

KOMISIJA ZA SPELEOLOGIJU
HRVATSKI PLANINARSKI SAVEZ



Topografsko snimanje speleoloških objekata

INSTRUKTORSKI RAD

Dominik Šime Samac

Zagreb, 2023.

Sadržaj

1 Uvod i motivacija	3
1.1 Tekstualni dio nacrt	5
1.2 Grafički dio nacrt	5
1.3 Označavanje speleološkog objekta	6
1.4 Ideja speleološkog nacrt	6
2 Poligon	8
2.1 Poligonski vlak	8
2.2 Grananje kanala	10
2.3 Velike dvorane	13
2.4 Završni poligonski vlakovi	16
3 Topografsko snimanje	18
3.1 Mjerilo	18
3.2 Pribor za topografsko snimanje	18
3.3 Mjerenje poligonskog vlaka	19
3.4 Odabir poligonskog vlaka po visini kanala	20
3.4.1 Poligonski vlak u vodoravnim kanalima	20
3.4.2 Poligonski vlak u vertikalama	21
3.4.3 Poligonski vlak u uskim prostorima	21
3.5 Snimatelj snima i mjeri	22
3.6 Snimatelj snima, mjeri oc mjeri	23
3.7 Crtanje na milimetarskom papiru	24
3.8 Detalji	27
3.8.1 Ulaz u speleološki objekt	28
3.8.2 Vertikala	29
3.8.3 Izohipse	29
3.8.4 Sedimenti i korisne informacije	29
3.8.5 Voda	31
3.9 Tehnički nacrt	31
4 Profil i tlocrt	33
4.1 Odabir profila	33
4.2 Ravnanje profila	33
4.3 Lijevi i desni profili	35
4.4 Presjeci	36
4.5 Preklapanje profila	38
4.6 Preklapanje tlocrta	39
5 Klasifikacija speleoloških objekata	40
6 Spajanje nacrt	42
6.1 Kraj papira	42
6.2 Spajanje poligona	43

7 Posebni slučajevi	45
7.1 Speleološki objekt s više ulaza	45
7.2 Poligonski vlakovi koji se ne crtaju	45
7.3 Translacije poligonskog vlaka	46
7.4 Topografsko snimanje u teškim uvjetima	46
8 Greške u mjerenju	48
8.1 Greške u mjerenjima velikih vlakova	48
8.2 Greške u mjerenjima malih vlakova	48
9 Mjerenje širine i visine kanala	50
9.1 Mjerenje širine kanala	50
9.2 Mjerenje visine kanala	51
10 Obrada podataka	52

1 Uvod i motivacija

Topografsko snimanje jedna je od najbitnijih radnji koja se obavlja za vrijeme istraživanja speleoloških objekata. U ovom radu objasniti će se što je i kako pravilno topografski snimiti speleološki objekt te kako riješiti većinu problema s kojima se crtač može susresti prilikom topografskog snimanja speleološkog objekta.

Definicija 1.1 (*Speleološki*) *nacrt speleološkog objekta svaki je nacrt dobiven topografskim snimanjem. Nacrt se sastoji od dva neizostavna dijela koja nazivamo **profil** i **tlocrt** speleološkog objekta.*¹

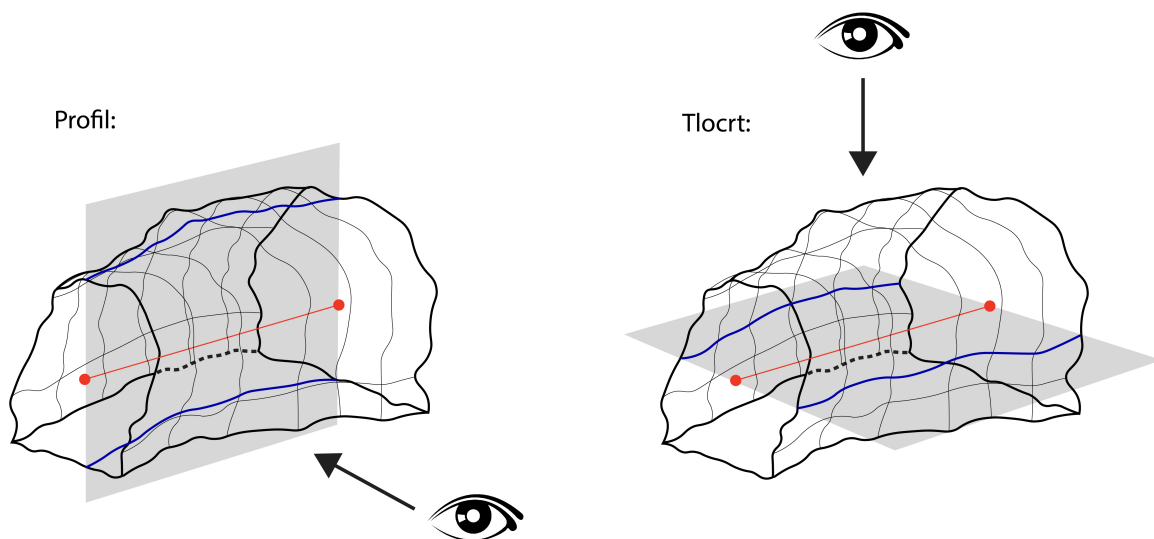
Profil se dobije bočnim promatranjem speleološkog objekta te je blizak bokocrtu tijela. Prava razlika između bokocрта i profila vidjeti će se kasnije kada precizno definiramo način izrade profila.

Definicija 1.2 *Tlocrt speleološkog objekta je tlocrt tijela kojeg određuje taj objekt (tj. pogled odozgo).*

Tlocrt u topografskom snimanju speleoloških objekata podudara se s tlocrtom u tehničkom crtanju.

Definicija 1.3 *Profil speleološkog objekta kombinacija je pogodno odabranih uzdužnih presjeka tijela kojeg određuje speleološki objekt.*

Na koji način se odabiru pogodni uzdužni presjeci biti će kasnije detaljno objašnjeno.



Slika 1: Slika prikazuje što označava profil, a što tlocrt. Na speleološki nacrt crtaju se plave crte uz pomoć izmjerene crvene crte.

¹U definiciji smo na bitan način iskoristili sintagmu 'topografsko snimanje' koju sada nećemo definirati jer je njena definicija zapravo većina ovog rada.

Uočimo kako još nismo definirali speleološki objekt. Naime, za definiciju speleološkog objekta potreban nam je nacrt (što ćemo vidjeti kasnije) pa bi ovdje trebali govoriti o podzemnim šupljinama i njihovim nacrtima te se kasnije vratiti na speleološki objekt, ali je zbog jednostavnosti taj detalj izostavljen.

U ovom radu objasniti će se kako pravilno topografski snimiti jedan speleološki objekt te što takav nacrt treba sadržavati.

Iz topografskog nacрта saznajemo:

1. dubinu;
2. duljinu;
3. horizontalnu duljinu;
4. morfologiju speleološkog objekta (npr. pretežno vertikalni objekt, koljenasti objekt i sl.);
5. potrebnu opremu za nova istraživanja ili posjet objektu;
6. perspektivnost objekta;
7. blizinu drugim speleološkim objektima;
8. pretpostavljene kanale;
9. (ne)prisutnost raznih pojava unutar speleološkog objekta (npr. vodenog toka, jezera, špiljskih ukrasa i sl.);
10. pravilnu klasifikaciju objekta (špilja ili jama)
11. opasnosti unutar objekta (minsko eksplozivna sredstva, strmi sipari nad vertikalom i sl.);
12. karakteristike ulaza.

Korisnih informacija koje nam nacrt govori još je mnogo te nas sve one motiviraju za sistematično pristupanje topografskom snimanju speleološkog objekta, uspostavljanju osnovnih pravila topografije prema kojima ćemo klasificirati i međusobno uspoređivati speleološke objekte.

Osim što će se precizno definirati topografsko snimanje i objasniti na koji način se obavlja topografsko snimanje, u tekstu će se definirati i svi pojmovi koji direktno proizlaze iz topografskog nacрта.

U prvom dijelu teksta naglasak je na dobrom odabiru poligonskih točaka i stvaranju poligona, njihovom povezivanju i nekim posebnim slučajevima.

U drugom dijelu objasniti će se kako se mjere potrebne veličine s kojima opisujemo poligonske vlakove, kako se vrši crtanje na milimetarskom papiru i kako se pravilno razni dijelovi nacрта spajaju u glavni nacrt.

Prva topografska snimanja podzemnih prostora razvila su se u rudnicima odakle su speleolozi i preuzeli metodu detaljnog snimanja podzemlja.

Nacrt ćemo dijeliti na dva dijela, grafički i tekstualni dio.

1.1 Tekstualni dio nacрта

U tekstualnom dijelu nabrojat će se korisne informacije iz grafičkog dijela nacрта:

1. dubina
2. duljina
3. horizontalna duljina
4. vertikalna razlika

Dodatno, navest će se sve potrebne informacije o istraživanju tog objekta kao što su:

1. naziv speleološkog objekta - uzima se lokalni naziv (ukoliko takav postoji) ili naziv s topografske karte. Ako ne postoje saznanja o starom nazivu, prvi istraživači (ili osobe koje su prve pronašle objekt) dodjeljuju ime objektu;
2. datum istraživanja;
3. mjerioci i topografski snimatelj;
4. nositelj istraživanja;
5. speleološka društva koja su sudjelovala u istraživanju;
6. broj pločice na ulazu u objekt s kraticom speleološkog društva s pločice;
7. GPS koordinate ulaza;
8. toponim područja gdje se nalazi objekt (kao što je zaseok ili područje na planini);
9. podatke o prošlim istraživanjima (ukoliko ih ima), npr. tko je i kada ranije istraživao isti objekt;
10. neke druge korisne informacije koje su karakteristične za taj objekt kao što je veličina ulaza (ukoliko se radi o izrazito velikom ulazu) ili opasnosti u objektu.

Isto tako, može se navesti i speleološka ekipa koja je sudjelovala na istraživanju.

1.2 Grafički dio nacрта

Kako je već navedeno, grafički dio nacрта sastoji se od profila i tlocrta speleološkog objekta te po potrebi raznim poprečnim presjecima. Uz nacрте, nužno je navesti i grafičko mjerilo sukladno kojemu je snimljen objekt na način koji će biti opisan kasnije u tekstu. Elementi grafičkog nacрта, kao i način izrade grafičkog dijela nacрта detaljno je objašnjen u nastavku rada.

1.3 Označavanje speleološkog objekta

Speleološki objekt označavamo najčešće metalnom pločicom koja treba sadržavati jedinstvenu oznaku speleološkog društva koje je nositelj istraživanja te interni arhivski broj pod kojim je to društvo označilo taj speleološki objekt. U tekstualni dio nacrtu navode se obje oznake s pločice, npr. ukoliko društvo ima jedinstvenu oznaku 036 te je speleološki objekt društvo označilo internim brojem 264, u tekstualni dio nacrtu navodi se Pločica: 036-264.

Ukoliko se izrađuje topografski nacrt speleološkog objekta koji je ranije već istraživan te koji je već prije označen speleološkom oznakom ili pločicom, na nacrt se navodi oznaka stare pločice te se objekt ne označava s još jednom pločicom.

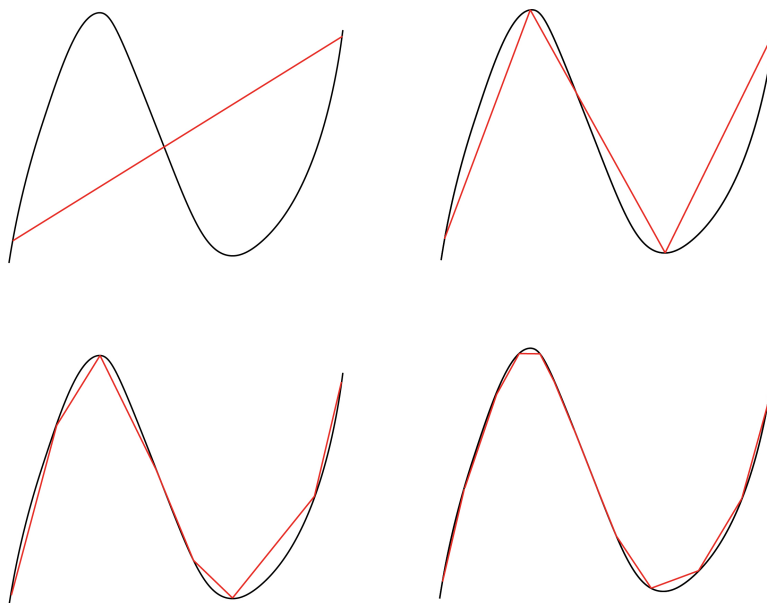
Prije metalnih pločica, za označavanje speleoloških objekata koristila se boja koja bi se nanosila na kamen. S vremenom se većina tih oznaka izbrisala te su već istraženi objekti ostali bez vidljive oznake na ulazu speleološkog objekta. U tim slučajevima, potrebno je označiti speleološki objekt poštujući speleološku etiku.

Smisao pločice na ulazu u speleološki objekt je povezivanje topografskog nacrtu i samog speleološkog objekta. Iz poštovanja prema prvim istraživačima, speleološki objekti označavaju se pločicama prvih istraživača kada god je to moguće. Ukoliko se po dolasku na ulaz u objekt uočilo kako više ne postoji oznaka te se vrši topografsko snimanje, ulaz je nužno označiti novom pločicom kako bi nacrt imao poveznicu u prirodi. Unatoč tome što se u tekstualni dio nacrtu navode GPS koordinate, iste su najčešće zabilježene s greškom od nekoliko desetaka metara pa je već moguće da u blizini postoji neki drugi speleološki objekt unutar te greške zbog čega je pločica jedina poveznica speleološkog nacrtu i objekta.

Isto tako, za vrijeme rekognosciranja terena, pločica ili oznaka na ulazu u objekt govori o već izvršenim speleološkim istraživanjima te je navedeno koja ih je udruga i vršila pa se istu može pitati za dodatne informacije o speleološkom objektu.

1.4 Ideja speleološkog nacrtu

Osnovna ideja kojom se vodimo je da niz dužina koje se nastavljaju dobro opisuju neku krivulju. Sada na speleološki objekt, tj. na njegove kanale gledamo kao na krivulje koje trebamo aproksimirati što ćemo napraviti na gornji način, tj. dovoljno finom mrežom dužina (koja se naziva poligon) napravimo pojednostavljeni oblik speleološkog objekta kojeg možemo na lagan način izmjeriti i nacrtati, kako prikazuje donja slika.



Crnom bojom označena je krivulja koju želimo aproksimirati skupom dužina crvene boje. U svakom koraku povećavamo broj dužina sve dok ne dođemo do zadovoljavajuće aproksimacije krivulje. U prvom dijelu rada objasniti će se na koji način postaviti poligon, odnosno što će se smatrati dobra aproksimacija kanala. U tome dijelu vodimo se razmišljanjem s gornje slike, tj. kanal kojeg zamišljamo kao krivulju želimo na što bolji način prikazati skupom dužina.

Potom će se u drugom dijelu rada objasniti na koji način izmjeriti tako postavljeni poligon te napraviti speleološki nacrt. Nakon izrade speleološkog nacrt slijedi očita rasprava koja slijedi iz speleološkog nacrt o klasifikaciji speleoloških objekata i informacijama koje jedan nacrt pruža. Naposljetku, prikazat će se još neki slučajevi u kojima se speleolozi za vrijeme topografskog snimanja mogu susresti te prijedlog rješenja.

2 Poligon

2.1 Poligonski vlak

Topografskim snimanjem zapravo mjerimo i unosimo podatke o poligonskim vlakovima. Za dobro savladavanje vještine topografskog snimanja potrebno je dobro shvatiti poligonske točke i vlakove koji čine kostur speleološkog objekta pa posljedično i nacрта.

Definicija 2.1 *Poligonski vlak* prividni je segment u speleološkom objektu koji povezuje dvije točke od interesa. Ukoliko naše točke od interesa označimo s T_i i T_n tada pripadni poligonski vlak između njih označavamo s T_iT_n .

Poligonski vlak određen je s dvije točke koje nazivamo **početak** poligonskog vlaka i **kraj** poligonskog vlaka.

Definicija 2.2 *Poligonska točka* svaka je točka koja je početak ili kraj nekog poligonskog vlaka. Poligonske točke označavamo s velikim slovom T i u indeksu neki prirodni broj², npr. $T_1, T_2, T_3, \dots$.

Pravilo 2.1 Dvije različite poligonske točke moraju biti označene različitim brojevima.

Prethodnim pravilom smo osigurali da ne može doći do zabune prilikom uređivanja nacрта tj. jedinstveno je označena svaka poligonska točka pa time i svaki poligonski vlak. Bitno je napomenuti kako ne moramo numerirati točke redom, npr. možemo pisati i T_2, T_4, T_1, T_7 iako ćemo jednostavnosti radi najčešće četiri poligonske točke koje dolaze redom jedna iza druge označiti s T_1, T_2, T_3, T_4 .

Pravilo 2.2 Ukoliko se ne radi o početnom ili završnom poligonskom vlaku, poligonski vlakovi se moraju nastavljati. Odnosno, početak idućeg poligonskog vlaka je kraj 'trenutnog' poligonskog vlaka (v. sliku).

Definicija 2.3 *Poligon kanala* unija je svih poligonskih vlakova koji se nalaze u nekom kanalu speleološkog objekta. *Poligon* je unija svih poligonskih vlakova tog speleološkog objekta. Poligon (kanala) označavamo navođenjem svih poligonskih točaka od kojih se sastoji.

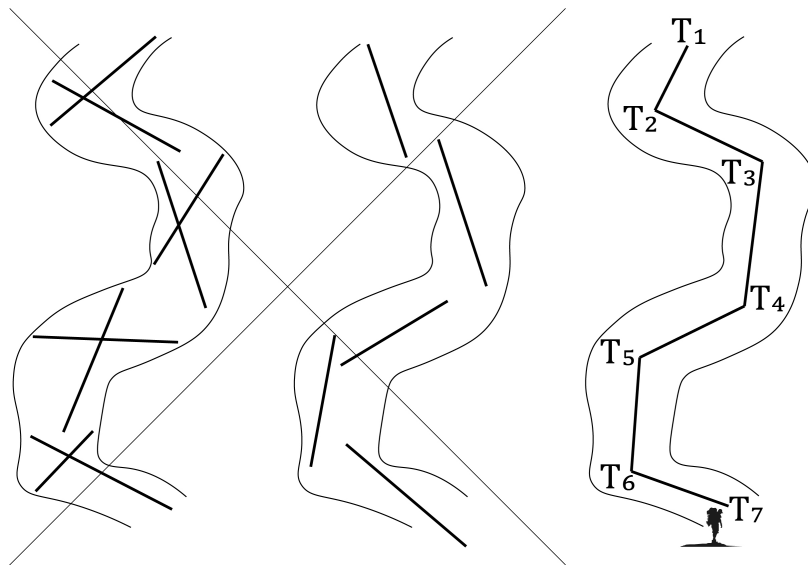
Ukoliko se poligon (kanala) sastoji od poligonskih točaka T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 tada pripadni poligon (kanala) označavamo s $T_1T_2T_3T_4T_5$. Ukoliko poligon sadrži točke $T_1, \dots, T_{50}$ tada pripadni poligon kratko označimo s $T_1 \dots T_{50}$.

Jedan poligonski vlak jedinstveno određuju sljedeće tri mjere

1. **duljina** (broj strogo veći od nule zaokružen na jednu decimalu);
2. **azimut** (vrijednosti između 0° i $+359^\circ$);
3. **nagib** (vrijednosti između -90° i $+90^\circ$, bitan je predznak).

koje ćemo kratko označavati s (D, A, N) . Više o ovim mjerama reći će se u idućem poglavlju, vratimo se sada na 'točke od interesa' i njihov odabir te pravila izrade poligona.

²Prirodni brojevi su brojevi $\{1, 2, 3, 4, 5, \dots\}$.



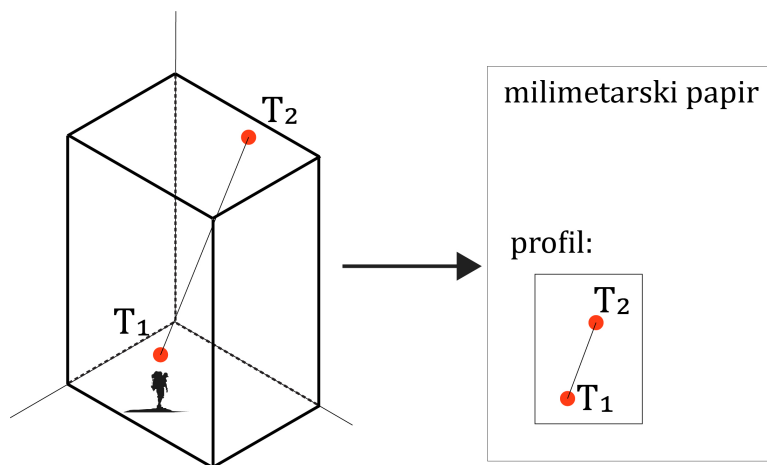
Slika 2: Na prve dvije slike prikazani su neki poligonski vlakovi koji u uniji ne tvore poligon dok je ispravno napravljen poligon prikazan na trećoj slici (ovdje je pogled na kanal odozgo, tj. radi se o tlocrtu).

Osobu koja vrši topografsko snimanje nazivamo **snimatelj**, dok osobu koja mjeri vrijednosti (D, A, N) nazivamo **mjerioci**. Nerijetko je snimatelj ujedno i mjerioci. Tijekom speleološkog istraživanja izrađuje se **radni nacrt** koji će kasnije obradom postati topografski nacrt speleološkog objekta.

Najčešće se krene topografski snimati speleološki objekt od 'dna' tj. u povratku tako da znamo pozicionirati kanal na milimetarskom papiru. Ovo nije slučaj ukoliko se radi o manjoj istraživačkoj ekipi kada se radi efikasnosti istraživanja odmah krene s topografskim snimanjem. Isto tako, može se odmah krenuti s topografskim snimanjem ukoliko je snimatelj već ranije prošao kanal koji se snima.

Započinjemo crtanje određujući početnu točku nacrti T_1 koju označavamo na milimetarskom papiru na način da se prilagodimo kanalu (npr. ukoliko crtamo vertikalnu i na njezinom smo dnu, razumno je označiti točku T_1 na dno milimetarskog papira jer ćemo tu vertikalnu onda crtati 'prema gore').

Točku T_1 u stvarnosti odredimo tako da s nje imamo najbolji mogući pregled nad tim dijelom kanala (točka s koje vidimo točku T_2 na način da poligonski vlak T_1T_2 dobro opisuje taj dio kanala kao gore na slici). Točku T_2 smo također odredili na način da s nje imamo dobar pregled za nastavak crtanja i određivanje točke T_3 . Na ovaj se način nastavljamo gibati kanalom tako da pripadni poligon dobro opisuje kanal. Određivanje poligonskih točaka vještina je koja se dobije praksom i nema rigoroznog pravila o određivanju istih osim da 'imamo dobar pregled nad tim dijelom kanala' što je naravno subjektivni doživljaj.



Slika 3: Kvadar označava neku podzemnu dvoranu te je kod točke T_2 ulaz u tu dvoranu, dok je T_1 točka na dnu dvorane s koje se vidi nastavak speleološkog objekta. Tada smatramo da poligonski vlak T_1T_2 dobro aproksimira tu dvoranu. Dio radnog nacrt prikazan je desno.

Pravilo 2.3 *Poligonske točke, kada god je to moguće, treba pozicionirati na 'sredinu' kanala.*

Tada dobivena duljina poligona približno odgovara duljini kanala, tj. treba izbjegavati ići 'cik-cak' načinom duž kanala (iznimka je jedino ukoliko približavanjem rubu kanala dobivamo bolju preglednost nad kanalom). Na slici su prezentirana dva kriva načina za određivanje poligonskog vlaka i treći ispravan način (ovdje je pogled na kanal odozgo).

Primjer iznimke kada se poligon može približiti rubu kanala fizička je nemogućnost dolaska do sredine kanala (npr. na sredini kanala je jezero). Svakako i u tim situacijama odmicanje od sredine kanala treba dovesti na minimum.

2.2 Grananje kanala

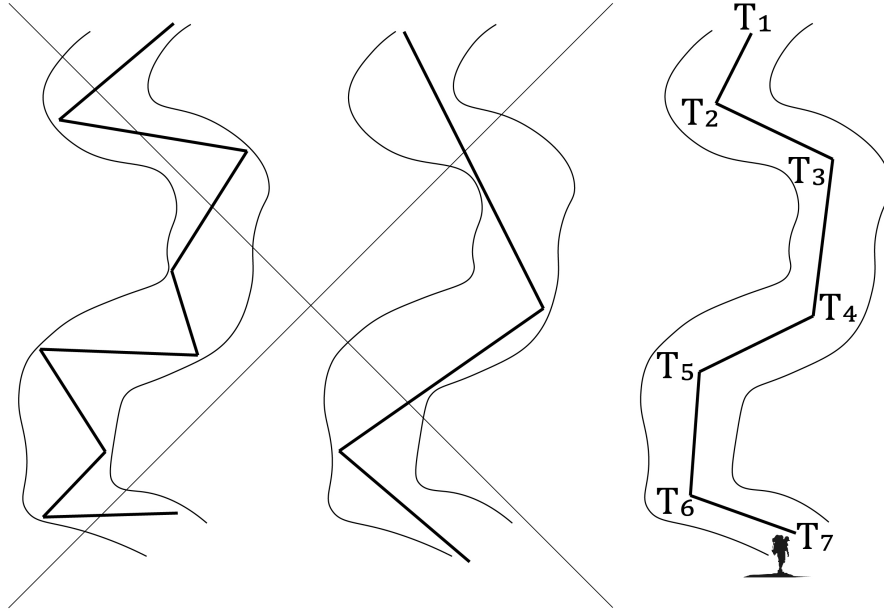
Na gore opisan način vidjeli smo kako se odabiru poligonske točke za jedan kanal. Sada opisujemo situaciju kada dolazimo na raskrižje više kanala.

Definicija 2.4 *Pomoćni poligonski vlak onaj je poligonski vlak koji se koristi za spajanje dva različita poligona kanala ili za preciznije crtanje kontura (što će biti kasnije objašnjeno). Onaj poligonski vlak koji nije pomoćni naziva se još i glavni.*

Definicija 2.5 *Duljina kanala zbroj je duljina svih glavnih poligonskih vlakova koji se nalaze u tome kanalu. Duljina³ speleološkog objekta zbroj je duljina svih kanala.*

Kako bi se nacrt naposljetku mogao spojiti u jedan, sve poligone kanala treba povezati u jedan veliki poligon cijelog speleološkog objekta. U gornju definiciju duljine ne želimo pridodavati duljine pomoćnih poligonskih vlakova pa zato kod račve kanala primjenjujemo sljedeće pravilo.

³Ne valja miješati s dužinom. Dužina je segment, npr. svaki poligonski vlak je i dužina koja ima svojstvo duljine.

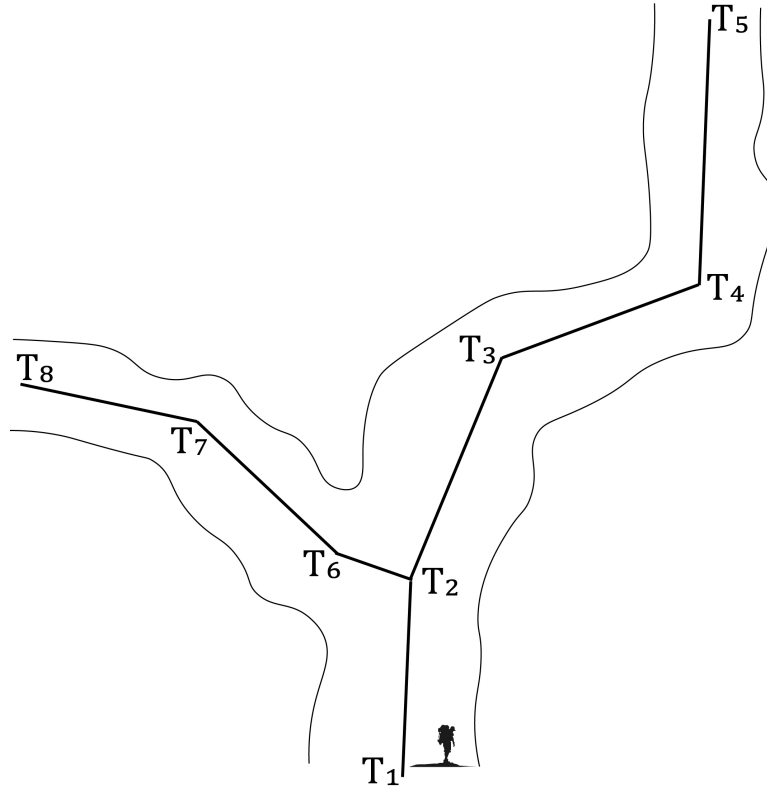


Slika 4: U gornja dva netočna (prekrižena) načina dobili bismo u prvom slučaju veću duljinu, odnosno u drugom slučaju manju duljinu kanala. Smatra se kako oba slučaja ne prezentiraju dobro taj kanal i zato ih valja izbjegavati. Poligon s posljednjeg dijela slike dobro prezentira speleološki objekt i čini njegov kostur. Konture oko poligona pokazuju veličinu kanala te se koriste za stavljanje dodatnih informacija na nacrt (jezera, ukrasi, kršlje i sl.).

Pravilo 2.4 U 'glavnom' kanalu odredimo neku poligonsku točku (npr. T_2) tako da se nalazi u blizini ulaza u sporedni kanal. Kada nacrtamo glavni kanal, vratimo se na tu točku T_2 s koje radimo pomoćni poligonski vlak do ulaza u sporedni kanal (cijeli pomoćni poligonski vlak sadržan je u glavnom kanalu), nazovimo kraj tog vlaka točka T_6 . S točke T_6 krenemo crtati sporedni kanal.

Kod spajanja nacrtu pomoćni poligonski vlak je T_2T_6 , ali njegovu duljinu ne pridodajemo u ukupnu duljinu objekta jer je to dio 'glavnog' kanala kojeg smo već izmjerili.

Primjer 2.1 Kako bismo motivirali gornje pravilo promotrimo sljedeću situaciju na slici (ovdje se opet radi o tlocrtu, tj. pogled odozgo):



Na slici je prikazan jedan glavni kanal kojeg opisuje poligon $T_1T_2T_3T_4T_5$, kod točke T_2 ulaz je u sporedni kanal pa se T_2 postavlja na način da je nje dobar pregled na ulaz u sporedni kanal. U stvarnosti na tom se mjestu gradi kameni čuljak koji služi kao oznaka te točke ili se postavlja neka druga vidljiva oznaka. Nastavi se crtati glavni kanal. U nekom trenutku kada se odluči otići u sporedni kanal snimatelj se vrati do točke T_2 s koje traži točku T_6 koja se nalazi na sredini ulaza u sporedni kanal, sada je pomoćni vlak T_2T_6 koji služi za povezivanje poligona ova dva kanala. Njegova se duljina ne pridodaje ukupnoj duljini speleološkog objekta jer se on u cijelosti nalazi u glavnom kanalu. S točke T_6 nastavlja se crtati sporedni kanal na već opisan način. Naravno, ukoliko je ponestalo mjesta, sporedni kanal se može crtati na drugom milimetarskom papiru tako da se krene crtati od zadnje točke na kojoj je završeno crtanje na prvom milimetarskom papiru. Kasnije će se ta dva poligona kanala kod obrade nacrtu spojiti uz pomoć tog pomoćnog vlaka T_2T_6 na računalu ili novom milimetarskom papiru.

Definicija 2.6 *Sporedni kanal* svaki je kanal koji se odvaja od glavnog kanala i čija je duljina veća od pet metara. Speleološki objekt topografski je snimljen kada je nacrtan glavni kanal i svi sporedni kanali tog objekta.

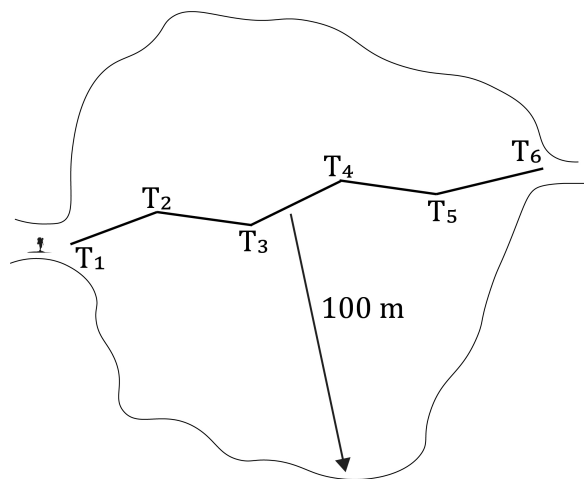
Tijekom istraživanja nerijetko se dogodi da se prati "glavni" kanal, ali se ulaskom u neki od sporednih kanala otkrije još veća duljina/dubina pa on postaje glavni kanal.

Pravilo 2.5 *Ukoliko je duljina nekog bočnog kanala manja od pet metara, tada njega crtamo s pomoćnim poligonskim vlakom (ukoliko je uopće vlak potreban), tj. duljina tih kanala se ne pridodaje ukupnoj duljini objekta.*

Prethodno pravilo nas sprječava da u duljinu zbrojimo sve niše i proširenja u kanalu u ukupnu duljinu objekta jer se smatra kako takvi dijelovi nisu na bitan način 'novi' dijelovi speleološkog objekta.

2.3 Velike dvorane

Često se u speleološkim objektima susrećemo s velikim podzemnim dvoranama (npr. jama Munižaba - Crnopac, Mokre noge - Biokovo). S obzirom kako jedan poligon kanala koji se sastoji od nekoliko poligonskih vlakova ne opisuje dobro veliku dvoranu (v. sliku), potrebne su nam male modifikacije u odabiru poligonskih točaka.



Slika 5: Sa slike je jasno kako je takav poligon kanala poprilično loš kostur za tu dvoranu jer preko 100 m dvorane je ostalo koje snimatelj ne može precizno nacrtati.

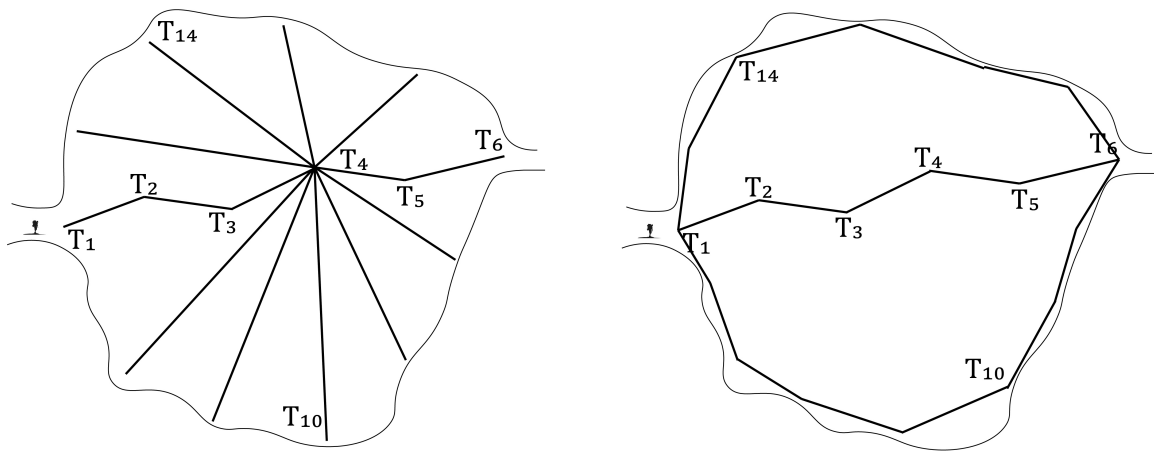
Kod crtanja nekog kanala širine 5 m okolni prostor ne stvara problem jer sa svake strane postoji svega 2 – 3 m pa ni greška snimatelja u, npr. označavanju jezera, ne može biti veća od par desetaka centimetara, tj. zanemariva. U gornjoj slici dvorane kod crtanja nekog jezera snimatelj može pogriješiti i nekoliko desetaka metara jer nema referentne točke s obzirom na glavni kanal.

Osnovna dva načina crtanja velikih dvorana prikazana su na sljedećoj slici.

Definicija 2.7 Zrakasto snimanje vrsta je topografskog snimanja velikih dvorana u kojem na glavnom poligonu postoji jedna istaknuta točka koju nazivamo **centralna točka** i iz koje radimo pomoćne poligonske vlakove do rubova tog kanala ili dvorane u svim⁴ smjerovima.

Definicija 2.8 Rubno (obodno) snimanje vrsta je topografskog snimanja velikih dvorana u kojem osim glavnog poligonskog vlaka radimo pomoćne poligonske vlakove duž cijelog ruba tog kanala ili dvorane koju crtamo sve dok ne zatvorimo vlak s obje strane s glavnim poligonom.

⁴Ovdje 'svim' znači onoliko puno smjerova koji će naposljetku dobro opisati prostor, što je veći prostor to će zahtijevati više smjerova. Koliko smjerova je dovoljno procjenjuje crtač.



Slika 6: Redom, zrakasto i obodno crtanje velike dvorane.

Pravilo 2.6 Kod zrakastog snimanja svi vlakovi koji kreću iz centralne točke (osim ona dva koja se nalaze na poligonu kanala) tj. kod obodnog snimanja svi vlakovi koji prate rub dvorane su pomoćni poligonski vlakovi.

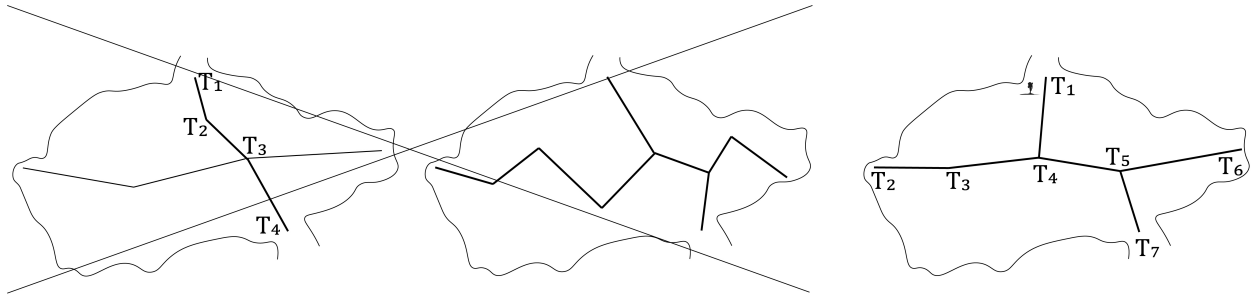
Najčešće se ne koristi samo jedan od ta dva načina već se koriste oba načina tako da nam kod zrakastog crtanja centralne točke budu neke točke od interesa (ulazi u nove vertikale, velika kamenja, jezera, ulazi u sporedne kanale itd. ili jednostavno točka s koje imamo dobar pregled na tim dijelom dvorane) koje su povezane pomoćnim poligonskim vlakovima. Glavni razlog zbog kojeg ne možemo koristiti samo jedan od ta dva načina crtanja je dimenzija dvorane.

Primjer 2.2 Neka je snimatelj ušao u dvoranu dimenzija 100×100 metara, tada je nemoguće crtati zrakasto jer bi poligonski vlakovi bili veći od 50 m (javlja se velika greška u mjerenju i opet ništa 'između' početka i kraja vlaka nije precizno nacrtano), a ukoliko se odluči za rubno crtanje ostaju dva velika područja dimenzija 50×100 metara koji nisu topografski snimljeni i u koje ne možemo precizno postaviti neke točke od interesa, npr. ulaze u nove kanale. Zaključujemo kako ipak nije dobro aproksimirana dvorana.

Na gornjoj se slici poligon od točke T_1 do točke T_6 smatra glavnim poligonom. Ostali poligonski vlakovi su pomoćni vlakovi. Tako dolazimo do sljedećeg pravila.

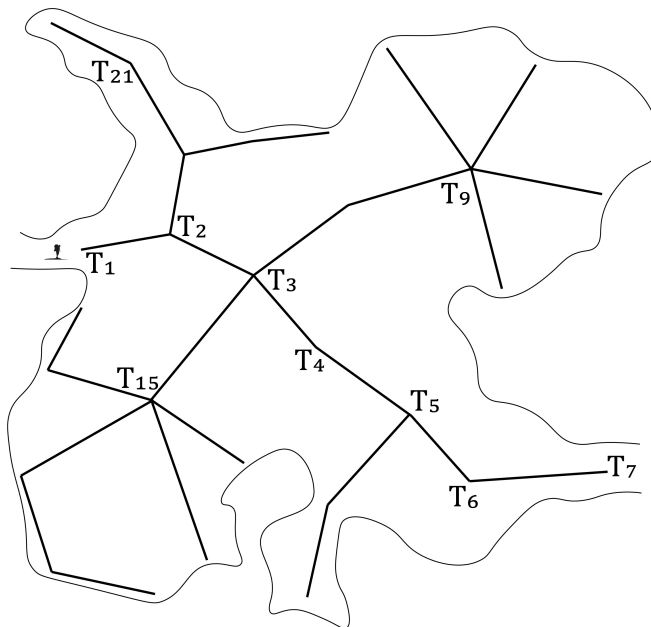
Pravilo 2.7 Glavni poligonski vlakovi neke dvorane pozicioniraju se duž najveće dijagonale te dvorane i njihova suma duljina naziva se duljina te dvorane. Glavni poligonski vlakovi ne smiju puno odstupati od te najveće dijagonale (tj. trebaju se pozicionirati približno duž pravca, koliko god konfiguracija terena dopušta). Pomoćnim vlakovima opisujemo ostatak dvorane i spajamo eventualne nove kanale i istaknute dijelove dvorane s glavnim poligonom te se ti vlakovi ne zbrajaju u duljinu dvorane.

Sljedeća slika pojašnjava prethodno pravilo.



Slika 7: Prvu sliku smatramo krivom ako uzmemo za glavni poligon $T_1T_2T_3T_4$ jer je to poligon duž kraće dijagonale dvorane; druga slika ima netočan poligon koji god uzeli za glavni jer se ne poštuje pravilo o ne udaljavanju glavnog poligona od pravca. Treća slika prikazuje dobar poligon uz glavni poligon $T_2T_3T_4T_5T_6$ i pomoćne poligonske vlakove T_1T_4 i T_5T_7 s kojima spajamo glavni poligon dvorane s poligonima kanala koji izlaze iz dvorane.

Primjer 2.3 Sada pokazujemo primjer jedne velike dvorane i jedan način kako pravilno postaviti poligon ⁵



Ovdje je $T_1T_2T_3T_4T_5T_6T_7$ glavni poligon te se on zbraja u duljinu objekta. Ostali poligonski vlakovi pomoćni su koji se koriste za precizno prikazivanje kontura objekta i postavljanje nekih korisnih informacija. Radi jednostavnijeg prikaza nisu označene sve poligonske točke. U stvarnosti ih naravno sve treba označiti bilo kojim redoslijedom.

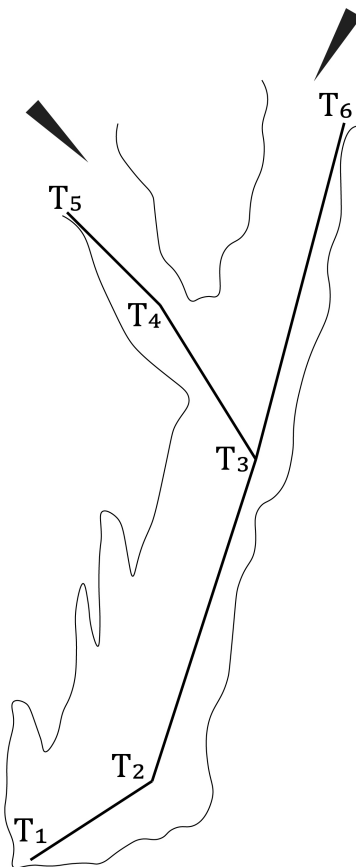
⁵postoji još beskonačno puno drugih dobrih rješenja.

2.4 Završni poligonski vlakovi

Kako ćemo vidjeti u idućem poglavlju, poligonske vlakove najčešće snimamo s prsa na prsa u većini situacija, no postoje neke iznimke.

Pravilo 2.8 *Kraj (tj. početak) poligonskog vlaka koji se nalazi na ulazu u objekt mora biti na najnižoj točki ulaza.*

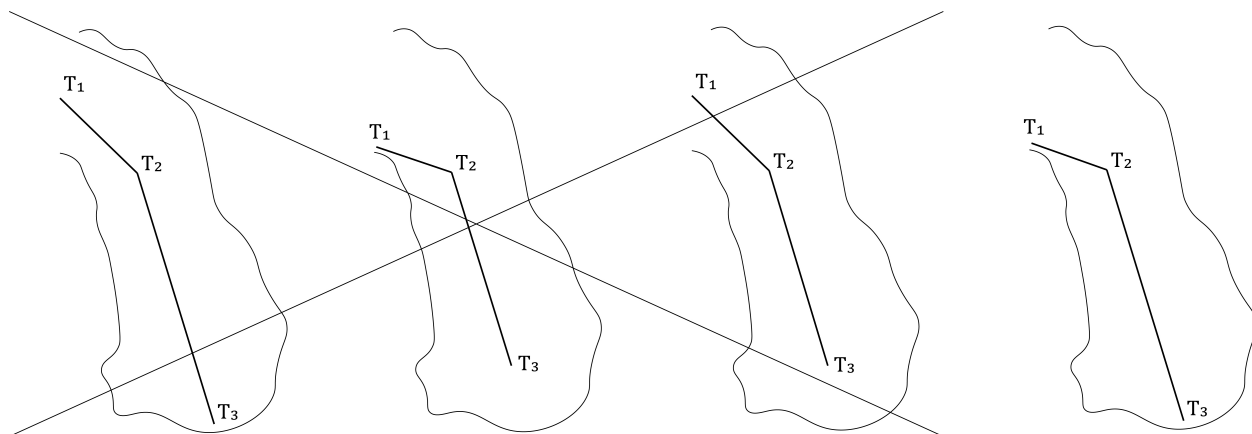
S gornjim pravilom smo zapravo rekli da u trenutku kada mjerimo dubinu speleološkog objekta krećemo od najniže točke ulaza. Ukoliko s nekim poligonskim vlakom želimo izaći iz speleološkog objekta radi prikazivanja dodatnih detalja, onda te vlakove smatramo pomoćnim poligonskim vlakovima koji naravno ne pridonose dubini ni duljini objekta. Važno je spomenuti da ukoliko objekt ima više ulaza, onda se mjeri od najniže točke najvišeg ulaza koji je neovisan o ostalim ulazima, tj. dva ulaza koja su odvojena kamenim mostom su u naravi tek jedan ulaz te se tada mjeri od najniže točke tog nižeg ulaza. Mjerenje dubine kreće od nekog višeg ulaza tek kada je on neovisan o prethodnim ulazima što možemo definirati tako da smatramo da su ulazi neovisni ukoliko se topografskim snimanjem jednog ulaza drugi ulaz ne može snimiti pomoćnim poligonskim vlakovima.



Slika 8: Na slici je speleološki objekt s dva ulaza. Ispravno je mjeriti dubinu od točke T₅ jer zbog morfologije objekta drugi ulaz ne možemo smatrati neovisnim o prvom.

Pravilo 2.9 *Kraj (tj. početak) poligonskog vlaka koji se nalazi na dnu kanala koji nema nastavak pozicionira se tako da je niža poligonska točka vlaka na dnu kanala.*

Opet, kada računamo dubinu nekog kanala onda želimo vidjeti stvarnu dubinu pa vlak završimo na npr. nekoj stijeni koja se nalazi na samome dnu.



Slika 9: Na gornjoj slici prva tri načina postavljanja poligonskog vlaka u profilu su netočna jer redom ne počinjemo poligonski vlak od dna ulaza u objekt, na završavamo poligonski vlak na samome dnu objekta, kombinacija prva dva razloga. Zadnja slika je točna jer je poligonski vlak odabran sukladno zadnja dva pravila.

Definicija 2.9 *Dubina speleološkog objekta visinska je razlika između najniže točke najvišeg ulaza (početne točke poligona u najvišem ulazu u objekt) i najniže točke poligona speleološkog objekta. Vertikalna razlika visinska je razlika između najviše i najniže točke poligona.*

Kaverne zato nemaju dubinu već vertikalnu razliku, osim ako se probije ulaz u njih, tada dobivaju i dubinu. Uočimo da je vertikalna razlika uvijek veća ili jednaka dubini.

Poželjno je da snimatelj sa sobom nosi i lak s kojim se označavaju početne i(li) krajnje točke poligona (npr. ukoliko snimatelj topografski snima u velikom jamskom sustavu kojeg ne može nacrtati u jednom speleološkom istraživanju onda s lakom označi gdje je započeo i završio svoje crtanje, oznaka se postavlja na nekom istaknutom kamenu ili drugom lako vidljivom mjestu gdje je završio poligon). Snimatelj najčešće označava tu točku inicijalima svog imena i rednim brojem točke na svome nacrtu. Tako idući snimatelj kada dođe zna odakle počinje daljnje topografsko snimanje te se nacrti spajaju u naknadnoj analizi (o spajanju nacрта nešto više će se reći na kraju teksta). Ukoliko u tome trenutku nema lak, krajnje točke mogu se označiti i nekim istaknutim kamenim čuljkom ili nekom drugom vidljivom oznakom. Uz označavanje krajnjih točaka, snimatelj treba označiti i sve točke s kojih se ulazi u sporedne kanale koje je putem prošao, a nije ih topografski snimio.

3 Topografsko snimanje

3.1 Mjerilo

Definicija 3.1 *Mjerilo je omjer veličina na nacrtu i u stvarnosti.*

U osnovi razlikujemo dva mjerila:

1. Brojčano

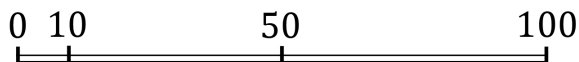
Brojčano je mjerilo izraženo brojevima u obliku omjera gdje broj 1 predstavlja jedinicu dužine, a modul x označava koliko je puta ta jedinica umanjena na karti u odnosu na istu dužinu u prirodi. Mjerilo je oblika $1 : x$, (npr. $1 : 500$ što znači da jedan centimetar na nacrtu označava 500 cm u prirodi). Najčešće se koriste mjerila

- (a) 1:100 Koristi se za male objekte do 20 m duljine;
- (b) 1:200 Koristi se za objekte do 50 m duljine;
- (c) 1:500 Najčešće mjerilo koje se koristi. Veća mjerila se ne koriste jer se značajno gubi na mogućnosti prikazivanja detalja na nacrt. U praksi ovo se mjerilo pokazalo kao optimalno za veće objekte ([2]).

Važno je napomenuti kako se brojčano mjerilo koristi u radnoj verziji nacрта, tj. označava se na milimetarski papir na kojem se crta u speleološkom objektu. Nije ga dobro koristiti na računalno obrađenom nacrtu jer ovo mjerilo ovisi o veličini papira na koje je nacrt otisnut pa uslijed promjene veličine tiskanog nacрта brojčano mjerilo postaje netočno.

2. Grafičko

Grafičko je mjerilo dužina koja je podijeljena na dijelove uz koje je označeno kolikoj duljini, odnosno udaljenosti odgovaraju u prirodi. Ovo mjerilo nije potrebno označavati na radnom nacrtu, ali ga treba staviti na uređeni nacrt koji je spreman za tisak. Uslijed promjene veličine tiska nacрта, ovo mjerilo ostaje valjano.



3.2 Pribor za topografsko snimanje

Za izradu topografskog nacрта potrebno je imati:

- 1. laserski daljinomjer (za mjerenje udaljenosti);
- 2. kompas (za mjerenje azimuta);
- 3. padomjer (za mjerenje nagiba);
- 4. milimetarski papir;
- 5. pribor za pisanje i brisanje;

6. ravnalo i kutomjer;

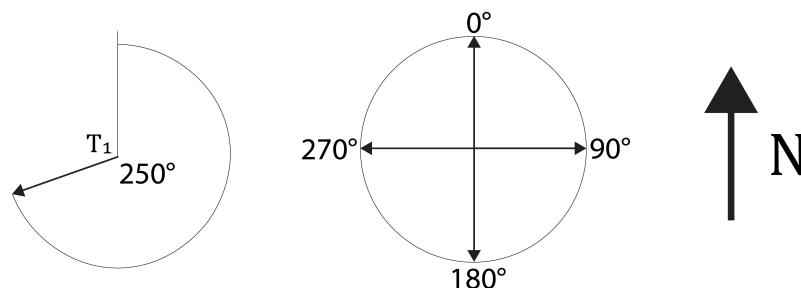
7. daska za pisanje.

Milimetarski papir potrebno je plastificirati kako bi se zaštitio od vode u podzemlju, a kako bi po njemu bilo moguće pisati olovkom, potrebno je izbrusiti plastiku finim brus papirom (granulacija 500 ili više). Umjesto laserskog daljinomjera (laser) prije su se koristile mjerne vrpce, no zbog svoje ograničenosti za korištenje, zaplitanja i brojnih drugih mana više se ne koriste. Laserom se dobila mogućnost jednostavnog mjerenja širine vertikale u koju ste ušli kao i visina dimnjaka i neistraženih dijelova vertikala (uočite da je za mjernu vrpcu potreban čovjek na oba kraja). I prije su se ove vrijednosti mogle mjeriti, no takvo mjerenje iziskuje puno više vremena te usporava topografsko snimanje.

Pribor za pisanje, kutomjer i ravnalo tankim užetima pričvrsti se za dasku za pisanje koja je najčešće veličine za A5 papir. Potrebno je ponijeti dostatnu količinu milimetarskog papira. Prilikom istraživanja većih i suhih objekata, može se koristiti i A4 ili A3 milimetarski papir koji se preklopi do manje veličine. Na taj način moguće ja snimiti puno veće prostore bez prekidanja snimanja.

3.3 Mjerenje poligonskog vlaka

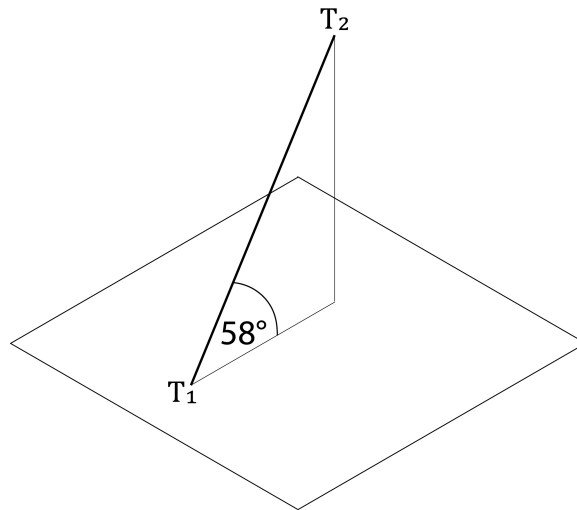
Definicija 3.2 *Azimut je kut između smjera sjevera, točke stajališta (početak poligonskog vlaka) i točke od interesa (kraj poligonskog vlaka) gdje se kut mjeri u smjeru kazaljke na satu. Azimut je vrijednost između 0° i 359° .*



Prva slika pokazuje azimut nekog poligonskog vlaka, dok su na drugoj slici prikazane neke vrijednosti azimuta koje bi crtač trebao poznavati i s kojima provjerava točnost svog radnog nacrt (npr. ukoliko je azimut 300° tada će crtač znati da crta poligonski vlak negdje u gornjem lijevom kvadrantu). Azimut označavamo cijelim brojem, tj. ne mjerimo decimale. Azimut se mjeri magnetnom iglom s obzirom na magnetski sjever. Ovdje je važno da osoba koja vrši mjerenje azimuta nema na kaciği pričvršćene metalne predmete (kao što su metalna kućišta svjetla) koja bi mogla raditi grešku na magnetnoj igli.

Važno je napomenuti da nije potrebno uračunavati magnetsku deklinaciju ukoliko se topografsko snimanje vrši u relativno kratkom roku, tj. ukoliko se ne vrši istraživanje kroz dugi niz godina jer je po potrebi dovoljno uredeni nacrt zarotirati za magnetsku deklinaciju iz vremena kada se odvijalo topografsko snimanje.

Definicija 3.3 *Nagib* je kut između horizontalne ravnine i poligonskog vlaka⁶. Kod nagiba bitan je predznak, pozitivan ukoliko poligonski vlak ide prema 'gore', odnosno negativan ukoliko ide prema 'dolje'.



Slika prikazuje neki poligonski vlak T_1T_2 , donji kvadrat prikazuje horizontalnu ravninu te je označen nagib (u ovome slučaju $+58^\circ$). Vratimo se na mjerenje poligonskog vlaka. Nakon što smo odredili početak T_1 i kraj T_2 , snimatelj stane na točku T_1 , dok mjerioci idu na iduću točku. Dalje razmatramo da snimatelj snima i mjeri, a kasnije ćemo se vratiti na situaciju gdje snimatelj snima, a mjerioci mjeri. U oba slučaja, drugu osobu nazivamo mjerioci.

3.4 Odabir poligonskog vlaka po visini kanala

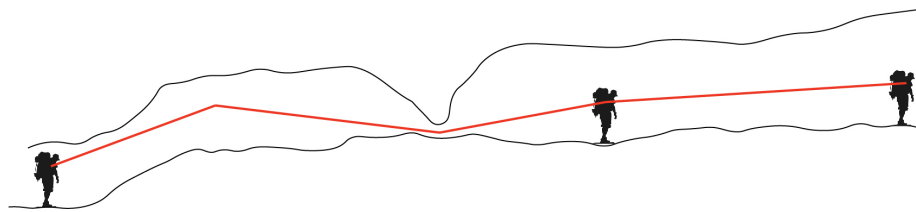
Prije se razmatralo na koji način se pozicionira poligonski vlak tlocrtno u kanalu. Sada će biti prikazano na koji način se pravilno odabire poligonski vlak po visini kanala.

3.4.1 Poligonski vlak u vodoravnim kanalima

Praksa je da u vodoravnom kanalu poligonski vlak bude pozicioniran na otprilike 1.5 m visine, tj. ide s prsa snimatelja na prsa mjerioca. Takvo pozicioniranje poligonskog vlaka pokazalo se optimalno za mjerenje jer je najlakše iščitati vrijednosti s mjernih uređaja te poligonski vlakovi na nacrtu ne rade prepreke za unos detalja kao što su sedimenti, jezera ili kršlje.

Problemi nastaju ukoliko dođe do suženja prostora kada više nije moguće snimati na visini od 1.5 m. U takvim slučajevima posljednji vlak prije samog suženja se postepeno s visine od 1.5 m spusti na prihvatljivu visinu kako je prikazano na slici tako da poligonski vlak prati približnu konturu objekta, tj. treba izbjegavati okomite poligonske vlakove u tim slučajevima jer na loš način opisuju kanal.

⁶Preciznije bi bilo reći da je nagib kut između poligonskog vlaka i projekcije poligonskog vlaka na horizontalnu ravninu.



Slika 10: Primjer poligona kanala u nekom vodoravnom kanalu.

3.4.2 Poligonski vlak u vertikalama

Prilikom snimanja vertikala poligonski vlak ide s jednog sidrišta do drugog, a ako je moguće ponekad se sidrišta i preskaču ukoliko uvjeti dopuštaju. Poligonski vlak se ne prekida na pola dužine užeta između sidrišta jer po odlasku mjerioca s te točke snimatelj ne zna s koje točke točno nastavlja snimati.

Pravilo 3.1 *Poligonski vlak u vertikali ima početak i kraj na sidrišnim točkama užeta. Za poligonske točke mogu se koristiti i devijatori.*

Kod prethodnog pravila potrebno je voditi računa o mjerenju azimuta, tj. mjerenje azimuta mora se vršiti dovoljno udaljeno od sidrišne točke tako da metal ne utječe na mjerenje (posebice kada se mjeri azimut elektronskim uređajem).

Iznimka gornjeg pravila su naravno poligonski vlakovi s kojima se ulazi, tj. izlazi iz vertikale kada početak vlaka s kojim se ulazi i kraj vlaka s kojim se izlazi iz vertikale ne moraju biti na sidrišnim točkama.

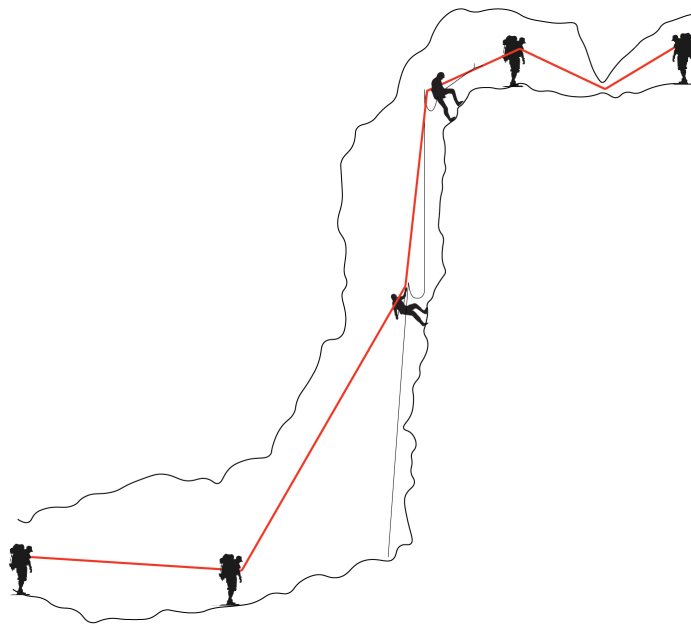
Prema gornjem pravilu, uvijek se mjeri od visine sidrišta, tj. s čvora na idući čvor. U slučaju dva čvora na jednom sidrištu mjerioc mora naglasiti snimatelju s kojeg čvora je vršeno mjerenje kako bi se izbjegle greške u mjerenju.

U slučaju manjih vertikala, najčešće se iste crtaju jednim poligonskim vlakom.

3.4.3 Poligonski vlak u uskim prostorima

Po ulasku u uske prostore topoografsko snimanje postaje izrazito otežano jer najčešće nema prostora za pravilno pozicioniranje poligonskog vlaka. U tim slučajevima najbolje je vlak s kojim se kreće u uski prostor pozicionirati na način da obuhvati što dalje u prostor, a ako je moguće da je kraj vlaka opet na širem dijelu. Ukoliko to nije moguće, po ulasku u uske prostore snimanje se vrši iz bilo koje prikladne pozicije s koje je moguće obaviti mjerenje te se najčešće ne crta na milimetarskom papiru odmah po mjerenju nego se mjerenje zapamti ili kratko zabilježi na papir te se crtanje na milimetarskom papiru vrši po dolasku u širi prostor.

U ovim situacijama važna je procjena mjerioca da se vrši mjerenje na način da se može nastaviti mjerenje s te točke prema dalje, zato u tim situacijama ponekad poligonski vlak ide s kacige na kacige ili s neke druge prikladne točke.



Slika 11: Na slici prikazan je jedan ispravan način povlačenja poligona kanala kroz vertikalnu.

3.5 Snimatelj snima i mjeri

U ovom slučaju mjerioci samo služe kao fizička točka koja pomaže snimatelju prilikom mjerenja objekta. Snimatelj prvo mjeri duljinu vlaka na način da laserom očita udaljenost između točke na kojoj se nalazi i točke na kojoj je mjerioci (npr. laser postavi na svoja prsa i cilja prsa mjerioca). Važno je zapamtiti na kojoj je visini završio poligonski vlak jer na istoj visini treba početi idući poligonski vlak.

Nakon očitavanja udaljenosti istu zaokruži na jednu decimalu metra (npr. 5.2 m) s obzirom da se veća preciznost ne može ni postići s ovim načinom mjerenja. Poželjno je da poligonski vlakovi nisu duži od 25 m jer se pojavljuju velike greške kod mjerenja nagiba i azimuta (iako je u tom slučaju mjerenje udaljenosti nešto preciznije) te se gubi na preciznosti detalja od interesa (ukrasi, jezera i sl.). Vrijednost koju je crtač izmjerio upisuje u tablicu u rubu milimetarskog papira.

Nakon udaljenosti, mjeri se nagib tako da se kroz instrument gleda po prividnoj dužini koju određuje taj poligonski vlak. Iščitava se nagib i unosi u tablicu. Nagib se bilježi kao cijeli broj, tj. bez decimala. Ovdje je važno napomenuti da je bitan predznak, tj. pozitivan nagib znači da se poligonski vlak od početka uspinje prema svome kraju, dok je kod negativnog nagiba situacija obrnuta. Većina novih lasera bilježi i vrijednost nagiba što jako ubrzava mjerenja.

Zadnje mjerenje je azimut koje se mjeri na način da se kompasom cilja mjerioca pa se bez okretanja kompas spusti/podigne do horizontale i očita se kut. Azimut se također zapisuje kao cijeli broj bez decimala.

U velikim prostorima nekad se mjeri i lijeva i desna širina te visina kanala pa tablica ima još te tri vrijednosti, ali to su pomoćne vrijednosti i nisu neophodne za prosječan nacrt iako doprinose

preciznosti nacрта. O ovome nešto više kasnije.
Jedna tablica može izgledati na sljedeći način:

Poligonski vlak	Duljina	Azimut	Nagib
T_1T_2	3.2	240	-32
T_2T_3	9.3	39	-27
T_3T_4	4.1	347	+48
T_4T_5	14.5	228	+82
T_3T_6	2.5	88	+17
T_6T_7	10.7	284	+24

(1)

Uočimo kako se točka T_3 ponavlja dva puta, dakle glavni kanal je određen poligonom $T_1T_2T_3T_4T_5$, pomoćni poligonski vlak je T_3T_6 i sporedni kanal je određen samo jednim poligonskim vlakom T_6T_7 (primijetimo kako je njegova duljina iznad pet metara pa se doista radi sporednom o kanalu).

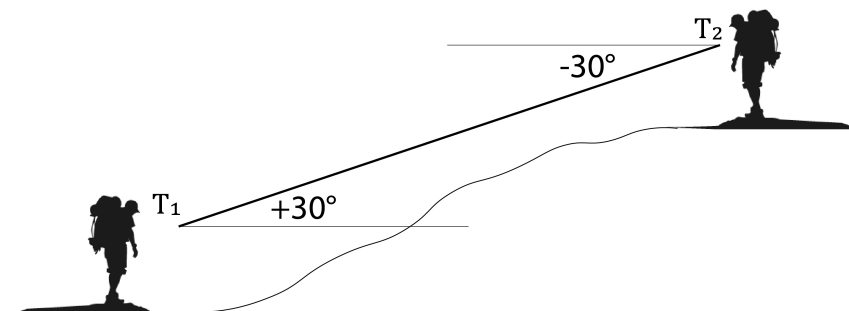
3.6 Snimatelj snima, mjerioci mjeri

U ovom slučaju mjerioci mjeri sve tri vrijednosti, ali tada dolazi do razlike u nagibu i azimutu s obzirom na gledište. Jer sada snimatelj samo snima, a mjerioci mjeri to im je pogled na poligonski vlak drukčiji. Ukoliko mjerioci izmjeri nagib od -30° tada on vidi da teren pada, ali snimatelju onda teren raste (v. sliku) pa treba upisati $+30^\circ$ u nagib. Dakle snimatelj uvijek nagibu promjeni predznak prilikom upisivanja vrijednosti.

Definicija 3.4 Kontranagib (kontrapad) vrijednost je nagiba pomnožena s (-1) , tj.

$$\text{kontranagib} = (-1) \cdot \text{nagib}$$

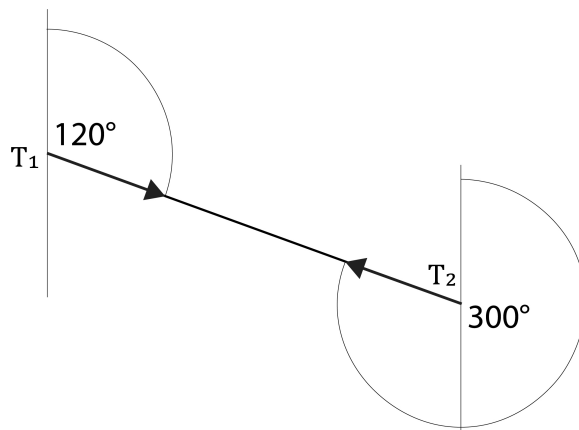
Tada snimatelj u tablicu pod nagib zapravo unosi kontranagib.



Uočimo da je kao u situaciji sa slike $(-1) \cdot (+30^\circ) = -30^\circ$, slično bi bilo i obrnuto, odnosno imamo $(-1) \cdot (-30^\circ) = -(-30^\circ) = 30^\circ$ zato gornja definicija ima smisla.

Slična pojava događa se i s azimutom, ali je situacija malo kompliciranija. Ukoliko mjerioci izmjeri vrijednost manju od 180° stupnjeva tada crtač dodaje $+180^\circ$ u vrijednost azimuta, npr. ako mjerioci izmjeri vrijednost azimuta od 120° tada crtač upisuje $120^\circ + 180^\circ = 300^\circ$ u azimut. Ukoliko

mjerioci izmjeri vrijednost veću od 180° tada crtač oduzima 180° , npr. ukoliko je mjerioci izmjerio vrijednost od 245° tada crtač upisuje $245^\circ - 180^\circ = 65^\circ$ pod azimut.



Gornje razmatranje definiramo na sljedeći način.

Definicija 3.5 *Neka je izmjeren azimut. **Kontraazimut** je tada vrijednost*

$$\text{kontraazimut} = \begin{cases} \text{azimut} + 180^\circ & \text{ako je: } \text{azimut} < 180^\circ; \\ \text{azimut} - 180^\circ & \text{ako je: } \text{azimut} \geq 180^\circ. \end{cases}$$

Kada se snima na ovakav način, snimatelj i mjerioci se unaprijed dogovore tko će preračunavati vrijednosti. Može ili mjerioci javljati odmah kontrapad i kontraazimut ili će snimatelj sam to preračunavati, jedino treba paziti da se ne dogodi da neke vrijednosti budu, a neke ne budu preračunate. Također, postoje i kompasi koji sami izračunavaju kontraazimut.

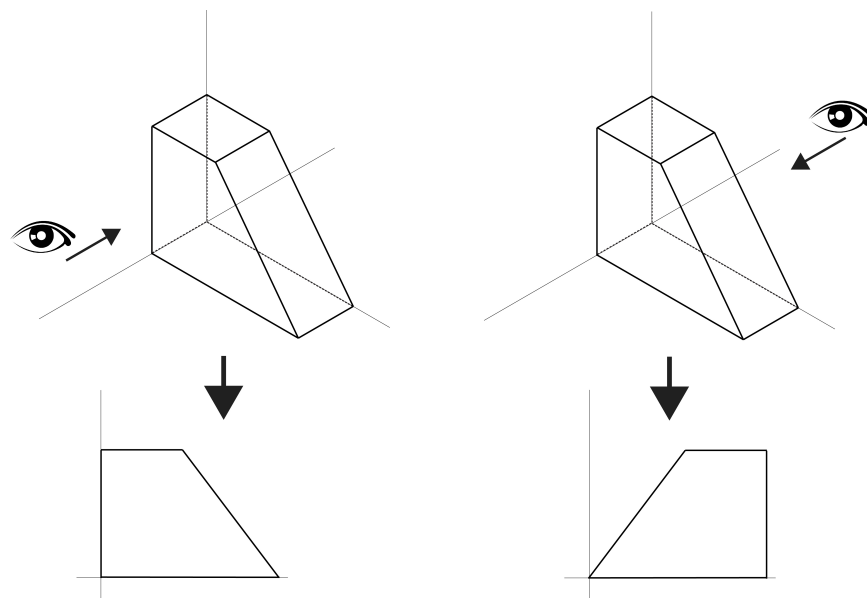
Ovdje napomenimo još da ako je izmjeren pad od $\pm 90^\circ$ tada azimut ne postoji te se u tablici ne označava s 0° nego kosom crticom kojom označavamo ne postojanje vrijednosti. Dodatno, samo se za azimut može dogoditi da u nekom trenutku nije definiran.

3.7 Crtanje na milimetarskom papiru

Kada smo izmjerili duljinu, azimut i nagib potrebno je nacrtati poligonski vlak na milimetarski papir. Dalje u tekstu će se uvijek podrazumijevati mjerilo 1 : 500.

Krenemo od točke T_1 i označimo je na milimetarski papir. Odlučimo se hoćemo li crtati profil prema lijevo ili desno (snimatelj sam odlučuje na koji način želi okrenuti objekt, ukoliko smo topografski snimili objekt onda je i zrcalna slika tog nacрта također valjan nacrt za isti objekt). Naime, već je spomenuto kako je profil objekta pogled sa strane na speleološki objekt (s koje točno strane ćemo kasnije raspraviti). Sada je potrebno uočiti da ako se promatra objekt s npr. sjevera prema jugu, tada je to isto kao i da ga promatramo s juga prema sjeveru samo što će profil tog kanala biti zrcalna slika gore spomenutog. Tu pojavu prikazuje sljedeća slika.

Gornje dvije slike su dakle dva ista profila koji su međusobno zrcalne slike. Jer oba profila prenose iste informacije, sadržavaju iste detalje i dobiveni su od istih poligona smatra se kako nije važno koji se profil odabire, odnosno to je na odabiru snimatelja da ovisno o situaciji i mjestu na papiru odabire odgovarajući profil.



Slika 12: Na prvoj slici je snimatelju s desne strane kosina na tijelu pa je tako prikazuje i na profilu. Analogno, drugom snimatelju je sada kosina s lijeve strane pa je kao takvu prikazuje i na profilu.

Primjer nekog profila koji prikazuje neki speleološki objekt izgleda kao na sljedećoj slici. Na gornjoj slici prikazan je jedan poligon neke jame i konture te jame u profilu te zrcalna slika te jame. Obje slike su valjani profili za tu jamu te se prvi profil naziva **desni profil** (jer ide prema desno), a drugi profil naziva se **lijevi profil**.

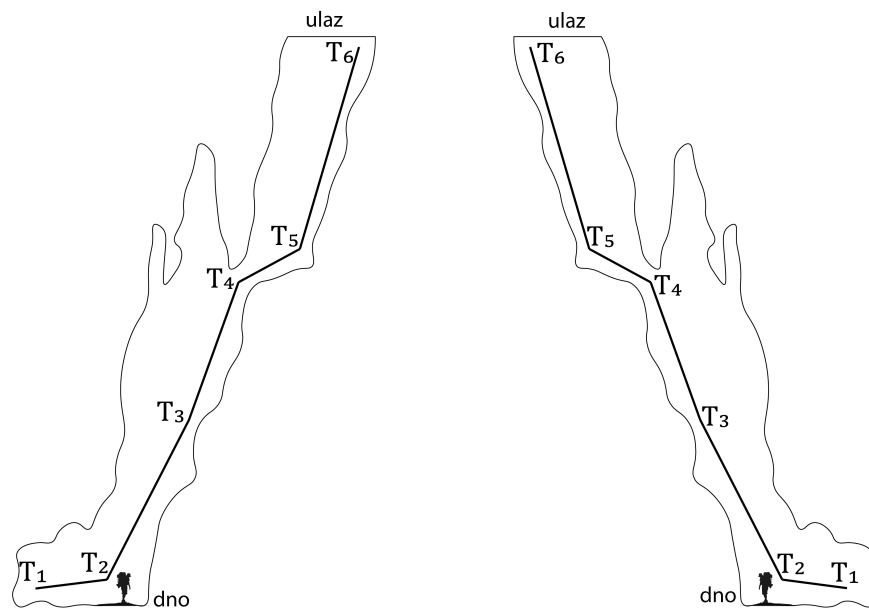
Cijela gornja rasprava vodila se kako bi se moglo objasniti kako se na milimetarskom papiru traži nagib. Naime, ako se snimatelj odlučio za desni profil, tada s desne strane traži kut nagiba kojeg odmiče od horizontalnih linija na milimetarskom papiru. Analogno, ako se odlučio za lijevi profil tada s lijeve strane točke T_1 na milimetarskom papiru traži kut nagiba.

Neka je sada odlučeno snimanje desnog profila. Desno od T_1 traži se pravac koji prolazi kroz T_1 i s horizontalnim linijama milimetarskog papira zatvara kut nagiba, npr. ako je nagib $+30^\circ$ tada se kroz točku T_1 nacrtava pravac pod kutom od $+30^\circ$ tako da ide prema desno i gore. Sada se na tom pravcu označi točka T_2 tako da se na tom pravcu pronađe odgovarajuća udaljenost, npr. ukoliko je izmjerena udaljenost od 7 m tada na tom pravcu 1.4 cm (mjerilo je 1 : 500) od T_1 označi T_2 (v. sliku).

Napravljen je profil (pogled sa strane), sada treba napraviti i tlocrt (pogled odozgo). Za to je potreban azimut i prikrata poligonskog vlaka.

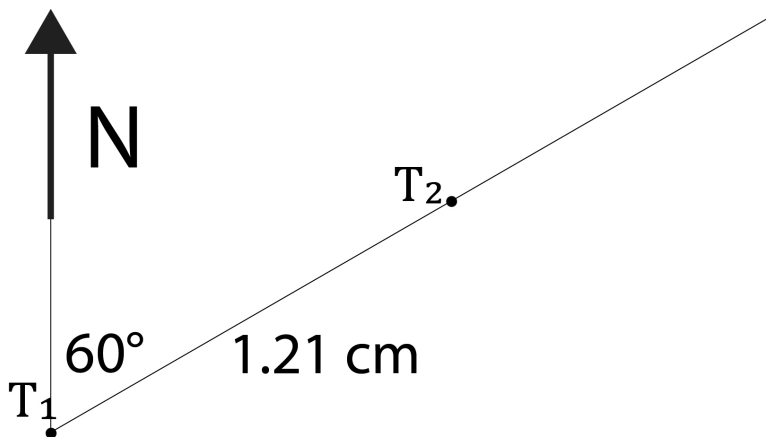
Definicija 3.6 *Prikrata je duljina projekcije poligonskog vlaka na horizontalnu ravninu.*

Na slici, prikrata je udaljenost od točke T_1 do točke A koja je dobivena tako da se točku T_2 okomito spustilo na horizontalni pravac. Sada se udaljenost iščita ravnalom s profila (ovdje prikrata iznosi 1.21 cm). Na nekom drugom mjestu na milimetarskom papiru označi se opet točku T_1 i smjer sjevera (smjer sjevera označi se na način da što više speleološkog objekta stane na papir, npr. ukoliko se

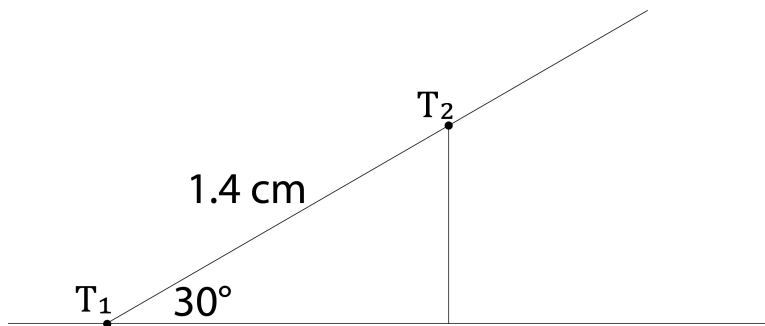


Slika 13: Profil i zrcalna slika profila.

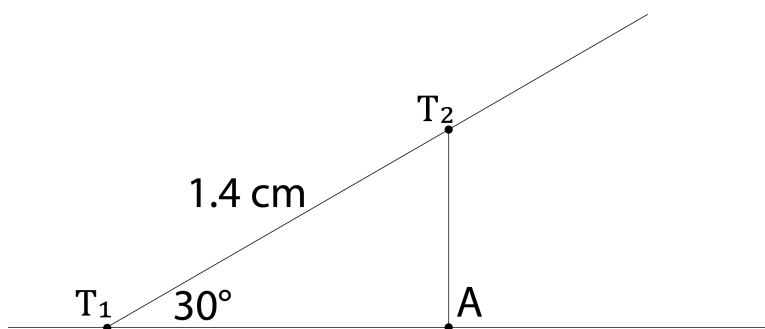
objekt proteže sjever-jug onda je smisleno smjer sjevera označiti prema vrhu papira). Sada se od smjera sjevera kutomjerom nađe vrijednost azimuta (uvijek se traži u smjeru kazaljke na satu!) i povuče pravac kroz točku T_1 pod tim kutom. Na tom pravcu nađe se vrijednost prikrate i u toj točki označi opet T_2 . Ovaj postupak nastavlja se sve dok se ne nacrtaju cijeli objekt. Neka je npr. azimut za gornji vlak 60° tada sljedeća slika prikazuje tlocrt poligonskog vlaka:



Strelica pokraj koje je slovo N (north=sjever) označava smjer sjevera. Slika koja je dobivena označava kostur tlocrta, tj. pogleda odozgo na speleološki objekt.



Slika 14: Crtanje profila na milimetarskom papiru.



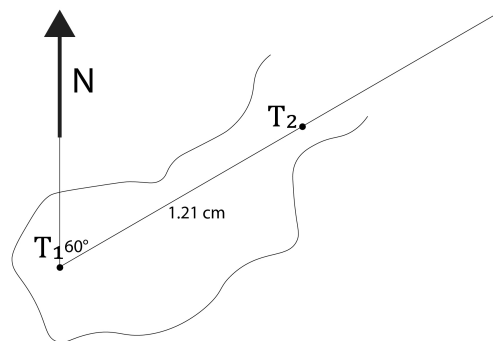
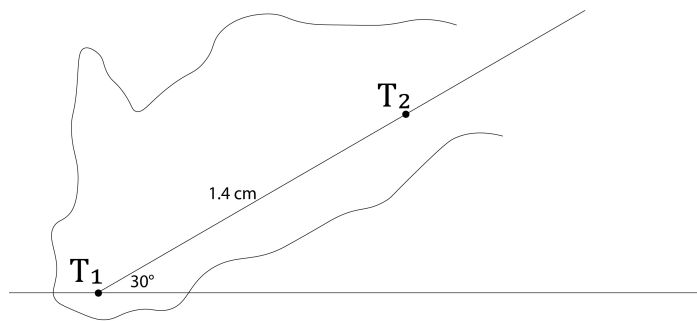
Slika 15: Prikrata poligonskog vlaka T_1T_2 .

Ovaj postupak nastavlja se tako da snimatelj odlazi do točke T_2 , mjerioc traži iduću točku T_3 , ponovno se mjeri i crta na gore opisan način i tako sve dok se ne nacрта cijeli kanal ili objekt.

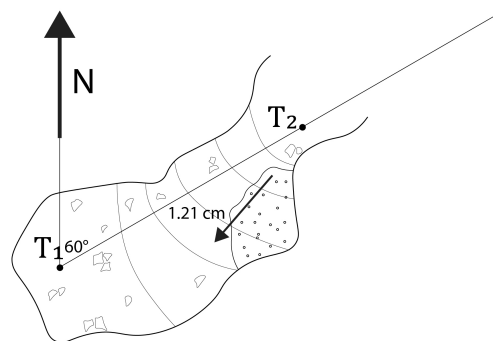
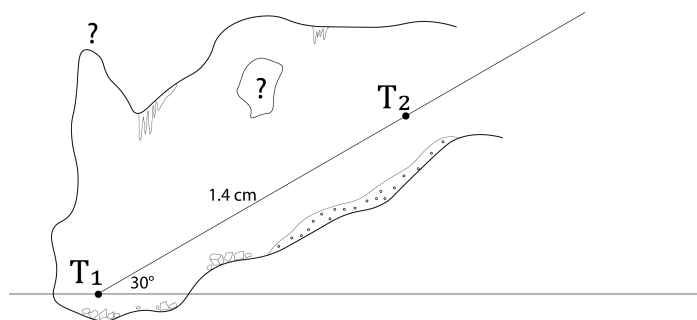
S teorijom koja je dosad razvijena mogu se raditi poligoni tj. kosturi speleoloških objekata koji se snimaju te se dobiju dva nacрта, profil koji označava 'pogled sa strane' i tlocrt koji prikazuje pogled odozgo.

3.8 Detalji

Iz poligona može se iščitati (horizontalna) duljina i dubina objekta i to je sve. Zato se snimanje objekta dodatno modificira. Nakon što se nacрта poligonski vlak tankom linijom (otprilike) označi se rub tog objekta tj. dodaje se veličina tom kanalu kako bi se mogle upisati dodatne informacije i kako bi se prikazala prava morfologija objekta. Konture objekta se po prilici crtaju prema osobnoj procjeni snimatelja ukoliko je od poligonskog vlaka do ruba dovoljno malo mjesta da se ne može napraviti značajna pogreška (npr. nekoliko metara). Ukoliko do zidova objekta ima više metara snimatelj tada laserom provjerava širinu i visinu kanala te ih ucrtava na milimetarski papir. Na taj način gornje dvije slike postaju:



Sada je dobivena i veličina kanala pa se otvara prostor za dodatno upisivanje nekih detalja (za sve simbole koji se koriste v. Speleologija, str. 480-488). Unosi se kršlje, kamenje, upitnike, strujanje zraka, padine, špiljske ukrase i sl. pa tako naposljetku nacrt postaje:



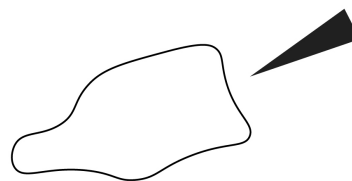
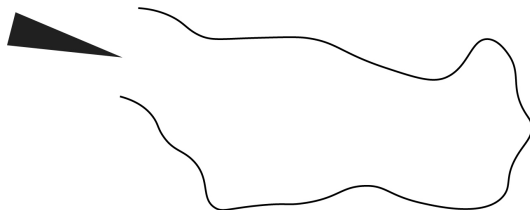
Na desnoj slici tanke linije koje su okomite na pružanje kanala su izohipse.

Definicija 3.7 *Izohipse su tlocrtne projekcije presjeka reljefa i ekvidistantnih horizontalnih ravnina.*

Sada će se nabrojati najčešći simboli koji se koriste.

3.8.1 Ulaz u speleološki objekt

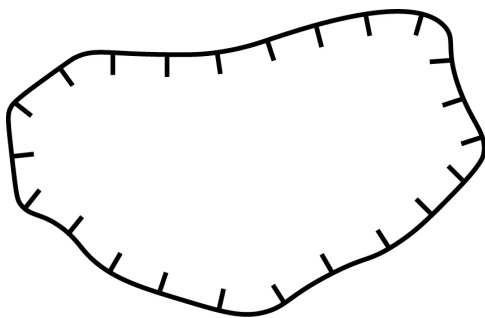
Postavlja se i na profil i na tlocrt pokraj svakog ulaza u objekt (npr. ukoliko objekt ima dva različita ulaza tada nacrt sadrži četiri oznake za ulaz, dvije na profilu i dvije na tlocrtu). Na slici je prikazana oznaka za ulaz redom profila i tlocrta.



3.8.2 Vertikala

Vertikalama se nazivaju samo strmci kojima je visinska razlika najniže i najviše točke iznad pet metara dok se svi manji strmci nazivaju skokovima te se njihov rub označavaju samo izohipsom, odnosno oznakom za skok. Alternativno, može se oslabiti definicija vertikale tako da se vertikalom podrazumijeva svaki dio speleološkog objekta za koji je potrebno korištenje užeta kako bi se dalje napredovalo.

U profilu vertikale označavamo slovom P uz kojeg je broj koji označava veličinu vertikale, npr. P 23 što označava vertikalnu visinu 23 metra. Oznaka za vertikalnu u tlocrtu je sljedeća (i bolja je od zastarjele oznake s trokutićima jer zauzima manje mjesta, brže se crta i nacrt je čitljiviji):



3.8.3 Izohipse

Kako je gore definirano, označavaju mjesta iste visine na način da su točke s jedne izohipse na istoj nadmorskoj visini. Razlika između visina dvije susjedne izohipse naziva se **ekvidistanca**. Dakle ukoliko se postavi nekoliko izohipsi jednu kraj druge slijedi da teren pada ili raste. Što su izohipse gušće to je teren strmiji, i obrnuto, što su rjeđe to je teren manje strm. Također, preko izohipsi i okomito na njih postavi se strelica koja označava smjer 'prema dolje' (smjer kojim voda teče) tako da strelica siječe barem jednu izohipsu.

Dvije se izohipse najčešće ne sudaraju, tj. izohipsa najčešće započinje u rubu speleološkog objekta (ili vertikali) i završava u rubu (ili vertikali) (iznimka su zatvorene izohipse koje završe same u sebe). Nema pravila o ekvidistanci između izohipsi, ali važno je da su ekvidistance unutar jednog nacrtu konzistentne (tj. da se ne dogodi da je na jednom dijelu nacrtu ekvidistanca 1 m, a na nekom drugom dijelu 0.2 m). Lijevo je prikazano kako se izohipse ne smiju crtati i desno pravilno crtanje izohipsi:

Primjer jedne situacije kada se izohipse sijeku je na sljedećoj slici na kojoj su prikazane dvije kosine koje dijeli skok.

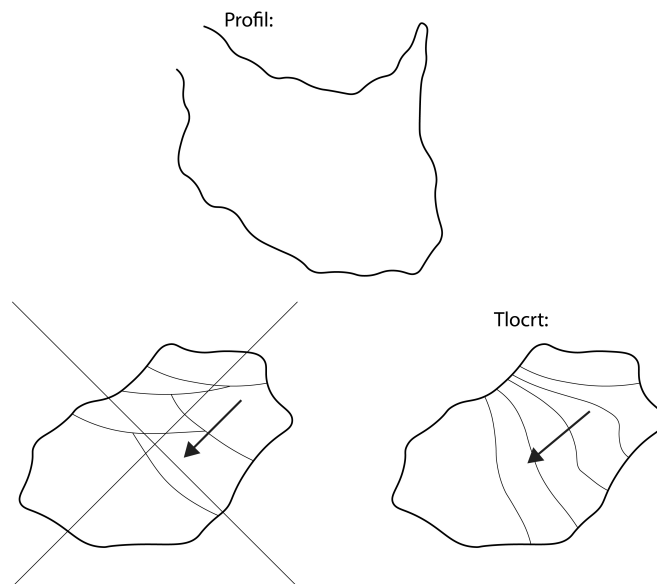
Slučajevi s gornje slike iznimno su rijetki u stvarnosti. Također, da je na slici umjesto skoka prikazana vertikala tada bi ona bila označena na odgovarajući način te su takvi slučajevi jako česti.

Česte greške javljaju se kod dvorana koje imaju nekoliko različitih kosina koje se na nekom mjestu spajaju. Sljedeća slika prikazuje jednu takvu grešku:

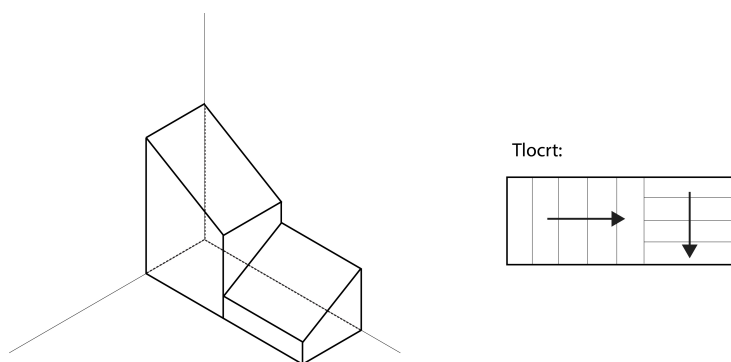
Detaljnija rasprava o izohipsama provedena je u [3].

3.8.4 Sedimenti i korisne informacije

Postavljaju se na odgovarajućim mjestima u nacrtu gdje su i u stvarnosti. Ukoliko se radi o velikim i prepoznatljivim ukrasima (npr. veliki saljev ili stalagnat) ili velikom kršlju potrebno ih je nacrtati

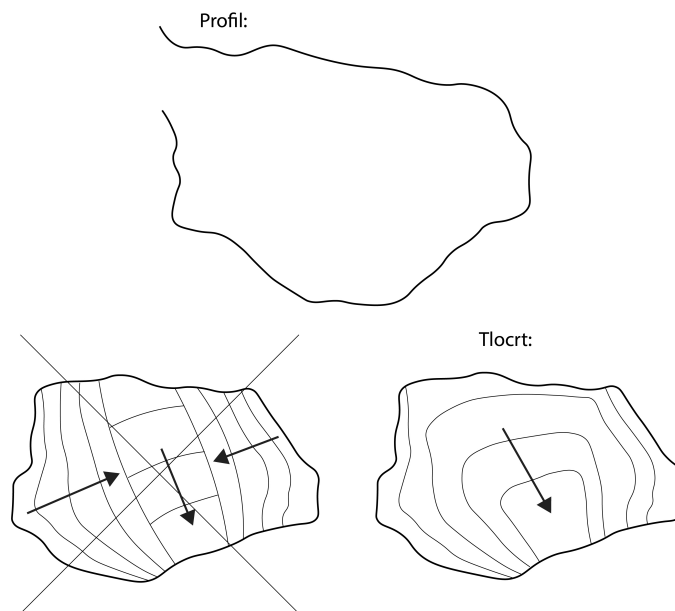


Slika 16: S lijeve strane prikazane su kaskade kojih po profilu očito nema.

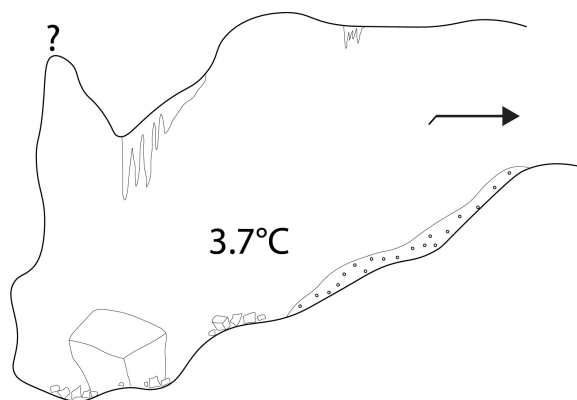


Slika 17: Primjer izgleda terena kada se izohipse sijeku.

u mjerilu. Također se ucrtavaju određeni sedimenti zabilježeni na tlu (snijeg, led, glina i sl.). Na odgovarajućim mjestima postavljaju se oznake upitnika (neistraženi i nepoznati prostori), izmjerene temperature zraka, dubine tog dijela kanala (u kasnijoj obradi nacрта), zabilježeno strujanje zraka i sl.



Slika 18: Prema prvom tlocrtu, na mjestu gdje se izohipse sijeku trebao bi biti skok kojeg po profilu nema zbog čega se radi o greški.



3.8.5 Voda

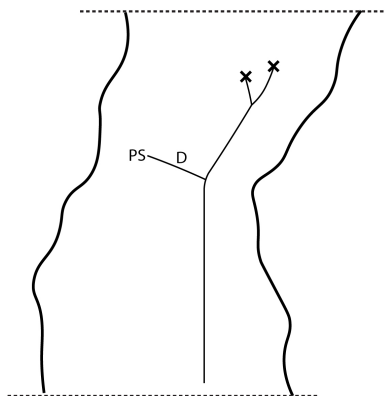
Označava se tok vode i svako jezero (protočno ili stajaće) te njihova dubina (plitko jezero ili sifon). U opisu se opiše i snaga toka vode te zabilježe promjene u toku (ukoliko se istražuje kroz duži period).

3.9 Tehnički nacrt

Definicija 3.8 *Tehnički nacrt speleološkog objekta* profil je speleološkog objekta s ucrtanim svim sidrišnim točkama, devijatorima, prirodnim sidrištima i potrebnim užetima (za svaku vertikalu posebno).

Prirodna sidrišta kratko označavaju se s 'PS' na nacrtu. U tehničkom nacrtu nije potrebno za svaku sidrišnu točku označiti npr. M8 ukoliko su sve sidrišne točke dobivene sa sidrišnim vijkom

promjera 8 mm već je dovoljno to označiti negdje pokraj nacrt kako bi nacrt bio što čitljiviji. Jednu sidrišnu točku označavamo jedno gustom točkom ili mali znakom $\times$, dok dvije sidrišne točke onda označavamo s dva znaka $\times$. Na taj način novi istraživači znaju koliko točno opreme im je potrebno za opremanje objekta. Također, devijatori se označavaju slovom ' D ', a spitovi slovom ' S '. Kako je u definiciji i označeno, tehnički nacrt isključivo se radi na profilu.



Ovdje je prikazan tehnički nacrt dijela vertikale, označeno je jedno dvostruko sidrište ispod kojeg se nalazi devijator koji je usidren na prirodno sidrište.

Prilikom digitalne obrade, užeta i ostale oznake tehničkog nacrt dobro je označiti crvenom bojom kako bi se razlikovali od kontura samog objekta i ostalih detalja.

4 Profil i tlocrt

Kako je već nekoliko puta rečeno, profil je pogled sa strane na speleološki objekt, ali se razlikuje od klasičnog bokocrta nekog tijela. Sada će se objasniti kako se profil pravilno određuje i na koje se sve probleme može naići prilikom snimanja profila.

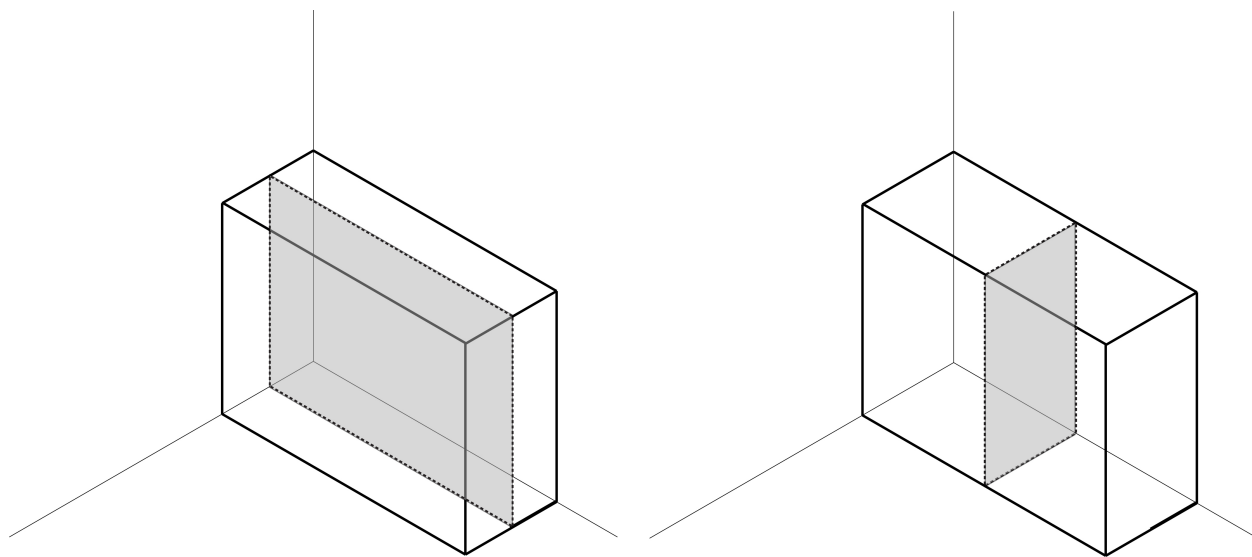
4.1 Odabir profila

Kada se priča o pogledu 'sa strane' zapravo nije baš jasno koji se pogled 'sa strane' uzima jer, naravno, može se sa sve četiri strane (a i sa svih onih između) gledati na neki kanal. Već je ustanovljeno da nasuprotni pogledi prikazuju isti nacrt. Ali koji od svih tih 'pogleda' odabrati? Ovdje se implicitno govori o tome na koji način odrediti poligonski vlak u prostoru, jer kada smo odredili početak i kraj poligonskog vlaka, na nacrt unosimo konture objekta koje se nalaze ispod, odnosno iznad zamišljene dužine poligonskog vlaka.

Na sljedećoj slici prikazana su dva kvadra, svaki kvadar prezentira istu dvoranu u nekom speleološkom objektu. Treba izabrati profil za tu dvoranu, odnosno postaviti poligonski vlak. Na svakoj slici prikazana je jedna mogućnost gdje profil označava sivi pravokutnik dok je isprekidana dužina zapravo kontura koja se ucrtava na profil oko poligonskog vlaka. Kada se snima speleološki objekt pokušava se prikazati što više detalja u nekom kanalu.

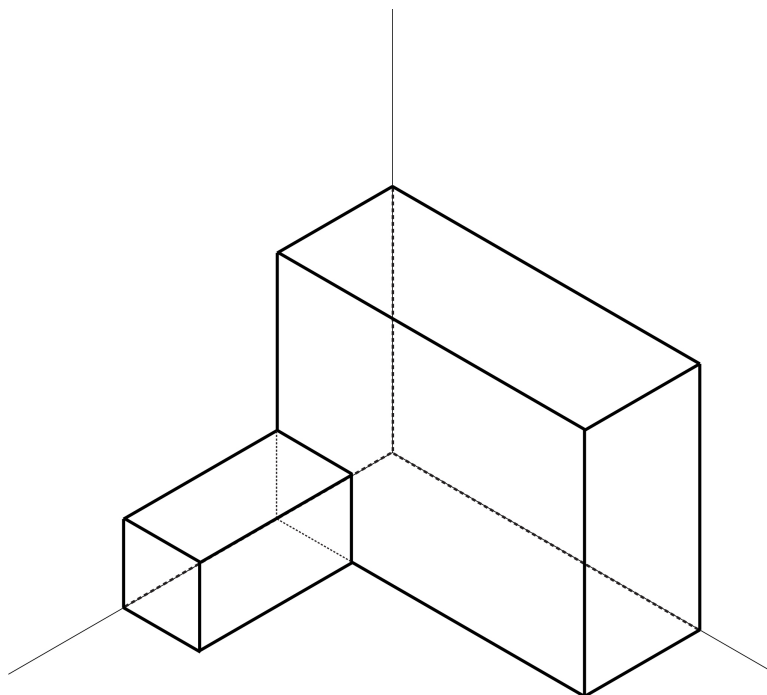
Pravilo 4.1 *Uvijek se uzima onaj odabir poligonskog vlaka čiji poprečni presjek kanala ima najveću površinu.*

Dakle, ako se postavi poligonski vlak u kanalu i na njega postavi zamišljena okomita ravnina koja prolazi kroz njega, onda poligonski vlak treba biti odabran tako da je područje te ravnine unutar kanala najveće površine.

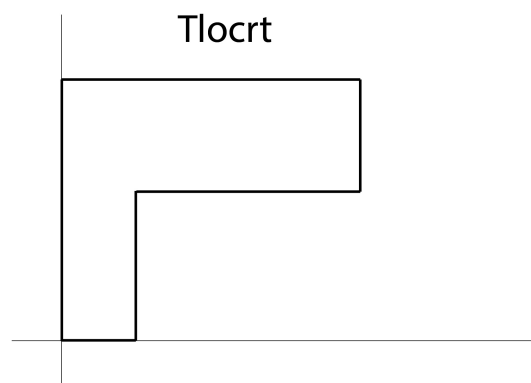
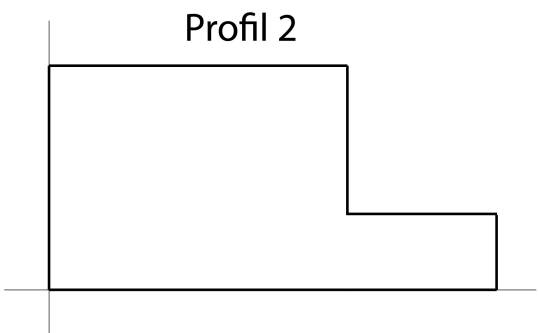
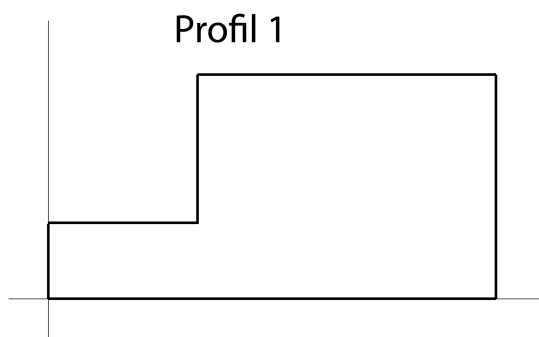


4.2 Ravnanje profila

Idući problem kod snimanja profila je što se kanali ne nastavljaju nužno jedan za drugim na način da ista ravnina obuhvaća najviše od 'svih kanala' kao što je to na sljedećoj slici.



Ukoliko se odabere siva ravnina kao iz prethodne slike da prikaže najviše od velikog kvadra tada mali kvadar ostaje neprimjećen i ne može se gotovo nijedan detalj iz malog kvadra označiti (moguće je da je mali kvadar dug nekoliko stotina metara). Problemu se pristupa tako da se rotira ravnina u kojoj leži profil kvadra dok se ne poklopi s ravninom velikog kvadra. Na taj način profil će izgledati ovako:



Prethodna slika prikazuje redom desni i lijevi profil i s desne strane tlocrt (pogled odozgo). Na taj način prikazano je najviše što se može prikazati od tog speleološkog objekta. Zbog ovakvog 'ravnjanja' profila o profilu ne možemo pričati kao o bokocrtu jer bokocrt ne dopušta nikakve preinake od izvornog pogleda s neke strane.

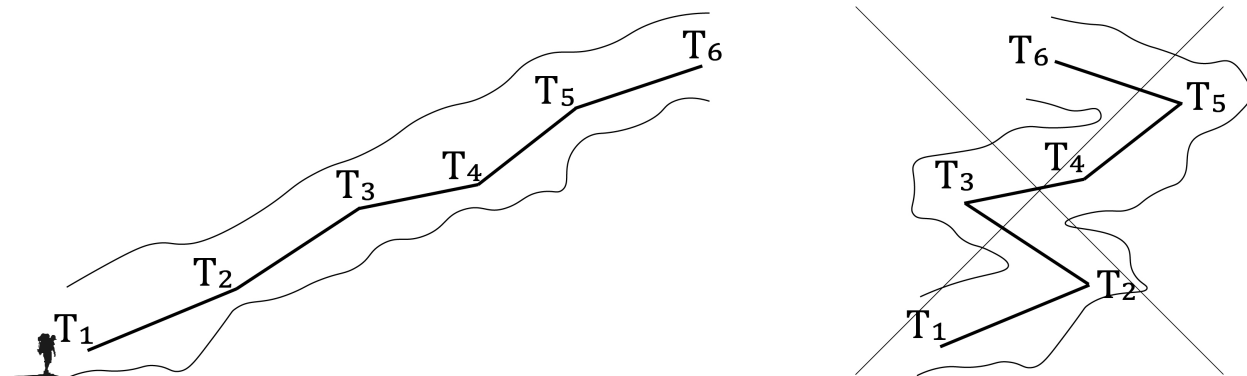
Gornje razmatranje zapravo je samo posljedica načina crtanja na milimetarski papir, naime prati se poligonski vlak i neovisno o njegovom azimutu uvijek se postavlja prema lijevo/desno pa je već tim pravilom suptilno napravljeno ravnjanje speleološkog objekta.

4.3 Lijevi i desni profili

Prije je već ustanovljeno da se u nekom trenutku odlučuje hoće li se crtati lijevi ili desni profil. Postavlja se pitanje, ukoliko se odluči za npr. desni profil (dakle s desne strane točke T_i traži se nagib), može li se ikad više prebaciti na lijevi profil? Odgovor nam daje sljedeće pravilo.

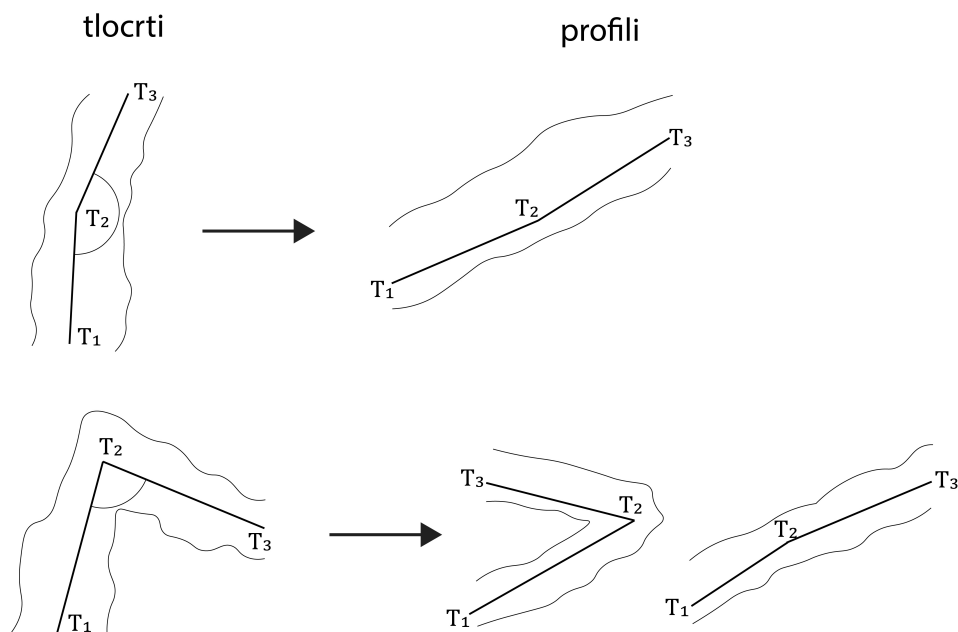
Pravilo 4.2 *Neka su $T_{i-1}T_i$ i T_iT_{i+1} dva uzastopna poligonska vlaka i neka se snimatelj nalazi kod točke T_i . U točki T_i snimatelj može promijeniti profil iz lijevog u desni (i obrnuto) ako i samo ako je razlika većeg azimuta od manjeg azimuta ta dva poligonska vlaka ili manja od 90° ili veća od 270°*

Ovim pravilom zapravo se kaže da ukoliko speleološki objekt dovoljno okrene svoj smjer, onda može i snimatelj okrenuti smjer na svom nacrtu. Također, ovo pravilo onemogućava dolazak nacrtu u neke patološke situacije kao na idućoj slici u kojoj je prikazan neki dugi kanal s blagim usponom.



Ukoliko se bolje promotri, vlakovi na obje gornje slike su isti, jedina je razlika je li pad tražen s desne ili lijeve strane. Bez prethodnog pravila može se napraviti degenerički slučaj kao na slici desno te je to još jedan razlog za njegovo uvođenje.

Motivacija za takvo definiranje gornjeg pravila preko azimuta je prikazana na sljedećoj slici.

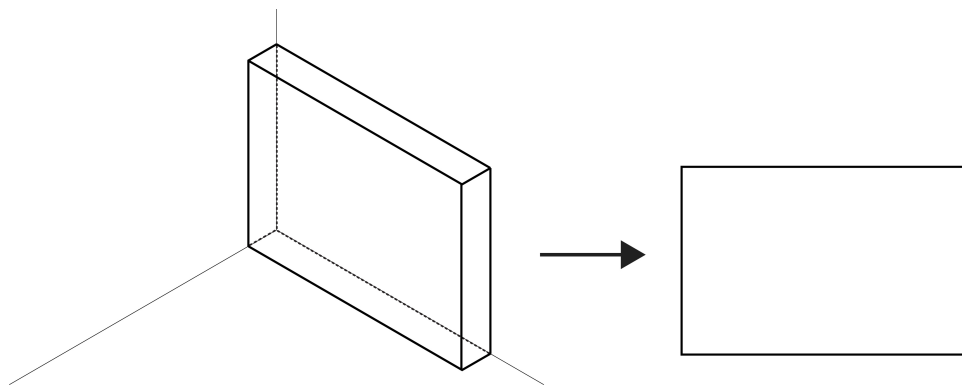


U prvom slučaju, jer je (gledano odozgo) kanal blizak pravcu (razlika azimuta je označeni kut i bliska je 180°) to pravilo ne dopušta mijenjanje profila dok je u drugom slučaju razlika azimuta (označeni kut) manja od 90° (ili veća od 270° ako se gleda vanjski kut) pa snimatelj ima izbor odabrati jedan od dva prikazana profila (ili naravno njihove zrcalne slike).

4.4 Presjeci

Ponekad pravilo o prikazu profila duž najveće plohe značajno iskrivi predožbu o tome kanalu kao u sljedećem primjeru.

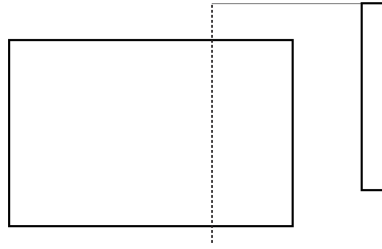
Primjer 4.1 *Neka je dan kanal duljine 20 m, visine 15 m i širine 0.5 m kao na slici.*



Desno je označen profil tog kanala.

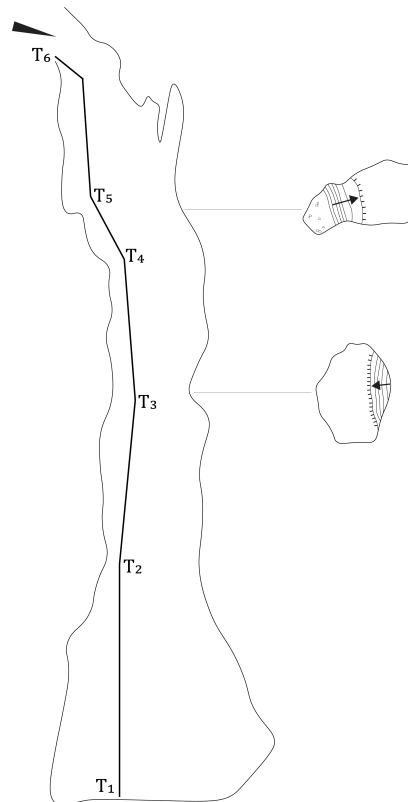
Situacija kao u gornjem primjeru često se javlja u meandrima. Kako bi se bolje prikazao taj kanal (koji će na uređenom nacrtu izgledati iznimno velik i širok) rade se presjeci kanala okomito na

pružanje profila tako da se bolje prikažu neke karakteristike kanala. Primjer jednog presjeka gornjeg profila dan je sljedećom slikom.



Dakle (vertikalni) presjek kanala je neki drugi pogled na kanal 'sa strane' koji će bolje okarakterizirati taj kanal (najčešće okomit na poligonski vlak). Iz gornjeg presjeka postaje jasno kako se radi o vrlo uskom kanalu koji bi npr. mogao stvarati poteškoća u novim istraživanjima.

Analogno može se napraviti i horizontalni presjek (tlocrt) na nekoj visini kako bi se prikazale neke značajke tog dijela kanala. To je česta situacija kod crtanja velikih vertikalna kada se u njima želi prikazati nekakav detalj ili promjena morfologije kanala.

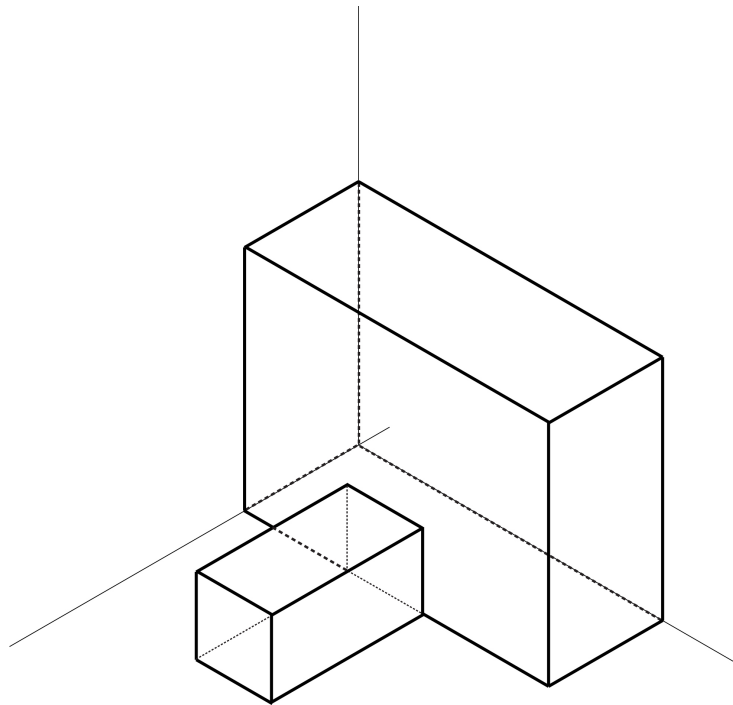


Slika 19: Vertikala u speleološkom objektu i s desne strane dva horizontalna presjeka.

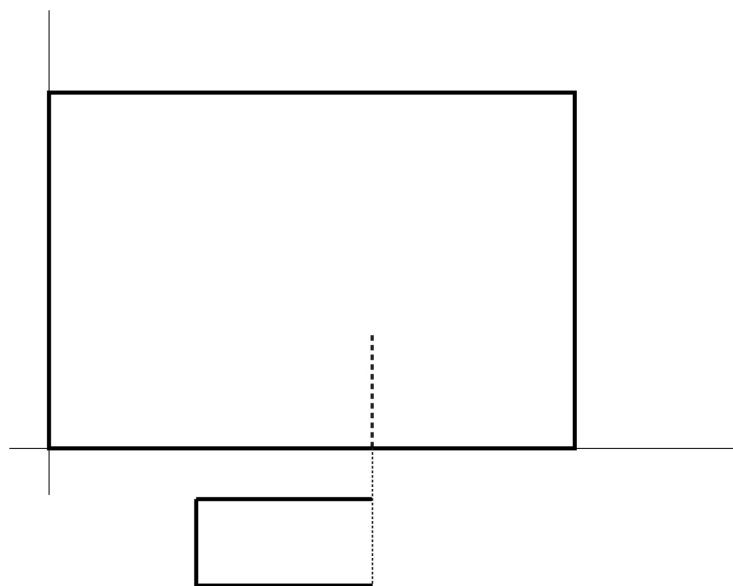
Presjeci daju i posljednju dimenziju kanalu koja nedostaje zato ih je dobro raditi kada je god to moguće na točkama od interesa.

4.5 Preklapanje profila

Sljedeća slika prikazuje slučaj kada sporedni kanal započinje u sredini glavnog kanala.



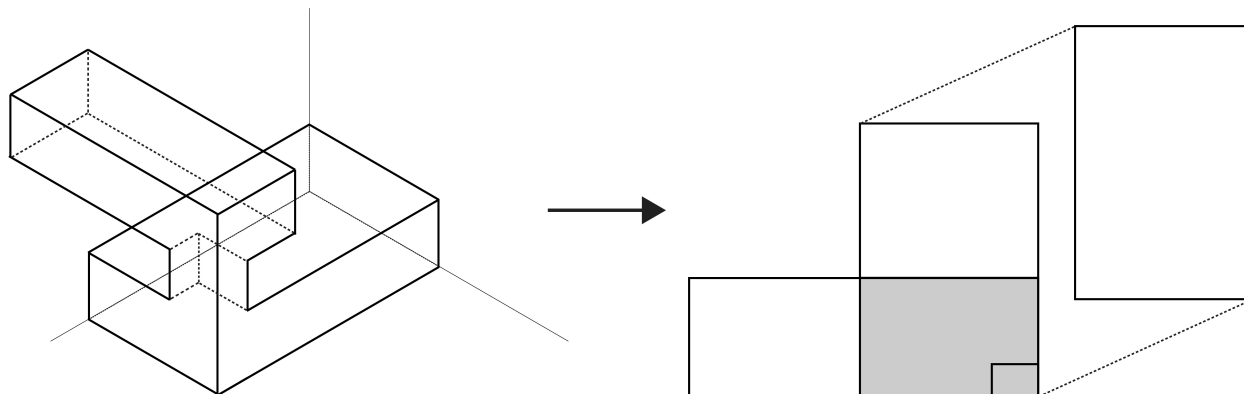
Sada je jasno kako se ne možemo tek tako 'izravnati' profil jer će opet nastati preklapanje između glavnog i sporednog kanala. Zato se problemu pristupa na sljedeći način. Snima se glavni kanal i na mjestu gdje je ulaz u sporedni kanal isprekidanom crtom označi se ulaz u kanal čiji profil pomaknemo ispod ili iznad profila glavnog nacрта kako bi prikazali i taj sporedni kanal. Tako se dobiva sljedeću sliku koja će onda biti profil gornjeg tijela.



Ovakva preklapanja u pravilu nastanu tek u kompleksnijim i većim speleološkim objektima.

4.6 Preklapanje tlocrta

Slično kako je opisano u prethodnom poglavlju, tako često nastanu i preklapanja u tlocrtima. Tada se postupa slično kao i s profilima, tj. one dijelove koje se prelope izvlači se izvan tlocrta radi označavanja detalja.



Slika 20: Na slici je prikazano neko 3D tijelo čiji se tlocrt preklapa u sivom dijelu, tada se gornji tlocrt crta na konsolidiranom tlocrtu, dok se donji dijelove izvlače sa strane radi prikaza detalja kako je prikazano na slici. Profil ovog tijela nema preklapanja.

Preklapanje tlocrta čest je slučaj u izrazito vertikalnim objektima kada se vertikale nastavljaju jedna ispod druge. Tada je praksa da se za svako dno vertikale napravi zasebni tlocrt koji se u topografskom nacrtu postavi najčešće pokraj profila na odgovarajućem mjestu gdje se i nalazi ta vertikala. Isto tako, kada se radi o izrazito velikim vertikalama, rade se tlocrti i na odgovarajućim mjestima u samoj vertikali kako bi se mogla prikazati neka mjesta od interesa (npr. neki dolazni kanali, ulazi u paralelne vertikale i sl.). Kod takvih objekata, konsolidirani nacrt radi se kako bi se vidjelo ukupno pružanje speleološkog objekta i položaj dna objekta s obzirom na ulaz u objekt te se na konsolidirani nacrt najčešće ne unose detalji jer su već uključeni u izvučenim tlocrtima.

5 Klasifikacija speleoloških objekata

Sada se mogu definirati neki osnovni pojmovi speleologije kao i urediti odnosi između raznih speleoloških objekata.

Definicija 5.1 *Speleološki objekt* svaka je prirodno nastala podzemna šupljina čija je duljina topografskog nacrtu veća ili jednaka pet metara, a da je pritom dimenzija ulaza duž najveće dijagonale manja od te duljine. Za speleološki objekt kaže se da je **jednostavan** ukoliko se sastoji od jednog glavnog kanala.

Doista se bez definicije topografskog nacrtu ne može definirati speleološki objekt jer je u definiciji na bitan način iskorišten pojam duljine speleološkog objekta. Ukoliko se želi zadržati konzistentnost, u cijelom radu se zapravo trebalo pričati o podzemnim šupljinama, a ne o speleološkim objektima s obzirom kako tek sad znamo što je speleološki objekt.

Definicija 5.2 *Jama* je svaki jednostavni speleološki objekt čiji poligonski vlakovi glavnog kanala imaju pad ili veći od $+45^\circ$ ili manji od -45° . *Špilja* je svaki jednostavni speleološki objekt čiji vlakovi glavnog kanala imaju pad između -45° i $+45^\circ$.

Također je i iz ovih definicija jasno kako se bez topografskog nacrtu ne može odrediti je li speleološki objekt špilja ili jama. Speleološke objekte koji nisu jednostavni teško je klasificirati jer su to uglavnom sustavi u kojima se cijelo vrijeme isprepleću i horizontalni i vertikalni dijelovi.

Definicija 5.3 *Razgranati speleološki objekt* svaki je speleološki objekt koji nije jednostavan.

U daljnju klasifikaciju razgranatih speleoloških objekata nećemo ulaziti. Napomenimo još kako je u nekim posebnim slučajevima moguće klasificirati jednostavne speleološke objekte.

Definicija 5.4 *Špilja s jamskim ulazom* svaki je speleološki objekt za kojeg postoji poligon glavnog kanala $T_1 \dots T_n$ takav da postoji prirodni broj i , $1 < i < n$ takav da je pad poligonskih vlakova $T_1 T_2, \dots, T_{i-1} T_i$ ili veći od $+45^\circ$ ili manji od -45° te da je pad poligonskih vlakova $T_i T_{i+1}, \dots, T_{n-1} T_n$ između -45° i $+45^\circ$.

Definicija 5.5 *Jama sa špiljskim ulazom* svaki je jednostavni speleološki objekt za kojeg postoji poligon glavnog kanala $T_1 \dots T_n$ takav da postoji prirodni broj i , $1 < i < n$ takav da je pad poligonskih vlakova $T_1 T_2, \dots, T_{i-1} T_i$ između -45° i $+45^\circ$ te da je pad poligonskih vlakova $T_i T_{i+1}, \dots, T_{n-1} T_n$ ili veći od $+45^\circ$ ili manji od -45° .

Za kraj može se još definirati i uređenost između speleoloških objekata (tj. uređaj). Grubo rečeno, uređajem se smatra svaki 'smislen' način za reći da je nešto veće od nečeg, odnosno za uspoređivanje različitih objekata. Uređaj se općenito označava oznakom $<$, a taj znak naziva se uređajem jer uređuje odnose između elemenata nekog skupa. Iz topografskog nacrtu proizlaze dva najbitnija uređaja među speleološkim objektima:

1. uređaj dubine

Neka su dana dva speleološka objekta A i B . Označimo dubinu objekta A s d_A i dubinu objekta B s d_B . Definiramo da je objekt B veći od objekta A ako i samo ako je $d_A < d_B$, odnosno onaj objekt koji je dublji je i 'veći'.

2. uređaj duljine

Neka su dana dva speleološka objekta A i B . Označimo duljinu objekta A s l_A i duljinu objekta B s l_B . Definiramo da je objekt B veći od objekta A ako i samo ako je $l_A < l_B$, odnosno onaj objekt koji je dulji je i 'veći'.

Ukoliko promotrite najčešće tablice 'najvećih' speleoloških objekata onda se uglavnom koristi jedan od gornja dva načina za definiranje veličina. Još jedan način za uspoređivanje speleoloških objekata dobije se računanjem volumena speleološkog objekta, iako se manje koristi jer je volumen speleološkog objekta parametar koji se rijetko kad računa i u ovom trenutku nedostaje kod opisa većine speleoloških objekata.

Definicija 5.6 *Jamski sustav* svaki je razgranati speleološki objekt s više ulaza među kojima postoje barem dva ulaza za koja ne postoji poligon jednog ulaza u kojem je drugi ulaz topografski snimljen pomoćnim poligonskim vlakovima.

Drugim riječima, jamski sustav svaki je speleološki objekt koji ima barem dva ulaza koji su bitno neovisni tj. svako topografsko snimanje tih ulaza tvori dva glavna poligona kanala.

6 Spajanje nacрта

Po spajanju nacрта, tj. uređenju nacрта, poželjno je postaviti odnos profila i tlocrta na način da se prate i to na način da ako profil ide prema desno, tada se smjer sjevera postavlja tako da i tlocrt približno prati smjer prema desno kako bi se lakše mogli pratiti profil i tlocrt.

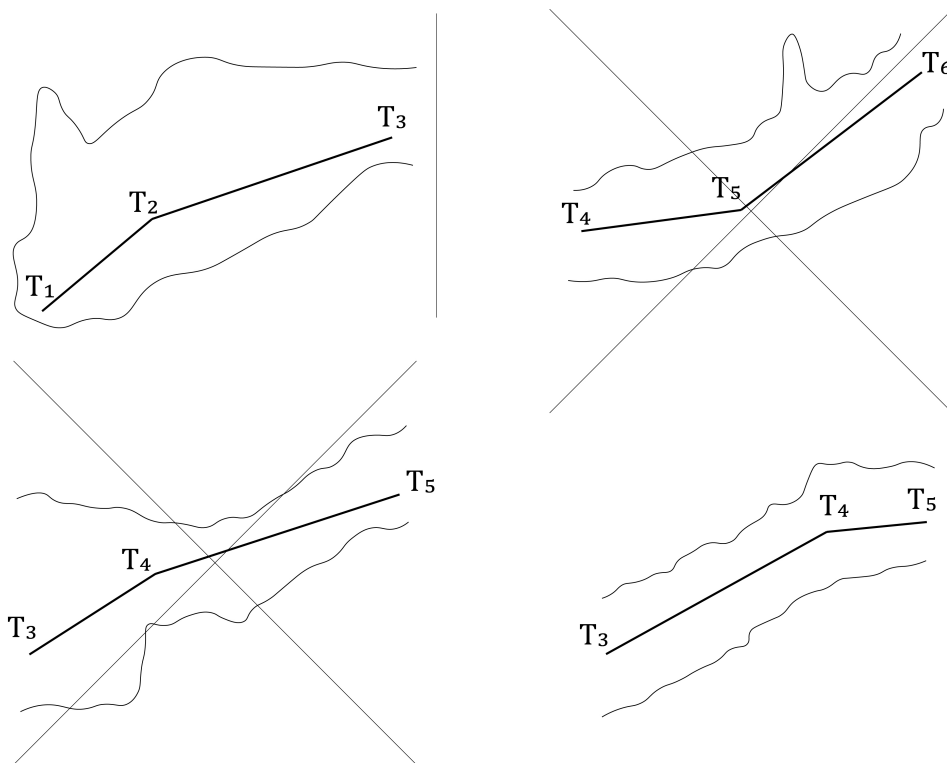
U većim i razgranatim speleološkim objektima gotovo je sigurno da nacrt neće stati na jedan milimetarski papir. Sada se provodi detaljnija rasprava kako se tome problemu pristupa u radnoj verziji, odnosno dok traje istraživanje i kako se svi dobiveni nacrti spoje u jedan nacrt tog objekta.

6.1 Kraj papira

Najčešći razlog prelaska crtanja na novi papir je taj što je snimatelj došao do kraja papira i više fizički nema mjesta za daljnje crtanje. Tada se ne mora nužno prijeći na novi papir ukoliko je još ostalo mjesta na trenutnom pa se jednostavno pomakne na taj dio praznog papira na način kako će dalje biti opisano ili prijeđe na idući papir. U svakom slučaju, treba poštivati iduće pravilo.

Pravilo 6.1 *Prilikom prekidanja poligona u točki T_n nastavak poligona na drugom mjestu započinje se nužno od točke T_n poštujući dimenzije kontura na prvom dijelu nacрта.*

Primjer 6.1 *Gornje pravilo opisuju sljedeća slika.*



Prva slika označava nacrt na prvom papiru s kojim smo došli do ruba papira (tanka vertikalna linija je rub papira). Nakon toga nastavlja se ili na drugom mjestu na tom papiru (ako ima mjesta) ili na novom papiru. Druga i treća slika ne mogu biti nastavak jer redom nedostaje poligonski vlak T_3T_4

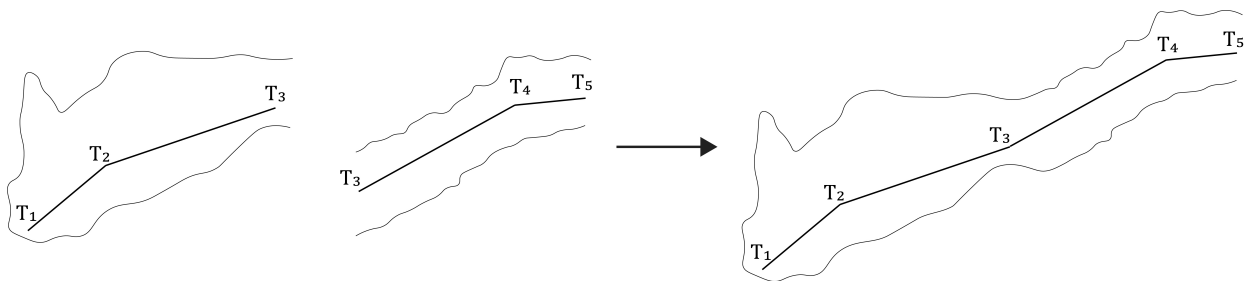
odnosno jer se konture objekta ne mogu spojiti kod iste točke. Nastavak bi trebao izgledati kao na četvrtoj slici.

Analogna razmatranja primjenjuju se i na tlocrt objekta.

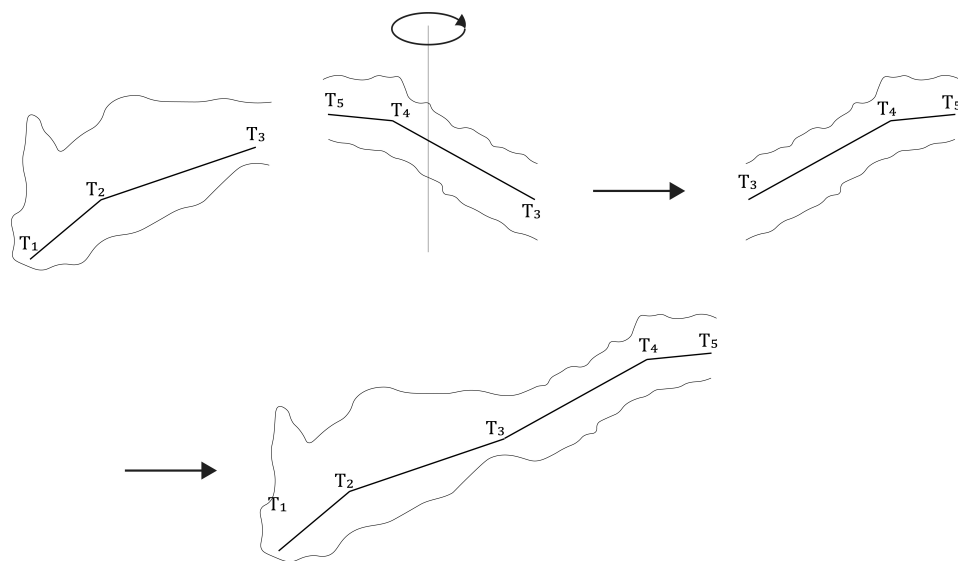
Gornje pravilo nas ne sprječava da se prilikom nastavka crtanja na drugom mjestu ne okrene profil iz lijevog u desni i obrnuto. U slučaju da se profil okrene, prilikom spajanja poligona treba voditi računa kako će biti dalje objašnjeno.

6.2 Spajanje poligona

Nakon što je snimljen cijeli (ili neki dio) objekt, svi radni nacrti trebaju se spojiti u jedan kompletirani nacrt tog (dijela) objekta. Danas se to najčešće odraduje računalno (iako se mogu i svi radni nacrti precrtati na novi veći milimetarski papir). Poligoni se spajaju poštujući Pravilo 4.2. Naime, kod nastavka crtanja, kako je rečeno, Pravilo 6.1 ništa nije reklo o okretanju profila, ali kod spajanja poligona treba se voditi računa o pravilu 4.2 prema kojem tada treba promatrati poligonske vlakove $T_{n-1}T_n$ i T_nT_{n+1} , dakle ukoliko je zbog rasporeda na nacrtu okrenut profil iz npr. lijevog u desni, možda će kod spajanja nacрта trebati okrenuti sve poligonske vlakove kako bi uređeni nacrt zadovoljavao sva pravila topografskog snimanja. Spajanje iz Primjera 6.1 prikazano je na sljedećoj slici.



Ukoliko je u Primjeru 6.1 snimatelj odlučio okrenuti profil iz desnog u lijevi (uz pretpostavku da to sukladno tlocrtu i po Pravilu 4.2 nije bilo dopušteno da se radilo o jednom nacrtu) tada je spajanje prikazano sljedećom slikom.



Prvo se okrenuti profil rotira oko vertikalne osi te se onda tek spaja na prijašnji poligon.

Postupak se nastavlja dok se cijeli (dio) objekt ne kompletira u jedinstveni profil i tlocrt.

7 Posebni slučajevi

Svi dosad opisani slučajevi su generički i najčešće su prisutni kod topografskog snimanja u gotovo svim speleološkim objektima. Sada će se komentirati još neke posebne situacije s kojima se rjeđe snimatelj susreće.

7.1 Speleološki objekt s više ulaza

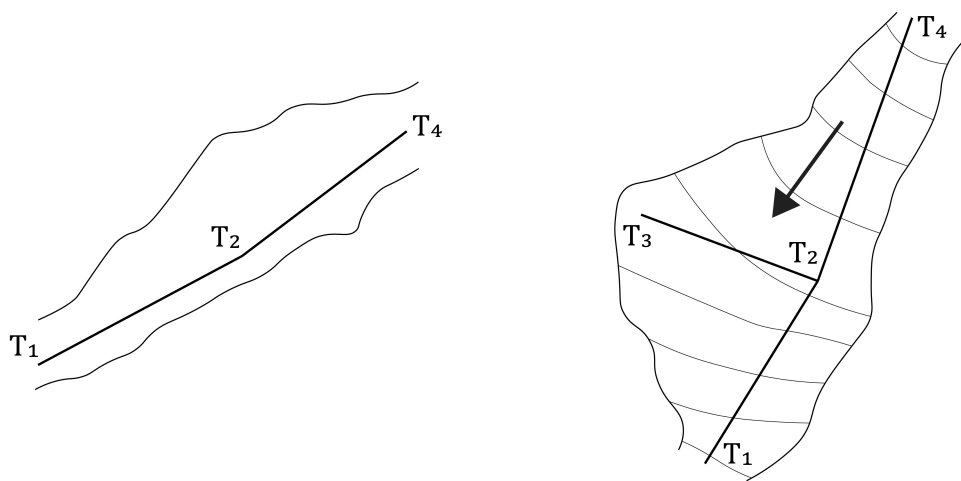
Naravno, postoje objekti koji imaju više ulaza pa se postavlja pitanje kako se tada dva neovisna nacrtu svakog ulaza spajaju u jedan nacrt? Spajanje tlocrta više ulaza može se odraditi samo na jedan način pa tu nema nedoumice. Kod spajanja profila različitih ulaza vodimo računa da ne dođe do preklapanja istih. Kako bi to postigli, ponekad ćemo neke dijelove objekta trebati zrcaliti kako bi ih uspjeli namjestiti na odgovarajući način.

Kod speleoloških objekata s više ulaza dobro je napraviti poligonski vlak između tih ulaza kako bi provjerili točnost mjerenja objekta. Isto tako, u slučaju bliskih objekata koji još uvijek nisu spojeni, povlačenjem poligonskog vlaka između ulaza te prikazom u nekom programu za 3D modeliranje (npr. Compass) možemo vidjeti gdje bi mogao biti eventualni spoj te stvarne udaljenosti objekta.

7.2 Poligonski vlakovi koji se ne crtaju

Ponekad je snimatelju potreban pomoćni poligonski vlak za bolji prikaz tlocrta, ali da istovremeno nije dobio nove informacije na profilu. Tada taj pomoćni poligonski vlak ne mora crtati na profilu već samo na tlocrtu. Opisana situacija prikazana je u idućem primjeru.

Primjer 7.1 *Neka je dan kanal čiji su profil i tlocrt dani redom:*



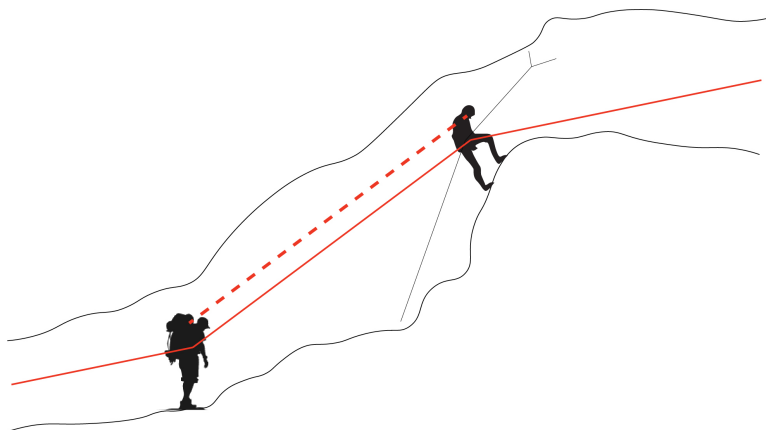
S vlakom T_2T_3 nisu dobivene nikakve nove informacije za profil pa se taj vlak na profilu može izostaviti.

Česta situacija kod pomoćnih poligonskih vlakova koje ne trba crtati na profilu je u velikim dvorinama kada bi se većina vlakova u profilu preklapalo bez novih informacija bitnih za profil.

Slično je i kod snimanja vertikalala. Tada, ako vlak ima nagib od $\pm 90^\circ$, tlocrtno poligonski vlak izgleda kao jedna točka, odnosno početak i kraj poligonskog vlaka nalaze se na istoj točki u tlocrtu. Tada se taj vlak ne crta u tlocrtu nego se ista točka označi s dva broja, npr. poligonski vlak T_5T_6 koji ima nagib -90° u tlocrtu ćemo označiti s jednom točkom pokraj koje ćemo staviti oznaku "5,6".

7.3 Translacije poligonskog vlaka

Prilikom mjerenja vrijednosti nekog poligonskog vlaka, snimatelj se nerijetko nađe u situaciji iz koje mu je gotovo nemoguće iščitati vrijednost pada ili azimuta jer oči snimatelja trebaju biti postavljene točno do uređaja s kojim se mjeri što ponekad nije moguće u jako uskim prostorima ili vertikalama. U tim slučajevima snimatelj može translirati (tj. pomaknuti) poligonski vlak na način da se pozicionira npr. pola metra ispod poligonske točke na kojoj se nalazi, ali isto tako cilja istih pola metra od iduće unaprijed određene poligonske točke. U slučaju translacije, sve vrijednosti ostaju jednake kao i kod prvotno zamišljenog poligonskog vlaka. Na nacrtu se ne crta translacija nego original vlaka kao na slici.



Slika 21: Mjeri se isprekidana dužina koja je translacija poligonskog vlaka koji je označen punom linijom između snimatelja i mjerioca.

7.4 Topografsko snimanje u teškim uvjetima

Speleolozi se ponekad nađu u prostorima koji su opasni zbog objektivnih opasnosti, kao što su višeci kameni blokovi, nestabilni sipari, ledene pukotine i sl. ili okruženje nije toliko opasno, ali je topografsko snimanje izrazito otežano zbog uvjeta u tom području, kao što je npr. slap u vertikali. U tim situacijama iskusniji snimatelji mogu poligonske vlakove crtati na milimetarskom papiru bez korištenja kutomjera, nego samo ravnalom po osjećaju koliki je kut, a sve s ciljem što bržeg prolaska tog dijela speleološkog objekta. U ekstremnim situacijama neće se uopće vršiti crtanje nego će se samo zabilježiti vrijednosti u tablicu dok će se crtanje odraditi naknadno po dolasku u sigurnije

dijelove. Tada je na snimatelju da što bolje promotri i zapamti detalje tog dijela kako bi ih mogao što bolje kasnije prikazati.

Ovakve načine topografskog snimanja treba izbjegavati osim kada za to postoje objektivni razlozi jer se naknadnim crtanjem uvijek izgubi dio detalja.

8 Greške u mjerenju

Prethodnim razmatranjima razvila su se pravila za topografsko snimanje. Osvrnimo se sada na greške prilikom ovakvog snimanja.

8.1 Greške u mjerenjima velikih vlakova

Pretpostavimo da snimatelj uzima samo vlakove duljine veće od 25 m. S obzirom kako se mjerenje vrši ručno uvijek postoje greške u mjerenju azimuta i pada, a kod veliki poligonskih vlakova moguće je da mjerioci promaši metu koju cilja laserom pa da nepažnjom izmjeri udaljenost do nekog bližeg ili daljeg objekta. Promotrimo sljedeću tablicu:

Poligonski vlak	Duljina	Azimut	Nagib
T_1T_2	27	20	-65
T_2T_3	29	318	-76
T_3T_4	31	85	-79
T_4T_5	26	149	-68
T_5T_6	40	42	-72
T_6T_7	36	309	-60

(2)

Sada ukoliko se u mjerenjima pada pogriješilo samo s 3° tj. ukoliko su izmjereni nagibi redom: $-62, -73, -76, -65, -69, -57$ dobije se da je tada dubina objekta 172 m, dok ukoliko se računa prema (2) dubina iznosi 176 m što je ukupna greška od 4 m što se ovdje smatra velikom greškom. Kako bi se izbjegle ovolike greške u dubini objekta, pravilo je da se uzimaju poligonski vlakovi duljine najviše do 25 m. Greške koje se javljaju u mjerenju pada i azimuta je gotovo pa nemoguće izbjeći, ali se s praksom i preciznom rukom i one smanjuju. Te greške posebice dolaze do izražaja kod većih vlakova jer je puno teže naciľjati kraj vlaka s kompasom i padomjerom, a ako se napravi greška ona je na velikoj udaljenosti puno izraženija nego kod manjih vlakova.

Također, pri snimanju manjih vlakova, snimatelj jasno vidi kraj poligonskog vlaka pa nije izgledno da će ga promašiti. Isto tako, kod velikih vlakova nije moguće na dobar način postaviti sve detalje u kanalu između krajeva poligonskog vlaka, npr. ukoliko je vlak duljine 40 m i negdje između krajeva vlaka nalazi se izraženi saljev, tada snimatelj nije siguran je li pomaknut od neke točke 12, 16, 22 ili neki drugi broj metara bez dodatnih mjerenja. Kako ima puno detalja, takvo crtanje bi dodatno zapravo samo usporilo snimanje.

8.2 Greške u mjerenjima malih vlakova

Kako se mjerenja vrše ručno, najčešće iz neprikladnih položaja ili s užeta, česte su greške i kod mjerenja malih vlakova. Mjerenje laserom može se pogriješiti ukoliko se laserski snop netom prije izmjere pomakne s ciljane točke zato je obveza osobe u koju udara laserski snop da ga prati kada god je to moguće i obavijesti osobu koja vrši mjerenje ukoliko je došlo do pomicanja snopa s željene mete. Isto tako treba obratiti pozornost prilikom zamjene snimatelja i mjerioca na poligonskoj točki kada je moguće da druga osoba ne zauzme odgovarajući položaj za daljnje mjerenje. U slučaju pomicanja druge osobe za samo 10 centimetara, u prosjeku može nastati greška u ukupnoj duljini objekta i za 2% što je velika greška koja ne smije biti prihvatljiva.

Mjerenje azimuta vjerojatno ima najveće greške s obzirom kako je potrebno pomaknuti kompas iz kosine u kojoj se cilja meta do horizontalne ravnine. To pomicanje s vremenom postaje preciznije, ali su greške uvijek moguće zbog čega je dobro ponoviti mjerenje, posebice u slučajevima gdje se kompas morao puno više odmaknuti od horizontalne ravnine.

Najbolje provjere točnosti poligona su zatvorene petlje koje se često događaju u složenim jamskim sustavima kada se različiti kanali spoje pa dođe i do spajanja poligona kanala što ćemo nazivati petljom. Isto tako, zbog provjere nije loše povremeno zatvoriti poligon i u većim dvoranama kako bi se na taj način provjerila preciznost izmjerenih vlakova. U tim slučajevima iznimno je teško namijestiti profile da se spoje u istu točku jer najčešće različiti kanali imaju različite duljine, ali točka spoja mora biti jedinstvena na tlocrtu pa se tako može pratiti preciznost mjerenja, tj. ukoliko se kanali tlocrtno ne spoje u istoj točki zna se da postoji greška kao i kolika je. U praksi prilikom spajanja dugih petlji zabilježene su relativno male greške u mjerenjima od svega nekoliko metara što govori da je ovakav način mjerenja poprilično precizan za speleološke potrebe.

Isto tako, greške nastaju i prilikom prepisivanja tablica s radnog nacrtu u Excel ili neki drugi program zbog čega je uvijek potrebno provjeriti prepisane vrijednosti.

9 Mjerenje širine i visine kanala

Prije opisanim mjerenjem radi se dvodimenzionalno tijelo s kojim se aproksimira speleološki objekt. Nema nikakvih podataka o volumenu tog objekta, kao ni o širinama/visinama kanala koji su prikazani. Iz tog razloga, ukoliko snimatelj želi znati i te podatke, radi na svakoj točki još četiri mjerenja.

9.1 Mjerenje širine kanala

Prilikom mjerenja poligonskog vlaka, osim što se mjeri kraj poligonskog vlaka, sada se mjeri još i dimenzija kanala lijevo i desno okomito na poligonski vlak koji mjerimo. Tada tablica izgleda ovako:

Poligonski vlak	Duljina	Azimut	Nagib	Lijevo	Desno
T_1T_2	8	58	-10	1.4	2
T_2T_3	9.4	78	-15	1.8	1.1
T_3T_4	7.5	12	-19	1	0.8
T_4T_5	11.2	42	-21	2	2.4
T_5T_6	12.7	45	-7	2.1	1.7
T_6T_7	9.5	30	-10	1.9	1.6

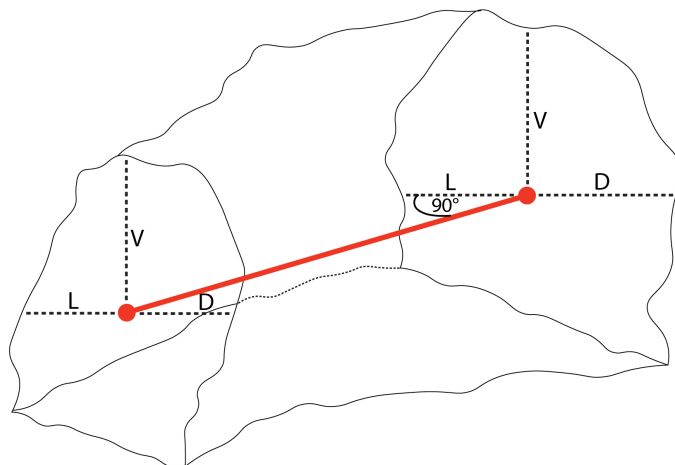
(3)

Jer Pravilo (2.3) kaže da se treba držati blisko sredine kanala, to će u istom retku u stupcu Lijevo biti približno ista vrijednost kao i u stupu Desno. Naravno, to vrijedi samo ako fizički možemo mjeriti na taj način što je često nemoguće na velikim vertikalama i dvoranama.

Kod mjerenja Lijevo/Desno može se dogoditi da se ne vidi npr. lijevi kraj kanala jer okreće u meandar do kojeg se može doći samo iscrpnim priječenjem vertikale. Tada se mjeri najveća udaljenost koja se može izmjeriti i uz nju postavlja znak +, npr. Lijevo: 12+ i na profilu se ne crta lijeva kontura punom nego isprekidanom linijom.

Pravilo 9.1 *Mjerenje Lijevo/Desno uvijek se odraduje tako da se mjeri horizontalna udaljenost od točke stajalište do lijevog/desnog ruba kanala na način da se mjeri okomito na idući poligonski vlak.*

Primjer 9.1 *Na slici je prikazana točka stajališta crvenom točkom, idući poligonski vlak punom linijom i Lijevo i Desno mjerenje koji su označeni na odgovarajući način slovima L i D.*



Vidi se da neovisno o nagibu poda, uvijek mjerimo okomito i horizontalno na poligonski vlak dok se prema gore mjeri okomito.

9.2 Mjerenje visine kanala

Uz mjerenja iz prethodne točke, može se zabilježiti još i visina kanala. Tada tablica može izgledati na sljedeći način:

Poligonski vlak	Duljina	Azimut	Nagib	Lijevo	Desno	Gore	Dolje
T_1T_2	8	58	-10	1.4	2	3	1.5
T_2T_3	9.4	78	-15	1.8	1.1	1.8	1.3
T_3T_4	7.5	12	-19	1	0.8	1.2	1.6
T_4T_5	11.2	42	-21	2	2.4	3.7	1.4
T_5T_6	12.7	45	-7	2.1	1.7	2.6	1.0
T_6T_7	9.5	30	-10	1.9	1.6	7	1.2

(4)

Mjerenje visine nema smisla ukoliko se snimatelj nalazi u sredini vertikale (osim na samom vrhu vertikale) pa se tada i ne mjeri visina. U gornjem primjeru slovom V prikazana su mjerenja visine kanala.

Lijevo, Desno, Gore i Dolje jednim imenom nazivamo **pomoćne vrijednosti**.

Prilikom mjerenja pomoćnih vrijednosti Lijevo i Desno uvijek se upisuju kako se i izmjere, dok kod vrijednosti Gore/Dolje to nije slučaj. Naime, ako je snimatelj u vertikalnom položaju, tj. na užetu, onda u vrijednost Gore upisuje udaljenost od sebe do ruba vertikale koji mu se nalazi iza leđa, dok u vrijednost Dolje upisuje udaljenost između sebe i ruba vertikale koji se nalazi ispred njega. Razlog za ovakvo upisivanje je mogućnost računanja volumena objekta po formuli koja će biti dana u idućem poglavlju. Isto tako, valja uočiti kako u vertikali nema smisla uzimati stvarne vrijednosti gore i dolje jer su one izmjerene poligonskim vlakom.

Pravilo 9.2 *Mjerenje Gore/Dolje uvijek se odraduje tako da se mjeri okomito prema gore/dolje od točke početka poligonskog vlaka osim ako se snimatelj nalazi u vertikalnom položaju, tj. nalazi se na užetu kada se za Gore mjeri udaljenost iza leđa, dok se za Dolje mjeri udaljenost ispred sebe do ruba vertikale.*

Pomoćne vrijednosti ne crtaju se na milimetarskom papiru kao i poligonski vlakovi, jer je njihov položaj unaprijed određen s prethodna dva pravila, nego se vrijednosti samo zabilježe u tablici.

10 Obrada podataka

Nakon izrade speleološkog nacrt, potrebno ja obraditi podatke, tj. izračunati sve željene karakteristike objekta.

Najbolji način za obradu podataka je u programu Excel izradom jednostavne tablice u koju će se prepisati svi podatci iz tablica svih radnih nacrt. Osim jednostavnosti za korištenje, Excel je pogodan i za kasnije unošenje podataka u programe za npr. 3D prikaz speleološkog objekta (kao što je Compass).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Poč.	Kr.	Gl.	D	A	N	Nagib (rad)	Prikrata	Duljina	Dubina
2	T_i	T_j	0 ili 1	x_1	x_2	x_3	$=(F2/90)*PI()/2$	$=IF(C2=1;D2*COS(G2);0)$	$=IF(C2=1;D2;0)$	$=D2*SIN(G2)$
								$=SUM(H2:H\clubsuit)$	$=SUM(I2:I\clubsuit)$	

U tablici su u prvom retku, odnosno prvom stupcu, oznake polja kao iz Excela, upisuju se podatci u stupce A, B, C, D, E i F dok se posljednja tri stupca izračunaju po priloženoj formuli.

U stupac A unosi se oznaka početka vlaka, u stupac B oznaka kraja vlaka, u stupac C unosi se vrijednost 1 ukoliko je poligonski vlak glavni, odnosno vrijednost 0 ukoliko je pomoćni potom se u stupce D, E i F unose vrijednosti redom duljine, azimuta i nagiba poligonskog vlaka.

Stupac G pretvara vrijednost stupnjeva nagiba u radijane, Stupac H računa prikratu preko kosinusa kuta nagiba i duljine te posljednji stupac pridodaje duljinu vlaka u ukupnu duljinu ovisno o tome je li poligonski vlak glavni ili pomoćni.

Posljednji redak računa vrijednost horizontalne duljine, odnosno ukupne duljine, dok $\clubsuit$ označava posljednji broj retka u tablici.

Za izračun ukupne dubine objekta treba izabrati vlakove poligona koji spajaju najviši ulaz i najnižu točku u objektu te zbrojiti vrijednosti iz posljednjeg stupca gornje tablice. Za izračun vertikalne razlike, izabiru se poligonski vlakovi poligona koji spajaju najvišu točku u objektu s najnižom točkom u objektu. Ukoliko iz radnog nacrt nije jasno koja je točka najviša i najniža, potrebno je zbrojiti vrijednosti iz posljednjeg stupca tako da se izabiru poligonski vlakovi od npr. ulaza do točaka od interesa.

Ukoliko se snimatelj odlučio za mjerenje Lijevo, Desno, Gore i Dolje tada se može izračunati i približan volumen speleološkog objekta po sljedećoj formuli:

$$\text{Volumen} = \sum_i \frac{(\text{Lijevo} + \text{Desno})(\text{Gore} + \text{Dolje})}{2} \cdot \frac{\text{Duljina}(T_i T_{i+1}) + \text{Duljina}(T_{i-1} T_i)}{2}.$$

gdje je i poligonska točka, dok je T_{i-1} poligonska točka koja je početak vlaka koji završava u T_i dok je T_{i+1} kraj vlaka kojem je početak T_i . $\text{Duljina}(T_i T_{i+1})$ označava duljinu vlaka $T_i T_{i+1}$. Ukoliko se radi o početku/kraju poligona, onda se uzima samo jedna Duljina (jer drugi vlak ne postoji). Ukoliko u neku točku dolaze tri vlaka, onda bilo koja dva računamo po gornjoj formuli, dok za trećeg računamo kao da je početak poligona.

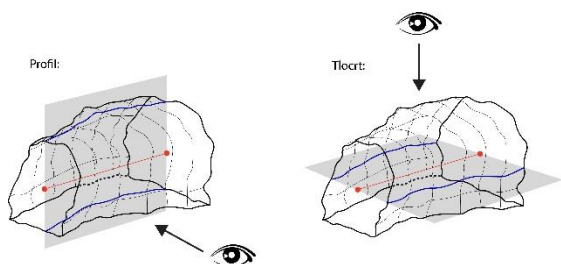
Kod obrade podataka važno je voditi računa na glavne, odnosno pomoćne vlakove kako ne bi pridodavali u duljinu vrijednosti koje se ne smiju zbrajati te kako ne bi imali pogrešno mjerenje.

Literatura

- [1] Goran Rnjak ur., skupina autora: *Speleologija*, Zagreb 2019.
- [2] Darko Bakšić: *Izrada nacrtu velikih speleoloških objekata*, Samobor 2009.
- [3] Neven Bočić: *Upotreba izohipsi pri topografskom snimanju speleoloških objekata*, Samobor 2009.
- [4] Neven Bočić: *Topografsko snimanje speleoloških objekata*
- [5] Neven Bočić: *Neki problemi pozicioniranja mjernih točaka pri topografskom snimanju speleoloških objekata*, Speleo'zin no. 17, srpanj 2004.
- [6] Mladen Garašić: *Neki problemi pozicioniranja mjernih točaka pri topografskom snimanju speleoloških objekata*, Naše planine 1978.
- [7] Marijan Čepelak i Miran Kovačić: *Topografsko snimanje speleoloških objekata*

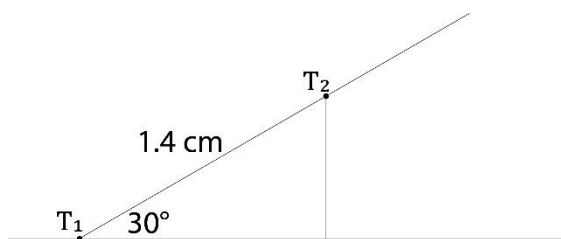
Topografsko snimanje speleoloških objekata – sažetak

Kako bi topografski snimili speleološki objekt trebamo izraditi tlocrt i profil.



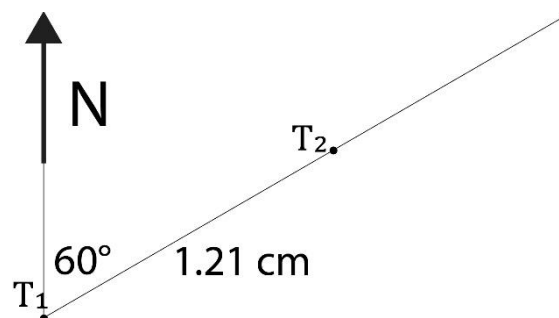
Prvo odaberemo početnu točku s koje krećemo topografski snimati speleološki objekt. Zatim odredimo mjerilo (najčešće 1:500) u kojem snimamo te označimo smjer sjevera na radnom nacrtu. Poligonske točke biramo tako da nam daju najbolji pregled na tim dijelom kanala, tj. da imamo dobar pregled nad nastavkom kanala te da trenutni poligonski vlak najbolje opisuje taj dio kanala na način da s njime najviše prikazemo u speleološkom nacrtu. Kod odabira točaka moramo voditi računa da se one nalaze po prilici na sredini kanala.

Mjerimo DULJINU, AZIMUT te NAGIB (skraćeno (D, A, N)) poligonskog vlaka. Duljinu mjerimo laserskim daljinomjerom, azimut kompasom te nagib padomjerom ili laserskim daljinomjerom. Podatke unosimo u tablicu na speleološkom nacrtu te krećemo s crtanjem na milimetarskom papiru. Nakon što smo se odlučili za lijevi ili desni profil označimo početnu točku profila na prikladnom mjestu na milimetarskom papiru. Kutomjerom tražimo nagib te preračunavamo duljinu poligonskog vlaka u odabrano mjerilo.

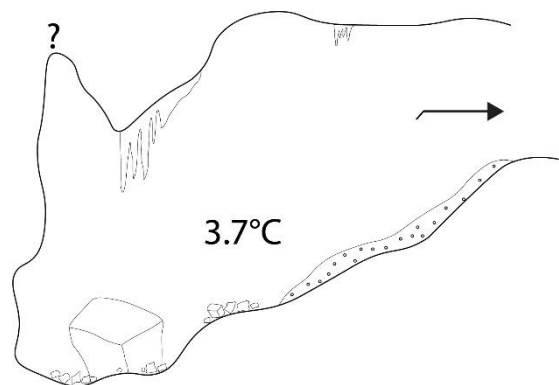


Kod crtanja tlocrta, s profila iščitavamo prikratu, tj. horizontalnu duljinu

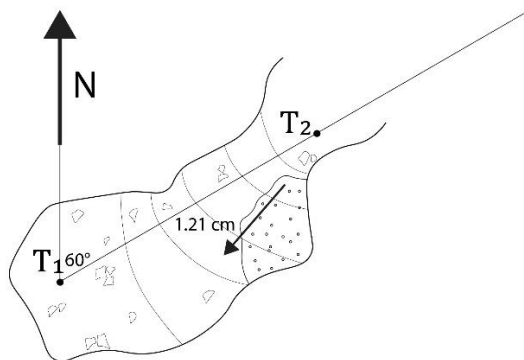
poligonskog vlaka, označavamo na prikladnom mjestu početnu točku tlocrta te kutomjerom tražimo izmjereni azimut u kojem smjeru crtamo dužinu duljine prikrate poligonskog vlaka.



Kada smo nacrtali poligonski vlak na milimetarski papir, ucrtavamo konture objekta koje po potrebi provjeravamo novim mjerenjima laserskog daljinomjera. Potom na profil ucrtavamo sve potrebne oznake (kršlje, led, voda, stalaktiti i sl.).

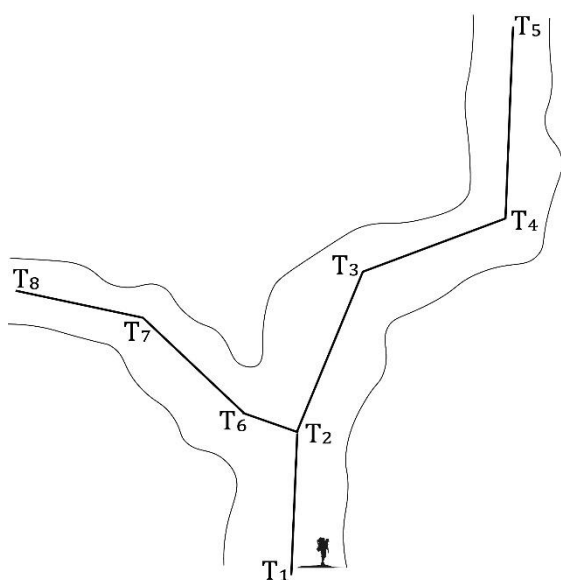


Na tlocrtu dalje označavamo izohipse, tj. krivulje koje spajaju mjesta iste nadmorske visine. Razmak između izohipsi odredi se posebno za svaki speleološki objekt, ali treba voditi računa da je na jednom speleološkom objektu isti razmak između izohipsi. Gušće izohipse označavaju strmiji teren, dok rjeđe izohipse označavaju manje strm teren. Na profil još ucrtavamo mjesta gdje su vertikale kao i sve detalje koji su od interesa.



Ponavljajući ovaj postupak, nadovezujemo poligonske vlakove jedan na drugog dok ne snimimo željeni dio objekta.

Ukoliko smo došli do račve kanala, potrebno je postaviti u trenutnom kanalu jednu poligonsku točku na mjestu gdje je ulaz u drugi kanal te je označiti na prepoznatljiv način. Nastavljamo snimati trenutni kanal te se nakon kraja kanala ili nekog drugog razloga vratimo do označene točke, radimo pomoćni poligonski vlak koji se u cijelosti nalazi u trenutnom kanalu i čiji drugi kraj ide točno do ulaza u drugi kanal. S kraja tog pomoćnog poligonskog vlaka krenemo snimati drugi kanal.

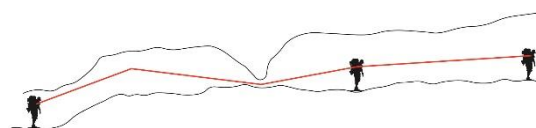


Ukoliko smo došli do nekog dijela kanala gdje klasični profil i tlocrt koje crtamo iskrivljuju stvarno stanje tog kanala, tada radimo presjek, tj. vertikalni presjek koji je okomit na profil ili u velikim vertikalama

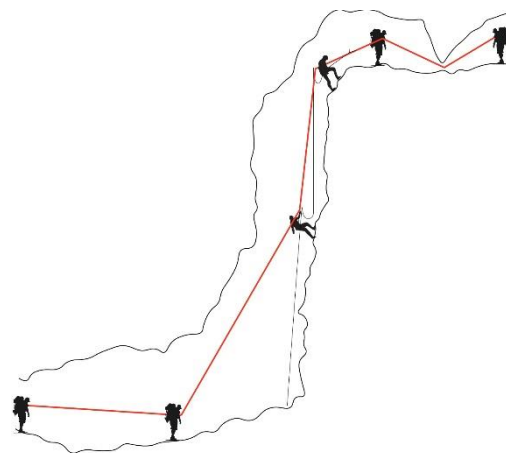
horizontalni presjek kao dopunu tlocrtu koji tada vidi samo početak i kraj vertikale.

Ukoliko su mjerioci i snimatelj iz nekog razloga zamijenili mjesta, tada se u tablicu unosi kontraazimut te kontrapad. Kontrapad se dobije jednostavnom promjenom predznaka, dok se kontraazimut dobije: 1. dodavanjem 180° na azimut ukoliko je azimut manji od 180° ; 2. oduzimanjem 180° od azimuta ukoliko je azimut veći od 180° .

Snimajući kanal vodimo računa i o pozicioniranju vlakova po visini. U horizontalnim kanalima ukoliko ima prostora to je najlakše raditi vlakove u visini prsiju snimatelja/mjerioca.



Kod odabira vlakova u vertikalama, početak i kraj poligonskog vlaka uvijek mora biti na među-sidrišnim ili sidrišnim točkama kako bi snimatelj po dolasku na taj dio znao s koje točno točke treba nastaviti snimati.



Kod snimanja velikih dvorana, radi se velika mreža pomoćnih vlakova kako bi se cijela dvorana snimila te kako bi se sve točke od interesa iz nje smjestile u nacrt. Za duljinu dvorane, uzima se duljina onih vlakova koji se prostiru duž najveće dijagonale, pritom vodeći računa da ne odstupaju previše od pravca, osim ukoliko njihova linija prati prirodan položaj dvorane.