postupu pri terasovitej ťažbe vzhľadom na plánovaný plán otvárky a ťažby,
- generálneho svahu skrývky,
- geometrických parametrov ťažobných zariadení, rýpadiel a veľkostrojov (Obr. 10.4),
- postupu ťažby v blízkosti hraníc ochranných pásiem.

10.2 Podrobné meranie

Predmetom podrobného merania je v prvom rade dokumentácia postupu ťažobných prác, zber údajov pre vedenie, údržbu a obnovu banskomeračskej, najmä mapovej dokumentácie. Obsahom mapovej dokumentácie sú horné a dolné okraje skrývkových

Obr. 10.4. Ťažobné zariadenia pri povrchovej ťažbe (pixabay, 2018b)

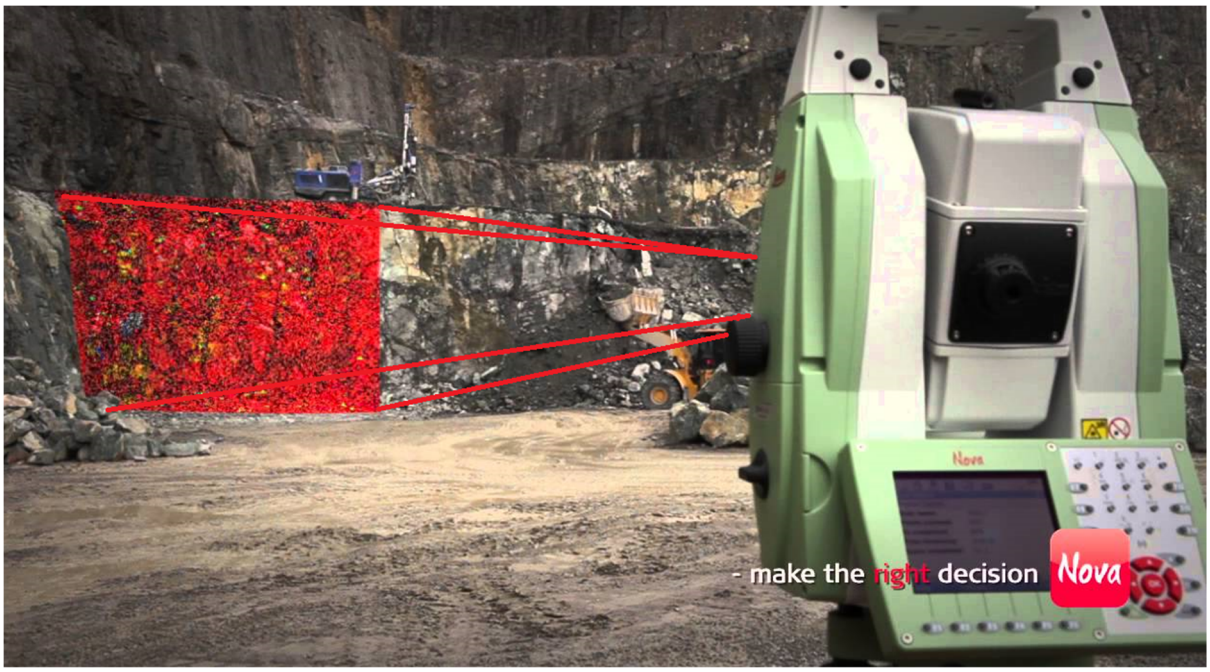
a ťažobných rezov, charakteristické body jednotlivých úrovní, obrysy priestorov odvalov a skládok, odvodňovacie priekopy, kalové jamy, vodné pramene, čerpacie zariadenia, vrty, štôlne, komory, geologické prieskumné diela (vrty, sondy, ryhy, kutacie jamice, a pod.), dopravné zariadenia, komunikácie, ťažobné stroje a zariadenia, stavebné a prevádzkové objekty, ostatné prvky polohopisu a výškopisu (Obr. 10.5).



Obr. 10.5. Podrobné meranie lomu profilmi (Michalčák, 1985)

Časový harmonogram podrobného merania jednotlivých prvkov závisí od požiadaviek prevádzky, resp. sa riadi ustanoveniami banskomeračského predpisu. Vo väčšine prípadov sa dokumentácia aktualizuje mesačne alebo štvrťročne. Vybrané časti dokumentácie slúžiace na evidenciu množstva vyťaženého úžitkového nerastu sa aktualizujú na dennej báze, niekedy aj častejšie.

Podrobné meranie sa vykonáva terestrickými metódami – tachymetria, priestorová polárna metóda (Obr. 10.6), laserové skenovanie, pozemná fotogrametria, RTK GNSS. V období intenzívneho rozvoja povrchovej ťažby, najmä uhlia v Českej republike v období rokov 1960 až 1970, boli adekvátne rozvíjané metódy pozemnej fotogrametrie – v predmetnom období na báze analógových snímok (Petráš, 1959). Využitie fotogrametrických metód prinieslo niekoľkonásobné zvýšenie produktivity merania, enormné skrátenie terénnych prác a presunutie ťažiska meračských činností do kancelárie.



Obr. 10.6. Podrobné meranie polárnymi súradnicami (Leica, 2018)

V súčasnosti sa intenzívne skúma možnosť využitia bezpilotných prostriedkov v kombinácii s digitálnymi kamerami alebo skenermi. Zo širokej skupiny dostupných systémov sú na meranie povrchových lomov vhodné systémy so zvislým štartom (vrtuľníkové). Postupne sa zvyšujúci výkon nosičov na jednej strane predlžuje čas merania a na druhej strane umožňuje unášanie snímacích systémov vyššej hmotnosti (skenery). Automatizácia spracovania výsledkov meraní umožňuje transformáciu údajov do referenčných súradnicových systémov aj bez využitia vlicovacích bodov s vyžadovanou presnosťou.

Presnosť určenia podrobných bodov polohopisu určuje banskomeračský predpis pre mierku výsledného mapového podkladu 1 : 1000 a 1 : 2000 hodnotou strednej súradnicovej chyby

$$\sigma_{xy} = 14 \cdot 10^{-2} \text{ (m)}, \tag{10-1}$$

a pre mierku 1 : 5000 hodnotou

$$\sigma_{xy} = 28 \cdot 10^{-2} \text{ (m)}. \tag{10-2}$$

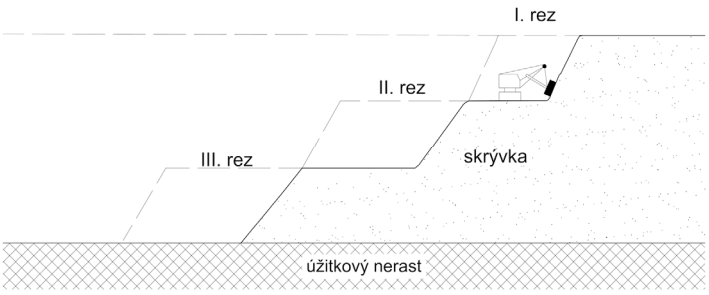
Presnosť určenia podrobných bodov polohopisu fotogrametrickými metódami sa riadi ustanoveniami normy STN 73 0410. Využitím nových technológií RTK GNSS, terestrického laserového skenovania (TLS) a bezpilotných systémov je možné dosiahnuť presnosť na úrovni

$$\sigma_{xy} = (6-8)\cdot 10^{-2}\ \text{(m)}. \tag{10-3}$$

Podrobnú analýzu presnosti a aplikačných možností niektorých vyššie uvedených metód prinášajú (SBÚ, 1972), (Michalčák, 1990), (Petráš, 1959) a (CHANG et al., 2018).

10.3 Určovanie objemov

Nerastné ložiská dobývané na povrchových baniach a lomoch sú uložené blízko (plytko) pod povrchom. Je možné ich však vyťažiť až po odstránení nadložia (skrývky) – Obr. 10.7. Náklady na odstránenie skrývky sú veľké a preto je potrebné určiť ich objem s vyžadovanou presnosťou. Určovanie objemov patrí do skupiny kontrolných meraní osobitného významu. Pri prevádzke povrchových baní a lomov sa určuje objem investičnej skrývky, hornín v nadloží úžitkového nerastu, vyťaženého úžitkového nerastu a skládok.



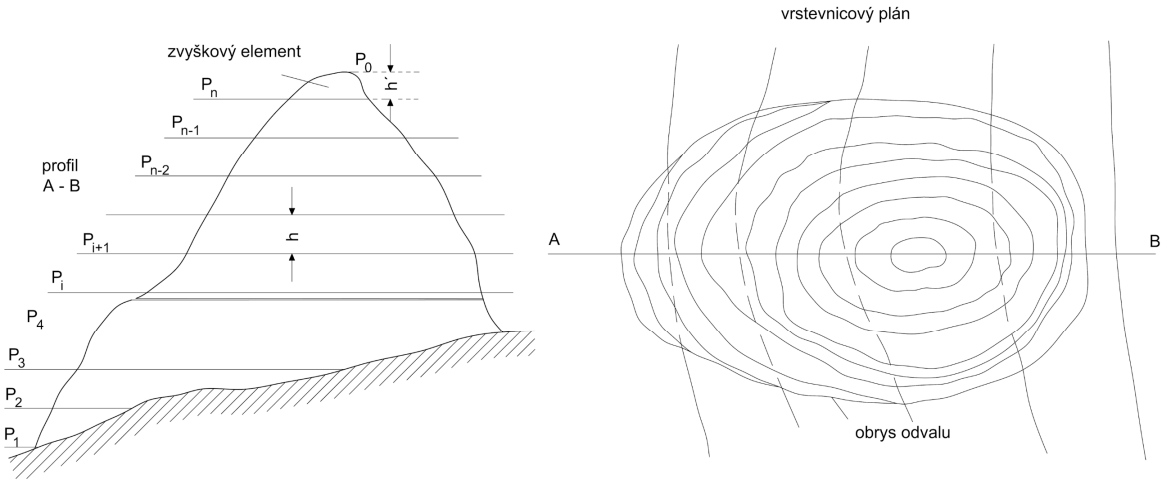
Obr. 10.7. Skrývka nad úžitkovým nerastom

V minulosti sa na určovanie objemov zostavovali a využívali kubatúrne mapy. V súčasnosti sa na kvantifikáciu množstva skrývky a úžitkového nerastu využívajú 3D modely ich povrchu a jednotlivých vrstiev. Na samotný výpočet objemu sa potom konštruujú rozdielové modely, ktorých objem sa vypočíta pomocou programových produktov (aplikácií) určených na tento účel. Metodika merania a výpočtu objemu závisí od úlohy (účelu) a morfológie telies, ktorých objem je potrebné určiť.

Objem telies, ohraničených nepravidelnými (topografickými) plochami, spočíva vo vhodnej aproximácii telesa geometrickými (2D, 3D) entitami a vo výpočte objemu týchto entít na základe známych matematických vzťahov. Objem nepravidelného telesa sa potom určí ako súčet jednotlivých čiastkových objemov. Na základe typu použitých geometrických entít, sa metodika určovania objemov člení na určovanie objemu z:

- vrstevníc (skládky, odvaly, násypy a iné),
- profilov a rezov (skrývka, vyťažená hornina a iné),
- množiny zvislých hranolov (skrývka, vyťažená hornina a iné).

Na výpočet objemu skládok, pozostávajúcich z voľne sypaných nerastov (materiálov), sa obvykle využívajú vodorovné rezy tvorené vrstevnicami. Najvhodnejším podkladom sú vrstevnicové plány alebo mapové podklady s výškopisom mierky 1 : 1000 alebo 1 : 500 (Obr. 10.8).



Obr. 10.8. Výpočet objemu telesa z vrstevnicového plánu

Objem telesa sa vypočíta ako súčet čiastkových objemov tvorených jednotlivými vrstvami (rezmi, vrstevnicami) podľa vzťahu

$$V = h \cdot \sum_{i=2}^{n-1} P_i + \frac{h}{2} \cdot (P_1 + P_n) \ (\mathrm{m}^3), \tag{10-4}$$

kde P_1 až P_n plochy vrstevníc,

h je rozstup vrstevníc.

Presnejšie výsledky je možné dosiahnuť aplikáciou vzťahov

$$V = \frac{h}{3} \cdot (2\sum_{i=2}^{n-1} P_i + \sum_{i=1}^{n-1} \sqrt{P_i \cdot P_{i+1}} + P_1 + P_n) \ (\mathrm{m}^3). \tag{10-5}$$

Rozdiel v objeme vypočítanom podľa vzťahu (10-4) a (10-5) závisí najmä od rozstupu vrstevníc h a nie od tvaru a veľkosti plôch P_i. Pri malom rozstupe vrstevníc a členitých plochách sa na výpočet objemov môže použiť Simpsonov vzorec

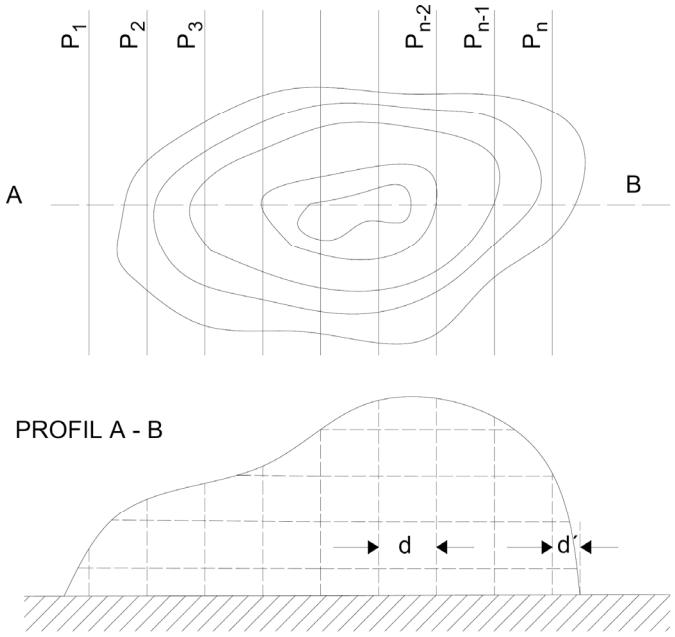
$$V = \frac{h}{6} \cdot (2 \sum_{i=1}^{(n-1)/2} P_{2i-1} + 4 \sum_{i=1}^{(n-1)/2} P_{2i} + P_1 + P_n) \ (\mathrm{m}^3). \tag{10-6}$$

K vypočítanému objemu podľa niektorého z predchádzajúcich vzťahov je potrebné pripočítať objem zvyškového prvku (zvrchlíka), ktorého výška $h' < h$, podľa nasledujúcich vzťahov

$$\Delta V = \frac{h'}{3} \cdot P_n \ (\mathrm{m}^3), \quad \text{resp.} \quad \Delta V = \frac{2h'}{3} \cdot P_n \ (\mathrm{m}^3). \tag{10-7}$$

Pri učení objemov podľa vrstevnicových plánov sa obvykle dosahuje presnosť určenia objemu na úrovni 1,5 % až 3,0 % (mierka 1 : 500) a 3,0 % až 5,0 % (mierka 1 : 1000). Presnosť objemu závisí od tvaru telesa, rozstupu vrstevníc a presnosti určenia plôch. Je vhodné, ak sa pred meraním tvar telesa upraví.

Pri určovaní objemov z profilov alebo rezov sa využívajú profily (rezy) konštruované z priamych meraní alebo z existujúcich podkladov (napr. vrstevnicový plán, kubatúrna mapa, 3D model povrchu a pod.) – obr. 10.9. Profily sa vedú zvisle v rozstupe 5 m, 10 m alebo 20 m pri členitých tvaroch telies a 50 m až 100 m pri pravidelných (jednoduchých) tvaroch.



Obr. 10.9. Výpočet objemu telesa z profilov

Objem telesa sa pri pravidelných tvaroch môže určiť využitím jednoduchých vzťahov

$$V = \frac{P_1 + P_2}{2} \cdot d + \frac{P_2 + P_3}{2} \cdot d + \cdots + \frac{P_{n-1} + P_n}{2} \cdot d + \frac{P_n}{3} \cdot d' \ (\mathrm{m}^3), \qquad (10\text{-}8)$$

kde P_1 až P_n sú plochy profilov,

d je vzdialenosť profilov,

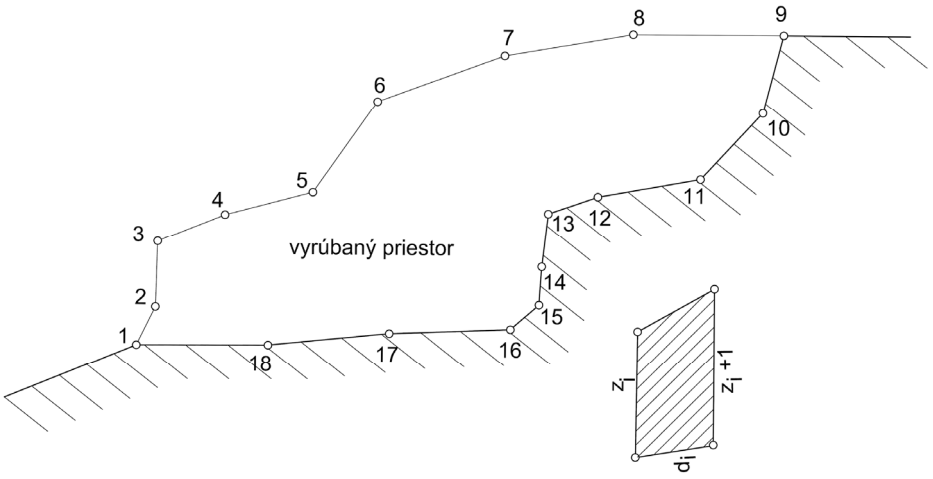
$d´$ je vzdialenosť po zvyškový profil.

Ak sú rozdiely plôch susedných profilov príliš veľké (viac ako 50 %), na výpočet objemu sa využijú vzťahy

$$V = \frac{d}{3} \cdot (P_1 + 2P_2 + \sqrt{P_1 P_2} + 2P_3 + \sqrt{P_2 P_3} + \cdots + 2P_{n-1} + \sqrt{P_{n-2} P_{n-1}} + \cdots \qquad (10\text{-}9)$$

$$\cdots + P_n + \sqrt{P_{n-1} P_n}) + \frac{P_n}{3} \cdot d' \ \ (\mathrm{m}^3).$$

Pri zvýšenej členitosti plôch a pri ich dostatočnej hustote sa na výpočet objemov môže použiť Simpsonov vzorec (10-6). Na povrchových baniach sa na určovanie objemu skrývky používa metóda pozemnej fotogrametrie, ktorá umožňuje generovať skrývkové rezy a ich plochy vo vysokej hustote a podrobnosti (Obr. 10.10). Presnosť fotogrametricky určených objemov dosahuje úroveň 0,5 % až 1,5 %.



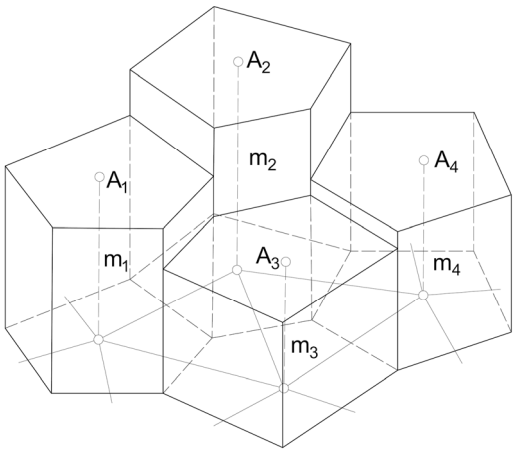
Obr. 10.10. Výpočet plochy skrývkových rezov

Určovanie objemov množinou zvislých hranolov sa využíva najmä v programových produktoch a pri výpočte objemu z rozdielových 3D modelov. Podľa spôsobu rozmiestnenia podrobných bodov využívajú trojboké, štvor a viacboké zvislé hranoly (Obr. 10.11). Celkový objem telesa V sa určí ako súčet čiastkových objemov V_i , ktoré sa vypočítajú zo vzťahu

$$V = P_i \cdot \frac{h_1 + h_2 + \cdots + h_n}{n} \ (\mathrm{m}^3), \qquad (10\text{-}10)$$

kde P_i je plocha priečneho rezu hranolom,

h_i je prevýšenie medzi podrobným bodom na povrchu telesa a porovnávacou rovinou.



Obr. 10.11. Výpočet objemu telesa z n-bokých zvislých hranolov (Kovanič et al., 1990)

Presnosť určenia objemu pomocou zvislých hranolov a priamo meraných výšok podrobných bodov môže dosiahnuť 0,1 % až 0,5 % celkového objemu. Na priame meranie výšok podrobných bodov sa klasicky využíva priestorová polárna metóda. V súčasnosti sú však k dispozícii moderné technológie na hromadný zber údajov – terestrické laserové skenovanie, obrazové skenovanie a technológie bezpilotných lietajúcich objektov. Využitie moderných technológií zvyšuje produktivitu práce najmenej o 50 %. Nie je zanedbateľná ani skutočnosť, že na meraný povrch nie je potrebný vstup figurantov.

11 Geodetické činnosti súvisiace s geologickým a hydrogeologickým prieskumom

Inžinierska geológia je vedecko-technická disciplína, ktorá skúma prírodné a antropogénne geologické javy v najvrchnejšej časti zemskej kôry za účelom racionálneho využitia územia, budovania stavebných diel, ako aj ochrany životného prostredia. Základným predmetom štúdia inžinierskej geológie sú vzťahy medzi horninovým prostredím, reliéfom povrchu, podzemnými vodami a stavebným dielom.

Inžiniersko-geologickým a hydrogeologickým prieskumom sa získavajú poznatky o geologicko-stratigrafickej stavbe pôdy, jej mineralogicko-petrografickom zložení a jej fyzikálnych a biologických vlastnostiach. Inžiniersko-geologický prieskum má veľký význam najmä pri týchto činnostiach:

- vyhľadávaní a skúmaní geologických vlastností základových pôd a prírodných pomerov stavenísk a okolitých oblastí zasiahnutých výstavbou vo vzťahu k realizovanému stavebnému objektu,
- riadení stavebných postupov z hľadiska ekonomickej efektivity a bezpečnosti zakladania stavebných objektov.

Hydrogeologický prieskum sa zaoberá najmä:

- monitoringom režimu podpovrchových vôd,
- možnosťami využitia a ochrany zdrojov podpovrchových vôd,
- riešením odvodnenia stavenísk a dobývacích priestorov,
- skúmaním možností zásobovania pitnou a úžitkovou vodou,
- riešenie neštandardných špeciálnych zakladaní stavieb.

Geofyzikálny prieskum skúma najmä:

- fyzikálne vlastnosti hornín a nerastov,
- umožňuje nájsť ložiská hornín a nerastov, spresniť ich polohu a rozlohu,
- tektonickú stavbu území,
- zlomy a poruchové pásma,
- hĺbky podložia pod pokrývnymi útvarmi.

11.1 Legislatívne predpisy a podmienky realizácie geologických prác

Všeobecné ustanovenia inžiniersko-geologického, geotechnického a hydrogeologického prieskumu na výstavbu, prevádzku a rekonštrukčné práce definuje:

- Zákon NR SR č. 569/2007 Z. z. o geologických prácach v znení neskorších predpisov,
- Vyhláška Ministerstva životného prostredia č. 51/2008 Z. z., ktorou sa vykonáva Zákon č. 569/2007 v znení neskorších predpisov.

V týchto predpisoch sú definované všeobecné úlohy pre geologický a hydrogeologický prieskum, problematika zodpovedného riešiteľa prieskumu a určenia odbornej spôsobilosti na vykonávanie prieskumných prác. Geologické práce je oprávnený realizovať:

- **fyzická osoba** alebo **právnická osoba**, ktorá je držiteľom geologického oprávnenia,
- **Štátny geologický ústav Dionýza Štúra**, zriadený Ministerstvom životného prostredia Slovenskej republiky na výkon štátnej geologickej služby,
- **Slovenská akadémia vied, vysoké školy, stredné odborné školy, múzeá a organizácia zriadená ministerstvom na správu jaskýň**, ak vykonávajú geologické práce pri plnení svojich vedeckých úloh, výskumných úloh alebo pedagogických úloh,
- **fyzická osoba** alebo **podnikateľ a právnická osoba** pri dobývaní ložísk vyhradených nerastov.

11.2 Všeobecné zásady geologických a hydrogeologických prieskumných prác

Prieskum základovej pôdy v záujmových územiach sa realizuje najmä pre urbanistické účely alebo pre účely zakladania pozemných a inžinierskych stavieb. Prieskum pre urbanistické účely sa uskutočňuje zvyčajne v širšom rozsahu a podľa druhu plánovacích prác sa člení na:

- povrchový prieskum, na mapovanie morfológie územia vzhľadom na ďalší morfologický vývoj a predpokladané zmeny,
- bodový hĺbkový prieskum (sondy, ryhy a pod.),
- plošný hĺbkový prieskum (geofyzikálne metódy merania),
- ostatný prieskum (zaťažovacie skúšky, fyzikálny a ekonomický prieskum).

Výsledkom prieskumu je plán základových pôd, ktorý poskytuje obraz o geologickej stavbe územia vzhľadom na jeho technicko-hospodárske využitie. Prieskum pre pozemné a inžinierske stavby poskytuje projektantovi obraz o charaktere staveniska a technických vlastnostiach základových pôd. Volí sa podľa veľkosti a tvaru základov stavieb, veľkosti zaťaženia pôdy, zamýšľanej zmeny hladiny podpovrchových vôd a pod. Prieskumné práce sa delia na práce na:

- zistenie geologických pomerov a tektonickej stavby staveniska a priľahlého územia,
- určenie vlastností jednotlivých hornín a podpovrchových vôd.

Prieskumné geologické a hydrogeologické práce sa uskutočňujú podľa stupňa projektovej prípravy v niekoľkých etapách:

- **geologická štúdia** – ide o technickú štúdiu, vypracovanie zámeru a správy o hodnotení vplyvov na životné prostredie,
- **orientačný (predbežný) prieskum** – realizuje sa pre Dokumentáciu stavebného zámeru a pre Dokumentáciu pre územné rozhodnutie,
- **podrobný prieskum** – slúži na spracovanie Dokumentácie na stavebné povolenie, Dokumentácie na ponuku, Dokumentácie na realizáciu stavby.

Na každú etapu sa spravidla vypracúva projekt prieskumných prác. Pri úlohách menšieho rozsahu a priaznivých prírodných podmienkach, možno niektoré etapy vypustiť alebo niekoľko etáp spojiť do jedného projektu. Prieskumy musia rešpektovať všeobecné zásady komplexnosti a hospodárnosti vo všetkých etapách prieskumných prác. Do komplexu jednotlivých prieskumov patria aj mapové podklady a geodetické práce v teréne. Riešenie prieskumných úloh pozostáva z dvoch častí:

- príprava prieskumu,
- vypracovanie projektu prieskumných prác.

V období príprav prieskumu sa zhromaždia a zhodnotia podklady a údaje o záujmovom území a jeho okolí, najmä projekčné a mapové podklady, archívne materiály, výsledky predchádzajúcich prieskumných prác a pod. Mapové podklady (základné mapy strednej a veľkej mierky) poskytujú informácie o záujmovom území a slúžia ako hlavný podklad na vypracovanie projektu prieskumných prác, rozmiestnenie prieskumných diel, geologických profilov a pre geologický rozbor a konštrukciu geologických profilov a máp. Na tieto účely sa používajú mapy strednej mierky 1 : 10 000 až 1 : 25 000, základné a účelové mapy veľkých mierok. V súčasnosti sa čoraz viac využívajú ortofotomapy, prípadne multispektrálne snímky, ktoré poskytujú cenné obrazové informácie o terénnych a reliéfnych útvaroch a objektoch vyskytujúcich sa v záujmovom území.

11.3 Projekt prieskumných prác

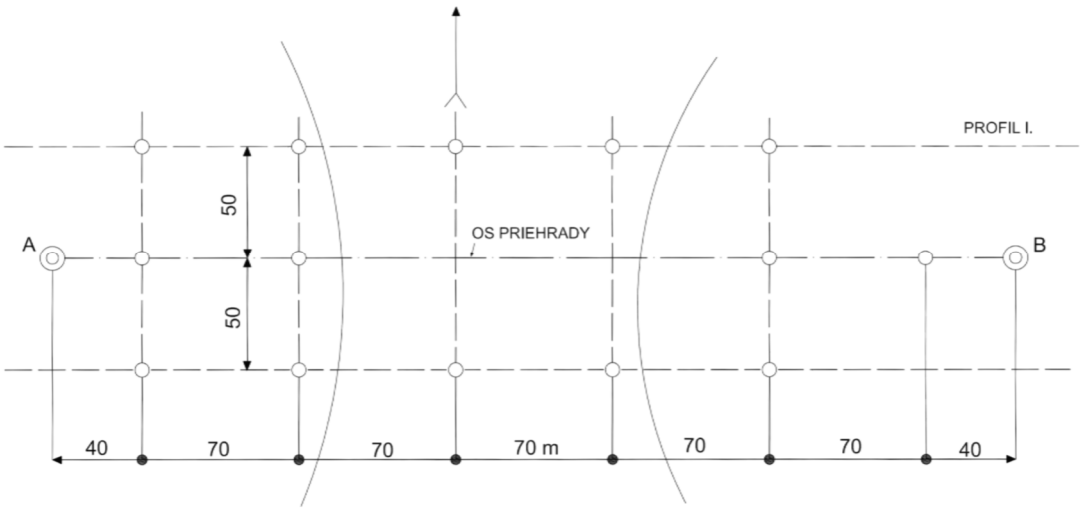
Projekt prieskumných prác pozostáva vo všeobecnosti z geologickej, technickej a rozpočtovej časti. V rámci technickej časti projektu je na mapovom podklade zo záujmového územia v mierke 1 : 1000, 1 : 2000 alebo 1 : 5000 vypracovaný návrh rozmiestnenia prieskumných diel a vedenia prehľadných geologických profilov.

Prieskumné práce sa uskutočňujú rozličnými technologickými postupmi, ktoré delíme na dve základné skupiny:

- sondovacie práce,
- špeciálne technické práce (geofyzikálny prieskum, vybrané skúšky a merania s osobitným zameraním).

Sondovanie slúži na hĺbkový prieskum podložia a analýzu fyzikálnych a chemických vlastností podložia. Druh, počet a hĺbku kopaných alebo vŕtaných sond je potrebné zvoliť tak, aby bolo možné bezpečne posúdiť vlastnosti základovej pôdy po obvode staveniska. Rozmiestnenie a počet sond sa volí podľa geologickej stavby územia, druhu zamýšľanej stavby, hĺbky zakladania a predpokladaného zaťaženia základovej pôdy. Pri homogénnom podklade spravidla postačuje rozstup sond na úrovni 50 metrov. Pri väčších zmenách podkladu je potrebné rozstup zmenšiť na 10 metrov, alebo aj menej.

Prehľadné geologické profily sa vedú so zreteľom na geologické a morfologické pomery, aby čo najlepšie vystihovali úložné pomery hornín, napríklad kolmo na smer vrstiev, kolmo na vrstevnice, kolmo na os vodného toku, prípadne kolmo na charakteristické osi stavebného objektu (Obr. 11.1).



Obr. 11.1. Vytýčenie prieskumných diel od osi projektovanej priehrady

Medzi sondovacie práce patria:

- ručné vrty priemeru do 800 mm „S“,
- nárazotočivé vrty „V“,
- jadrové vrty „J“,
- kopané sondy „K“,
- ryhy „R“,
- jamy „Ša“,
- štôlne „Št“,
- výlomy „O“,
- pozorovacie vrty „P“.

Druh prieskumného diela sa označuje príslušným znakom veľkej abecedy a poradovým arabským číslom, bez ohľadu na druh a účel jednotlivých prieskumných diel, napr. S-1, K-2 a pod. Prieskumné diela pre hydrogeologické účely sa označujú navyše písmenom „H“ pred označenie diela, napr. HS-11, HK-12 a pod. Prieskumné diela pre balneologické účely sa označujú písmenom „B“.

Predmetom prieskumu sú aj neznáme podpovrchové priestory alebo dutiny, ktoré sú často príčinou komplikácií a niekedy aj vážne ohrozujú ťažbu úžitkových nerastov, výstavbu podpovrchových objektov, priehrad, komunikácií a iných inžinierskych a priemyselných stavieb. Pri prieskume sa zisťuje výskyt, charakter a rozsah podpovrchových dutín. Metódy na prieskum podpovrchových dutín môžeme rozdeliť na deštruktívne a nedeštruktívne. K deštruktívnym metódam patria banské a vrtné prieskumy, ktorými podpovrchové dutiny zistíme a sprístupníme. K nedeštruktívnym metódam patria fyzikálne a geofyzikálne metódy, ktorými získame technické informácie o existencii priestorov. V praxi sa najčastejšie používajú metódy elektrické (odporové, potenciálové), elastických vĺn, magnetické, rádioizotopové, gravimetrické a najnovšie radarové. Úspech metód závisí od použitej prístrojovej techniky

a metódy merania. Uvedené metódy prieskumu si vyžadujú vytýčenie a zameranie stanovísk prístrojov, buď v profiloch alebo v pravidelnom rastri.

Priebeh terénnych prieskumných prác sa pravidelne sleduje a upresňuje podľa čiastkových výsledkov a reálnych miestnych pomerov. Na zabezpečenie plynulosti priebehu technických a prieskumných prác je nevyhnutné:

- geodetické vytýčenie prieskumných diel,
- evidencia prvotnej geologickej dokumentácie sondovacích prác,
- spracovanie prvotnej geologickej dokumentácie.

11.4 Obsah a náležitosti geodetických činností súvisiacich s inžiniersko-geologickým prieskumom

Kvalita a spoľahlivosť inžiniersko-geologického prieskumu závisí aj od kvality a presnosti geodetických činností a mapových podkladov. Vyžadované geodetické činnosti pri prieskumných prácach sa realizujú na základe projektu geodetických prác. Ten komplexne zahrňuje realizáciu, spracovanie a rozpočet prác. Projekt sa zostavuje pre každú prieskumnú úlohu. Zabezpečuje ho autorizovaný geodet na základe schváleného projektu prieskumných prác, požiadaviek a koncepcie spracovateľa prieskumu. Vo výnimočných prípadoch (napr. okamžitý monitoring zosuvu pôdy) sa práce môžu realizovať bez schváleného projektu. V takýchto prípadoch je však nevyhnutné vypracovať projekt geodetických prác dodatočne.

Podrobnosť mapových a iných podkladov na geologický prieskum závisí od stupňa dokumentácie. Optimálne mierky mapových podkladov a presnosť geodetických prác uvádza Tabuľka 11.1. Pre trvalé prieskumné objekty a pre banskú činnosť sa spracovávajú aj podklady pre zápis objektov do operátu katastra nehnuteľností (geometrické plány). Geodetické práce je možné rozdeliť do nasledovných skupín:

- vytyčovacie práce,
- určenie (meranie) priestorovej polohy prieskumných diel,
- určovanie posunov a pretvorení prieskumných diel a geologických útvarov.

Projekt geodetických prác obsahuje:

- popis charakteru terénu z hľadiska geodetických prác, prístupnosti a pod.
- zhodnotenie existujúcich mapových podkladov, možnosť ich využitia, overenie existencie bodového poľa a možnosť jeho využitia,
- podrobná špecifikácia geodetických činností s ohľadom na využitie pre účely projekcie, výstavby a pod.,
- geodetická dokumentácia potrebná pre stavebný úrad a katastrálne odbory,
- rozpočet geodetických prác.

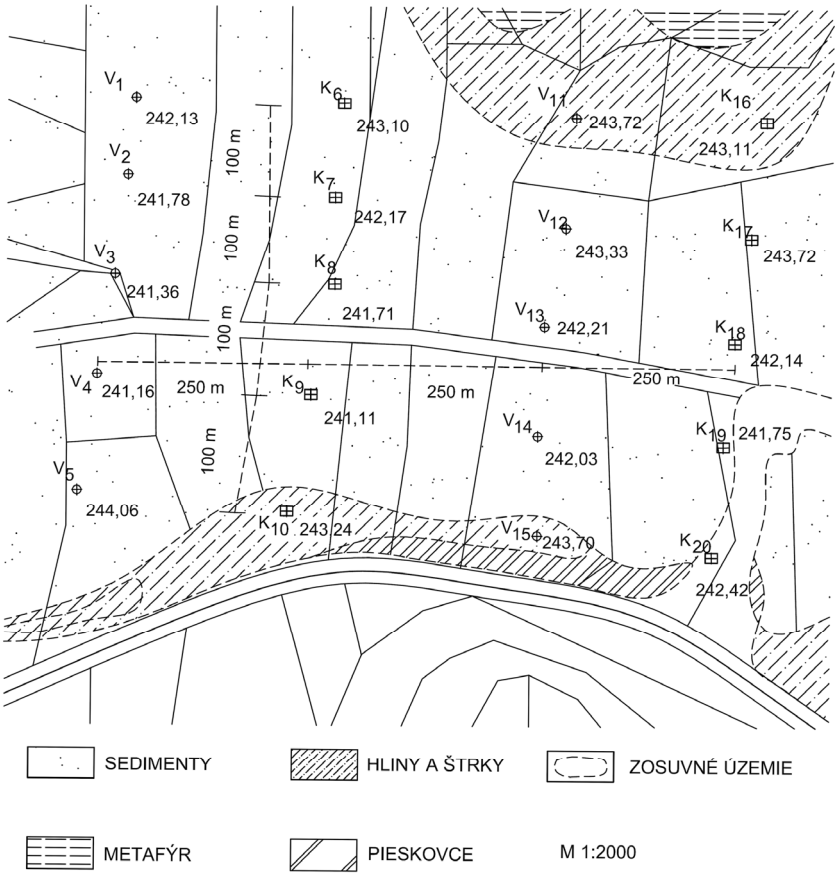
Tabuľka 11.1. Mierka mapových podkladov a vyžadovaná presnosť geodetických prác pre geologický prieskum

Predmet merania	Účel prieskumu	Druh mapových podkladov		Presnosť geodetických meraní [m]	
		Stredné mierky	Veľké mierky	Polohová	Výšková
Ručné vrty do ø = 80 mm Pozorovacie vrty		1 : 25 000 alebo 1 : 10 000	1 : 5000 až 1 : 500	0,5 až 1,0	0,01 až 0,02
Kopané sondy	Hydrotechnické a dopravné stavby	1 : 25 000 až 1 : 10 000	1 : 2000 až 1 : 500	0,5 až 1,0	0,05
Prieskumné jamy Štôlne	Pozemné a priemyselné stavby	1 : 10 000	1 : 1000 až 1 : 200	0,25	0,05
	Podzemné stavby	1 : 10 000	1 : 1000 až 1 : 500	0,10	0,02
Vŕtané sondy Studne	Vodohospodárske a dopravné stavby, geologické prieskumy	1 : 10 000	1 : 5000 až 1 : 500	0,5 až 1,0	0,02 až 0,05
	Podzemné stavby	1 : 10 000	1 : 1000 až 1 : 500	0,10	0,02 až 0,05
	Pozemné stavby	1 : 25 000 až 1 : 10 000	1 : 1000 až 1 : 200	0,10	0,02 až 0,05
Geologické profily		1 : 25 000 až 1 : 10 000	1 : 200 až 1 : 100	0,25	0,05

11.5 Dokumentácia inžiniersko-geologického a hydrologického prieskumu

Dokumentácia inžiniersko-geologického a hydrogeologického prieskumu musí obsahovať:

- súhrnnú technickú správu o vykonaných prieskumných prácach a ich vyhodnotenie po stránke geologickej, hydrogeologickej, meteorologickej, klimatickej, morfologické údaje a údaje o profile staveniska, o základovej pôde, o podpovrchovej a povrchovej vode a jej odtoku,
- prehľadnú geologickú mapu staveniska a jeho okolia v mierke 1 : 10 000 alebo 1 : 25 000,
- polohopisný plán vŕtaných a kopaných sond alebo iných prieskumných diel s vyznačením ich výšok v mierke 1 : 200, 1 : 500, 1 : 1000, 1 : 2000 alebo 1 : 5000 alebo podrobnú geologickú mapu staveniska projektovaného objektu (Obr. 11.2),
- prehľadné geologické profily 1 : 200/100, situované kolmo na pozdĺžnu os stavebného diela alebo navrhovaného stavebného objektu a niekoľko charakteristických pozdĺžnych profilov,
- podrobné geologické profily jednotlivých sond v mierke 1 : 50 s vyznačením údajov o hĺbke a úrovni podpovrchovej vody,
- výsledky fyzikálnych skúšok zemín,
- výsledky chemického a biologického rozboru vôd, popis vodných zdrojov a sietí, prípadne doložený hydrografickou mapou oblasti v mierke 1 : 10 000 alebo 1 : 25 000,
- odborný posudok o základovej pôde a postupe pri zakladaní stavieb.



Obr. 11.2. Grafické znázornenie prieskumných diel

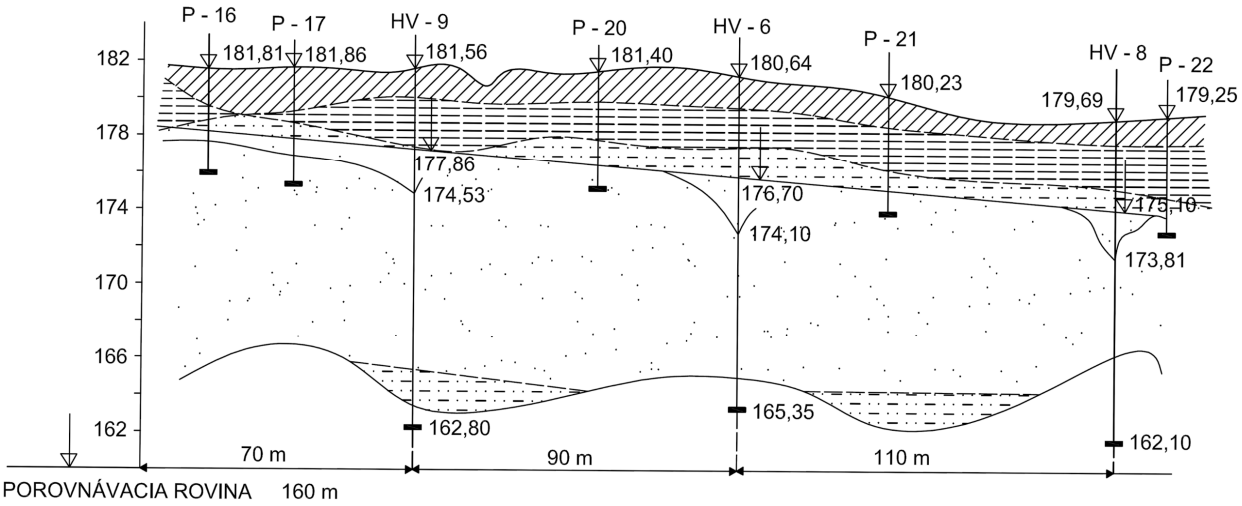
Dokumentáciu geodetických prác delíme na:

- prvotnú – písomné a grafické elaboráty získané pred začatím prieskumných prác a pri poľných meračských prácach,
- druhotnú – počtársky a graficky spracované údaje prvotnej dokumentácie,
- súhrnnú – celkové usporiadanie meračskej dokumentácie doložené technickou správou.

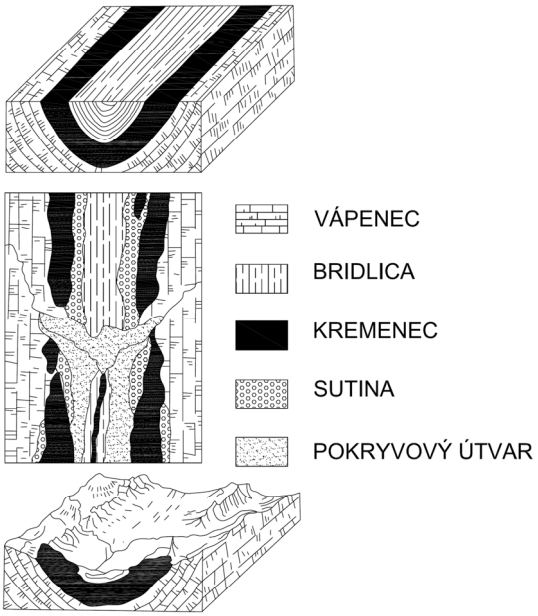
Technická správa musí obsahovať technické údaje o druhu a použití mapových podkladov, údaje o polohovom a výškovom pripojení, metódach a presnosti geodetických prác, grafickom spracovaní výsledkov. Prílohy správy obsahujú zoznam a súradnice charakteristických bodov zameraných prieskumných sond, zoznam súradníc pevných polohových a výškových bodov prieskumného územia a grafické znázornenie sond.

Prieskumné diela odkrývky a prehľadné geologické profily sa zobrazujú na mapových podkladoch mapovými značkami (v zmysle príslušných legislatívnych a technických predpisov) a príslušne sa označia. Ak je mierka polohopisu sond väčšia ako 1 : 5000, vyhotoví sa aj schematický výsek z účelovej mapy v mierke 1 : 25 000 s vyznačením záujmového územia tak, aby sa mohol urobiť zákres prieskumných diel do základnej mapy strednej mierky v mierke 1 : 10 000 alebo 1 : 25 000.

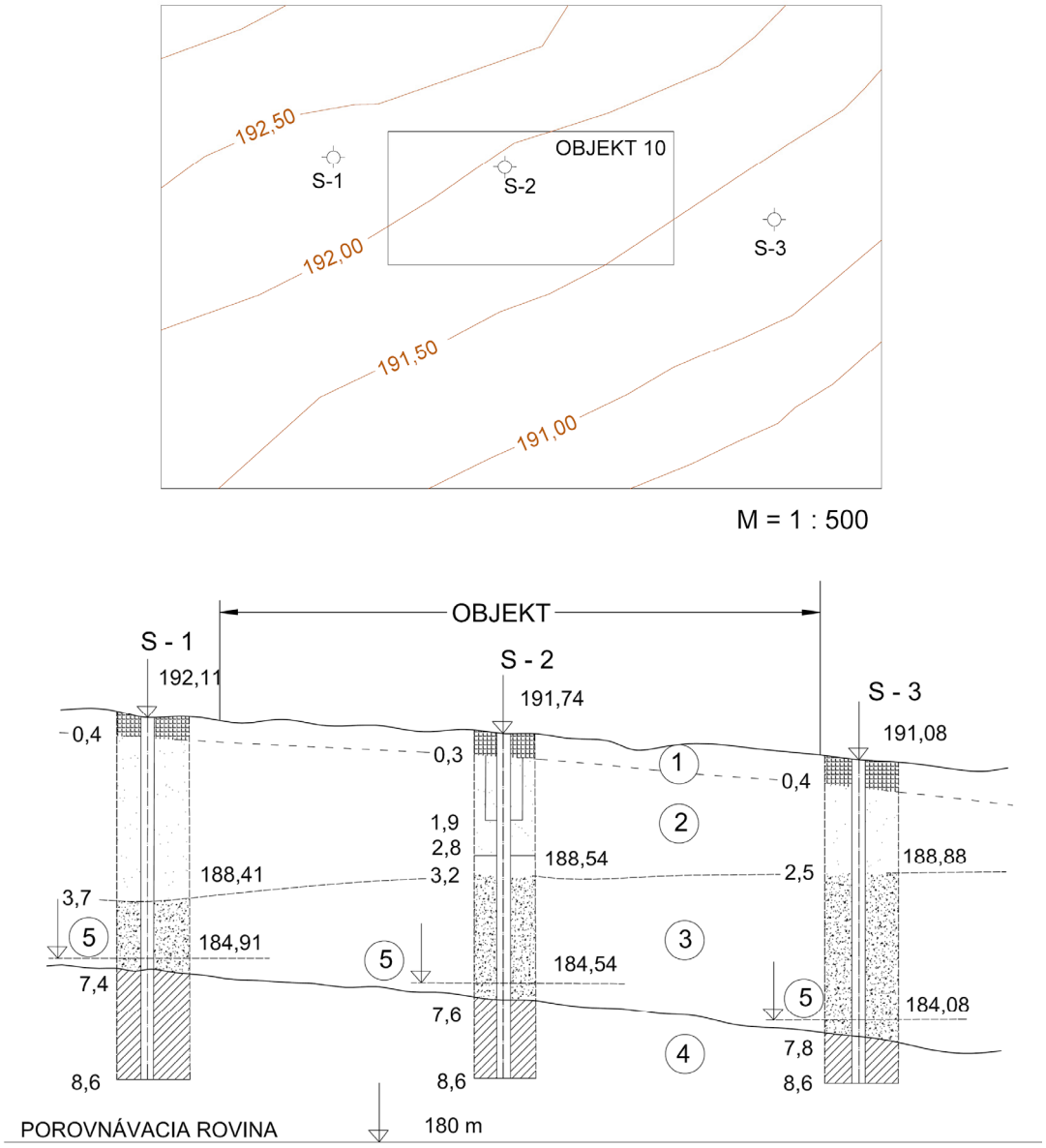
Na profiloch sa vyznačí porovnávacia rovina a odľahlosť jednotlivých prieskumných diel. Pri hlavných prehľadných profiloch sa uvádza aj orientácia voči svetovým stranám. Na prieskumných dielach sa označujú absolútne výšky terénu a vrstiev, dôležitých z hľadiska zakladania stavby, výšky hladiny podpovrchovej vody, relatívne výšky vrstiev, sondy a pod. Druh hornín sa označuje podľa STN 72 1001, STN 72 1001/01 a STN EN ISO 14689. Príklad grafickej úpravy prehľadného geologického profilu znázorňujú Obrázky 11.3, 11.4 a 11.5. V niektorých prípadoch sa pre lepšiu názornosť geologickej skladby zobrazujú prehľadné geologické profily do blokových diagramov.



Obr. 11.3. Prehľadný geologický profil sond staveniska s vyznačenými hĺbkami a výškami podpovrchovej vody



Obr. 11.4. Prehľadný geologický profil v podobe blokových diagramov



Obr. 11.5. Situácia sond na stavenisku s inžiniersko-geologickým profilom

Pre lepšie znázornenie a presnejšie zobrazenie sa častokrát vyhotovuje aj fotogrametrická dokumentácia. Snímky sa vyhotovujú s určenou priestorovou a mierkovou orientáciou. Súčasťou dokumentácie môžu byť:

- základná prieskumná mapa,
- účelové mapy a prehľadné mapy zostrojené na základe výsledkov prieskumných prác.

Základná prieskumná mapa (ZPM) je dôležitým technickým dokladom o výskumnej a prieskumnej činnosti. Tvorí podklad na vyhotovenie účelových a prehľadných máp a profilov. ZPM sa vyhotovuje pre každú prieskumnú lokalitu v mierke v súlade s požiadavkami na mierku geologickej mapy v zmysle platných legislatívnych a technických predpisov.

Prehľadné mapy sa zhotovujú v mierke 1 : 10 000, odvodením zo základných prieskumných máp so zdôraznením prvkov podľa účelu spracovania.

Prvotnú dokumentáciu tvoria údaje o bodovom poli a pracovná mapa, na ktorej sa vyznačí bodové pole, predbežný rozvrh prieskumných prác a pod. Pracovná mapa sa spracováva na podklade existujúcich máp veľkej mierky (vektorová katastrálna mapa, technická mapa mesta, základná mapa závodu a pod.). Do prvotnej dokumentácie zaraďujeme aj záznamy náčrtov geológov, meračské náčrty, náčrty prieskumných diel a terénnych geofyzikálnych profilov, meračské zápisníky (v digitálnej, alebo ojedinele v analógovej forme) a geodetické údaje o bodoch bodového poľa.

Ostatnú dokumentáciu tvorí zoznam súradníc a výšok podrobných bodov, technická správa, dokumentácia o banskomeračskej kontrole a iné písomné záznamy medzi objednávateľom a realizátorom prieskumu.

Technická správa obsahuje údaje o druhu a použití východiskových mapových podkladov, údaje o súradnicovom a výškovom systéme, prípadne spôsob pripojenia bodového poľa na referenčný súradnicový systém, metódach merania, vytyčovania a spracovania a presnosti realizovaných prác. Na lepšiu ilustráciu geologickej skladby sa prehľadné geologické profily zobrazujú do blokových diagramov zemského povrchu. Súčasťou dokumentácie prieskumných prác môžu byť aj účelové geologické a hydrogeologické mapy vypracované na základe výsledkov prieskumných prác.

11.6 Geodetické činnosti súvisiace s geofyzikálnym prieskumom

V posledných rokoch sa pri inžiniersko-geologických prieskumoch čoraz častejšie uplatňujú vybrané geofyzikálne metódy, ktoré umožňujú svojimi meračskými metódami určiť rozhranie a hrúbku jednotlivých geologických vrstiev, ich priebeh, sklon, trhliny, výskyt podzemných vôd a pod. Výsledky geofyzikálnych meraní sa spracúvajú číselne alebo graficky do máp alebo profilov.

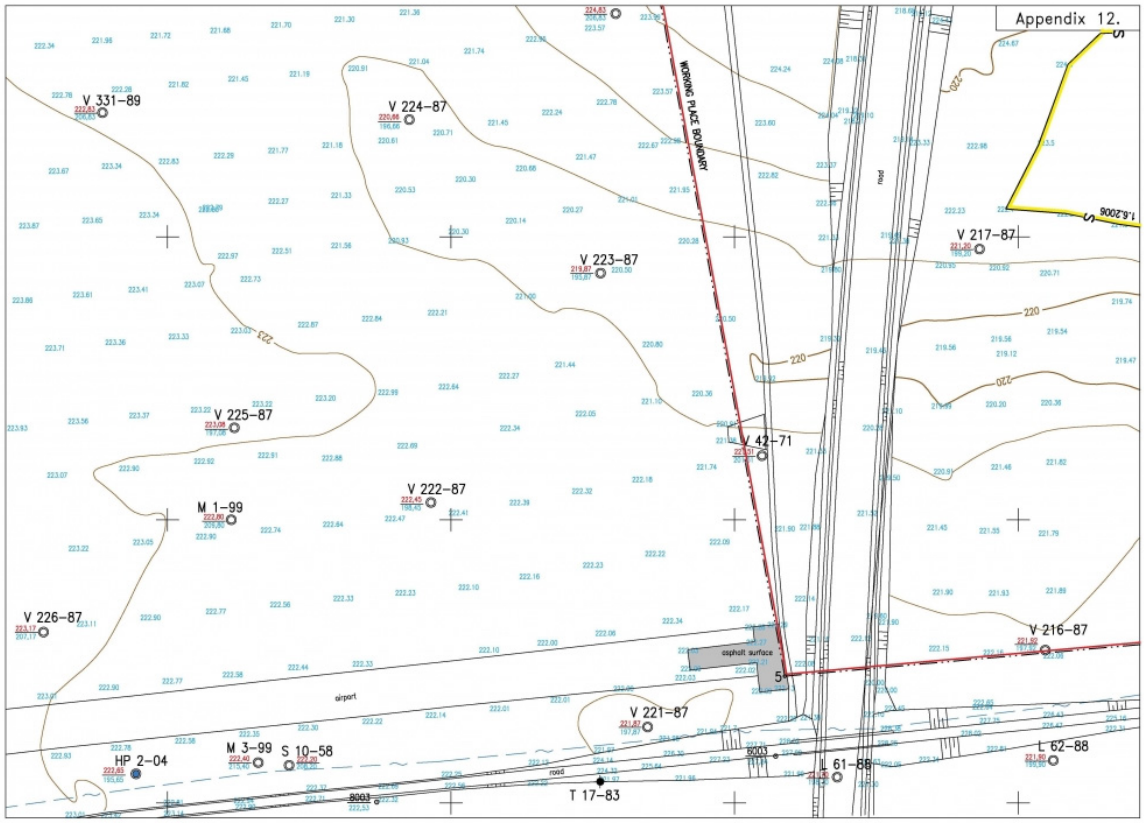
Zaraďujú sa medzi nepriame metódy prieskumu, pretože sú založené na registrácii zmien priebehu prirodzených alebo umelých fyzikálnych polí, ktoré sú ovplyvnené rôznymi fyzikálnymi vlastnosťami skalných hornín a zemín, alebo prítomnosťou vody. Predstavujú pomerne rýchlu a lacnú prieskumnú metódu pre interpoláciu v území medzi vrtnými a výkopovými prácami a predovšetkým v územiach ťažko prístupných. Nie je ich však možné použiť bez využitia výsledkov prieskumu pomocou priamych prieskumných diel. Používajú sa predovšetkým geofyzikálne metódy :

- geoelektrické (jednosmerné – SP, OP, VES, IP, NT),
- elektromagnetické (MT, AMT, CSAMT, VDV, GPR),
- seizmické (refrakčné, reflexné),
- geomagnetické,
- gravimetrické,
- vo vrtoch – karotáž.

Geodetické práce pri geofyzikálnom inžiniersko-geologickom prieskume pozostávajú spravidla:

- z polohového a výškového vytýčenia projektovaných prieskumných bodov,

– zo zamerania priestorovej polohy prieskumných bodov,
– z tvorby účelovej mapy so zákresom prieskumných bodov (Obr. 11.6).



Obr. 11.6. Účelová mapa so zákresom prieskumných diel (GET, 2018)

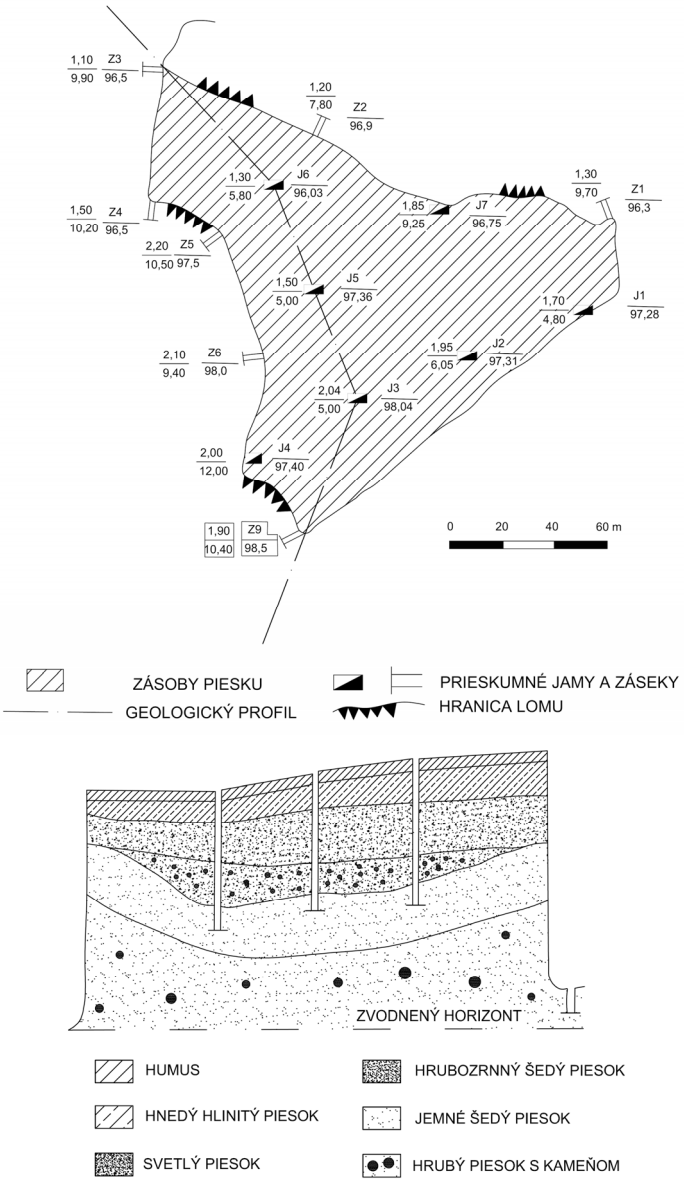
Presnosť geofyzikálnych meraní sa posudzuje jednak podľa vlastnej presnosti geofyzikálneho merania a jednak podľa kvality geologických záverov, ktoré z výsledkov vyplývajú. Pomerne vysoká presnosť prieskumných prác je dosiahnuteľná pri seizmických metódach. Hĺbku uloženia hlavných horizontov možno týmito metódami určiť s relatívnou presnosťou na úrovni 1 %, výnimočne 5 %. Geofyzikálny prieskum sa uskutočňuje väčšinou nepriamymi metódami.

Vo všeobecnosti presnosť výsledkov prieskumných prác uskutočnených geofyzikálnymi metódami je nižšia ako pri prieskume sondovaním. Vzhľadom na nižšiu presnosť geofyzikálnych meraní je vyžadovaná presnosť geodetických meraní taktiež nižšia. Spravidla sa vyžaduje presnosť vytýčenia a určenia polohy prieskumných bodov na úrovni 5,0 m v polohe a 0,5 m vo výške. V súčasnosti používané geodetické metódy umožňujú s dostatočnou rezervou zabezpečiť tieto požiadavky. Spravidla postačuje realizovať tieto práce technológiou GNSS, využitím kinematických meraní v reálnom čase.

11.7 Určovanie zásob nerastných surovín

Cieľom výpočtu zásob a príslušných prieskumov nerastných surovín je stanoviť množstvo dobývateľných surovín a určiť ich geologické vlastnosti. Na základe výsledkov prieskumu zistených zásob sa stanoví spôsob ťažby ložísk úžitkových nerastov.

Zásoby úžitkových nerastov môžeme vypočítať na základe prieskumných diel niekoľkými spôsobmi. Pri výpočte zásob nahradzujeme tvary jednoduchými telesami. Podľa tvaru ložísk nerastných surovín, rozmiestnenia prieskumných diel, mapových a iných podkladov môžeme zásoby ložísk vypočítať z geologických alebo dobývacích blokov, z trojuholníkov alebo z mnohouholníkov, z profilov, izočiar alebo izohýps. Príklad merania a výpočtu zásob jedného úseku ložiska stavebného prieskumu s geologickým profilom prináša Obr. 11.7.



Obr. 11.7. Určovanie zásob ložiska z prieskumných hlbinných vrtov – situácia a geologický profil

12 Geodetické činnosti súvisiace s prieskumom, sprístupňovaním a ochranou jaskýň

Jaskyne predstavujú významnú časť prírodného a kultúrneho bohatstva našej krajiny. Slovensko patrí medzi krajiny s nadpriemerným výskytom jaskýň, najmä krasových. Na Slovensku sa nachádza vyše 7000 zdokumentovaných jaskýň, z ktorých je v súčasnosti 13 sprístupnených pre verejnosť (www.ssj.sk). Sprístupnené jaskyne patria medzi skutočné klenoty Slovenska, viaceré z nich sú známe v celej Európe i vo svete. Jaskyne slovenského krasu sú zapísané v zozname svetového prírodného dedičstva UNESCO. Na území našej republiky však nájdeme aj jaskyne ľadové, napr. Demänovská a Dobšinská jaskyňa (www.jaskyne.sk). Speleologický prieskum vykonávajú najmä speleokluby (aktuálne je evidovaných na Slovensku vyše 50 klubov), ktoré združuje Slovenská speleologická spoločnosť (www.sss.sk). Sú to dobrovoľne pôsobiace skupiny speleológov a nadšencov jaskynierstva, ktorý vykonávajú veľmi záslužnú činnosť v oblasti prieskumu jaskýň.

Jaskyne sú tvorené geologickými procesmi, ktoré môžu ešte obsahovať kombinácie chemických procesov, tektonických síl a atmosférického pôsobenia. Niektoré jaskyne vznikajú zároveň s horninou. Nazývame ich pôvodné alebo primárne jaskyne. V speleológii a krasovej geomorfológii ich poznáme pod termínom syngenetické jaskyne (napr. Jelenecká jaskyňa vo Veľkej Fatre, Travertínová jaskyňa v Hájskej tiesňave v Slovenskom krase). Vznikajú predovšetkým pri sedimentácii pramenných vápencov alebo vo vulkanických horninách, kde sa tvoria lávové jaskyne (exhalačné komíny a pod.), ale aj tzv. jaskyne (alebo kaverny) po biogénnom rozklade stromov prikrytých horninou. Sekundárne jaskyne, ktoré v speleológii a krasovej geomorfológii poznáme pod termínom epigenetické jaskyne, vznikajú neskoršou postupnou koróziou, eróziou, kryogénnym zvetrávaním, rútením, či v prostredí gravitačnej deformácie už vzniknutej horniny, alebo vzájomnými kombináciami spomenutých dejov. Príkladom jaskyne, v ktorej pri speleogenéze dominovali procesy vymieľania a chemického zvetrávania je Domica v Slovenskom krase, Ochtinská aragonitová jaskyňa v Hrádku Revúckej vrchoviny.

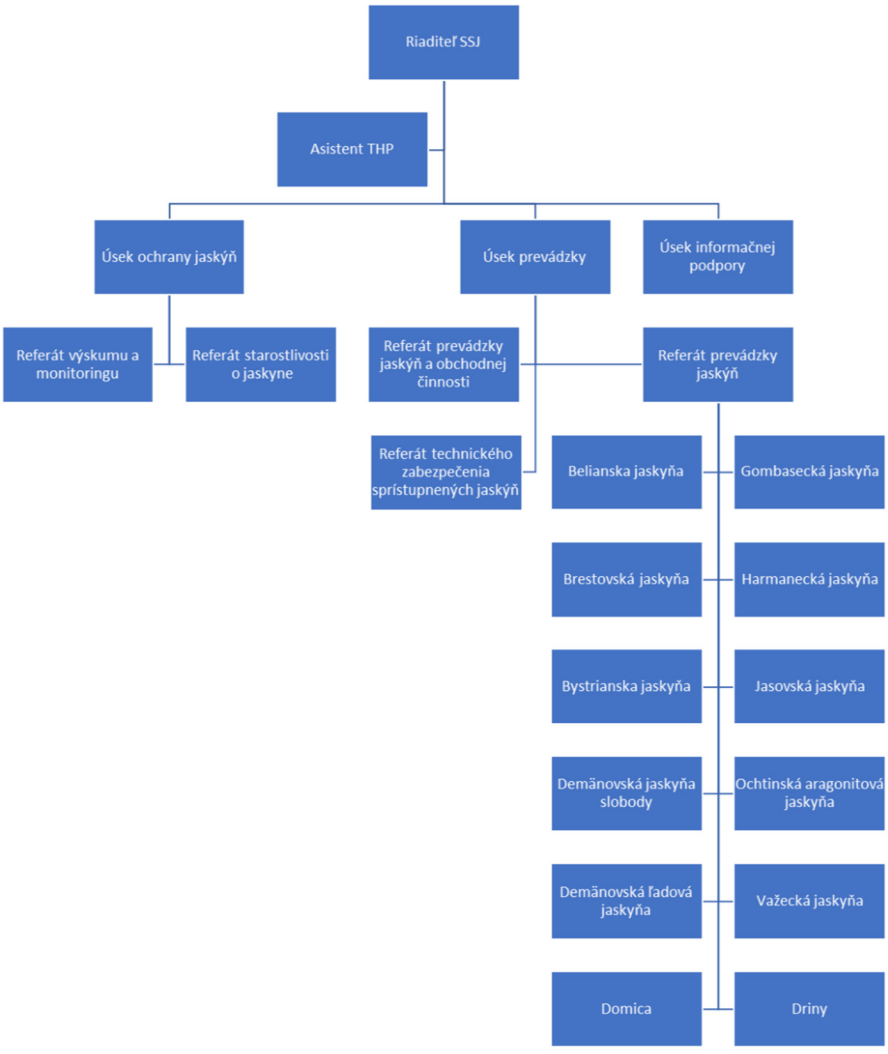
Najdlhším slovenským jaskynným systémom je na Liptove sa nachádzajúci Demänovský jaskynný systém zložený z jedenástich vzájomne, dobrovoľnými jaskyniarmi počas desaťročí poprepájaných jaskýň. V roku 2014 jeho dĺžka presiahla 40 km a stále rastie, vďaka objavom i meračským prácam v podzemí. Najhlbšie položenými jaskyňami sú Hipmanove jaskyne s hĺbkou 499,86 m. Najvyššie položenou jaskyňou je priepasť Vyšná Kresanica a ďalšie tri menšie jaskyne, nachádzajúce sa v nadmorskej výške 2077 m až 2080 m v Červených vrchoch v Západných Tatrách. Najnižšie leží jaskyňa v Bankove pri Košiciach, v nadmorskej výške 50 m.

12.1 Legislatívne predpisy súvisiace s správou jaskýň

Jaskyňa podľa Zákona NR SR **č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny v znení neskorších predpisov** je človeku prístupný a prírodnými procesmi vytvorený dutý podzemný

priestor v zemskej kôre, ktorého dĺžka alebo hĺbka presahuje 2 m a rozmery povrchového otvoru sú menšie ako jeho dĺžka alebo hĺbka. Ministerstvo životného prostredia SR môže jaskyňu ustanoviť za národnú prírodnú pamiatku. Ak si to vyžaduje záujem ochrany jaskyne, môže krajský úrad vyhlásiť všeobecne záväznou vyhláškou ich ochranné pásmo, a to rovnakým postupom, akým sa vyhlasuje prírodná pamiatka. Ak ide o vývojovo súvisiace jaskyne, alebo jaskyne nachádzajúce sa blízko seba, všeobecne záväznú vyhlášku o vyhlásení ochranného pásma môže vydať ten krajský úrad, v ktorého územnom obvode je najväčšia časť ochranného pásma jaskyne.

Jaskyne patria medzi prírodné útvary najviac atakované človekom a ako také si vyžadujú osobitnú ochranu. Ich primerané a optimálne využívanie spočíva v sledovaní vplyvu návštevnosti na prírodné prostredie jaskýň, vrátane jej usmerňovania. Za ochranu prírodného bohatstva v jaskyniach a ich sprístupňovanie verejnosti sa stará Správa slovenských jaskýň (SSJ) so sídlom v Liptovskom Mikuláši. SSJ ako samostatná odborná organizácia bola zriadená v roku 1970. V roku 1981 zlúčením Správy slovenských jaskýň a úseku ochrany prírody Slovenského ústavu pamiatkovej starostlivosti a ochrany prírody v Bratislave vzniklo



Obr. 12.1. Organizačná štruktúra (Správa slovenských jaskýň, 2018)

Ústredie štátnej ochrany prírody. Správa slovenských jaskýň ako samostatná organizácia sa obnovila v roku 1990. Od roku 2008 je začlenená ako organizačná zložka Štátnej ochrany prírody Slovenskej republiky so sídlom v Banskej Bystrici, ktorá je príspevkovou organizáciou v priamom riadení Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky (Obr. 12.1).

Činnosť SSJ je zameraná na správu všetkých jaskýň (prírodných pamiatok a národných prírodných pamiatok) a na ich bezpečné a trvalo udržateľné využívanie. Plní úlohy na úseku ochrany prírody, prevádzky, sprístupňovania a iného využívania jaskýň. Vykonáva starostlivosť o objekty a zariadenia v podzemí a vstupných areáloch jaskýň, zabezpečuje ich údržbu a bezpečnosť prevádzky. Podieľa sa aj na metodickom usmerňovaní starostlivosti o krasovú krajinu a ostatné jaskyne v Slovenskej republike.

Ak pri stavebných prácach, geologických prácach, banskej činnosti alebo činnosti vykonávanej banským spôsobom, prípadne inej technickej činnosti dôjde k objaveniu jaskyne, fyzická osoba alebo právnická osoba, ktorá jaskyňu objavila, je povinná zastaviť práce a neodkladne nahlásiť objavenie jaskyne orgánu ochrany prírody. Orgán ochrany prírody nariadi prieskum a výskum novoobjavenej jaskyne, ktorý zabezpečí organizácia ochrany prírody alebo oprávnené osoby na prieskum a výskum jaskýň. O spôsobe pokračovania prác rozhodne orgán ochrany prírody. Ak k objaveniu jaskyne alebo časti jaskyne dôjde pri prieskume a výskume vykonávanom na základe súhlasu orgánu ochrany prírody, súhlas na prieskum a výskum sa vzťahuje aj na objavenú jaskyňu alebo jej časti.

Súhlas na sprístupnenie jaskyne alebo jej časti možno vydať pre jaskyne, v ktorých bol uskutočnený komplexný speleologický prieskum a výskum. Na sprístupnenie jaskyne dáva súhlas ten orgán ochrany prírody, v ktorého územnom obvode je najväčšia časť jaskyne. Súhlas vydá po dohode s orgánmi ochrany prírody, na ktorých území sú ostatné časti jaskyne, a so súhlasom správcu jaskyne. Pri vydaní súhlasu sa skúma, či sprístupnením jaskyne verejnosti nedôjde:

- k degradácii alebo devastácii jej prírodných a kultúrnych hodnôt nadmerným zásahom do horninového prostredia, chemickej a mechanickej výplne a vodného režimu,
- poškodeniu biotopov vzácnych alebo ohrozených živočíchov, archeologických alebo paleoantropologických nálezov,
- poškodeniu prírodných hodnôt na povrchu jaskyne.

Podrobnosti o žiadosti na vydanie súhlasu na sprístupnenie jaskyne a o sprístupňovaní jaskyne ustanovuje **Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 24/2003 Z. z.**, ktorou sa vykonáva Zákon NR SR č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny. V sprístupnenej jaskyni alebo jej časti sa možno pohybovať len so sprievodcom po označených trasách, ktoré sú zakreslené v dokumentácii ochrany prírody a musí byť zaistený bezpečný pohyb návštevníkov.

Jaskyne alebo časti jaskýň, v ktorých nehrozí nebezpečenstvo poškodenia ich prírodných a kultúrnych hodnôt a v ktorých je zaistený bezpečný pohyb návštevníkov, môže orgán ochrany prírody po dohode so správcom jaskýň vyhlásiť všeobecne záväznou vyhláškou za verejnosti voľne prístupné jaskyne. Orgán ochrany prírody, v ktorého územnom obvode je

najväčšia časť sprístupnenej jaskyne alebo verejne voľne prístupnej jaskyne, po dohode s orgánmi ochrany prírody, na ktorých území sú ostatné časti jaskyne, a po prerokovaní so správcom jaskyne vydá všeobecne záväznou vyhláškou návštevný poriadok jaskyne; upraví v ňom najmä podrobnosti o územnej ochrane a využívaní jaskyne a o správaní sa návštevníkov.

12.2 Meračská dokumentácia jaskýň

Meračská dokumentácia jaskýň sa vedie podľa Predpisu Slovenského banského úradu **č. 3000/1975**, ktorý pomerne rozsiahlo definuje požiadavky na bezpečnú prevádzku v jaskynných priestoroch. V nadväznosti na bezpečnosť pohybu osôb v jaskyniach, predpis v § 14 definuje rozsah meračských prác a meračskej dokumentácie pre jaskynné podzemné priestory. Predpis stanovuje povinnosť viesť banskomeračskú dokumentáciu pre jaskyne:

- ktoré sú sprístupnené verejnosti,
- jaskyne, pre ktoré sa plánuje príprava projektovej dokumentácia pre stavebné úpravy za účelom sprístupnenia verejnosti.

Za **vykonávanie meračskej činnosti** a za riadne **vedenie meračskej dokumentácie** zodpovedá riaditeľ Správy slovenských jaskýň. Za odborné riadenie meračských činností a úplnosť meračskej dokumentácie zodpovedá **hlavný merač** ustanovený riaditeľom SSJ. Pokiaľ sa meračské práce vykonávajú dodávateľským spôsobom, zodpovedá za vykonávanie meračskej činnosti a za riadne vedenie meračskej dokumentácie v rozsahu uskutočňovaných prác tiež vedúci dodávateľskej organizácie. Za správnosť a úplnosť jednotlivých meraní a častí dokumentácie zodpovedá pracovník, ktorý tieto práce vykonáva alebo riadi. Tento pracovník musí mať kvalifikáciu banského merača alebo geodeta. O prevzatí meračskej dokumentácie alebo jej časti do meračskej dokumentácie jaskýň rozhoduje hlavný merač. Na každom elaboráte meračskej dokumentácie alebo jeho časti sa musí uviesť meno, priezvisko a podpis hlavného merača. Meračskú dokumentáciu jaskyne tvorí:

- mapová dokumentácia,
- číselná dokumentácia,
- ostatná dokumentácia.

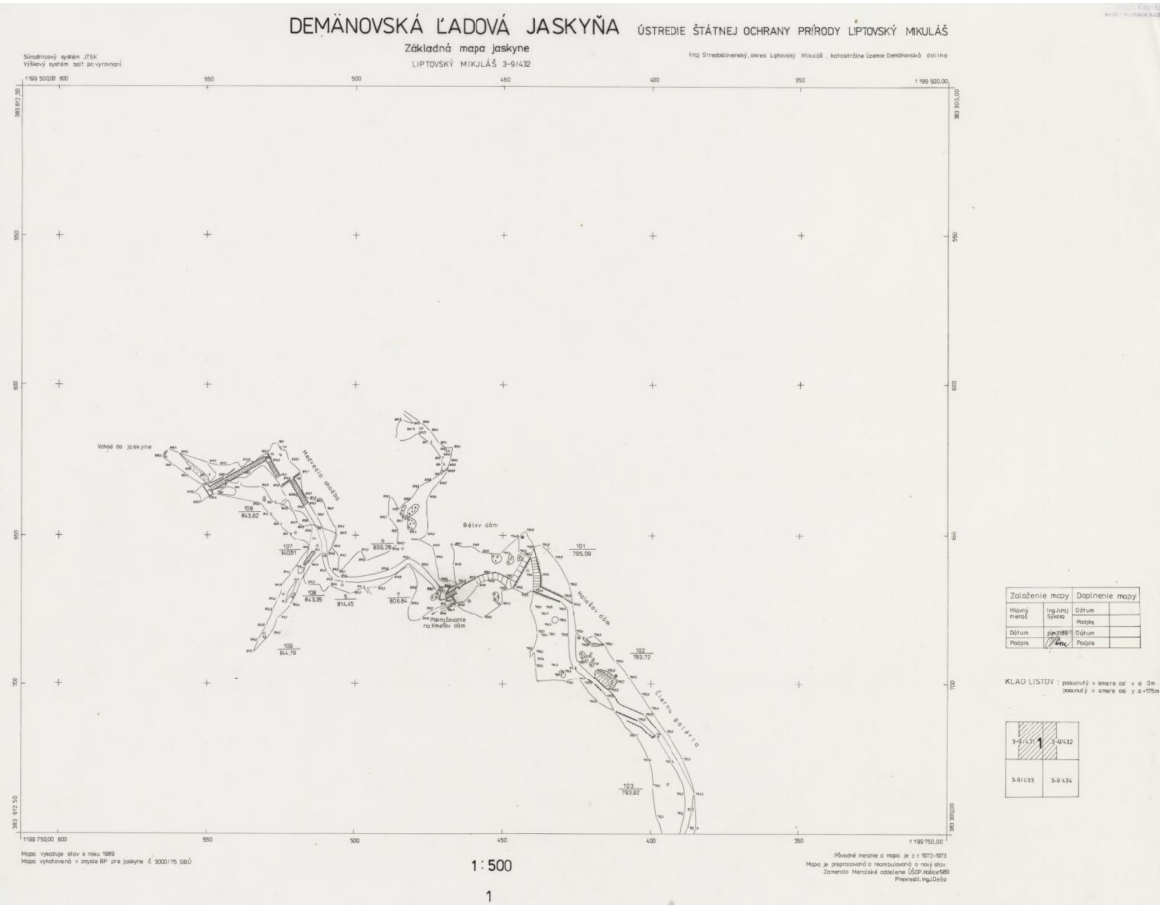
Ostatnú dokumentáciu tvoria písomné, číselné a grafické podklady týkajúce sa predchádzajúcich meračských prác, prevádzky a ochrany jaskyne. Ostatná dokumentácia jaskýň sa vedie v podobe **záznamových kníh**. Okrem kníh, uvedených alebo požadovaných inými predpismi, musí organizácia viesť evidenčnú knihu, denník jaskyne a knihy, do ktorých technicko-hospodárski pracovníci zaznamenávajú výsledky svojich pochôdzok. **Evidenčná kniha jaskyne** obsahuje najmä základné údaje o druhu a rozsahu jaskyne, o jej vyhlásení za chránený prírodný výtvor, údaje o pozemkovom vlastníctve a územných rozhodnutiach, najdôležitejšie rozhodnutia banských úradov, základné údaje o hlavných podzemných dielach, o dôležitých stavbách a zariadeniach, výmery a povolenia na ich uvedenie do trvalej prípadne skúšobnej prevádzky. Do **denníka jaskyne** sa zapisujú a vkladajú rozhodnutia banských úradov, ich príkazy na vykonanie rôznych opatrení, výsledky úradných prehliadok, zásadné

rozhodnutia a príkazy organizácie, orgánu nadriadeného organizácii alebo kontrolných orgánov, týkajúce sa bezpečnosti práce a prevádzky, ďalej všetky nebezpečné udalosti v prevádzke.

Organizácia môže rozhodnúť, že záznamové knihy, požadované týmto predpisom možno spojiť, prípadne rozdeliť, ak je to podľa miestnych pomerov vhodné a účelné. Rovnako určí, kde a akým spôsobom sa musia viesť jednotlivé záznamové knihy, pokiaľ to neurčuje Predpis Slovenského banského úradu č. 3000/1975.

Mapová dokumentácia jaskýň sa vyhotovuje v systéme S-JTSK a vo výškovom systéme Bpv. Číselnú dokumentáciu tvoria záznamy meraní, súbory údajov, výpočty, zoznamy súradníc, meračské náčrty a ostatné pomocné podklady. Mapovú dokumentáciu tvorí základná mapa jaskyne a základná mapa pre sprístupnenie jaskyne, mapa povrchovej situácie, profily a rezy vybraných častí jaskyne a účelové mapy. Predpis ustanovuje rozsah a spôsob aktualizácie a archivácie meračskej a mapovej dokumentácie jaskýň. Za účelom zabezpečenia jednotnosti používaných značiek vydala SSJ „Zoznam značiek mapovej dokumentácie jaskýň“ s prihliadnutím na platné značky v banskom meračstve, geológii a geodézii.

Základná mapa jaskyne (ZMJ) sa vyhotovuje na celý rozsah sprístupnenej jaskyne, vrátane súvisiacich podzemných priestorov (Obr. 12.2). Obsah ZMJ tvoria len predmety

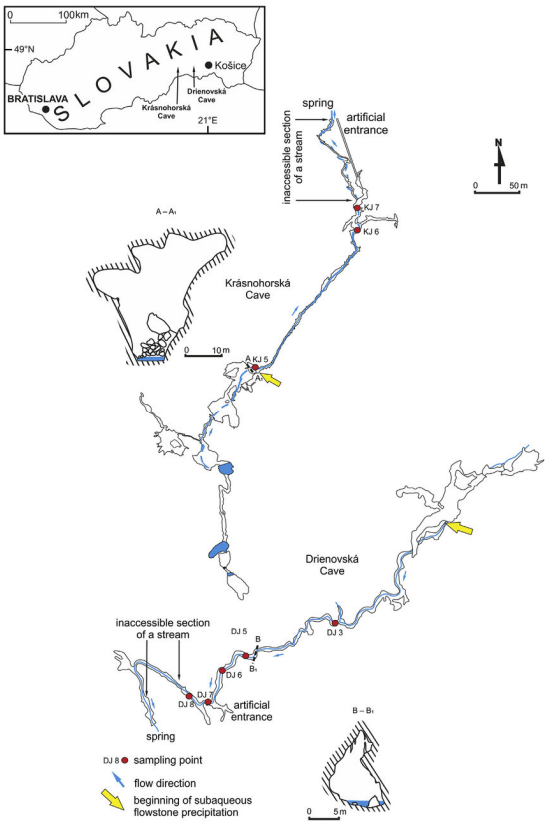


Obr. 12.2. Základná mapa jaskyne (Slovakiana, 2018)

(objekty a zariadenia) priamo merané. Mapová dokumentácia sa vyhotovuje v mierke 1 : 500, výnimku povoľuje SBÚ. Pri vyhotovovaní máp sa využíva osobitný značkový kľúč pre dokumentáciu jaskýň. ZMJ obsahuje najmä zákres podzemných priestorov, štvorcovú sieť, body polohového a výškového bodového poľa s ich číslami a výškami, základné geologicko-tektonické údaje (poruchy), údaje potrebné na prevádzku jaskyne, trasy určené pre návštevníkov včítane informácie o voľnej výške (obmedzenia nižšie ako 1,8 m), priebeh záchranných trás, inštalované strojné a energetické zariadenia, vodné toky a nádrže, výrazné priesaky a vývery vôd, profily a rezy. Mimo rámové údaje ZMJ obsahujú mierku, číslo listu, klad mapových listov, evidenčné číslo listu v rámci meračskej dokumentácie, súradnicový systém, dátum vyhotovenia (aktualizácie) a podpis vyhotoviteľa.

Mapa povrchovej situácie sa vyhotovuje v rovnakej mierke ako ZMJ. Obsahuje najmä správne hranice, hranice ochranného pásma jaskyne, hranice lesov a kultúr, komunikácie, nadzemné a podzemné vedenia, výškopis, vstupné a výstupné objekty jaskyne, vodné toky a nádrže, prípadné zosuvy terénu, stavby nachádzajúce sa na území jaskyne, resp. v jej ochrannom pásme.

Profily a rezy sa obvykle kreslia v mierke 1 : 500/50, prípadne väčšej. Ich hustota a priebeh sa volí tak, aby poskytovali dostatočný prehľad o tvare a členitosti podzemných priestorov jaskyne a povrchu. Znázornenie profilov obsahuje číslo profilu, mierku dĺžkového a výškového zobrazenia, porovnávaciu rovinu a ďalšie skutočnosti potrebné na podrobnú dokumentáciu podzemných priestorov. V prípade jaskýň menšieho rozsahu (členitosti) môžu byť profily a rezy znázornené spoločne v podobe prehľadnej mapy (Obr. 12.3).



Obr. 12.3. Prehľadná mapa Krásnohorskej jaskyne (Researchgate, 2018)

Medzi **účelové mapy** pri prevádzke a správe jaskyne patrí požiarna mapa, mapa protihavarijných zariadení, mapa rozvodov energií a rozmiestnenia svietidiel a iné účelové mapy vyhotovené podľa potreby. Povinnosť viesť vybrané účelové mapy je daná osobitnými predpismi, napr. o ochrane a bezpečnosti osôb, protipožiarnej ochrane a pod.

Doplňovanie a aktualizácia meračskej dokumentácie jaskýň sa vykonáva jedenkrát za rok. Predpis ukladá povinnosť vykonať meranie zmien najneskôr do jedného mesiaca.

Originály meračskej dokumentácie sú uložené a evidované na SSJ. **Kópia** základnej mapy jaskyne, resp. základnej mapy pre sprístupnenie jaskyne a mapy povrchovej situácie sa nachádza na príslušnom pracovisku (na správe príslušnej jaskyne). Jedna kópia máp sa musí predložiť obvodnému banskému úradu. Organizácia je povinná doplňovať tieto kópie podľa skutočného stavu vždy najneskôr do 6 mesiacov po doplnení originálov. Na doplnenie môžu byť tieto kópie vyžiadané od obvodného banského úradu najviac na dobu jedného mesiaca. Jedna kópia mapy povrchovej situácie sa odovzdáva katastrálnemu odboru územne príslušného okresného úradu.

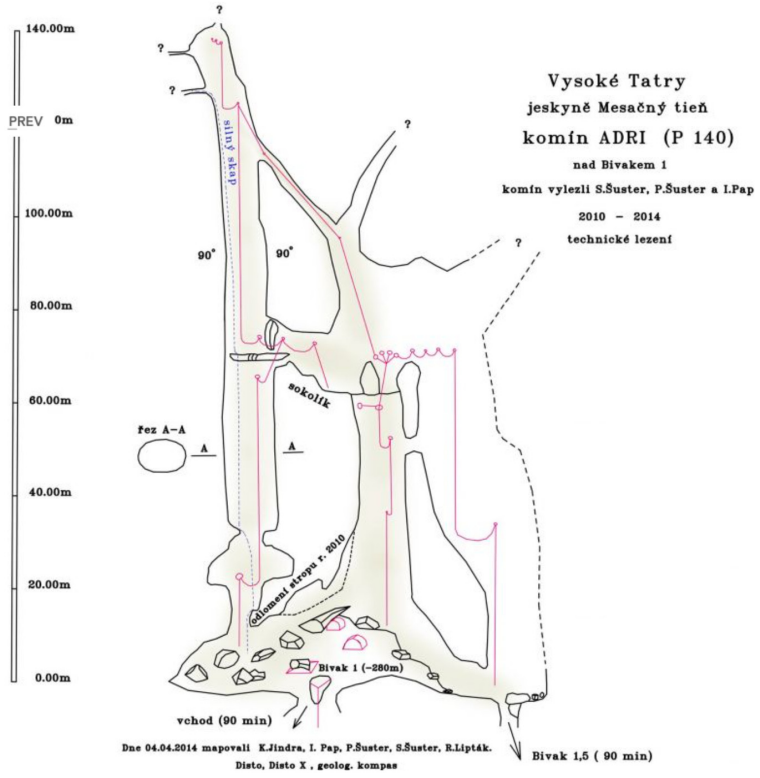
Vykonávanie meračských prác v podzemí je náročné najmä z dôvodu zvýšenej vlhkosti, nutnosti využívania umelého osvetlenia a veľmi často sa vyskytujúcich priestorových obmedzení (zúžené miesta, rokliny prepadliská, komíny a pod.) (Obr. 12.4). Okrem fyzickej náročnosti, ktorej je merač a jeho pomocný personál vystavený, sa musí vysporiadať i neštandardnými podmienkami pri budovaní bodového poľa (striedajúce sa krátke a dlhé zámery, strmé zámery a pod.), ako aj neštandardnými podmienkami pri meraní.

Obr. 12.4. Podmienky pri meraní jaskýň (Esa, 2018)

Metodika merania jaskýň vychádza z metód využívaných na meranie a vytyčovanie podzemných priestorov, ktoré vznikajú pri banskej činnosti alebo činnostiach vykonávaných

banským spôsobom v podzemí – banskomeračský predpis (Výnos MH SR, 1993). Bodové pole v podzemí má štruktúru polygónového ťahu, resp. viacerých polygónových ťahov spojených v uzlových bodoch. Pripojenie bodového poľa v podzemí sa vykoná polygónovým ťahom, alebo niektorou z metód na pripájacie a usmerňovacie merania (najčastejšie jedným bodom). Hlavným cieľom tvorby meračskej dokumentácie jaskýň je mapovanie (dokumentácia) ich podzemných priestorov a ich výzdoby. Klasické metódy a postupy využívané pri mapovaní podzemných (banských) priestorov sú doplnené o špecifické a moderné metódy blízkej fotogrametrie a terestrického laserového skenovania.

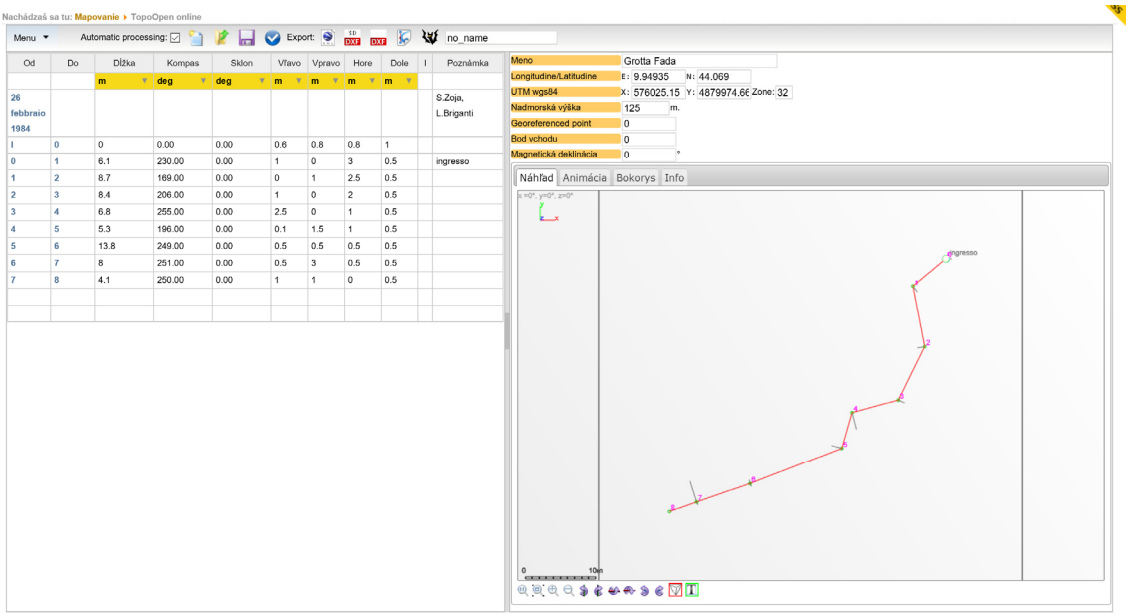
Pri **spaelologickom prieskume** sa často využívajú jednoduché meračské postupy, prístroje a pomôcky. Na účely dokumentácie novoobjavených priestorov sa aj dnes často využívajú magnetické buzoly a pásma, ktoré postupne nahrádzajú ručné diaľkomery využívajúce princíp merania dĺžok bez odrazových hranolov. Viaceré z používaných diaľkomerov sú vybavené integrovanými snímačmi naklonenia a elektronickými buzolami (napr. Leica DISTO série X), čo umožňuje okrem merania dĺžky aj určenie azimutu a sklonu zámery. Použitie integrovaných ručných diaľkomerov v spolupráci s prenosným počítačom typu PDA ponúka možnosť priameho kreslenia poľného náčrtu, zobrazenia polygónového ťahu a pomocných zámer v teréne (Obr. 12.5).



Obr. 12.5. Ukážka meračského náčrtu z prieskumu jaskyne (Šmída et al., 2004)

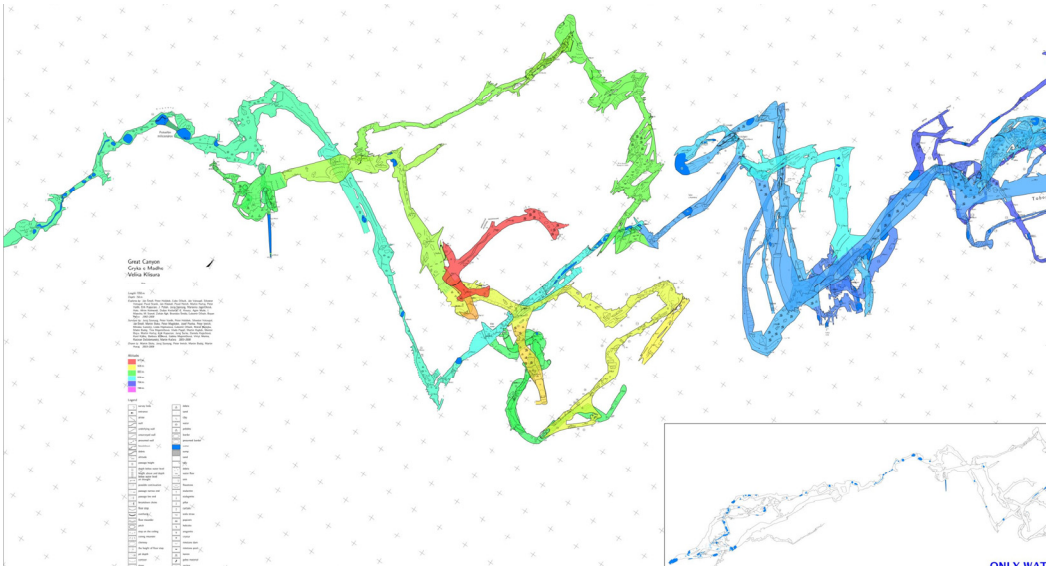
Prenos údajov cez bluetooth rozhranie minimalizuje chyby pri ich prepise. Inštalácia vhodného programu (napr. OpensTopo, Survex, Therion, Carto, Tunnel, CaveScript) umožňuje výpočet a zobrazenie údajov v reálnom čase na displeji prenosného počítača (PDA,

tablet, a pod.). Programové produkty obvykle obsahujú aj funkcionalitu umožňujúcu tvorbu meračského náčrtu priamo v teréne (Obr. 12.6).

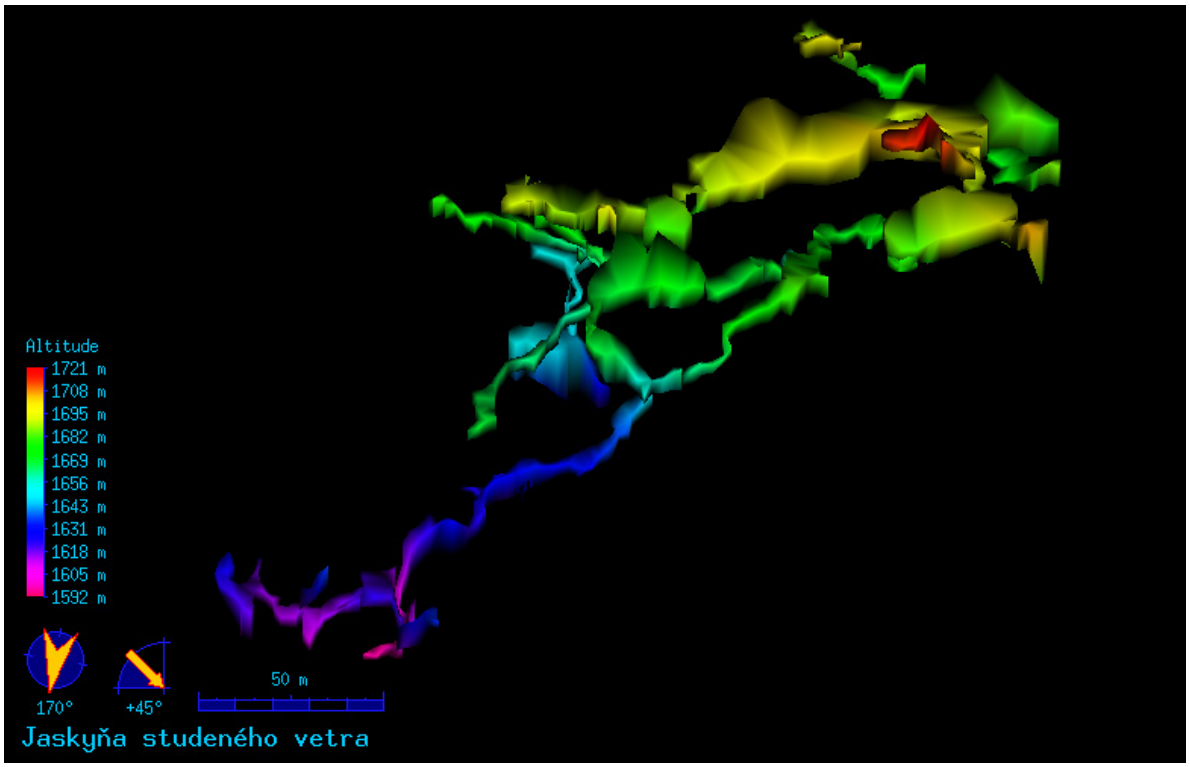


Obr. 12. 6. Opens Topo (Správa slovenských jaskýň, 2018)

Sofistikovanejšie verzie programov umožňujú načítanie 3D modelu terénu a spoločné zobrazenie modelu (2D, 3D) jaskyne s terénom (Obr. 12.7 a 12.8).

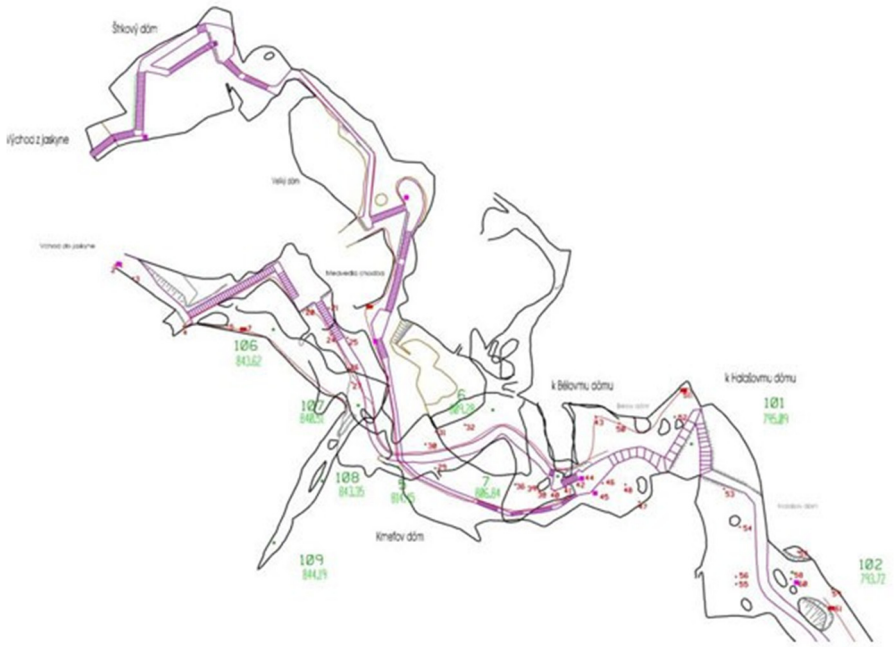


Obr. 12.7. 2D model jaskyne vyhotovený v programe Therion (Therion, 2018)



Obr. 12.8. 3D model jaskyne vyhotovený v programe Therion (Therion, 2018)

SSJ aktuálne buduje Geografický informačný systém (GIS) jaskýň, ktorý obsahuje znázornenia podzemných priestorov jaskýň v podobe vektorovej digitálnej mapy jaskyne (Obr. 12.9). GIS jaskýň sa postupne buduje jednak skenovaním existujúcich analógových



Obr. 12.9. Ukážka kresby vektorovej mapy jaskyne (Správa slovenských jaskýň, 2018)

a digitálnych podkladov, z podkladov získaných priamym meraním). GIS jaskýň napomáha pri spracúvaní návrhov ochranných pásiem jaskýň a umožňuje prepojenie grafiky na databázu parciel (kataster nehnuteľností). To umožňuje určenie výmery navrhovaného pásma, ako aj súradnice lomových bodov parciel v prípade ich rozdelenia. V rámci dokumentačných fondov sa tvorí digitálny fotoarchív, knižnica a mapový archív.

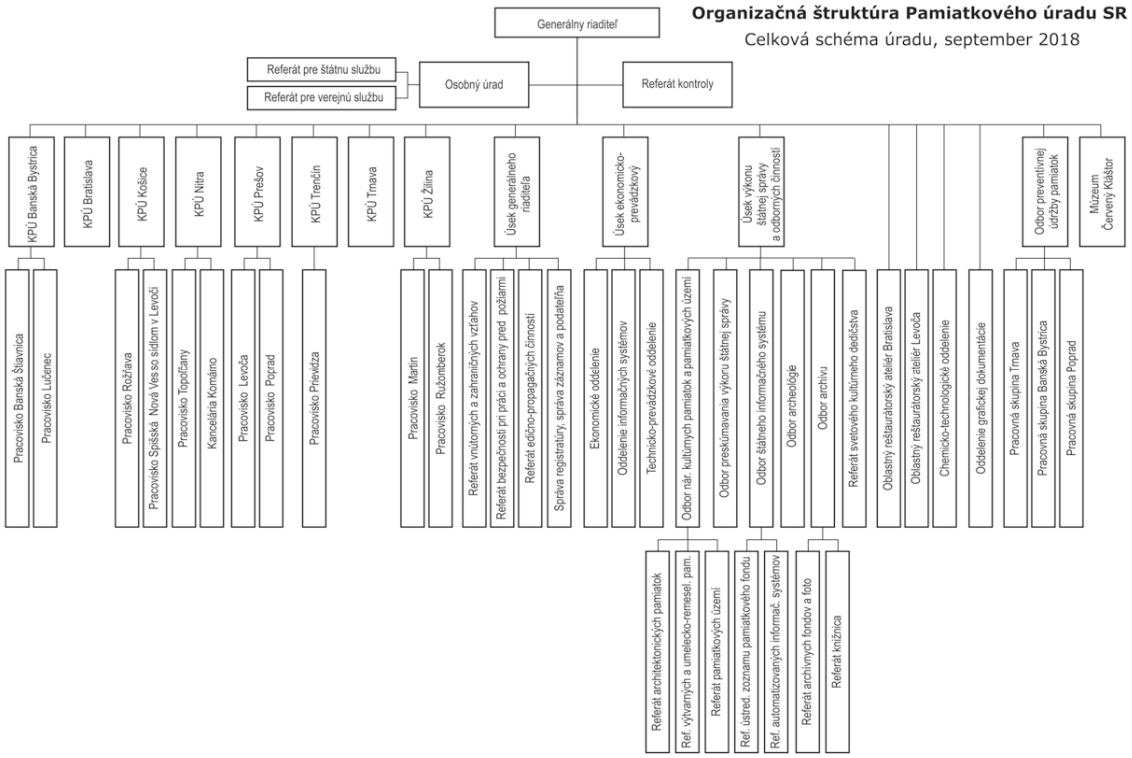
13 Geodetické činnosti súvisiace s prieskumom a sprístupňovaním podzemných častí historických objektov

Hrady, zámky a ďalšie historické objekty predstavujú významnú časť prírodného a kultúrneho bohatstva našej krajiny. Slovensko patrí medzi krajiny s nadpriemerným výskytom pamiatok. Mnohé z nich patria medzi vzácne klenoty Slovenska, viaceré z nich sú známe v celej Európe i vo svete. Rekonštrukcia a obnova historických budov a pamiatok vyžaduje profesionálny prístup, dôkladnú prípravu a podrobné podklady zobrazujúce aktuálny stav objektu a jeho častí. Mnohé z týchto činností sa vykonávajú v súčinnosti a so súhlasom orgánov ochrany pamiatok. Ochrana pamiatok je cielená snaha spoločnosti o zachovanie vybraných častí hnuteľného a nehnuteľného kultúrneho dedičstva, najmä stavieb.

13.1 Ochrana pamiatok

Ochrana pamiatok sa vykonáva v súlade s viacerými medzinárodnými dokumentami, napr. Aténska charta alebo Benátska charta. Benátska charta je medzinárodná charta (listina) o ochrane a obnove pamiatok a sídiel. Bola schválená II. medzinárodným kongresom architektov a technikov ochrany pamiatok, ktorý sa konal v Benátkach v r. 1964 a priamo nadväzuje na Aténsku chartu schválenú v r. 1931, ktorou boli prvýkrát stanovené základné princípy v oblasti ochrany pamiatok. Benátska charta definuje základné pojmy, postupy ochrany, konzervácie a reštaurovania, ochrany a dokumentácie vykopávok a nálezísk. Jej obsah prešiel viacerými revíziami, napr. v r. 1993, 1995 alebo 2010 (ICOMOS, 2018). Aktivity vychádzajúce z princípov Benátskej charty vytvorili podmienky na vznik mimovládnej organizácie **Medzinárodnej rady pre pamiatky a sídla** (International Council on Monuments and Sites – **ICOMOS**), založenej v r. 1965 vo Varšave. V súčasnosti združuje ICOMOS 110 národných asociácií a inštitúcií venujúcich sa problematike ochrany pamiatok z celého sveta (ICOMOS, 2018).

Ochrana pamiatok je vykonávaná formou ich evidencie, ochrany a záchrany (konzervácie, reštaurovania, rekonštrukcie). V Slovenskej republike túto činnosť riadi a usmerňuje **Pamiatkový úrad Slovenskej republiky**, ktorý je právnická osoba a špecializovaný orgán štátnej správy na ochranu pamiatkového fondu. Pamiatkový úrad vykonáva štátnu správu s celoslovenskou pôsobnosťou v rozsahu **Zákona NR SR č. 49/2002 Z. z. o ochrane pamiatkového fondu**, jeho sídlom je Bratislava. Pamiatkový úrad riadi a kontroluje výkon štátnej správy na úseku ochrany pamiatkového fondu uskutočňovaný krajskými pamiatkovými úradmi, ktoré ju vykonávajú vo svojom územnom obvode, ktorým je územný obvod kraja. Sídlami jednotlivých krajských pamiatkových úradov sú Banská Bystrica, Bratislava, Košice, Nitra, Prešov, Trenčín, Trnava a Žilina. Niektoré KPÚ majú zriadené aj pracoviská v okresných mestách (Obr. 13.1). Podrobný výkon ochrany pamiatok v SR upravuje **Vyhláška Ministerstva kultúry SR č. 253/2010 Z. z.**, ktorou sa vykonáva zákon o ochrane pamiatkového fondu v znení neskorších predpisov.



Obr. 13.1. Organizačná štruktúra Pamiatkového úradu SR (Pamiatkový úrad, 2018d)

Pamiatkový úrad riadi a kontroluje výkon štátnej správy na úseku ochrany pamiatkového fondu uskutočňovaný krajskými pamiatkovými úradmi, rieši a koordinuje odborné a výskumné úlohy a rozpracúva teóriu a metodológiu ochrany pamiatkového fondu, zisťuje stav pamiatkového fondu a podmienky jeho ochrany, rozhoduje v prvom stupni v správnom konaní vo veciach zverených mu týmto zákonom na úseku ochrany pamiatkového fondu, preskúmava záväzné stanoviská krajských pamiatkových úradov, rozhoduje o odvolaniach proti rozhodnutiam krajských pamiatkových úradov a preskúmava ich rozhodnutia mimo odvolacieho konania. Pamiatkový úrad plní funkciu správcu príslušnej časti štátneho informačného systému, vedie archív v oblasti ochrany pamiatkového fondu, zabezpečuje rozvoj teórie a metodológie reštaurovania, buduje študijné, vývojové a analyticko-technologické pracoviská a laboratóriá, zabezpečuje pamiatkové výskumy a reštaurátorské práce, vykonáva a koordinuje dokumentačnú, vzdelávaciu, výchovnú, edičnú a propagačnú činnosť.

Cieľom ochrany a obnovy architektonického dedičstva je nielen zachovanie jeho hmotnej podstaty, ale zároveň aj zapojenie do súčasného života spoločnosti, t. j. priradenie adekvátnej funkcie historickému objektu či architektonickému súboru. Vychádzajúc z uvedeného sa ako dôležité pri ochrane architektonického dedičstva javí:

- zachovanie pôvodnej hmoty a vzhľadu pamiatky,
- zachovanie pamiatky na pôvodnom mieste a v pôvodnom prostredí,
- zachovanie pôvodnej funkcie pamiatky.

Ochrana pamiatkového fondu je súhrn činností a opatrení zameraných na identifikáciu, výskum, evidenciu, zachovanie, obnovu, reštaurovanie, regeneráciu, využívanie a prezentáciu kultúrnych pamiatok a pamiatkových území. Pri realizácii ochrany pamiatok sa uplatňujú zásady realizácie obnovy pamiatok, ktoré sú definované v podobe:

- zásada reverzibility (vratnosti),
- zásada kompatibility (zlučiteľnosti),
- zásada ochrany autentickosti (pôvodnosti, pravosti),
- zásada umiernenosti,
- zásada minimálnej invazívnosti (narušenia),
- zásada odlíšenia nového od starého,
- zásada včasnej identifikácie rizík,
- zásada priebežného dokumentovania.

Podľa miery zásahu a spôsobu obnovy rozoznávame **metódy obnovy pamiatok**:

a) **reštitúcia** – ako odborné ošetrenie pamiatky, ktorej pôvodný dochovaný vzhľad bol prekrytý alebo zmenený neskorším technickým, stavebným alebo výtvarným zásahom, a to tak, že nevhodný zásah sa odstráni a pamiatka sa tým vráti do pôvodnej podoby, v akej sa zachovala (napríklad odstránenie zamurovaných arkád alebo neskoršej nehodnotnej priečky, ktorá rozdelila architektonicky celistvý priestor),

b) **anastylóza** – užší pojem ako reštitúcia, ide v podstate o zostavenie zrúteného alebo zničeného objektu späť do pôvodnej podoby zo zachovaných jednotlivých častí a prvkov zväčša na pôvodnom mieste (typická pre obnovu antickej stavebnicovej architektúry, ale použila sa napr. pri obnove Kostola Frauenkirche v Drážďanoch),

c) **reštaurovanie** – v zmysle platnej legislatívy na Slovensku predstavuje osobitný druh obnovy, ktorý je zameraný na výtvarné a umelecko-remeselné časti a prvky historickej architektúry, v medzinárodnom kontexte sa pod pojmom reštaurovanie, či reštaurácia chápe odborné ošetrenie poškodenia pamiatky, pri ktorom sa vhodným spôsobom aj novo doplnia, respektíve nahradia chýbajúce drobnejšie a menej podstatné časti architektúry s cieľom obnovy pôvodného vzhľadu pamiatky,

d) **rekonštrukcia** – znamená doplnenie chýbajúcej či nahradenie poškodenej podstatnej časti pamiatky z (hľadiska celku) s cieľom obnovy pôvodného vzhľadu pamiatky.

V praktickej obnove architektonických a stavebných pamiatok sa iba zriedkavo stretávame s výlučným použitím iba jednej zo spomenutých metód. Nevyhnutným základom a informačným podkladom na obnovu pamiatok a historických objektov je dokumentácia ich skutočného aktuálneho stavu. Vytvorenie podrobnej dokumentácie historického objektu je potrebná aj z dôvodu, že vo väčšine prípadov nie sú zachované pôvodné dokumenty, resp. sú čiastočne zničené, neúplné a nepostačujúcej kvality. Charakter interiéru historických objektov, najmä ich podzemných častí, determinuje využitie osobitných postupov pri zbere údajov, spracovávaní dokumentácie ako aj pri vizualizácii výsledkov.

13.2 Dokumentácia historických objektov

Vytvorenie dokumentácie historických objektov nepatrí do skupiny činností, ktoré upravuje banskomeračský predpis. Podmienky, za ktorých sa však vykonávajú meračské práce, vyžadujú vhodnú aplikáciu metodiky uvedenej v predmetnom predpise. Metodiku merania podzemných priestorov a historických objektov okrem iného upravuje aj **984 231 MN-1/84 Metodický návod na mapovanie podzemných priestorov** (MN SUGK,1984), ktorý stanovuje jednotný spôsob vykonávania geodetických a kartografických prác pri meraní podzemných priestorov. Výsledky meraní podzemných priestorov sa znázorňujú v podobe **mapy podzemných priestorov,** pri vyhotovení ktorej sa postupuje podľa technických predpisov STN 01 3410, STN 01 3411 a STN 73 0415. Mapa podzemných priestorov je účelová mapa veľkej mierky. Klad a označenie mapových listov a mierka mapy sa riadi ustanoveniami vyššie menovaných technických predpisov.

Merania sa vykonávajú v záväznom súradnicovom a výškovom systéme S-JTSK a Bpv. Použitie iného súradnicového alebo výškového systému schvaľuje katastrálny odbor príslušného okresného úradu. Meranie historických objektov a ich podzemných priestorov vo všeobecnosti vykazuje viaceré osobitosti oproti meraniu na povrchu. Jednotlivé činnosti pri tvorbe meračskej dokumentácie je možné rozdeliť na:

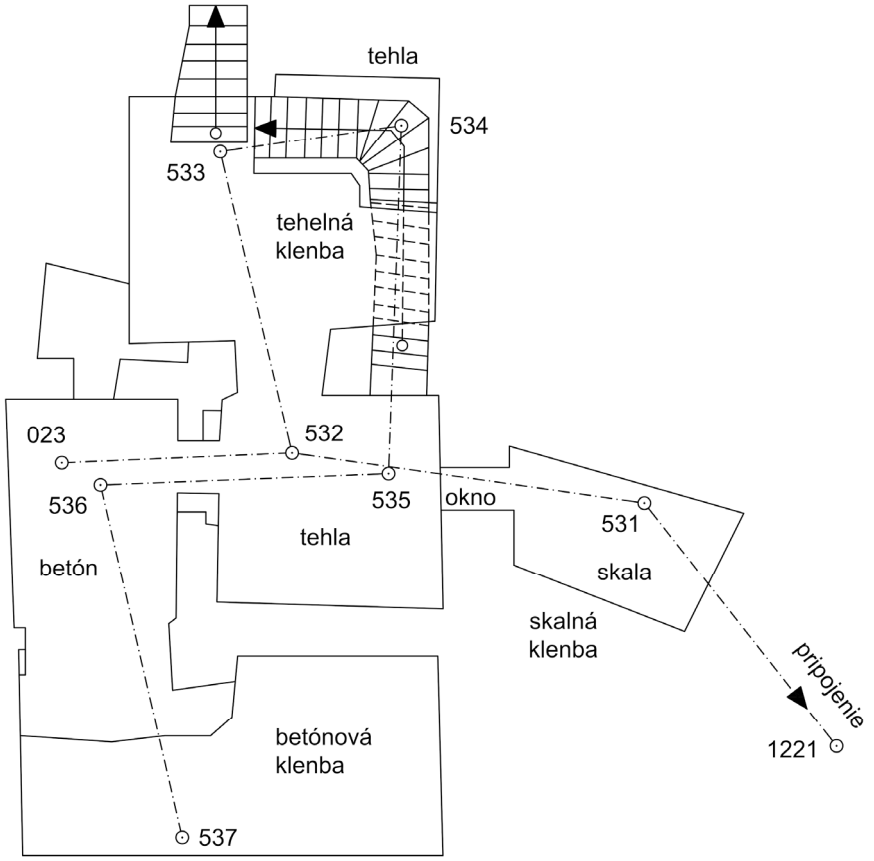
- vybudovanie, zameranie a pripojenie bodového poľa v podzemí,
- mapovanie a vyhotovenie dokumentácie podzemných priestorov,
- špeciálne meračské práce súvisiace s meraním detailov (profily, rezy, reliéfy a pod.).

Merania sa vykonávajú v triede presnosti 2 alebo 3, podľa dohody s obstarávateľom. Pred začatím meračských prác sa vykoná rekognoskácia podzemných priestorov, pri ktorej sa zisťuje bezpečnosť stropov, prístupových ciest, rebríkov, schodov, hĺbka vôd, nánosov, prítomnosť jedovatých plynov, možnosť vetrania, osvetlenia a pod. Súčasne sa posúdi úplnosť a vhodnosť dokumentácie získanej od obstarávateľa a ich súlad so skutočnosťou. Zároveň sa určí vybavenie meračských čiat ochrannými pomôckami v súlade so všeobecnými predpismi BOZP a predpismi obstarávateľa.

Bodové pole sa tvorí v podobe polygónovej štruktúry vhodne volenej v podzemných častiach objektu (Obr. 13.2) s prihliadaním na potrebu ich pripojenia na povrchovú časť bodového poľa. Pripojenie oboch častí bodového poľa je možné cez schodisko, okná alebo iné úklonné alebo zvislé otvory slúžiace väčšinou na vetrenie priestorov. Najčastejším spôsobom pripojenia je vedenie polygónového ťahu cez vstupné schodisko, prípadne okná, silne determinujúce rozmiestnenie bodov polygónovej štruktúry. V prípade potreby sa na pripojenie vytvárajú pripojovacie obrazce (priamka, trojuholník, štvoruholník a ďalšie). Zriedkavejšie sa využíva pripojenie jedným bodom a azimutom určeným gyroskopickým meraním. Vzhľadom na relatívne malé prevýšenie je možné na premietanie využiť jednak optické prevažovače, laserové prevažovače alebo mechanické olovnice.

Nevhodná konfigurácia v podobe krátkych dĺžok, rozdielnej dĺžky strán, výrazného sklonu zámer a výrazných zmien smeru, spôsobujú intenzívny vplyv meračských chýb a chýb prístrojov. V spojení s nedostačujúcim osvetlením priestorov a nutnosti využívať umelé

osvetlenie možno očakávať intenzívny prejav systematických chýb vo výsledkoch merania. Je preto dôležité na merania využívať iba rektifikované prístroje a pomôcky.



Obr. 13.2. Ukážka polygónovej štruktúry rozvinutej v podzemných priestoroch (Michalčák, 1985)

Presnosť bodov podrobného bodového poľa je stanovená technickým predpisom STN 73 0415. Presnosť pomocných meračských bodov sa vyjadruje strednou súradnicovou chybou:

- $\sigma_{xy} = 0{,}06$ (m) v 2. triede presnosti mapovania,
- $\sigma_{xy} = 0{,}10$ (m) v 3. triede presnosti mapovania.

Presnosť merania uhlov a dĺžok v polygónových ťahoch sa volí tak, aby základná súradnicová chyba bodu polygónového ťahu neprekročila hodnoty uvedené pre meračské body vyššie:

a) pre body uprostred obojstranne orientovaného a pripojeného polygónového ťahu

$$\sigma_{xy} = \sqrt{\sigma_s^2 \cdot \frac{n-1}{8} + \sigma_\omega^2 \cdot s^2 \cdot \frac{n(n^2-3)}{384\rho^2} + \sigma_{vs}^2 + \sigma_s^2 \cdot s^2 \cdot \frac{n(n^2-1)}{64\rho^2}} \text{ (mm)}, \qquad (13\text{-}1)$$

b) pre body uprostred pripojeného polygónového ťahu (bez orientácií)

$$\sigma_{xy} = \sqrt{\sigma_s^2 \cdot \frac{n-1}{8} + \sigma_\omega^2 \cdot s^2 \cdot \frac{n(n^2-3)}{96\rho^2} + \sigma_{vs}^2} \text{ (mm)}, \qquad (13\text{-}2)$$

c) pre koncový bod voľného polygónového ťahu

$$\sigma_{xy} = \sqrt{\sigma_s^2 \cdot \frac{n-1}{2} + \sigma_\omega^2 \cdot s_{pk}^2 \cdot \frac{n-1{,}5}{3\rho^2} + \sigma_{vs}^2 + \sigma_\alpha^2 \cdot \frac{s_{pk}^2}{2\rho^2}} \text{ (mm)}, \tag{13-3}$$

kde jednotlivé symboly znamenajú

σ_{xy} základnú strednú súradnicovú chybu bodu uprostred, resp. na konci ťahu,

σ_s základnú strednú chybu meranej strany,

σ_ω základnú strednú chybu meraného uhla,

σ_{vs} základnú strednú súradnicovú chybu pripájacieho bodu,

σ_α základnú strednú súradnicovú chybu orientačného smeru,

n počet vrcholov,

s priemernú dĺžku v ťahu,

s_{pk} vzdialenosť počiatočného a koncového bodu ťahu.

Presnosť merania sa overuje porovnaním skutočných odchýlok v uzávere polygónového ťahu s krajnými chybami. Krajné chyby garantujúce vyžadovanú kvalitu merania sú určené v predpise (SÚGK, 1984) v podobe:

a) krajná uhlová odchýlka O_ω, kde n je počet vrcholov,

$$O_\omega = 2 \cdot \sqrt{n \cdot \sigma_\omega^2 + 2 \cdot \sigma_\sigma^2}\,, \tag{13-4}$$

b) krajná polohová odchýlka v uzávere O_p polygónového ťahu obojstranne orientovaného a pripojeného

$$O_p = 2{,}5 \cdot \sqrt{\sigma_s^2 \cdot \frac{n-1}{2} + \sigma_\omega^2 \cdot s^2 \cdot \frac{n(n^2-1)}{24\rho^2} + \sigma_s^2 \cdot s^2 \cdot \frac{(n-1)^2}{2\rho^2} + 2 \cdot \sigma_{vs}^2} \text{ (m)}, \tag{13-5}$$

c) krajná odchýlka v dĺžke O_d medzi koncovými bodmi votknutého polygónového ťahu

$$O_d = 2 \cdot \sqrt{\sigma_s^2 \cdot (n-1) + 2 \cdot \sigma_{vs}^2} \text{ (m)}. \tag{13-6}$$

Na stabilizáciu bodov bodového poľa je vhodné využívať klincové značky v podlahe. V prípade zatopených priestorov sa využíva stropná stabilizácia alebo stabilizácia v stenách. Vzhľadom na rozsah a časovú náročnosť meraní je potrebné stabilizáciu vykonať trvalým spôsobom.

Na signalizáciu sa používajú cieľové značky využívané na meranie podzemných priestorov s možnosťou osvetlenia. Pri stropnej stabilizácii sa bod signalizuje závesom olovnice alebo vysúvacou (rozpernou) tyčou so signalizáciou.

Grafická časť dokumentácie nesie znaky máp veľkých mierok vyhotovených podľa STN 01 3410 a STN 01 3411, s prihliadnutím na špecifiká problematiky. Mapy sa vyhotovujú

v JTSK a výškovom systéme Bpv. Voľba mierky mapy závisí od vyžadovanej hustoty a podrobnosti výslednej dokumentácie, obvykle sa určí po dohode s projektantom. Často sa volí mierka 1 : 200, na vyhotovenie náčrtov a zachytenie detailov sa používajú výkresy vyhotovené v mierke 1 : 100 alebo 1 : 50. Na zber údajov je vhodné použiť metodiku terestrického laserového skenovania (TLS), digitálnej fotogrametrie alebo polárnej metódy s využitím univerzálnych meracích staníc (UMS) s možnosťou merania dĺžok bez použitia odrazových systémov (hranolov, fólií a pod.). Vzhľadom na vysoké nároky zaznamenania detailov je vhodné pri použití polárnej metódy využiť prístroje vybavené skenovacím módom.

Predmetom podrobného merania sú chodby, schodiská, miestnosti, vetracie zariadenia, káblové a odvodňovacie zariadenia. Okrem ich tvaru a charakteristických rozmerov je predmetom merania materiál (kameň, tehla, drevo a pod.), informácia o povrchovej úprave, záznam tvarových detailov. Pri meraní je potrebné myslieť na nepravidelný tvar otvorov (dvere, okná, výklenky), stien, stropov, klenieb a podláh. V prípade šikmých, nepravidelných stien sa znázorňuje okrem päty steny aj zvislý priemet v najširšom alebo najužšom mieste, alebo v určitej výške nad podlahou.

Tvorba pôdorysov, **rezov, profilov**, ich rozmiestnenie, smerovanie a hustota sa riadi požiadavkami projektanta alebo stavebníka. Je účelné tieto konzultovať pred prípravou meračských prác. Rezy a profily sa priebežne číslujú v rámci meračského náčrtu, ich poloha a smer sa vyznačia bodkočiarkovanou čiarou. Čísla rezov sa vložia do krúžkov. Krajné body rezu sa na podlahe označia farbou a merajú sa ako podrobné body polohopisu. Rezy sa zobrazia spravidla v mierke 1 : 100 vo voľnej časti náčrtu, alebo na samostatnom papieri s označením pôvodného náčrtu, ku ktorému patria.

Pri meraní podzemných priestorov sa spravidla vyhotovujú **meračské náčrty**. Orientujú sa na sever a zakladajú sa tak, aby zobrazovali ucelený úsek meraného priestoru. Meračský náčrt obsahuje body meračskej siete na povrchu a v podzemí, predmety merania a čísla podrobných bodov, prípadne iné predmety a údaje podľa požiadaviek obstarávateľa. Ak mierka náčrtu nedovoľuje zobrazenie niektorých podrobností predmetu merania, vyhotoví sa príložný meračský náčrt alebo detail. Prehľad meračských náčrtov sa vyhotovuje na podklade prehľadného náčrtu bodového poľa. Povinné údaje sa v meračskom náčrte vyznačujú trvalým spôsobom.

Meračský náčrt sa vyhotovuje pre jednotlivé úrovne samostatne, alebo sa jednotlivé úrovne podzemia rozlíšia farebne (Obr. 13.3). Vstupy z povrchu do podzemia sa vyznačia čiarou hrúbky 1 mm a s krátkou výraznou šípkou. Obvod zatopených častí podzemia sa vyznačí čiarkovanou čiarou a s popisom „zatopené“. Závaly a porušené časti sa ohraničia tenkou plnou čiarou a plošne „vybodkujú“. Rozhranie druhov materiálov, z ktorých boli podzemné priestory vybudované, sa vyznačí čiarkovanou úsečkou pretínajúcou napr. chodby v miestach zmeny a popisom druhu materiálu (napr. tehla, betón, kameň, pieskovec, íl, žula a pod.). Podzemné vedenia a ďalšie predmety merania sa zobrazia podľa STN 01 3411.

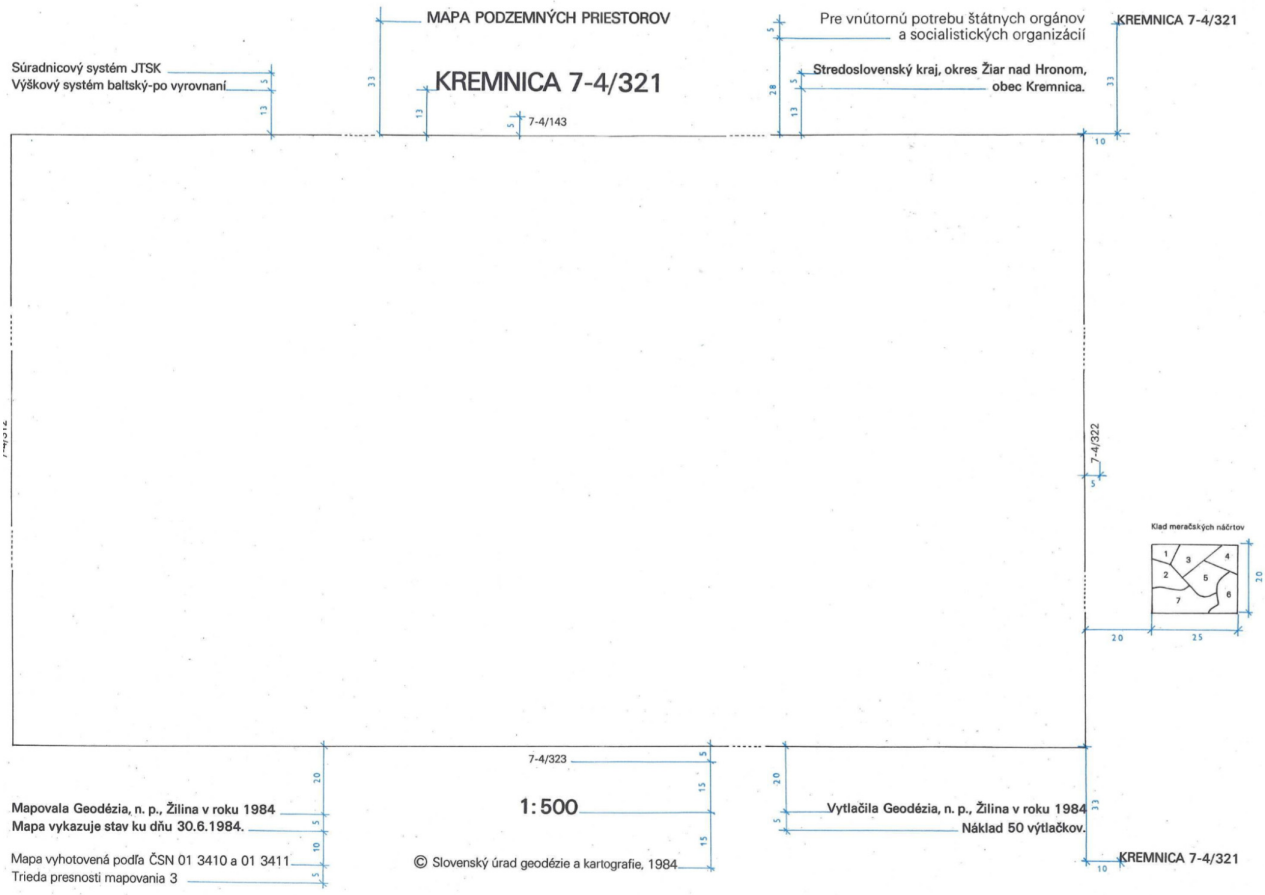
a) na povrchu b) v podzemí

Obr. 13.3. Ukážka meračského náčrtu (SÚGK,1984)

Výškopis podzemných priestoroch sa vyjadrí kótami podrobných bodov. V priestoroch s približne vodorovnou podlahou (výšky bodov sa nelíšia o viac ako 0,05 m), sa výškopis vyznačí len jednou kótou uprostred miestnosti (priestoru). Táto sa napíše v tvare zlomku, v čitateli ktorého je relatívna výška najvyššieho bodu stropu nad podlahou, v menovateli nadmorská výška podlahy. Výšky meračských bodov, stabilizovaných v strope, sa v zlomku píšu obrátene, t. j. v čitateli je nadmorská výška stropu a v menovateli jeho relatívna výška nad podlahou. Spôsob zákresu podzemných vedení upravuje technická norma STN 01 3411.

Popis mapových listov obsahuje rámové a mimo rámové údaje, názvy objektov vo vnútri mapového listu (Obr. 13.4). Výsledný elaborát a dokumentácia podzemných priestorov sa vyhotoví v skladbe podľa predpisu (SUGK, 1984) a obsahuje:

- technickú správu,
- sprievodný záznam,
- projekt merania,
- výsledky číselných a grafických prác,
- záznamy o rokovaniach,
- zoznamy bodov (súradnice, výšky, charakteristiky presnosti),
- meračské náčrty, výpočty, zápisníky,
- ďalšiu dokumentáciu.



Obr. 13.4. Rámové a mimo rámové údaje mapového listu (SÚGK,1984)

Časti elaborátu, ktoré podliehajú oznamovacej povinnosti, sa odovzdajú katastrálnemu odboru príslušného okresného úradu. Obstarávateľovi sa odovzdáva celá dokumentácia podzemných priestorov, resp. jej časť, podľa ustanovení zmluvy o dielo.

Literatúra

DIKO, D. – FERANČÍK, P. 2003. *Základná mapa Tunela Sitina*. Výrez z ML Stupava 0-9/213. Skanska BS, a. s., Prievidza, Stredisko merania a geológie.

EICHHOLZ, K. – SCHÄFLER, R. 1978. Gyromat, ein automatischer Vermessungskreisel höchster Präzision. *Mitteilungen aus dem Markscheidewesen* 85, 1978. s. 281–293.

GRILLMAYER, E. 2003. Untersuchungen systematischer Fehlereinflüsse bei Messungen mit dem Kreisel DMT Gyromat 2000: Dizertačná práca. Graz : Ingenieurgeodäsie – TU Graz. 2003. 202 s. ISBN 978-3-8322-1588-0

HEISTER, H. 1992. Zur Anordnung von Kreiselmessungen unter besonderer Berücksichtigung von systematischen Fehlereinflüssen, In *H. J. Matthias and A. Grün (Hg.)* "Ingenieurvermessungskurs 1992 ", Dümmler Verlag, Zürich, Beitrag I7.

JACOBS, E. 1991. Prezisionslotungen und Richtungsübertragungen mittels Zenitdistanz-messung. *Der Vermessungsingenieur*, 3/1991, s. 111-114 (od r. 2006 – VDV Magazin, Geodäsie und Geoinformatik), ISSN 0042-4099

KOPÁČIK, A. 1998. *Meracie systémy v inžinierskej geodézii*. 1. vydanie. Bratislava: Vydavateľstvo STU, 1998. 183 s. ISBN 80-227-1036-9

KORRITKE, N. 1997. Zur Anwendung hochpräziser Kreiselmessungen im Bergbau und Tunnelbau. Dissertation. Geodätische Schriftenreihe der TU Braunschweig Nr. 14, ISBN 3-926146-09-5

KOVANIČ, Ľ. – MATOUŠ, J. – MUČKA, A. 1990. *Důlní měřictví.* 1. vydanie. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury. 440 s., ISBN 80-03-00229-X

KRÁĽ, R. – FERANČÍK, P. 2007. *Základná mapa Štôlne Elisabeth, Gemerská Poloma.* ML Nálepkovo 7-6/412, Skanska BS, a. s., Prievidza, Stredisko merania a geológie.

KUČERA, K. 1960. Důlní paralaktická polygonometrie se svislou latí. *Geodetický a kartografický sborník*: Sv. 6. SNTL/Řada teoretické lit, Praha, 73 s.

LIENHART, W. - BRUNNER, F. K. 2004. Temperaturabhängigkeit der Kreiselmessungen mit einem GYROMAT 2000. *Zeitschrift für Vermessungswesen*, vol.109, no.4, s. 235–241, ISSN 1618-8950

LUKÁČ, Š. – MACEJ, I. 2002. Historický vývoj banských máp. *240 rokov vysokého technického školstva na Slovensku*: Zborník z vedeckej konferencie 12. 9. 2002 v Bratislave. Sekcia 4: Kartografia, Geodézia, Vodné hospodárstvo. Bratislava: STU v Bratislave, 2002, s. 63-70. ISBN 80-227-1728-2

LUKÁČ, Š. – PÍŠ, D. 1982. *Vybrané problémy inžinierskej geodézie: Meranie gyroteodolitom MOM GI – B2*. Edícia Katedry geodézie a Vedeckého laboratória fotogrametrie, zošit 13, Bratislava: Edičné stredisko SVŠT v Bratislave, 1979. 80 s.

MICHALČÁK, O. 1985. *Inžinierska geodézia III. Banskomeračské práce*. Bratislava: Edičné stredisko SVŠT v Bratislave, 1985, 152 s.

MICHALČÁK, O. – VOSIKA, O. – VESELÝ, M. – NOVÁK, Z. 1990. *Inžinierska geodézia II*. Bratislava: Vydavateľstvo Alfa, 1990, 363 s., ISBN 80-05-00678-0

NESET, K. 1967. *Důlní měřictví II*, Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1967, 468 s., ISBN 04-411-67

PETRÁŠ, J. 1959. *Použitie pozemnej stereofotogrametrie pre zameranie lomov a povrchových baní.* Výskumná správa. Bratislava, Katedra geodézie, SVŠT, 1959.

ŠMÍDA, B. – PAP, I. – KAPUCIAN, E. 2004. Mesačný tieň – nový jaskynný systém Vysokých Tatier. *Spravodaj SSS*, ročník XXXV, č. 3, 2004, s. 3-17, ISSN 1335-5023

CHANG, W. – WU, C. – TSAI, Y. – CHUI, W. 2018. Object volume estimation based on 3D point cloud. In *International Automatic Control Conference*, CACS 2017 November 1-5, 2018. doi:10.1109/CACS.2017.8284244

Elektronické zdroje

CHALMERS, T. W. 2018. *The Gyroscopic Compass*. The Project Gutenberg EBook #57200. 2018 dostupné na: https://www.gutenberg.org/files/57200/57200-h/57200-h.htm#ip_9, 12/2018.

Encylopaedica Britannica, Inc., dostupné na: https://cdn.britannica.com/86, 12/2018.

Esa, 2018. Blog Caves, dostupné na: http://blogs.esa.int/caves/2017/11/20/the-beauty-of-science/ 12/2018.

Čierne diery, 2017. *Dúbravské bane*. Baníctvo, dostupné na: http://ciernediery.sk/dubravske-bane/, 12/2018.

FOIF, 2018. GTA1300, dostupné na: http://www.foif.com/products/gta1300-gyroscope-station, 12/2018.

GET, 2018. Důlně měřická dokumentace, dostupné na: http://www.get.cz/cz/dulne-mericka-dokumentace/, 12/2018.

Hlavný banský úrad, 2018. Štátna banská správa, organizačná štruktúra, dostupné na: www.hbu.sk, 12/2018.

ICOMOS, 2018. ICOMOS, dostupné na: https://www.icomos.org/en/charters-and-texts, 03/2018.

Krošľák, J. 2015. *Görgeiho tunel mal byť podľa turistov už dávno technickou pamiatkou*. SME, My Bystrica, dostupné na: https://mybystrica.sme.sk/c/8000049/gorgeiho-tunel-mal-byt-podla-turistov-uz-davno-technickou-pamiatkou.html, 12/2018.

Leica, 2018. Leica Nova Mining Application, dostupné na: https://www.youtube.com/watch?v=-71FeT755t8, 12/2018.

MOM, 2018. Gyroteodolity, dostupné na: http://www.mombudapest.hu/geo/Gi-B1_2.html, 09/2018.

Pamiatkový úrad SR, 2018a. Pamiatková rezervácia Špania dolina, Veduta Španej Doliny – Arvay, rok 1765, Štátny banský archív v Banskej Štiavnici – fond HKG 8994, dostupné na: http://www.pamiatky.sk/sk/page/zasady-ochrany-pr-spania-dolina, 12/2018.

Pamiatkový úrad SR, 2018b. Pamiatková zóna Gelnica, Katastrálne zameranie mesta Gelnica z r. 1868 M 1 : 2 880, dostupné na: http://www.pamiatky.sk/sk/page/zasady-ochrany-pz-gelnica, 12/2018.

Pamiatkový úrad SR, 2018c. Prehľadná mapa banského mesta Gelnica z r. 1788 – uložená v Mestskom archíve v Šali, dostupné na: http://www.pamiatky.sk/sk/page/zasady-ochrany-pz-gelnica, 12/2018.

Pamiatkový úrad SR, 2018d. Grafická schéma, dostupné na: https://www.pamiatky.sk/sk/page/graficka-schema-uradu, 12/2018.

Pixabay, 2018a. Povrchová ťažba hnedého uhlia, dostupné na: https://pixabay.com/sk/povrchovej-%C5%A5a%C5%BEbe-hned%C3%A9ho-uhlia-111365/, 12/2018.

Pixabay, 2018b. Kolesové rýpadlo, dostupné na: https://pixabay.com/sk/bager-kolesov%C3%A9-r%C3%BDpadlo-1050501/, 12/2018.

SCCS, 2018. Laserový okulár 46-FG-L30, dostupné na: www.sccssurvey.co.uk, 12/2018.

Researchgate, 2018. Krasnohorska cave, maps, dostupné na: https://www.researchgate.net/profile/Wojciech_Wroblewski/publication/314161731/figure/fig1/AS:602727105167360@1520712748815/Location-of-Kr-asnohorsk-a-Cave-and-Drienovsk-a-Cave-maps-of-the-caves-with-position-of.png

Slovakiana, 2018. Kultúrne objekty, dostupné na: https://www.slovakiana.sk/kulturne-objekty/cair-ko1lmnj?content=CAIR_DIV_IMAGES_1&contentDo=urn:nbn:sk:cair-do36zkl, 12/2018.

Slovenský banský archív, 2018a. Archívny fond, Banský úrad v Kremnici 1678-1923, dostupné na: http://www.minv.sk/swift_data/source/verejna_sprava/suba_bstiavnica/Zoznam%20arch_fondov_sba.pdf, 12/2018.

Slovenský banský archív, 2018b. Archívny fond, Zbierka spisov Archívu Dvorskej komory vo Viedni (1550-1882), dostupné na: http://www.minv.sk/swift_data/source/verejna_sprava/suba_bstiavnica/Zoznam%20arch_fondov_sba.pdf, 12/2018.

Slovenská správa jaskýň, 2018. Organizačná štruktúra, dostupné na: www.ssj.sk, 12/2018.

Quark, 2018. Časopis Quark, Luigi Ferdinando Marsigli (1658 – 1730), dostupné na: http://www.quark.sk/luigi-ferdinando-marsigli/, 12/2018.

Thenarwhal, 2018. Plán otvárky lomu pri meste Kamloops, Kanada, dostupné na: https://thenarwhal.ca/fool-s-gold-kamloops-struggles-prevent-open-pit-mining/, 12/2018.

Therion, 2018. Speleo, dostupné na: https://therion.speleo.sk/3D.php, 12/2018.

Virtuelles Museum, 2018. Vermessungsinstrumente, Optischer Hängetheodolit Theo 6.1 - Herstellungsnummer 26035, dostupné na: http://www.bau-popp.de/pages/sonstige-hersteller/vermessungsinstrumente/haengetheodolit-fpm---26035.php, 12/2018.

YouTube, 2018. Černý důl (video zázn.), dostupné na: https://www.youtube.com/watch?v=uGNvUNeRkPc, 12/2108.

Právne predpisy

Zákon č. 50/1976 Zb. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon) v znení neskorších predpisov, dostupné na: http://www.zakonypreludi.sk/zz/1976-50

Zákon č. 44/1988 Zb. o ochrane a využití nerastného bohatstva (banský zákon) v znení neskorších predpisov, dostupné na: http://www.zakonypreludi.sk/zz/1988-44

Zákon SNR č. 51/1988 Zb. o banskej činnosti, výbušninách a o štátnej banskej správe v znení neskorších predpisov, dostupné na: http://www.zakonypreludi.sk/zz/1988-51

Zákon NR SR č. 162/1995 Z. z. o katastri nehnuteľností a o zápise vlastníckych a iných práv k nehnuteľnostiam (katastrálny zákon) v znení neskorších predpisov, dostupné na: http://www.zakonypreludi.sk/zz/1995-162

Zákon NR SR č. 215/1995 Z. z. o geodézii a kartografii v znení neskorších predpisov, dostupné na: http://www.zakonypreludi.sk/zz/1995-215

Zákon č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny v znení neskorších predpisov, dostupné na: http://www.zakonypreludi.sk/zz/2002-543

Zákon č. 49/2002 Z. z. o ochrane pamiatkového fondu v znení neskorších predpisov, dostupné na: http://www.zakonypreludi.sk/zz/2002-49

Zákon č. 569/2007 Z. z. o geologických prácach v znení neskorších predpisov, dostupné na: http://www.zakonypreludi.sk/zz/2007-569

Vyhláška Slovenského banského úradu č. 79/1988 Zb. o chránených ložiskových územiach a dobývacích priestoroch v znení neskorších predpisov, dostupné na: http://www.zakonypreludi.sk/zz/1988-79

Vyhláška Slovenského banského úradu č. 89/1988 Zb. o racionálnom využívaní výhradných ložísk, o povoľovaní a ohlasovaní banskej činnosti a ohlasovaní činnosti vykonávanej banským spôsobom v znení neskorších predpisov, dostupné na: http://www.zakonypreludi.sk/zz/1988-89

Vyhláška Slovenského banského úradu č. 21/1989 Zb. o bezpečnosti a ochrane zdravia a bezpečnosti prevádzky pri banskej činnosti a činnosti vykonávanej banským spôsobom v podzemí v znení neskorších predpisov, dostupné na:

http://www.zakonypreludi.sk/zz/1989-21

Vyhláška Slovenského banského úradu č. 29/1989 Zb. o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci a bezpečnosti prevádzky pri banskej činnosti a činnosti vykonávanej banským spôsobom na povrchu v znení neskorších predpisov, dostupné na: http://www.zakonypreludi.sk/zz/1989-29

Vyhláška Ministerstva hospodárstva Slovenskej republiky č. 333/1996 Z. z., ktorou sa ustanovujú obvody pôsobnosti obvodných banských úradov v znení neskorších predpisov, dostupné na: http://www.zakonypreludi.sk/zz/1996-333

Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 24/2003 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny, dostupné na: http://www.zakonypreludi.sk/zz/2003-24

Vyhláška Ministerstva životného prostredia č. 51/2008 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon č. 569/2007 v znení neskorších predpisov (geologický zákon), dostupné na: http://www.zakonypreludi.sk/zz/2008-51

Vyhláška Ministerstva kultúry SR č. 253/2010 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon o ochrane pamiatkového fondu v znení neskorších predpisov, dostupné na: http://www.zakonypreludi.sk/zz/2010-253

Úprava Slovenského banského úradu č. 3000/1975, ktorou sa vydáva predpis o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci a o bezpečnosti prevádzky pri sprístupňovaní prírodných jaskýň a ich udržiavaní v bezpečnostnom stave (bezpečnostný predpis pre jaskyne) v znení neskorších predpisov (registrovaná v čiastke 33/1975 Zb.), dostupné na: http://www.zakonypreludi.sk/zz/1975

Výnos Slovenského banského úradu č. 4401/1987 o plánoch zdolávania závažných prevádzkových nehôd v hlbinných baniach (reg. v čiastke 2/1988 Zb.), 1987a, dostupné na: http://www.zakonypreludi.sk/zz/1988

Výnos Slovenského banského úradu č. 2000/1987 o plánoch zdolávania závažných prevádzkových nehôd pri vrtných a geofyzikálnych prácach a pri ťažbe, úprave a podzemnom uskladňovaní kvapalných nerastov a plynov v prírodných horninových štruktúrach (reg. v čiastke 2/1988 Zb.), 1987b, dostupné na: http://www.zakonypreludi.sk/zz/1988

Výnos Ministerstva hospodárstva Slovenskej republiky č. 1/1993 o banskomeračskej dokumentácii pri banskej činnosti a niektorých činnostiach vykonávaných banským spôsobom (banskomeračský predpis), dostupné na: http://www.hbu.sk/files/documents/zoznamy/specialnepredpisy/vynos-mh-sr-c-1-1993-o-banskomeracskej-dokumentacii.rtf

Technické predpisy

STN 013410:1990, Mapy veľkých mierok. Základné a účelové mapy.

STN 013411:1989, Mapy veľkých mierok. Kreslenie a značky.

STN 721001:2010, Klasifikácia zemín a skalných hornín.

STN 721001/O1:2011, Klasifikácia zemín a skalných hornín.

STN EN ISO 3098-1:2015, Technická dokumentácia výrobku. Písmo. Časť 1: Všeobecné požiadavky (ISO 3098-1:2015)

STN EN ISO 14689:2018, Geotechnický prieskum a skúšky. Pomenovanie a klasifikácia skalných hornín. Časť 1: Pomenovanie a opis.

Inštrukcia na štandardizáciu farieb máp pre hospodársku výstavbu, SÚGK, 84.11.13.33.53.00-88 (I 22.11.33.10.00, 3-3090/1988, 735 241 I/88), 1988.

Inštrukcia na tvorbu Základnej mapy Slovenskej republiky veľkej mierky, ÚGKK SR, 84.11.13.33.51.00-93 (I 74.20.73.21.00, NP-2703/1993, 984 211 I/93), 1993.

Inštrukcia na práce v polohových bodových poliach, ÚGKK SR, 84.11.13.33.11.00-94 (I 74.20.73.12.00 , NP-3638/1994, 984 121 I/93), zrušené časti: 1.č. §1, 2.č., 4.č., 5.č., 8.č., 1994.

Smernica MŽP SR, č. 7/1999-4 na vykonávanie speleoterapeutických pobytov vo vyhradených priestoroch sprístupnených jaskýň, 1999.

Smernica MŽP SR, č. 2536/760/04-5.1 o správe jaskýň ako vlastníctva Slovenskej republiky, 2004.

Smernica na spravovanie geodetických základov, ÚGKK SR, 84.11.13.31.11.00-06 (P-3878/2006, S 74.20.73.11.00), 2006.

Smernica na štandardizáciu geografických názvov, ÚGKK SR, 84.11.13.31.71.00-15, 2015.

Metodický návod pre mapovanie podzemných priestorov. SÚGK č. 984 231 MN-1/84, 1984.

prof. Ing. Alojz Kopáčik, PhD., doc. Ing. Ján Erdélyi, PhD.
doc. Ing. Peter Kyrinovič, PhD.

GEODÉZIA V PODZEMNÝCH PRIESTOROCH

Vydala Slovenská technická univerzita v Bratislave vo Vydavateľstve SPEKTRUM STU, Bratislava, Vazovova 5, v roku 2019.

Edícia skrípt

Rozsah 171 strán, 149 obrázkov, 4 tabuľky, 13,488 AH, 13,747 VH, 1. vydanie,
edičné číslo 6018, vydané v elektronickej forme, umiestnenie na http://www.svf.stuba.sk

85 – 214 – 2019

ISBN 978-80-227-4924-4