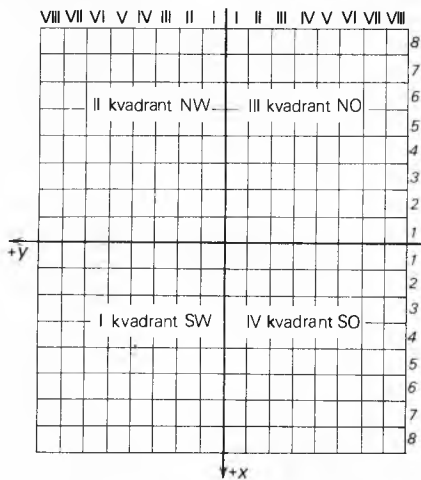
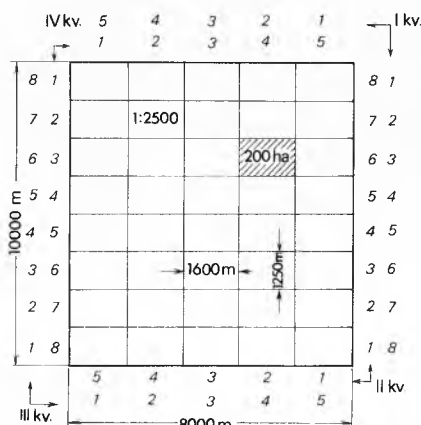


ali se položaj svakog od tih pravokutnika (nazvanih triangulacijska sekcija) u kvadrantima označuje stranama svijeta (NO — sjeveroistočni kvadrant, NW, SW, SO). Svaka triangulacijska sekcija podijeljena je na 40 detaljnih listova (sl. 14), kojima su prikazane površine dimenzija $1600\text{m} \times 1250\text{m}$ ($2 \cdot 10^6\text{m}^2 = 200\text{ha}$). Način označivanja detaljnih listova vidi se na sl. 14.



Sl. 13. Podjela područja na triangulacijske sekcije



Sl. 14. Podjela triangulacijske sekcije na 40 detaljnih listova

Mjerilo za prvobitne planove iznosilo je 1:2880, što odgovara mjerilu 1 palac na planu = 40 hvata na zemljištu. Budući da 1 hvat ima 6 stopa, a stopa 12 palaca, dolazi se do spomenutog mjerila. Nakon uvođenja metra kao osnovne jedinice cijeli je katastarski elaborat preračunat, a planovi su rađeni u mjerilima 1:2500, 1:1250 i 1:625.

Pravokutni koordinatni sustavi u ravnini kartografskih projekcija. Svaki element na površini Zemljinog elipsoida ili kugle može se prikazati nizom točaka, a položaj svake točke određen je geografskim koordinatama φ i λ . Svaka od tih točaka može se preslikati u pravokutni koordinatni sustav u ravnini (ravnina kartografske projekcije) ako se matematički definiraju veze između geografskih i pravokutnih koordinata x i y . Funkcijska je veza između tih koordinata u općenitom obliku

$$x = f_1(\varphi, \lambda) \quad (17)$$

$$y = f_2(\varphi, \lambda), \quad (18)$$

gdje su f_1 i f_2 neprekidne funkcije. O njihovom obliku ovise svojstva projekcije. Postoji vrlo mnogo načina preslikavanja, dakle i vrlo mnogo različitih kartografskih projekcija, već prema analitičkom obliku spomenutih funkcija (v. *Kartografija*).

Ishodišta pravokutnih koordinatnih sustava u ravnini kartografskih projekcija obično se tako odabiru da računanja budu što jednostavnija. Zbog toga se i ishodište postavlja što bliže središtu područja koje se preslikava. Osim toga, nastoji se da vrijednosti koordinata budu uvijek istog predznaka.

Obično svaka zemlja ima jedan ili više pravokutnih koordinatnih sustava, ali se nastoji da se prihvati jedinstveni sustav za cijelu Zemlju (v. *Kartografija*).

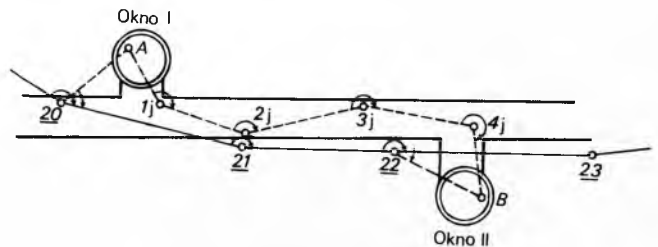
Koordinatni sustav u prostoru. U prostornim koordinatnim sustavima potrebna je, pored apscise i ordinate, i treća koordinata (*aplikata z*). U geodeziji prostornim koordinatnim sustavima određuje se položaj točke s obzirom na površinu Zemljinog elipsoida, odnosno s obzirom na razinu mora (nadmorska visina).

B. Borčić

GEODETSKI RADOVI U RUDARSTVU posebna je grana geodezije razvijena za potrebe rudarstva, osobito za potrebe podzemnih (jamskih) radova. Najčešće se ta grana označuje i specifičnim nazivom *rudarska mjerenja* ili *jamomjerstvo* (engl. mine surveying, franc. arpentage de mines ili arpentage souterrain, njem. Markscheidenwesen, rus. Маркшейденское дело).

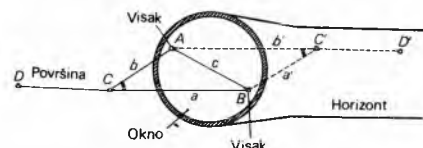
Rudarska mjerenja provode se prilagođenim geodetskim metodama i instrumentima, a služe za izradbu grafičkih prikaza (karata) jamskih prostora u pogodnom mjerilu i svrsishodnoj projekcija s potrebnim tehničkim (rudarskim, geološkim) detaljima. Grafičkim prikazima moraju se stalno pratiti sve promjene u jami, bilo da su one nastale namjerno, tokom rudarskih radova, bilo da su posljedica više sile (prodor vode ili plina, gorski udar, jamski požar). Osim toga, jamskim se mjerenjima prate i promjene što ih jamski radovi uzrokuju na površini, kao što je slijeganje terena nad otkopanim prostorom.

Priključak rudnika na državni premjer. Da bi se rudnički nacrti (i jamski i površinski) uklopili u topografiju i katastarsko stanje okolice, nacrti jamskih prostora moraju se priključiti na državni premjer (državnu mrežu), što se postiže neposrednim ili posrednim mjerenjima. Ako u neposrednoj blizini rudnika ima triangulacijskih točaka, on će se priključiti na njih neposredno ili preciznim poligonometrijskim vlakom. Priključak se može izvesti kroz dva okna (sl. 1) (privremeno kroz jedno), kroz niskop ili drugi neki otvor, i to mehaničkim ili optičkim projiciranjem ili direktnim preciznim poligoniskim vlakom.



Sl. 1. Priključak jame kroz dva okna

Orijentacija jame. Ako je ulaz u jamu kroz potkop, uskop ili koso okno, priključak (orijentacija) jame je na površinu jednostavan, jer se precizni poligonometrijski vlak samo produžuje kroz ulaz u jamski prostor. Ako se, međutim, priključuje kroz okno, orijentacija se jame može izvesti npr. tako da se projiciraju u okno dva viskova



Sl. 2. Priključak jame kroz okno viskovima

nad ušćem okna projekcije vanjskih točaka, pa one predstavljaju dvije točke površinskog mjerenja s koordinatama, prenijete (projicirane) na niži horizont u jami. Tako se u jami dobiva duljina stranice i njezin smjerni kut koji se onda dalje priključuje na tzv. priključni trokut ili četverokut jamskog poligoniskog vlaka. Budući da se čitav jamski poligon (koji može biti vrlo dugačak) oslanja samo na tu kratku orijentiranu stranicu projiciranu s površine, potrebno je svesti netočnost pri projiciranju na najmanju moguću mjeru, po mogućnosti na $\pm 0,10\text{mm}$. Ima i drugih

postupaka za određivanje orijentacije jame kao što su mehanički, fotografski, optičkim viskom, optičkom ravninom ili laserskim priborom. Svaki od navedenih postupaka ima svoje dobre i loše strane koje su ovisne o dubini okna, strujanju zraka (ventilaciji), utjecaju refrakcije, djelovanju kapajuće vode, duljini slobodnog prostora na dnu okna i dr.

Poligonska stranica u jami jest udaljenost između dvije poligonske točke i ona redovito nije horizontalna. Za predočavanje na nacrtima i planovima izmjerena kosa duljina mora se reducirati pomoću visinske razlike h na horizont. Zato se duljine u jami ne mjere samo po tlu ili iznad poda hodnika prislanjanjem vrpce uz visak obješen na krajnjim točkama (ako je nagib hodnika manji, vrpca se prislanja vodoravno, a ako je veći, koso) već stepenasto (ravnjačom ili podravnjačom), autoredukcijskim daljinomjerom (sa specijalnim kratkim letvama uz prisilno centriranje) ili elektrooptičkim daljinomjerima.

Jamski poligonski vlak. Pri odabiranju mjesta za postavljanje poligonskih točaka potrebno je prije toga rekognoscirati jamu (hodnik) uz crtanje skice i vođenje zapisnika s položajnim opisom. Točke se postavljaju na lomovima (zavojima) ili na križanjima hodnika, prema kriteriju da duljine stranica budu podjednake. Poligonske se točke u jami trajno ili privremeno stabiliziraju željeznim klinovima, pločicama s rupom, čepovima od suhog drveta sa željeznom kukom, mjednim vijcima i sl. (sl. 3).



Sl. 3. Vrste znakova za poligonske točke. a stabilizacija točaka u stropu hodnika, b zatezni vijci kao točke pri kompasnom mjerenju, c stalne visinske točke (reperi)

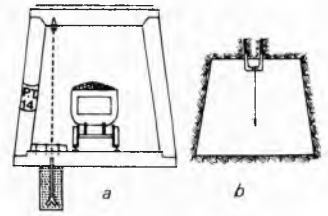
One se označuju bojom s rednim brojem i datumom postavljanja, a postavljaju se u živoj stijeni krovine, stropnice, podgrade ili podu hodnika kako bi se pri svakom mjerenju instrument (npr. teodolit, sl. 4) ili signal (značka, letva) mogao postaviti uvijek točno na isto mjesto pomoću stativa, ručice (konzole) ili posebnih klinova uvijenih ili zabijenih u jamsku podgradu (sl. 5). Koordinate (x, y, H) poligonskih točaka određuju se iz mjerenja horizontalnih i vertikalnih kutova, duljina



Sl. 4. Busolni teodolit

(reduciranih na horizont) i visinskih razlika susjednih točaka spojenih u poligonskom vlaku (trigonometrijskim ili geometrijskim nivelmanom).

Sl. 5. Poligonska točka stabilizirana u podu i stropu hodnika. a poligonska točka stabilizirana u podu i stropnici hodnika, b poligonska točka označena u stropu hodnika



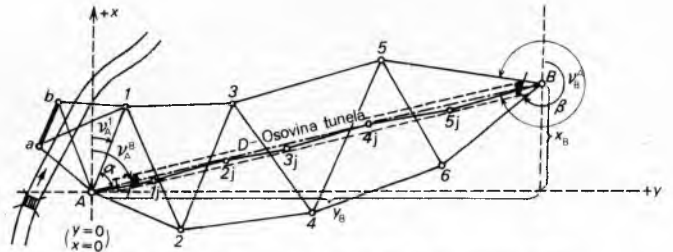
Metode rada i instrument uzimaju se prema vrsti i redu poligonskog vlaka, mjestu rada i namjeni (precizna i dopunska mjerenja).

Poligonski vlakovi svrstavaju se u dvije grupe: poligonski vlak između dvije poznate točke (sl. 6) i otvoreni poligonski vlak s priključkom na jednu poznatu točku.

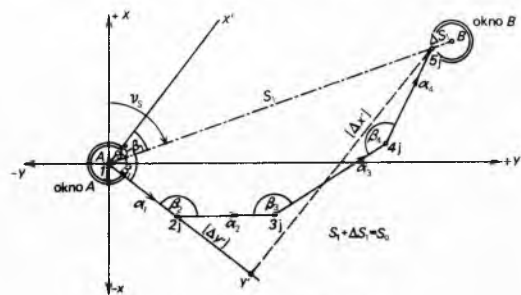
Poligonski vlak između dvije točke biti s početnom i završnom orijentacijom (zatvoreni poligon), samo s početnom orijentacijom i bez orijentacije (uračunati poligon).

Početna i završna orijentacija osiguravaju najbolji priključak jame na površinu. Za račun izjednačenja pri tom se mogu postaviti tri jednadžbe zavisnosti (jedna kutna i dvije stranične). Nije, međutim, uvijek moguće osigurati obje orijentacije.

Kad postoji samo početna orijentacija, a to je kad se ulazi u jamu hodnikom, a izlazi kroz okno (ili obrnuto) u kojem visi samo jedan visak, tada je poligon umetnut između dvije točke, a orijentiran samo na ulazu gdje se može izmjeriti kut prema visku. Za takav poligonski vlak postoje samo dvije jednadžbe zavisnosti.



Sl. 6. Poligonski jamski vlak između dvije poznate točke



Sl. 7. Uračunati poligon

Kad ne postoji orijentacija ni na početnoj ni završnoj točki, tj. kad postoje dva okna za priključak na površinsku mrežu, tada se u svako okno spušta po jedan visak, a među njih se umeće jamski poligonski vlak. A i B (sl. 7) su točke viska na površini, a njihova udaljenost iznosi S_{AB} . Za određivanje udaljenosti između prve točke A i krajnje točke jamskog poligonskog vlaka potreban je pomoćni koordinatni sustav (x', y') , kojem je položaj definiran kutom β_1

$$\tan(90^\circ - \beta_1) = \frac{[\Delta y']}{[\Delta x']} \quad (1)$$

pa je ta udaljenost:

$$S_1 = \frac{[\Delta y']}{\sin(90^\circ - \beta_1)} = \frac{[\Delta x']}{\cos(90^\circ - \beta_1)} \quad (2)$$

Budući da su viskovi usmjereni prema središtu Zemlje, udaljenost viskova pod zemljom S_0 bit će manja od njihove udaljenosti na površini S_{AB}

$$S_{AB} = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2},$$

pa će razlika iznositi

$$\Delta S_0 = \frac{S_{AB}h}{r}, \quad (3)$$

gdje je h relativna dubina okna, a r polumjer Zemlje. Zbog slučajnih pogrešaka mjerenja duljina i kutova, i zbog netočnosti pri određivanju kuta β_1 , krajnja točka poligonskog vlaka neće se poklopiti s točkom B , već će se pojaviti razlika (sl. 7)

$$\Delta S_1 = S_0 - S_1. \quad (4)$$

U poligonu između točaka A i B s početnom i završnom orijentacijom postoje tri uvjeta, koji izmjerene veličine moraju zadovoljiti. Ti uvjeti jesu:

1. $\sum \beta_i = v_B - v_A$,
 2. $\sum s_i \cos v_i = x_B - x_A$,
 3. $\sum s_i \sin v_i = y_B - y_A$,
- (5)

tj. zbroj izmjerenih poligonskih kutova morao bi biti jednak razlici orijentacija (smjernih kutova) na kraju i na početku poligona; druga dva uvjeta zahtijevaju jednakost između stalnih razlika koordinata zadanih točaka A i B i zbroj $\sum s_i \cos v_i = \sum \Delta x_i$ i $\sum s_i \sin v_i = \sum \Delta y_i$; razlika koordinata između susjednih točaka poligona. Jednadžbe (5) zovu se *jednadžbe uvjeta* i *jednadžbe priključka*. One neće biti zadovoljene ako se u njihove lijeve strane uvrste mjerene veličine, pa će tako nastati nesuglasice u svakoj jednadžbi. Nesuglasice se moraju poništiti dodavanjem popravaka v_i mjenjenim veličinama uz uvjet da bude $[v v]$ minimum, odnosno u ovom slučaju da bude uvjetni minimum

$$[v v] - 2 \sum_{i=1}^3 \lambda_i \varphi_i = \text{minimum (ili } [p v] - 2 \sum_{i=1}^3 \lambda_i \varphi_i = \text{min.)}$$

gdje su φ_i uvjetne jednadžbe, a λ_i još su neodređene korelate. Proces izjednačenja odvija se prema pravilima za *neposredna mjerenja vezana uvjetima*.

Ako poligon ima samo jednu orijentiranu stranu (npr. zadan je smjerni kut v_A), prva jednadžba u (5) otpada, dok druga i treća i dalje vrijede, te se proces izjednačenja provodi sa dvije uvjetne jednadžbe.

Sve tri jednadžbe (5) ne mogu se postaviti za poligon bez početne i završne orijentacije (uračunati poligon), jer u njemu nisu mjereni vezni kutovi u A i B (sl. 7). U (2) je pokazano kako se određuje udaljenost od prve točke poligona A do krajnje točke B_1 , koja će poslije orijentacije poligona pomoću kuta $90 - \beta_1$ ležati na spojnici AB , ali općenito neće pasti u B , zbog čega nastaje razlika ΔS_1 (v. (4)). Uračunati poligon se mora popraviti tako da se poništi nesuglasica ΔS_1 . To se najjednostavnije postiže povećanjem (kad je $\Delta S_1 > 0$) ili smanjenjem (kad je $\Delta S_1 < 0$) svih mjenjenih stranica poligona u omjeru S_0/S_1 . Razlika ΔS_1 nastaje zbog slučajnih pogrešaka u mjerenju stranica i prijelomnih kutova poligona (osim veznih, koji nisu mjenjeni), dok se na ovaj način poligon popravljala samo popravcima dužinskih elemenata, tj. stranica.

Druga i treća uvjetna jednadžba iz (5) mogu se napisati i u drugačijem obliku, naime, one se mogu napisati u obliku jednadžbe projekcije poligona na stranicu S_{AB} (sl. 7) i projekcije na normalu na tu stranicu. U prvoj će nesuglasica biti ΔS_1 , dok u drugoj ona će biti nula. U orijentiranom poligonu kut β_1 (sl. 7) može se odrediti iz mjerenja, dok u uračunatom on se određuje pomoću (1), tj. iz podataka izvedenih iz mjenjenih veličina. Postoji tendencija u nekih autora da se pomoću tako određenog kuta β_1 pišu dvije uvjetne jednadžbe i za uračunati poligon, no tu se krši osnovni princip izjednačenja prema uvjetnim

jednadžbama koji zahtijeva da uvjetne jednadžbe budu nezavisne i sastavljene pomoću mjenjenih veličina. Popravljeni poligon smjestit će se tako da će početi u A i završiti u B , ali to ne znači da su točke poligona (sl. 7) zauzele svoja prava mjesta, jer je poligon sastavljen od mjenjenih stranica i mjenjenih kutova, koji mogu imati uobičajene slučajne pogreške mjerenja (netočnosti pri mjerenju), ali za popravljavanje tih veličina nema prave osnove jer ima premalo mjenjenih veličina. Zbog toga u uračunatim poligonima treba i stranice i kutove mjeriti veoma točno. Samo tako se može osigurati pouzdanost podataka, koje daje uračunati poligon. Pri upotrebi uračunatog poligona uvijek postoji opasnost pogreške, jer se svaki uračunati poligon (s pogrešnim stranicama i kutovima) može smjestiti između zadanih točaka A i B . Na postojanje grube pogreške u uračunatom poligonu može pokazati veličina ΔS_1 . Zapisnici mjerenja i računanja moraju biti čitljivi i prema propisanim obrascima. Svi mjenjeni i računski rezultati jamskog poligonskog vlaka mogu, naime, biti potrebni i za naknadnu obradu kao podloga za istraživanja i statističke analize.

Dozvoljena odstupanja. Tehnički propisi o rudarskom mjerenju, mjeračkim knjigama i rudarskim planovima dozvoljavaju najveće kutno odstupanje između dva nezavisna mjerenja ili u zaključnom poligonu.

$$f_\beta = \pm 45'' \sqrt{\sum n_i + k} \leq 5', \quad (6a)$$

a za ostale jamske poligone

$$f_\beta = \pm 60'' \sqrt{\sum n_i + k} \leq 6', \quad (6b)$$

gdje je n_i parametar stajališta, a k je broj koji ovisi o vrsti poligonskog vlaka. Za kutove kojima vertikalna vizura (na susjedne poligonske točke) iznosi $0 \dots \pm 10^\circ$ uzima se $n_i = 1$, ako je vertikalna vizura $10 \dots 45^\circ$ $n_i = 2,5$, a za vertikalnu je vizuru veću od $\pm 45^\circ$ $n_i = 4$. Svakom n_i na stajalištu s vizurnom linijom kraćom od 10m navedenoj vrijednosti n_i dodaje se 0,5, odnosno 1,0 ako su dvije kratke vizure. Vrijednosti za k u poligonskom vlaklu iznose: $k = 15$ za poligonski vlak uključen između dvije poznate točke, i za magnetski orijentirane poligone, $k = 70/S^2$ (S je udaljenost viskova u m) za jamski poligonski vlak priključen samo kroz jedno okno dubine do 400m, $k = 90/S^2$ za okno dubine 400-600m, a $k = 130/S^2$ kad je dubina okna veća od 600m.

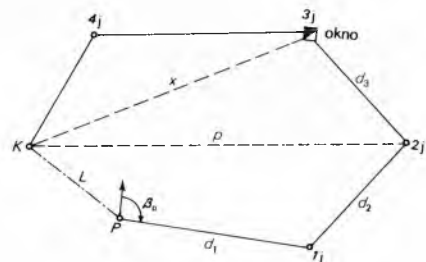
Dozvoljena razlika između dva posebna mjerenja iste poligonske stranice i dozvoljena razlika sumā duljina poligonskog vlaka mjenjenog u oba smjera iznosi pri preciznim jamskim mjerenjima

$$f_d = 0,0025 \sqrt{l} + 0,001 l, \quad (7)$$

a pri ostalim jamskim mjerenjima

$$f_d = 0,0050 \sqrt{l} + 0,002 l, \quad (8)$$

gdje je l (m) mjerena duljina.



Sl. 8. Jamski poligonski vlak

U jamskim poligonskim vlakovima (sl. 8) ukupno linearno odstupanje položaja krajnje točke poligona iz prvog i drugog mjerenja ne smije biti veće od

$$f_d = \pm \sqrt{200 + \frac{5}{100} [d] + 6 \left(\frac{L}{100} \right)^2 + 2n \left(\frac{p}{100} \right)^2 + k \left(\frac{x}{100} \right)^2}, \quad (9)$$

gdje je $[d]$ zbroj svih stranica reduciranih na horizont, L udaljenost po pravcu između početne P i krajnje K točke poligonskog vlaka (u m), n broj prijelomnih poligonskih kutova, p udaljenost po pravcu između krajnje K i najudaljenije točke poligonskog vlaka, x udaljenost po pravcu između krajnje točke K i točke na kojoj je izvršen priključak (okno), a k konstanta koja ovisi o vrsti poligonskog vlaka. Vrijednosti konstante k iznose: $k = 0$ za direktni poligonski vlak, $k = 70$ za poligon uključen između dvije točke ili za magnetski orijentirani poligon, $k = 330/S^2$ (S je udaljenost viskova u m) za poligon priključen pomoću jednog okna dubokog do 400m, $k = 430/S^2$ za dubinu okna 400-600m, a $k = 600/S^2$ kad je dubina okna veća od 600m.

U formuli (9) prvi član predstavlja pogrešku početne triangulacijske ili poligonske točke, drugi član pogrešku što nastaje zbog slučajnih pogrešaka pri mjerenju duljina, treći član pogrešku što nastaje zbog sistematskih pogrešaka pri mjerenju duljine, četvrti član poprečnu pogrešku što nastaje od slučajnih pogrešaka mjerenja prijelomnih kutova, a peti član pogrešku što nastaje pri projiciranju u okno (priključni trokut).

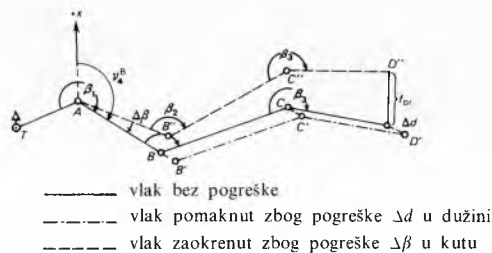
Kad je jamski poligonski vlak ispružen (sl. 9), poprečna pogreška ne smije biti veća od

$$f_{pr} = \pm \frac{P}{100} \sqrt{2 \sum n_i} \text{ cm,} \quad (10)$$

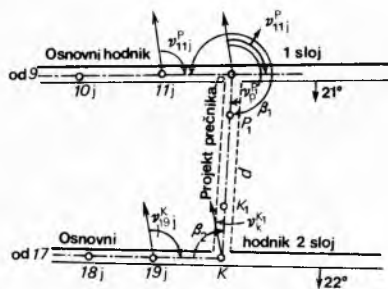
a kad poligonski vlakovi služe za određivanje proboja u jami ili za određivanje jamskih radova u vezi s površinom, pogreška ne smije prijeći granicu određenu tehničkim zahtjevom za taj proboj, ali uvijek mora biti zadovoljen uvjet

$$f_l = \pm \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \leq 0,15 \text{ m,} \quad (11)$$

bez obzira na duljinu poligonskog vlaka i broj prijelomnih kutova (sl. 9).



Sl. 9. Greške u poligonskim vlakovima



Sl. 10. Podaci za proboj prečnika (spojnog hodnika)

Snimanje jame obavlja se radi izradbe plana u određenom mjerilu sa svim pojedinostima kao podloga tehničkoj dokumentaciji, za projektiranje i eksploataciju. Prije su se jame snimale bez posebnih pomagala; jama se mjerila koracima, pa se tako dobivala približna skica (kroki); zatim su se jame mjerile dioptrama i lancima, što je davalo točniju skicu; nakon toga se izrađivao nacrt pomoću kompasa, padomjera i vrpce, a danas se plan dobiva mjerenjem teodolitom, letvom, priborom za projiciranje, giroteodolitom i laserskim priborom. Položaj slojeva, rasjeklina, hodnika i sl. određuje se s obzirom na poligonsku

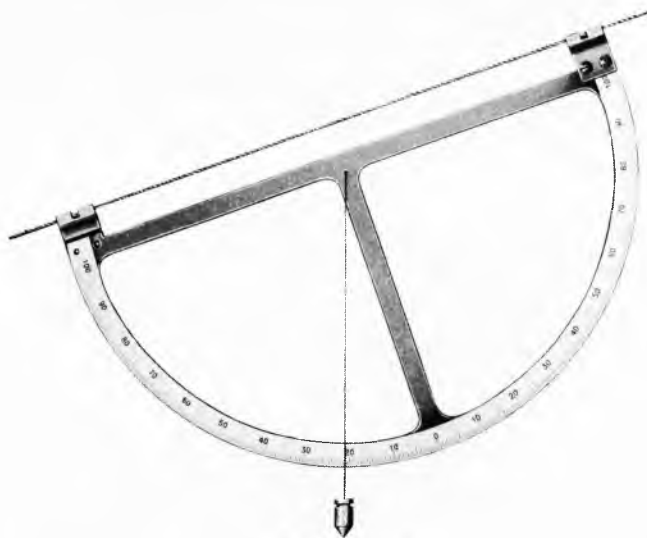


Sl. 11. Rudarski (viseći) kompas

točku, poligonsku stranicu ili zasebno položen pravac snimanja (pripadne udaljenosti od te točke do sjecišta ordinata, sl. 10). Debljina rudišta određuje se direktnim dužinskim mjerenjima od krovine do podine, okomito na pravac pada sloja. *Smjer pružanja sloja* označuje njegovo horizontalno protezanje u smjeru neke određene (dogovorene) strane svijeta (horizontalni kut između magnetskog sjevera i smjera pružanja sloja). Pravac koji na ravnini sloja ide (okomito na pravac pružanja) u smjeru najvećeg pada zove se *pravac pada*. *Smjer pružanja* je horizontalni pravac i u ravnini sloja okomit na pravac pada. Vertikalni kut što ga zatvara pravac pada s horizontalnim pravcem zove se *nakloni kut* sloja. Ako je jedna ravnina sloja vidljiva, elementi (smjer pružanja i smjer pada) određuju se geološkim kompasom ili visećim (rudarskim) kompasom (sl. 11), a nakloni kut padomjerom (sl. 12). Podaci pružanja sloja upisuju se u nacrtu razlomkom, npr. $\frac{42^\circ}{27}$, gdje brojnik označuje smjer, a nazivnik

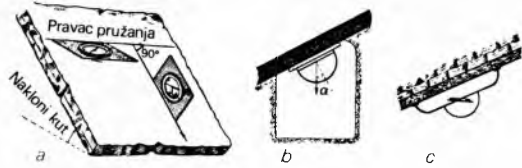
nakloni kut sloja. U prečniku (sl. 10) snima se smjer pružanja tako da se u bokove hodnika s iste strane obiju otkrivenih ploha sloja horizontalno učvrsti konopac (što odgovara položaju smjera pružanja), ovjesi viseći (rudarski) kompas (sl. 13) i na skali kompasa očita smjer pružanja. Ako se bok hodnika vertikalno, padomjer se polaže na trag sloja u boku hodnika (sl. 14).

U oknima i slijepim oknima snima se odozgo ili odozdo na srednji pravac ili na dva bočna vertikalno položena pravca snimanja (ortogonalno). Veći podzemni prostori (spilje, kaverne i sl.) snimaju se polarnom metodom (tahimetrija), blizopredmet-

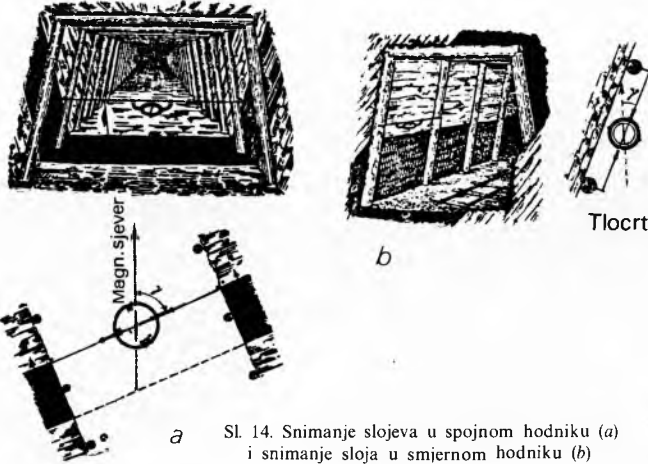


Sl. 12. Padomjer

nom fotogrametrijom (fototeodolit s kratkom bazom), laserskim daljinomjerom, laserskom zrakom (točkom) s fotografskim aparatom. Spajanjem tako određenih točaka dobiva se kontura hodnika. U krivinama treba snimiti više točaka i spojiti ih krivuljama.

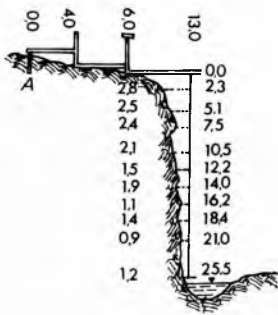


Sl. 13. Snimanje geološkim kompasom (a), padomjerom (b) i visećim kompasom (c)



Sl. 14. Snimanje slojeva u spojnom hodniku (a) i snimanje sloja u smjernom hodniku (b)

Snimanje površinskog kopa. Uz tahimetrijsku metodu za snimanje površinskog kopa primjenjuju se terestrička i aerofotogrametrijska metoda snimanja etaža površinskog kopa i objekata na njemu za potrebe računanja volumena masa, miniranja i sl., i za vizuelno praćenje radova na nacrtima ili fotogramima. Poligonske točke moraju biti priključene na državni premjer neposredno, rudničkom lokalnom triangulacijom ili preciznim poligonskim vlakom. Mjesta poligonskih točaka moraju biti brižljivo odabrana i stabilizirana kako ne bi bila uništena radom teških strojeva. Tahimetrijska (polarna metoda) vrlo je podesna za snimanje terena pri detaljnoj izmjeri, jer se svaka točka terena može snimiti prema položaju na tlu i visini. Prilikom snimanja poprečnih profila u strmini i visokim etažama može se primijeniti i horizontalno postavljena konzola s pričvršćenom mjernom vrpcom s krajem usidrenim na dnu profila. Radnik se spušta po ljestvama od uzeta niz strminu i na svim



Sl. 15. Snimanje strmog profila na površini

prijelomima očitava apscisu i ordinatu, tj. dubine i odstojanja prijelomnih točaka od vrpce (sl. 15). Pri težim terenskim prikama (odron kamenja) i kad primjena tahimetrijskih metoda i opisani način snimanja poprečnih profila postaju opasni, može se upotrijebiti trigonometrijsko mjerenje duljina i visina nepri-

stupačnih točaka pomoću dva teodolita. Na horizontalnom dijelu etaže izabire se baza tako da se sa obje krajnje točke vide sve točke profila koje treba snimiti. Točke A i B (sl. 16) priključe se na postojeću poligonsku mrežu x, y, H. Na točkama A i B postave se teodoliti i čitaju se istodobno vertikalni α_1, α_2 i horizontalni kutovi β_1 i β_2 , vizirajući na obojenu željeznu kuglu koja se spušta (prema odabranom profilu) niz strminu. Udaljenosti d_1 i d_2 (sl. 16) iznose

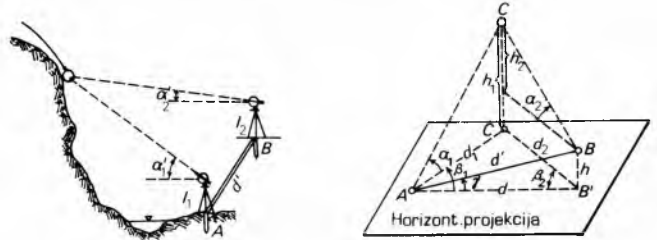
$$d_1 = d \frac{\sin \beta_2}{\sin(\beta_1 + \beta_2)} \quad \text{i} \quad d_2 = d \frac{\sin \beta_1}{\sin(\beta_1 + \beta_2)} \quad (12)$$

gdje je $d = d' \cos \gamma$, a visinske razlike h_1 i h_2 između točaka A i C, odnosno između B i C jesu:

$$h_1 = d_1 \tan \alpha_1 \quad \text{i} \quad h_2 = d_2 \tan \alpha_2. \quad (13)$$

Najbolja i najvjernija podloga za projektiranje i račun kubatura zemljanih radova (masa) dobiva se terestričkom fotogrametrijom (automatizacijom se može povećati brzina kontrolnih mjerenja). Za primjenu terestričke fotogrametrije moraju biti ispunjeni slijedeći uvjeti: područje mora biti sa slabom vegetacijom tla ili bez nje, visinske razlike u području mjerenja moraju biti povoljne, potrebno je dovoljno pristupačnih (prikladnih) mjesta s dobrim pogledom na odabrano područje, prilazna mjesta moraju biti povoljno raspoređena, instrumentarij mora biti adekvatan (fototeodolit, stereoautograf).

Da bi snimanje iz letjelice bilo svrsishodnije (aerofotogrametrija), može se izvršiti snimanje koje može biti eventualno povezano s drugim naručiocima (šumarje, poljoprivredna dobra i sl.), jer je rudnik redovito relativno malo područje.



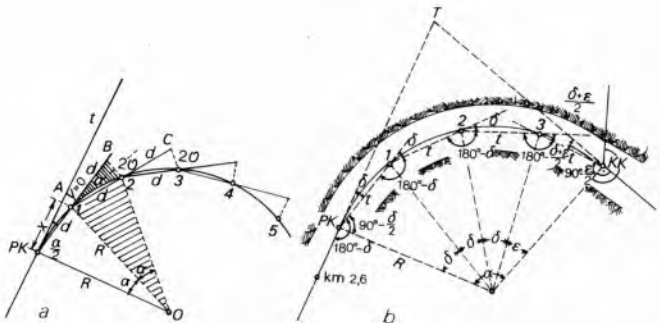
Sl. 16. Snimanje sa dva teodolita

Jamski detalji. Sve ono što se ugrađuje u jamske prostore prilikom eksploatacije, a može kasnije poslužiti za buduće rudarske radove, mora se snimiti (evidentirati) i na nacrtima prikazati.

Jamski su detalji: profili okna, hodnika, otkopa i čela, zatim sipke, navozišta, transformatorske stanice, taložnice vode, priručne radionice, požarni zidovi i vrata, vjetrene stanice i vrata, granice slojeva, rasjedi, skladišta eksploziva, postrojenja za izvoženje, instalacije za odvodnjavanje i obranu od vode, sigurnosni (zaštitni) stupovi i dr.

Jamski detalji snimaju se u jami ortogonalnom ili polarnom metodom.

Krivine u jami. Hodnik se može izvesti i u kružnom luku ili nekoj krivulji. Prilikom računanja iskolčenja upotrebljavaju



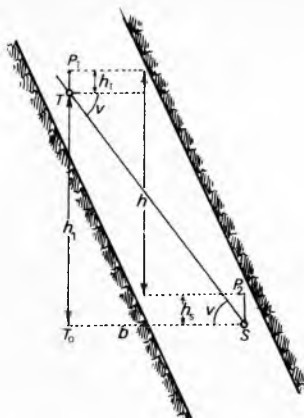
Sl. 17. Iskolčavanje kružnih krivina (a) i nepravilnih krivina (b) metodom uzastopnih tetiva

se tablice za iskolčenje krivina s vrijednostima za obodni kut, duljinu tetive, ili tangente i njoj odgovarajuće okomice. Za iskolčenje u jami potrebni su teodolit i pribor (vrpca, lanac, prizma, trasirka i letva). Postupak je prikazan na sl. 17.



Sl. 18. Jamski signal

Mjerenje u kosim oknima. Da bi se moglo mjeriti teodolitom u strmim (kosim) hodnicima (oknima), dodaje se na objektivne (ili na okular) prizma, a na okular protuuteg. Teodolit s prizmom i signal (značka) (sl. 18) postavljaju se na ručice (konzole) učvršćene u podgradu ili na daske koje su učvršćene između bokova kosog okna. Položaj teodolita na tim daskama (točkama) nije uvijek obilježen (stabiliziran) te se taj način mjerenja zove *mjerenje s izgubljenim točkama*. Tada nema kontrolnog mjerenja. Da bi se postigla propisana točnost mjerenja, na teodolit se postavlja osjetljiva jahaća libela, kojom se osigurava strogo vertikalni položaj glavne okretne osi. Horizontalna duljina između



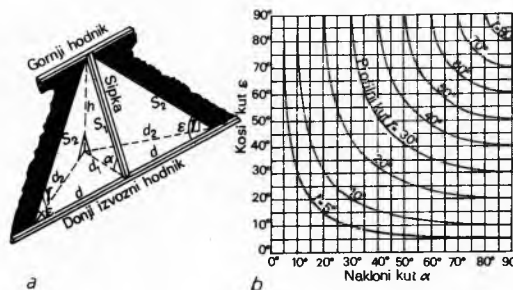
Sl. 19. Mjerenje teodolitom pri radovima na strmim

stajališta ne može se mjeriti, već se mora izračunati iz podataka mjerenja.

Kad se mjeri u kosom oknu (sl. 19), teodolit s prizmom za strme vizure nalazi se u točki T na vertikalnoj udaljenosti h od točke na stropu i vizira se na signal u točki S na visinskom razmaku h_s od druge čvrste točke. Mjeri se, dakle, vertikalni kut, a horizontalna udaljenost između točaka T i S računa se prema formuli

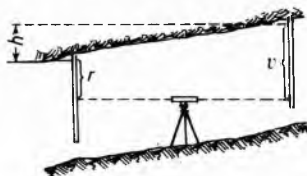
$$\overline{ST_0} = b = h_1 \cot v = (h + h_s - h_1) \cot v. \quad (14)$$

Kosi otkopi. Za primjenu kosog otkopa u srednjostrimim i strmim slojevima potrebno je grafički ili računski odrediti položaj otkopnog čela s propisanim kutom ($26 \dots 45^\circ$) između donjeg hodnika i otkopnog čela (ϵ na sl. 20), duljinu otkopnog čela (S_2) i duljinu donjeg izvoznog hodnika d . Obično su poznate vrijednosti naklonog kuta sloja α , profilnog kuta γ i visinska razlika između gornjeg i donjeg hodnika h .



Sl. 20. Određivanje podataka za kosi otkop

Grafičko rješenje. Najprije se pomoću h i α konstruira padni trokut sloja, a zatim pomoću h i γ padni trokut otkopnog čela. Iz prvog trokuta dobiva se duljina sipke S_1 , a iz drugog duljina otkopnog čela S_2 . Pomoću S_1 i S_2 konstruira se pravokutni trokut, u kojemu je kut suprotan kateti S_1 jednak traženom kutu ϵ kojim je određen smjer otkopnog čela, a kateta koja prileži uz kut ϵ jednaka je duljini d donjeg izvoznog hodnika.



Sl. 21. Nivelman u jami

Analitičko rješenje. Za kutove α i γ vrijede slijedeće relacije

$$\sin \alpha = \frac{h}{S_1}; \quad \sin \gamma = \frac{h}{S_2}, \quad (15)$$

pa je

$$\frac{\sin \gamma}{\sin \alpha} = \frac{S_1}{S_2}. \quad (16)$$

Budući da je

$$\sin \epsilon = \frac{S_1}{S_2}; \quad \cos \epsilon = \frac{d}{S_2}, \quad (17)$$

bit će

$$\sin \epsilon = \frac{\sin \gamma}{\sin \alpha}; \quad d = S_2 \cos \epsilon = h \frac{\cos \epsilon}{\sin \gamma}. \quad (18)$$

Poznavajući kutove α i γ , kut ϵ između donjeg izvoznog čela i otkopnog čela može se odrediti iz dijagrama na sl. 20.

Rudarski nivelman. Geometrijski nivelman stalnih točaka (repera) u jami radi se istim metodama kao i na površini, samo

što su letve kraće zbog male visine hodnika. Kad su poligonske točke stabilizirane u krovu hodnika, nivelmansku letvu treba okrenuti i držati ispod točke (ovjesiti za točku) i zato se visinska razlika izračunava iz relacije $h = v - r$ (sl. 21).

Uzdužnim nivelmanom utvrđuju se mjesta jamskih pritisaka koja prouzrokuju promjene u koti pada krova hodnika, i to na temelju ponovljenog nivelmana.

Prema rudarskim propisima dozvoljeno odstupanje pri mjerenju visinskih razlika u nivelmanskim vlakovima na površini ne smije biti veće od

$$f_h = \pm \sqrt{25 + \frac{S}{5}} \text{ mm}, \quad (19)$$

gdje je S m duljina vlaka. Dozvoljeno odstupanje pri mjerenju visinskih razlika u glavnim nivelmanskim vlakovima ovisi o nagibu hodnika. Ako je nagib hodnika manji od 5° , dozvoljeno odstupanje iznosi

$$f_h = \pm 0,003 \sqrt{10 + \frac{d}{4} + \left(\frac{d}{100}\right)^2} \text{ m}, \quad (20)$$

gdje je d m horizontalna duljina nivelanskog vlaka. Kad je nagib hodnika $5 \dots 20^\circ$, dozvoljeno je odstupanje

$$f_h = \pm 0,003 \sqrt{10 + \frac{2}{3}S + \left(\frac{S}{50}\right)^2} \text{ m}, \quad (21)$$

gdje je S m kosa duljina nivelanskog vlaka, a kad je nagib hodnika veći od 20°

$$f_h = \pm 0,003(0,80 + 0,01\alpha) \sqrt{10 + \frac{2}{3}S + \left(\frac{S}{50}\right)^2} \text{ m}, \quad (22)$$

gdje je S m duljina nivelanskog vlaka, a α kut nagiba (u stupnjevima).

Pri neposrednom mjerenju dubine okna (sl. 22 i 23) odstupanje ne smije biti veće od

$$f_h = \pm 0,004 \sqrt{20 + \frac{2}{15}h} \text{ m}, \quad (23)$$

gdje je h m dubina okna.

Geometrijskim nivelmanom u jami vrijednosti se visina (kota) veznih točaka određuju u milimetrima, a međutočaka u centimetrima. U preciznom nivelmanu srednja pogreška na 1 km duljine ne smije iznositi više od ± 5 mm. Trigonometrijski je nivelman dopušten samo ondje gdje zbog velikih strmina nije moguć geometrijski nivelman. Barometarsko mjerenje visina smije se upotrijebiti samo za približno određivanje visina, i to samo na površini.

Specijalni instrumenti. Teodolit je instrument za mjerenje horizontalnih i vertikalnih kutova, a predviđen je i za prisilno centriranje (u preciznoj poligonometriji), tj. glavni dio instrumenta može se odvojiti od tronošca, u koji se kasnije može

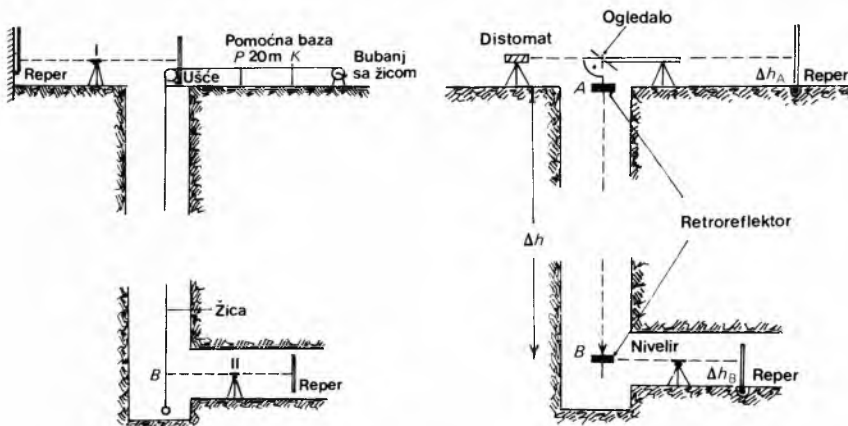
utaknuti optički visak, signal ili bazisna letva. Teodolit se postavlja iznad ili ispod poligonske točke (ako je u podu ili stropu hodnika), na stativ ili konzolu učvršćenu vijcima u jamsku pod-



Sl. 24. Viseći teodolit

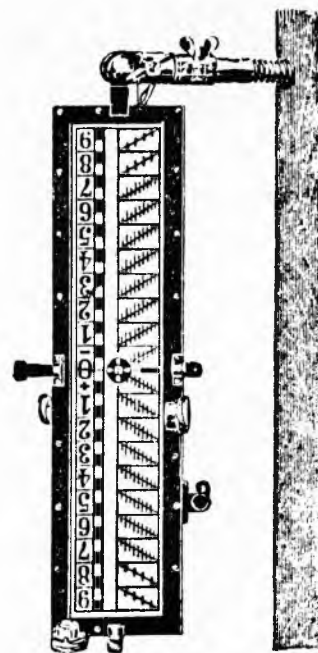


Sl. 25. Signal za viseći teodolit



Sl. 23. Mjerenje dubine okna elektrooptičkim daljinomjerom

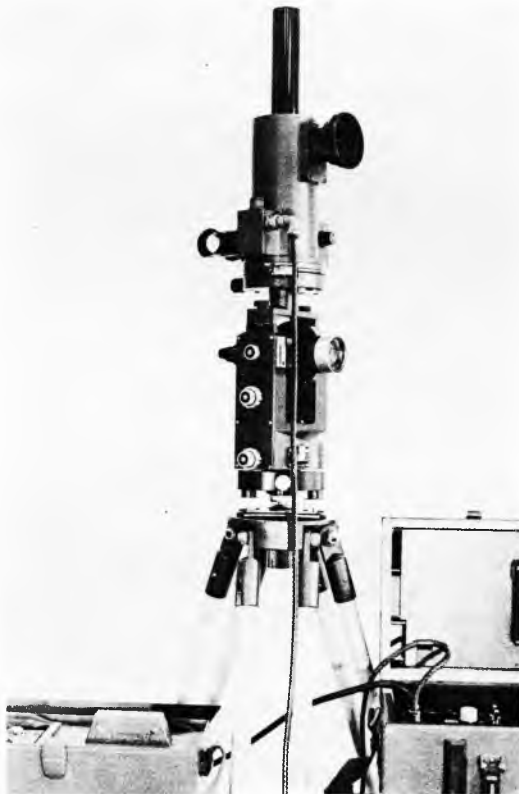
Sl. 22. Mjerenje dubine okna invarskom trakom



Sl. 26. Daljinomjerna letva

gradu. Za dopunska se mjerenja u jami upotrebljava *viseći teodolit* (sl. 24). Vješa se na vretenasti klin od specijalnog čelika koji je zabijen u jamsku podgradu (sl. 24). Može se postaviti i u obrnutom položaju kao i na stativ s vretenom. Za praksu je vrlo pogodan, pa se njegovom upotrebom olakšavaju i ubrzavaju dopunska mjerenja. Instrument završava tuljkom koji se natakne na vretenasti klin. Pri tom pružna kočnica tuljka zahvaća utor klina i osigurava instrument da ne sklizne s klina prije nego se stegne vijak za učvršćivanje. Kuglični zglobov između tuljka i instrumenta dozvoljava okretanje instrumenta za grubo horizon-tiranje. Durbin povećava 20 puta s najkraćom vizurom čitanja od 0,2m. Kao signal za viziranje služi kuglica ovješena na lančiću koji se za vrijeme mjerenja pomoću zasebnog tuljka natakne na klin, tj. na ono mjesto gdje je prije toga bio viseći teodolit (sl. 25). Za optičko mjerenje duljina služi jamska daljinomjerna letva koja se može upotrebljavati u vertikalnom (sl. 26) ili horizontalnom položaju. Pri mjerenju u jami moraju se dijelovi u instrumentu (teodolitu) i priboru osvijetliti. Kućište baterije i priključci moraju biti naročito osigurani u jamama s praskavim plinom da se spriječi iskra koja bi uzrokovala eksploziju plina. Tako osigurani instrumenti moraju imati na sebi tvorničku originalnu oznaku, žuto otisnuto Sb (sigurnost od buktavih plinova) ili Se (sigurnost od eksplozije).

Giroteodolit (sl. 27) služi za određivanje azimuta u površinskim i podzemnim radovima. Instrument se u biti sastoji od dijela koji daje (proizvodi) smjer i koji uzima (preuzima) smjer. Postavlja se na stativ. U kućište je ugrađen girokompas

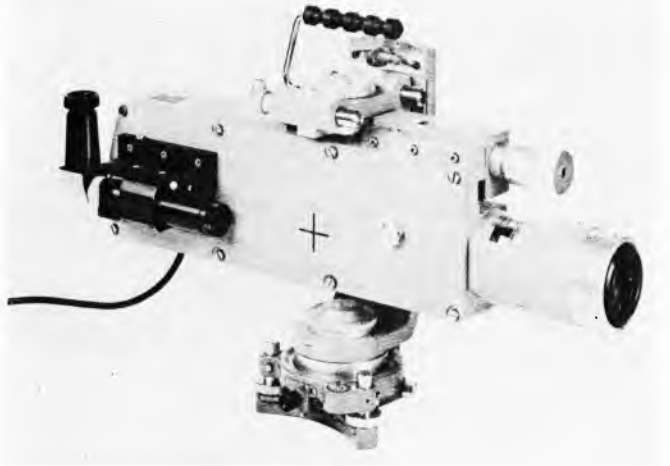


Sl. 27. Giroteodolit

koji visi na tankoj vrpici i daje smjer. Girouređaj okreće se sa 24000 min^{-1} . Energiju (struju) daje akumulator napona 12V, koji se prilikom punjenja može izravno priključiti na gradsku mrežu. Osovina pričvršćenog girouređaja na horizontalnoj ravnini sama se postavi djelovanjem okretanja Zemlje u geografski smjer sjever – jug, tj. u ravninu meridijana. Nije potrebno čekati na umirenje njihaja smjera sjever – jug; povratne točke tih njihaja opažaju se kroz autokolimacijski uređaj koji slijedi pokretanje uređaja. Metode su mjerenja: osnovna metoda ($\frac{Tu}{4}$ perioda), metoda ekstremnih točaka, dotjerivanje na nulu mikrometrom,

metoda prolaza i metoda amplitude. Rad s instrumentom odlikuje se brzom i jednostavnom pripremom za mjerenje i velikom brzinom mjerenja na jednom stajalištu (maksimalno 15 minuta). U mnogim rudnicima te prilikom gradnje tunela i metroa mjere se danas podaci smjerova isključivo giroteodolitom.

Laserskim uređajima od 5mW snage može se kontrolirati smjer, nagib i ravnina (sl. 28). Zraka lasera jasno je vidljiva u tami i služi kao referentna linija od koje se može odmjeravati. Postoje tri osnovna tipa lasera: rubinski, plinski i poluvodički laser, a oblik kućišta određuje namjenu (ležeći, viseći, vodonepropustan i sl.).



Sl. 28. Geodetsko-gradjevinski laser

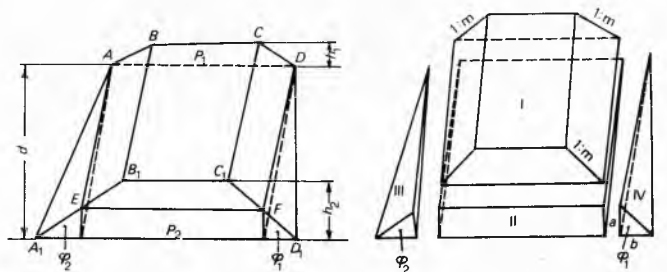
Račun volumena. Volumen zemljanih radova obično se mjeri i računa prije početka, za vrijeme i po završetku radova, i to približnim ili točnim metodama. Dok se svakodnevni obračun kubature radi na osnovi brojanja punih vagoneta, vagona, broja punih kašika bagera itd., ostala se računanja obavljaju na osnovi geodetskog premjera i zovu se *kontrolna mjerenja*.

Za obračun volumena zemljanih radova mogu se upotrijebiti Winklerova, Murzova i Simpsonova formula, a volumen se može izračunati i pomoću stvarnih slojnica (izohipsa).

Volumen je prema Winklerovoj formuli

$$V = \left(\frac{P_1 + P_2}{2} - \frac{m(h_2 - h_1)^2}{6} \right) d, \quad (24)$$

gdje su P_1 i P_2 površine $ABCD$ i $A_1B_1C_1D_1$, h_1 i h_2 su visine čelnih presjeka, d duljina profila, a $1:m$ omjer kojim je definiran nagib sloja (sl. 29).



Sl. 29. Računanje kubature na osnovi Winklerove formule

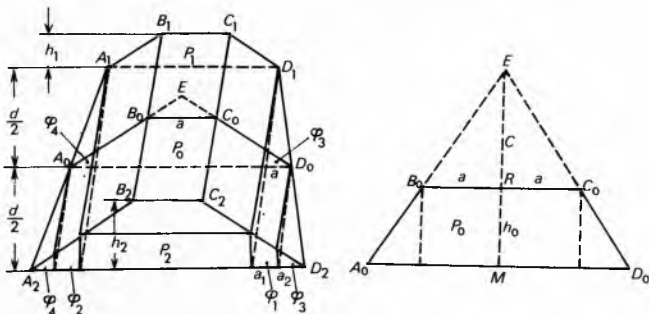
Murzova formula glasi

$$V = \left(P_0 + \frac{m(h_2 - h_1)^2}{12} \right) d, \quad (25a)$$

gdje je P_0 površina sloja na prosječnoj visini $(h_1 + h_2)/2$. Ona se može napisati i u obliku

$$V = \left\{ m \left[\left(\frac{h_2 - h_1}{2} + C \right)^2 - C^2 \right] + \frac{m(h_2 - h_1)^2}{12} \right\} d, \quad (25b)$$

gdje je $C = a/(2m)$, a a je širina gornjeg izravnatog dijela (sl. 30).

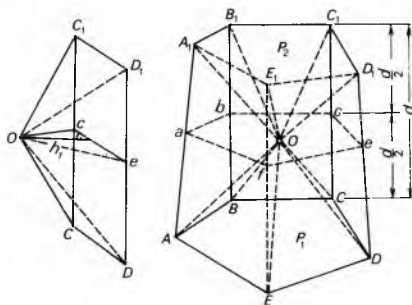


Sl. 30. Računanje kubature na osnovi Murzove formule. a kubatura prizmatoida između profila P_0 i P_2 , b površina P_0 prizmatoida $A_0B_0C_0D_0$

Volumen je prema Simpsonovoj formuli

$$V = (P_1 + 4P_{sr} + P_2) \frac{d}{6}, \quad (26)$$

gdje su P_1 i P_2 površine krajnjih profila, a P_{sr} srednja površina koja se određuje na osnovi srednjih mjera krajnjih profila (sl. 31).

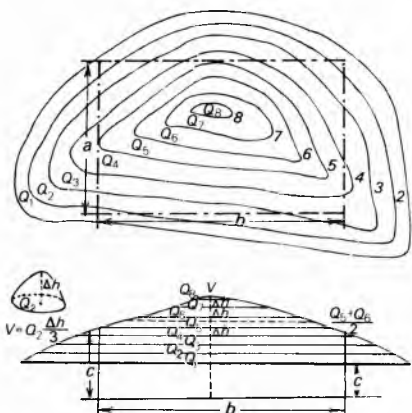


Sl. 31. Računanje kubature na osnovi Simpsonove formule

Kad se volumen određuje pomoću slojnica, računa se prema formuli

$$V = \frac{\Delta h}{3} [Q_1 + 2(Q_3 + Q_5 + \dots + Q_{n-2}) + 4(Q_2 + Q_4 + \dots + Q_{n-1}) + Q_n], \quad (27)$$

gdje je n redni broj slojnice (formula vrijedi za neparni broj

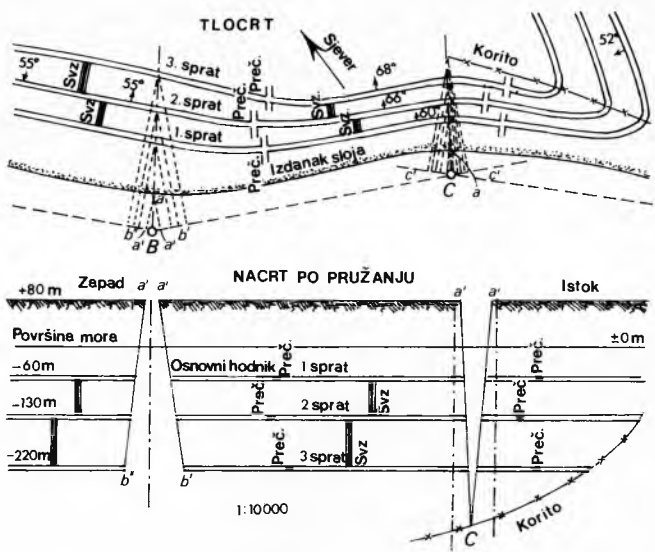


Sl. 32. Računanje kubature na osnovi stvarnih slojnica

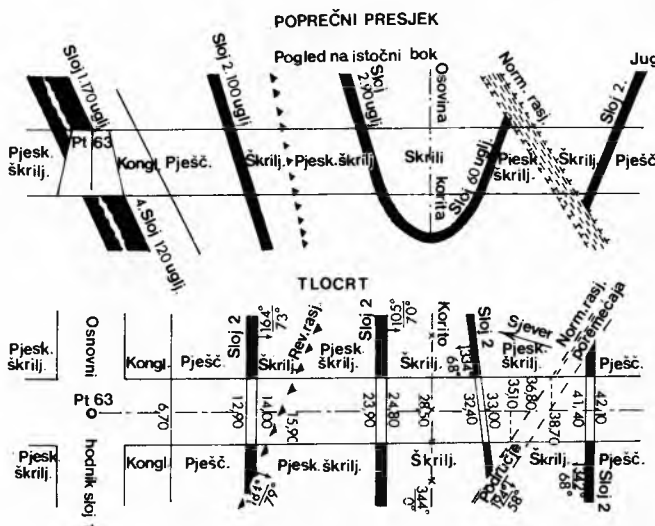
slojnica), $Q_1, Q_2 \dots Q_n$ su površine obuhvaćene pripadajućim slojnicama, a Δh visinska razlika među slojnicama (sl. 32).

Upotrebom formula (24) do (26) postiže se točnost s pogreškom $\pm 0,1 \dots 1\%$, a formulom (27) $5 \dots 10\%$. Pri određivanju volumena brojem vagona, vagoneta i sl. greška iznosi $\pm 10 \dots 20\%$.

Izrada rudarskih karata i planova. Na rudarskim kartama, planovima, prostornim slikama, modelima i sl. umanjeno se prikazuju objekti na površini i u jami. Koje će se mjerilo plana upotrijebiti zavisi od potrebne preglednosti nacrtanih detalja. Propisana su uglavnom slijedeća mjerila: 1:500, 1000, 2500, 5000, 10000, 25000, 50000. Za izradbu profila, lokacije uređaja, mjesta nesreća itd. upotrebljavaju se mjerila: 1:10, 25, 50, 100, 200 i 250. Prema postojećim propisima svaki rudnik mora imati: geološku kartu eksploatacijskog polja, situacijski nacrt tog polja, situacijski plan rudnika, plan jame, otkopni plan jame, plan energetske mreže, plan provjetravanja jame, plan površinskog kopa ili jalovišta, hidrološki plan rudnika, plan tektonike rudnika. Sve to mora biti crtano na crtačem papiru ili listovima od plastične mase velike fizičke i kemijske stabilnosti, jer planovi moraju trajati godinama i pohranjuju se desetljećima. Ni



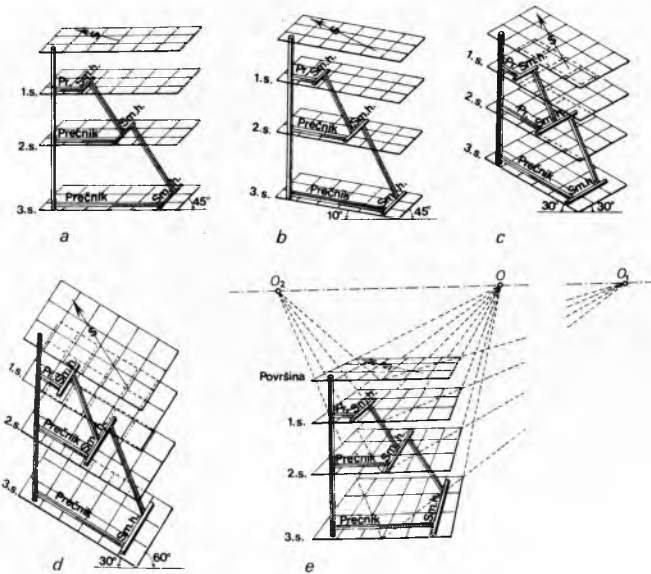
Sl. 33. Nacrt pružanja rudišta



Sl. 34. Snimanje naslaga u prečniku (spojnom hodniku)

tokom desetljeća ne smije doći do deformacije papira, promjene tuša, boje i sl. U praksi nije dovoljan samo kartirani nacrt u mjerilu, kotiran i označen potrebnim tehničkim znacima (simbolima), već se crtaju presjeci, nacrti pružanja rudišta, prostorne

slike i dr. (sl. 33 i 34). Prostorne slike rudnika mogu biti nacrtane u centralnoj, vojnoj i paralelnoj perspektivi, i to dime-tričkim, trimetričkim ili izometričkim predočivanjem jamskih ra-dova, kao i stereoskopskim i anaglifskim slikama (sl. 35). Stan-dardizirani i dogovoreni znakovi koji označuju neki rudarski detalj nazivaju se konvencionalnim rudarskim znakovima.



Sl. 35. Perspektivno prikazivanje jame: a dimetrički način predočivanja jame, b trimetrički način predočivanja jame, c izometrički način predočivanja jame, d jama u vojnoj perspektivi, e dio jame u centralnoj perspektivi

Rudarske štete. Bez obzira na poduzimanje svih propisanih mjera, u podzemnoj i površinskoj eksploataciji ruda dolazi ne-minovno do poremećaja prirodne ravnoteže na Zemljinoj površini, a time i do oštećenja na objektima, naseljima, putnoj mreži, komunalijama itd. Ta se oštećenja nazivaju rudarskim štetama.

Uzroci rudarskih šteta mogu biti različiti: slijeganje površine zbog obrušavanja svoda krovine u otkopanom prostoru; mini-ranje u jami ili na površini s direktnim oštećenjem objekata odbačenim komadima, direktnim zračnim udarom ili seizmičkim djelovanjem; odvodnjavanje vodonosnog pijeska i šljunka (snižavanje razine podzemne vode) radi separacije i u vezi s tim onečišćenje okoliša; stvaranje jalovišta i aktiviranje klizišta na terenu koji je po prirodi sklon klizanju. Zbog svega toga u

preciznom poligonometrijom, mikrotriangulacijom i terestričkom fotogrametrijom, mikrotiangulacijom i terestričkom fotogrametrijom u vremenskim razmacima. Pri određivanju apsolutnih prostornih kretanja tla mora se položajno i visinsko mjerjenje priključiti na stalne i čvrste točke (trigonometrijske i poligonske točke i repere). U vremenskom razmaku, npr. od 1 do 2 mjeseca ponavlja se opažanje da se utvrde pomaci i slijeganje tla. Iz razlike pomaka računa se tlak i vlak, a te se vrijednosti ucrtavaju u plan slijeganja. Da ipak ne bi došlo do slijeganja površine s važnim objektima, potrebno je ispod njih ostaviti dio ležišta netaknut. Taj se dio ležišta zove *zaštitni stup*, koji se u dubinu širi do onih dimenzija gdje se više ne osjeća utjecaj otkopavanja na površinu. Rudarske štete se mogu umanjiti ako se odabere prikladna metoda otkopavanja i ležište rudarski pravilno otkopava.

LIT.: J. Sedlar, Rudarska mjerenja. Nakladni zavod Hrvatske, Zagreb 1949. — H. Wittke, Vermessungstechnik. Vlastita naklada, Goslar 1951. — K. Lehmann, R. Wuster, W. Hagen, Vermessungs- und Risswesen. Bergschaden (Markscheidewesen II). Verlag Glückauf. Essen 1956. — J. Baurić, Rudarska mjerenja I, II. Tehnička knjiga, Zagreb 1957. i 1959.

B. Kanajet

GEODEZIJA, znanost o metodama mjerenja na površini Zemlje i izradbe planova i karata s pomoću rezultata mjerenja, a u vezi s tim, i o metodama određivanja oblika i veličine Zemlje.

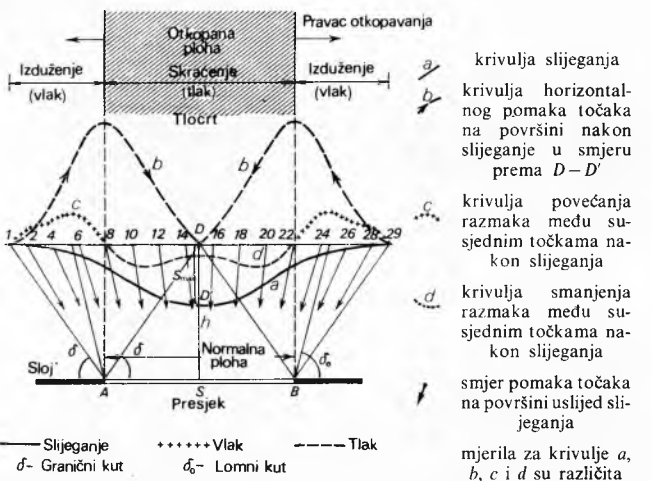
Prema obimu pojedinih operacija, u geodeziji nastale su samostalne discipline ili grane znanosti; npr. izradba karata za veća područja dala je temelj za *kartografiju*, a metoda snimanja terena upotrebom fotoaparature razvila se u *fotogrametriju*, odnosno *aerofotogrametriju*.

Prema veličini površine na kojoj se rade geodetska mjerenja geodezija može biti niža geodezija i viša geodezija. U nižoj se *geodeziji* operacije izvode na ravnini, dok se u *višoj geodeziji* operacije obavljaju na oplošju geoida ili elipsoida. Operacije u nižoj geodeziji zovu se i topografski radovi ili kraće topografija.

Osnovna je svrha geodezije da izradi i pruži točne karte i planove. Karte služe za orijentaciju, kretanje, navigaciju te proučavanje zemalja i krajeva. Planovi treba da prikazu zemljište što vjernije i sa svim pojedinostima, detaljima i objektima, da bi mogli poslužiti u razne privredne i tehničke svrhe. I planovi i karte služe kao osnov za različita geološka i geofizička istraživanja, osnov za projektiranje i izvedbu različitih objekata vezanih za zemljište.

Geodezija se nadalje bavi kontrolom pravilnosti izvedbe pojedinih objekata, što dolazi sve više do izražaja u novije vrijeme intenzivne izgradnje, te kontrolom stabilnosti izgrađenih objekata. Uže djelatnosti geodezije jesu: 1) Određivanje oblika i dimenzija Zemlje, geodetsko-astronomska mjerenja, gravimetrijska mjerenja, određivanje osnovnih točaka za izmjeru putem triangulacije, trilateracije, satelita i preciznog nivelmana; 2) Detaljna izmjera u horizontalnom i visinskom smislu uz potrebno progušćivanje spomenutih osnovnih točaka, te izradba planova u svrsishodnom mjerilu, za opće državne i privredne potrebe (v. *Geodetska izmjera zemljišta*); 3) Fotogrametrija je jedna od metoda za detaljnu izmjeru, za izradbu karata i planova fotogrametrijskim snimanjem terena (v. *Fotogrametrija*, TE5, str. 583); 4) Mjerenja u inženjerstvu za izradbu podloga i projektiranje građevnih objekata, prenošenje projekata na teren. kontrolu točnosti izvođenja projekta i povremenu kontrolu ponašanja i sigurnosti izgrađenog građevnog objekta. Tu spadaju i radovi na uređenju zemljišta za njegovu bolju i racionalniju upotrebu: komasacije, melioracije itd. Ta mjerenja mogu biti oslonjena na opću državnu izmjeru, no s obzirom na karakter pojedinog zadatka mogu biti i samostalna mjerenja i planovi, samo za se specijalne svrhe; 5) Kao posebna geodetska djelatnost izdvaja se *kartografija* (v. *Kartografija*).

Kao i mnoge djelatnosti čovjeka, geodezija ima svoj izvor u počecima civilizacije te se ubraja među najstarije znanosti. Problemi koji su se na tom području rješavali bili su takve naravi, da im se nije moglo pristupiti samo zanatski. Sigurno je, da su prvi počeci povezani s gradnjom prvih pravilnijih nastambi, postavljanjem gređa ili zidova okomito jedan na drugi. Prema iskopinama najstarijih gradova vidljiva je pravilnost gradnje. Gradili su se prokopi



Sl. 36. Hipoteza slijeganja

gornjim slojevima i na površini pojavljuje se horizontalno i vertikalno pomicanje tla (sabijanje i razvlačenje površinskih slojeva, sl. 36). Iznos pomaka može se utvrditi preciznim niveliranjem,