

1. INTRODUCERE

1.1. ROLUL LUCRĂRILOR TOPOGRAFICE ȘI GEODEZICE ÎN DOMENIUL INGINERIEI CIVILE

Lucrările topografice și geodezice precedă, însoțesc și termină orice proces de construcție, contribuind la buna desfășurare a procesului de construcție atât prin scurtarea termenului de proiectare și execuție, cât și printr-o mai bună organizare a locului de muncă. Importanța contribuției lucrărilor topografice crește pe măsura mecanizării procesului de construcție precum și a utilizării tehnicilor și tehnologiilor moderne. Conținutul și importanța lucrărilor topografice și geodezice în procesul studiilor, proiectării și execuției sunt influențate de un complex de factori, ca: întinderea și accidentația terenului destinat construcției; dimensiunile elementelor componente ale construcției, precizia lucrărilor topografice în vederea proiectării și execuției edificiului, natura și volumul lucrărilor de terasamente, natura materialelor folosite, metodele de execuție, termenele de dare în folosință, etc.

Proiectarea oricărei construcții nu se poate efectua fără planuri topografice actualizate și profile topografice, întocmite la scări cât mai mari iar aplicarea pe teren a proiectului construcției cât și lucrările de execuție a construcțiilor fac apel la metode și instrumente topografice. Totodată, procesul exploatării construcției, începând cu recepția lucrărilor de construcție și terminând cu observațiile asupra comportării construcției executate, necesită măsurători topografice și geodezice.

Inginerul geodez însoțește construcția de la începutul ei adică de la întocmirea studiilor tehnico - economice de fundamentare a temelor de proiectare, în timpul elaborării proiectului apoi al execuției, terminând cu exploatarea acesteia.

De aceea, specialistul în măsurători terestre trebuie să cunoască prescripțiile generale privitoare la întocmirea și aprobarea proiectelor, tehnologia generală a executării construcției prin diferite metode, precum și lucrările necesare în timpul exploatării construcției.

Concluzionând se poate spune că inginerul geodez, nu trebuie să fie doar un factor pasiv, ci un participant activ la proiectarea și executarea tuturor obiectivelor inginerești.

Topografia inginerească a cunoscut în ultimele decenii o dezvoltare remarcabilă sub aspect tehnico-științific. Aceasta a permis lărgirea ariei de utilizare a topografiei inginerești și în alte domenii de activitate decât cel de întocmire a planurilor și hărților topografice necesare

proiectării obiectivelor de construcții. În stadiul actual de industrializare a procesului de construcții, lucrările de topografie inginerească tind să se integreze în activitatea de construcții-montaj de pe șantiere, iar prin aceasta, a crescut simțitor gradul de participare a topografiei inginerești la proiectarea și realizarea investițiilor.

De asemenea, metodele topografiei și fotogrametriei inginerești s-au extins și în alte domenii: în defectoscopie, la verificarea diferitelor mecanisme și dispozitive a diverselor utilaje, la montajul utilajelor tehnologice, la controlul execuției construcțiilor unicate și al legăturilor subansamblurilor acestora, la studiul mașinilor și mecanismelor sub sarcină, la cercetarea fundului mărilor etc., în prospecțiunile geotehnice și geofizice și într-un șir larg de domenii ale științei șitehnicii. Merită aici a fi subliniată activitatea de cercetare științifică în domeniul topografiei inginerești unde o serie de specialiști din producție și învățământ au orientat această activitate spre rezolvarea sarcinilor imediate și de perspectivă din tara noastră.

Topografia inginerească, ca disciplină de specialitate cu obiect propriu, este una din cele mai tinere ramuri ale măsurătorilor terestre. Ea a preluat o serie de metode, procedee și instrumente utilizate în topografie, geodezie, fotogrametrie și în cartografie, le-a adaptat specificului specialității și a creat noi procedee și dispozitive proprii, devenind astfel o disciplină de sinteză care participă la procesul de proiectare și realizare a investițiilor de orice fel.

Se știe că măsurătorile terestre au apărut din cele mai vechi timpuri ca o știință aplicată, inginerească. Cu ajutorul ei s-au construit în antichitate edificii care emoționează și astăzi prin măreția și exactitatea execuției. Aceste construcții sunt o mărturie a nivelului ridicat al lucrărilor de trasare din acele vremuri. Volumul mare al construcțiilor de drumuri, tunele și canale de aducțiune din sec. XVIII — XIX a necesitat elaborarea unor metode speciale de studiu-proiectare și de trasare a acestor construcții.

Odată cu începerea construirii de complexe energetice, industriale și de transport a apărut necesitatea rezolvării unor probleme dificile legate de proiectarea bazei de trasare și de elaborarea unor metode de aplicare pe teren a proiectelor, care nu mai puteau fi efectuate de către inginerii cu profil de constructor de aceea a fost necesară participarea la aceste lucrări a specialiștilor geodezi.

Primele măsurători topografice cu caracter de topografie inginerească din țara noastră au fost legate de inventarierea moșiilor boierimii, în secolul al XIX-lea, determinarea hotarelor și a suprafețelor de teren a necesitat pregătirea unui personal tehnic numit „inginer hotarnic”

în școlile superioare de la Iași, de către Gh. Asachi (începând cu anul 1813) și la București de către Gh. Lazăr (începând cu anul 1818).

După anul 1918, topografia cu destinație specială s-a axat mai ales pe problemele de „parcelare” și pe trasări de curbe la drumuri și căi ferate. După anul 1930 au început să se afirme lucrările topografice necesare la elaborarea și aplicarea proiectelor de sistematizare a orașelor.

În ultimii douăzeci de ani, topografia inginerească a contribuit cu lucrări de specialitate: la întocmirea documentațiilor topografice pentru elaborarea proiectelor de sistematizare a centrelor populate și pentru proiectarea investițiilor planuri topografice la scară mare cu curbe de nivel, profile etc, la aplicarea pe teren a proiectelor de construcții: în timpul montajului prefabricatelor din beton și al utilajului tehnologic; la determinarea deformațiilor și deplasărilor construcțiilor, terasamentelor și terenurilor alunecătoare, atât în faza de execuție cât și în timpul exploatării investiției.

Topografia inginerească este o ramură a măsurătorilor terestre care studiază și rezolvă o serie largă de probleme legate de studiile inginerești, de proiectarea, execuția și exploatarea construcțiilor de orice fel, inclusiv a investițiilor din transporturi, agricultură și din industria constructoare de mașini, la sistematizarea teritoriului, orașelor și satelor, la amenajarea bazinelor hidrografice etc.

Termenul de „inginerească” în denumirea disciplinei subliniază faptul că această ramură a măsurătorilor terestre este legată de studiul, proiectarea, execuția și exploatarea lucrărilor și construcțiilor inginerești. Odată cu industrializarea construcțiilor, topografia inginerească, părăsind limitele domeniului tehnico-științific ca auxiliar al execuției construcțiilor, a devenit parte integrantă a procesului tehnologic de construcții-montaj.

Topografia inginerească folosește instrumentele, metodele de măsurare și de calcul din topografia și geodezia utilizate la dezvoltarea bazei geodezice și cartografice de stat. Totuși la rezolvarea problemelor speciale de construcții-montaj, la verificarea construcțiilor înalte și de forme speciale, la observațiile asupra deformațiilor și deplasărilor construcțiilor etc. se folosesc metode speciale de înaltă precizie, ca de exemplu: metoda aliniamentului (determinat optic, cu firul, combinat, prin fascicul laser etc.), proiectarea și alcătuirea microrețelelor de sprijin spațial pentru execuția construcțiilor foarte înalte, micronivelmentul etc., metode care au solicitat realizarea unor dispozitive și aparate originale.

În topografia inginerească s-au introdus larg metodele fotogrammetrice care permit automatizarea proceselor de măsurare și de calcul. De asemenea, se folosește tehnica electro-optică și tehnica automatelor electronice la instrumentele de măsurare a unghiurilor, la nivelment, la măsurarea distanțelor sau la prelucrarea rezultatelor măsurătorilor.

Topografia inginerească cuprinde următoarele categorii principale de lucrări:

- studiile tehnico-topografice;
- proiectarea topografo-inginerească;
- trasarea topografică;
- asigurarea topografo-inginerească a procesului tehnologic de construcții-montaj;
- observații topo-fotogrametrice a deformațiilor și deplasărilor fundațiilor construcțiilor și a terenurilor cu grad ridicat din punct de vedere al riscului alunecărilor de teren.

Fiecare din aceste categorii este legată de anumite faze ale procesului de construcții, deosebindu-se prin problemele de rezolvat și precizia măsurătorilor.

Studiile tehnico-topografice servesc ca bază pentru proiectarea construcțiilor și efectuarea altor genuri de studii și cercetări (de exemplu, studiile hidrologice, prospecțiunile geotehnice și geofizice), având următorul conținut:

- dezvoltarea rețelei de sprijin și ridicarea topografo-inginerească a suprafeței destinate construcției; ridicarea topografică se efectuează pentru suprafețele medii și mari, prin metode fotogrammetrice; ca rezultat se obțin planuri de situație al șantierului de construcție și profile pe diferite direcții;
- trasarea pe teren a căilor de comunicații de acces (drumuri, căi ferate, linii de transport de energie, magistrale de alimentare și evacuare a apei etc.), toate având o formă liniară;
- legarea topografică a punctelor și profilelor geologice și geofizice și a aliniamentelor hidrologice etc.

Proiectarea topografo-inginerească este inclusă în faza de elaborare a proiectului construcției și cuprinde:

- întocmirea documentației topografice la scări mari și foarte mari pentru proiectarea construcției în detaliu;
- pregătirea topografică a proiectului pentru aplicarea pe teren și proiectarea în detaliu a lucrărilor de trasare;

- rezolvarea problemelor de sistematizare orizontală și verticală, calculul suprafețelor și volumelor de terasamente precum și a volumelor de inundație ale lacurilor de acumulare etc.

Trasarea topografică cuprinde lucrările topografice la aplicarea pe teren a proiectului. Aceste lucrări necesită, de regulă, baze topografice și metode de trasare de o precizie mai mare decât la ridicarea topografică.

Ca lucrări principale de trasare se consideră:

- întocmirea bazei de trasare sub forma rețelei topografice de construcție, de triangulație, de trilateratie, de poligonometrie;
- trasarea pe teren a axelor principale, trasarea în detaliu a construcțiilor (contururile și axele acestora precum și punctele caracteristice ale obiectelor);
- ridicarea de execuție, pentru a se determina precizia aplicării pe teren a proiectului și a coordonatelor reale („de execuție”), necesare întocmirii planului general cu construcțiile terminate.

Asigurarea topografo-inginerească a procesului tehnologic de construcții-montaj reprezintă o categorie de lucrări topografice ce au apărut recent, din necesitatea pentru constructor și tehnolog ca montarea prefabricatelor de beton, executarea industrializată a structurilor de beton armat monolit, cât și montajul tehnologic al agregatelor și mașinilor din întreprinderile industriale să se efectueze cu o precizie ridicată și într-un timp scurt.

Poziționarea conform proiectului și verificarea modului în care s-a executat montajul în plan și în înălțime a elementelor de construcție și a pieselor agregatelor reprezintă categoria de lucrări topografice inginerești de precizia cea mai mare.

1.2. LUCRĂRI TOPOGRAFICE PRINCIPALE LA PROIECTAREA, EXECUTAREA ȘI EXPLOATAREA CONSTRUCȚIILOR

1.2.1. Problema topografică directă și inversă

În general, lucrările de construcție implică două faze principale: proiectarea și execuția – fapt care determină și aspectul lucrărilor topografice și geodezice. Proiectarea construcției necesită planuri topografice, care se obțin prin ridicări topografice; acestea fac obiectul, ”**problemei topografice directe**”, care constă în următoarele: fiind marcate pe teren o serie de puncte topografice, se cere să se determine coordonatele X, Y, H ale acestor puncte, cu ajutorul cărora se va întocmi planul topografic cu curbe de nivel și profilele necesare proiectării.

Execuția unei construcții necesită aplicarea proiectului pe teren, fapt care determină obiectul, ”**problemei topografice inverse**“. Aceasta problemă constă în următoarele: cunoscând prin pregătirea topografică a proiectului coordonatele X^1, Y^1 și H^1 , ale punctelor unei construcții, se cere să se fixeze pe teren poziția acestor puncte conform proiectului și cu precizia hotărâtă de proiectant.

1.2.2. Conținutul și produsul lucrărilor topografice în construcții

Pregătirea topografică se desfășoară în următoarea ordine:

A. Stabilirea metodei de legare a proiectului; Construcțiile proiectate sunt transpuse pe teren față de punctele rețelei de sprijin sau față de obiectele existente pe teren și în proiect. În primul caz, legarea proiectului de teren constă în calculul coordonatelor punctelor caracteristice ale construcției sau ale axelor construcției în același sistem de axe în care sunt date coordonatele punctelor rețelei de sprijin la al doilea caz, legarea proiectului constă în determinarea valorilor liniare și unghiulare care caracterizează poziția construcției proiectate față de obiectul existent (clădire, construcție).

B. Alegerea metodei de aplicare pe teren a proiectului, adică a metodelor de trasare pe teren a axelor construcției, a conturilor obiectelor, a părților de obiecte, a elementelor construcției. De asemenea, se alege și se justifică precizia necesară, cât și tehnologia executării acestor trasări, instrumentele și alte utilaje corespunzătoare.

C. Întocmirea proiectului de îndesire a rețelei de sprijin de la ridicare pentru trasarea în plan și în înălțime, sau proiectarea unei rețele de sprijin special pentru trasare, potrivit metodelor de trasare alese.

Rețeaua de sprijin creată pentru ridicarea topografică a teritoriului construcției, se calculează, de obicei, și pentru execuția lucrărilor de trasare. Lucrările de trasare sunt de regulă mai precise decât cele de la ridicare; de aceea, rețeaua de sprijin în plan și în înălțime este alcătuită cu o precizie mai ridicată decât este necesar pentru ridicarea topografică. Se pot ivi însă cazuri

în care rețeaua de sprijin a ridicării nu satisface, din punctul de vedere al amplasării și al preciziei, cerințele aplicării pe teren a proiectului. Atunci se construiește o nouă rețea de sprijin. Determinarea tuturor elementelor topografice (unghiuri, lungimi, diferențe de nivel) necesare trasării pe teren a liniilor și a punctelor din proiect.

Întocmirea proiectului de organizare a lucrărilor de trasare. Acest proiect trebuie să rezolve: ordinea de execuție a lucrărilor de trasare; instrumentele și anexele necesare; tehnologia de executare a trasării elementelor topografice; construirea, marcarea și semnalizarea punctelor de sprijin și a punctelor trasate, inclusiv protecția lor pe timpul executării construcției; metodele de control al lucrărilor de trasare; ordinea, termenele și documentele necesare predării lucrărilor de trasare. Geodezul va studia amănunțit proiectul de organizare a lucrărilor de construcții, căci numai astfel organizarea lucrărilor de trasare va fi reală și eficientă contribuind prin aceasta la scurtarea termenelor de execuție. Piesa principală a proiectului de organizare este planul calendaristic al lucrărilor de trasare. Lucrările topografice de trasare trebuie prevăzute în schemele tehnologice de executare a construcției.

Problema topografică directă conține în esență lucrările topografice care însoțesc faza proiectării construcției și se pot concentra în noțiunea de „ridicare topografică“ a cărei produs este planul topografic ce va servi proiectării.

Problema topografică inversă comportă ansamblul lucrărilor topografice care însoțesc în general faza execuției construcției, iar produsul lor constă în punctele și liniile fixate pe teren conform proiectului, înlesnind astfel executarea construcției.

Conținutul principal al lucrărilor topografice care însoțesc procesul de construcție este același atât la proiectare cât și la execuția construcției, numai că ordinea acestor lucrări este inversă.

a) Ridicările topografice comportă efectuarea lucrărilor de teren și de birou. Lucrările de teren constau în măsurători cu ajutorul instrumentelor topografice, pentru a obține unghiuri, lungimi și diferențe de nivel între punctele marcate pe teren.

Lucrările de birou conțin calcule (prelucrarea elementelor topografice ale terenului în vederea stabilirii poziției reciproce a punctelor din teren), precum și întocmirea graficului (raportarea punctelor pe planuri și profile), ultimul reprezentând produsul final al ridicărilor topografice.

b) Aplicarea proiectului pe teren, comportă în ordinea în care se execută, lucrări de birou sunt cuprinse în „pregătirea topografică a proiectului“, care constă în principal în transformarea dimensiunilor elementelor proiectului în elemente topografice corespunzătoare (unghiuri, lungimi, diferențe de nivel) precum și întocmirea schemelor celor mai convenabile pentru

aplicarea pe teren a proiectului. Lucrările de teren comportă trasarea în plan și în înălțime a punctelor construcțiilor conform proiectului, iar pentru aceasta se folosesc instrumente topogeodezice, elemente topografice precum și schemele de trasare obținute în urma pregătirii topografice a proiectului, produsul final al aplicării pe teren a proiectului fiind punctele construcției fixate pe teren.

1.2.3. Elementele topografice în ridicări și trasări

Principalele elemente topografice cu care topografia inginerescă lucrează sunt unghiurile sau direcțiile, distanțele (înclinate sau orizontale), cotele sau diferențele de nivel și liniile de pantă dată.

Problema topografică inversă se deosebește de problema topografică directă, datorită faptului că elementele topografice (unghiurile orizontale sau direcțiile, unghiurile verticale, lungimile liniilor și cotele), care condiționează poziția justă a punctelor de pe teren pe planul topografic, sau invers de pe planul proiectului pe teren, sunt aceleași atât în ridicările topografice cât și în trasări, dar se obțin diferit.

În ridicările topografice, unghiurile orizontale se măsoară, adică se dau două linii pe teren și se cere să se măsoare unghiul ω dintre ele. În cazul trasărilor, unghiurile se aplică pe teren, adică se dă o linie materializată pe teren (de obicei cunoscută din ridicarea topografică) și se cere fixarea pe teren a celei de-a doua linii, care să facă cu prima linie unghiul ω , determinat în prealabil din proiect.

Lungimile liniilor în ridicările topografice se măsoară, adică se dau pe teren două puncte și se cere să se măsoare lungimea l a liniei care le leagă. În cazul trasărilor, ținând seama de înclinarea terenului, se aplică pe teren lungimea înclinată a liniei corespunzătoare lungimii orizontale d cunoscute din proiect.

Pornind de la altitudinea cunoscută a unui punct de pe teren în ridicările topografice se măsoară o diferență de nivel gh și se determină altitudinea (cota) unui alt punct. În trasările cotelor se cere aplicarea pe teren a altitudinii unui punct, altitudine este cunoscută din proiect. Aceasta se realizează prin transpunerea pe teren a diferenței de nivel gh dintre cota din

proiect a punctului construcției și cota cunoscută a unui alt punct (reper) determinată în prealabil.

1.2.4. Pregătirea topografică a proiectelor de construcții

Materialul documentar necesar pregătirii topografice este variat, fiind condiționat mai ales de felul sau tipul proiectului care se dorește a fi materializat pe teren precum și de caracterul terenului; cel mai răspândit material documentar este următorul:

Planul general al construcției

Acesta este planul topografic cu curbe de nivel al teritoriului construcției (plan general de situație) pe care s-au proiectat amplasamentele obiectelor principale, ale căilor de comunicații, cartierelor de locuințe, instalațiilor principale, inclusiv sistematizarea pe verticală (numai dacă planul nu este prea mult încărcat cu semne și cifre, astfel încât folosirea lui devine dificilă).

Planul general al construcției poate fi de mai multe tipuri și anume:

- a) planul general, cu amplasamentele construcțiilor permanente;
- b) planul general cu amplasamentele construcțiilor provizorii și auxiliare a șantierului;
- c) planul general de ansamblu cu construcțiile permanente și provizorii, inclusiv cele auxiliare;
- d) planul general al cartierului de locuințe, când acesta se afla la depărtare mare de construcția principală proiectată (de exemplu întreprinderea industrială, port etc).

Se menționează că fiecare dintre aceste planuri conține sistematizarea de ansamblu atât orizontală cât și verticală a teritoriului, fie împreună pe același plan, fie separat pe planuri diferite.

Alegerea scării planului general depinde de precizia ridicării topografice, de detaliile ce urmează să fie prezentate (de aici, necesitatea colaborării geodezului cu proiectantul în cadrul grupei pe plan general), de natura, întinderea și gradul de densitate a construcțiilor ce se proiectează.

Scări uzuale 1:10.000, 1:2.000, scări mai mari (1:1000, 1:500) la sistematizarea pe verticală (unde este nevoie să se treacă multe date și cifre) la construcțiile subterane (rețelele tehnice din localități și întreprinderi industriale, galerii, puțuri) la reconstrucții. Deoarece originalul planului general servește pentru a obține grafic anumite elemente ca date de plecare în

pregătirea topografică, este necesar să fie întocmit și păstrat pe un suport solid (de preferabil suport digital) pentru ca deformația hârtiei planului să fie cât mai mică.

Planuri de obiecte sau pe categorii de construcții de exemplu pentru hale industriale, clădiri administrative, căi de comunicație, rețele tehnice, cartiere de locuințe muncitorești. Se întocmesc la scări mari (1:2.000, 1:1.000, 1:500). Pe aceste planuri se proiectează dimensiunile conturilor, distanțele reciproce dintre obiecte, precum și față de axele principale ale lor.

Planuri (detalii) de execuție se întocmesc pe obiecte, părți din obiecte și elemente de construcție, cu toate dimensiunile proiectate. În această categorie intră secțiunile orizontale la diferite nivele, secțiunile verticale, planurile de montaj ale elementelor metalice și ale prefabricatelor.

Scările acestor planuri sunt mari – începând cu scara 1:500.

Planuri și profile aparținând sistematizării verticale cu referințe la: evacuarea apelor de pe suprafețele teritoriului construcției cuprinzând: rigole, drenuri, puturi, taluze, platforme industriale, planuri înclinate; asigurarea circulației: străzi, trotuare, drumuri, căi ferate; executarea spațiilor verzi a rețelelor tehnico-edilitare: alimentare cu apă, canalizare, termoficare, transmisiuni.

Scheme cu rețelele de sprijin ale ridicării teritoriului în plan și în înălțime.

Descrierile topografice ale punctelor de sprijin ale ridicării existente pe teren și care au fost verificate în prealabil.

2. TRASAREA PE TEREN A ELEMENTELOR TOPOGRAFICE ȘI PRECIZIA TRASĂRII

2.1. TRASAREA PE TEREN A UNGHIURILOR ORIZONTALE DIN PROIECT

Trasarea pe teren a unei direcții de mărime mijlocie cunoscută, constă în găsirea celei de-a două laturi a unghiului, față de prima latură fixată (pe teren de orientare). În funcție de

precizia necesară trasării direcției (unghiului) și de condițiile locale se determină instrumentele și metodele de trasare corespunzătoare.

Rolul predominant în trasarea pe teren a unghiurilor îl are, în topografia inginerească, teodolitul (trasarea mai putând fi efectuată cu echere topografice sau aplicare de lungimi).

În faza de pregătire topografică a proiectului în vederea trasării, din coordonatele rectangulare cunoscute ale punctelor A, B, C, se determină valoarea unghiului β din proiect ce urmează a fi trasat conform relațiilor cunoscute:

$$\beta = \theta_{AC} - \theta_{AB} \quad 2.1$$

în care:

$$\begin{aligned} \theta_{AC} &= \arctg \frac{\Delta Y_{AC}}{\Delta X_{AC}} \\ \theta_{AB} &= \arctg \frac{\Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}} \end{aligned} \quad 2.2$$

În funcție de preciziile care trebuie asigurate trasarea se poate efectua prin trei procedee.

2.1.1. Trasarea pe teren a direcțiilor cu precizie scăzută

Procedeul poate fi aplicat la execuția drumurilor de exploatare precum și la construcțiile din anrocamente sau pământ unde nu sunt necesare măsurători de precizie.

Teodolitul se așează în stație în punctul A, (figura 2.1) și cu luneta în poziția I se vizează punctul B, efectuând citirea C_B^I .

Se calculează $C_C^I = C_B^I + \beta$ corespunzătoare unghiului din proiect.

Se deblochează mișcarea înregistratoare și se rotește luneta în sens orar până când la cercul orizontal vom obține citirea C_C^I – calculată.

Direcția astfel rezultată se materializează la distanță corespunzătoare pe un țărșuș obținând, pe teren, punctul C.

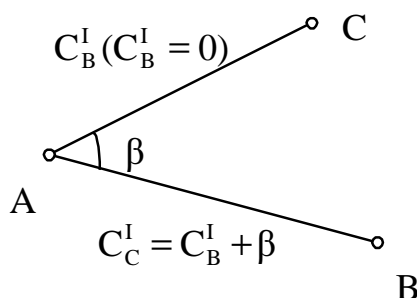


Fig. 2.1 Trasarea unghiurilor cu precizie scăzută

În caz că pe direcția de referință se introduce citirea zero ($C_B^I = 0$), vom avea $C_C^I = \beta$, restul trasării decurgând identic.

2.1.2. Trasarea pe teren a direcțiilor cu precizie medie

Trasarea pe teren a direcțiilor dintr-un proiect, se efectuează cu teodolitul, cu echerul topografic sau prin aplicarea de lungimi, în funcție de precizia necesară trasării a instrumentului folosit și de condițiile locale.

Pentru trasarea unui unghi din proiect se fac următoarele operațiuni:

- teodolitul se instalează în punctul A (figura 2.2), se vizează cu luneta spre punctul B, considerând latura de orientare A-B;
- se face citirea C_B la cercul orizontal;
- se deblochează alidada, care se rotește împreună cu luneta, până se obține citirea C_C :

$$C_C = C_B + \beta \quad 2.3$$

În aliniamentul găsit al axei de vizare a lunetei teodolitolui, la distanța corespunzătoare din proiect b se fixează pe teren punctul C' . Se repetă aceleași operațiuni în poziția a două a lunetei.

Datorită erorilor de măsurare inerente, punctul fixat în această poziție pe direcția liniei de vizare se va transforma în punctul C'' în loc de C' . La jumătatea segmentului determinat de cele două puncte se va materializa pe teren punctul C, prin admiterea unghiului trasat BAC ca fiind unghi proiectat β .

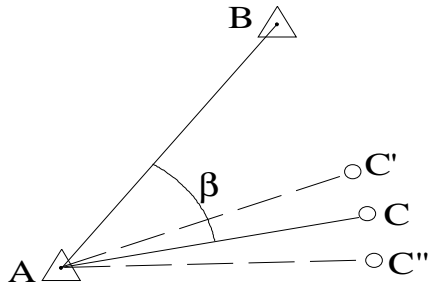


Fig. 2.2. Trasarea unghiurilor cu precizie medie

2.1.3. Trasarea pe teren a direcțiilor cu precizie ridicată

Pentru trasarea unghiului β din proiect cu precizie ridicată se măsoară prin metoda reiterației (cu câteva serii) sau prin metoda repetiției unghiului aproximativ ABC' (figura 2.3) determinându-i-se o valoare mai precisă β' .

Diferența dintre unghiul proiectat β și cel măsurat β' , o reprezintă corecția $\Delta\beta = (\beta - \beta')$, care se va introduce pentru a crește precizia unghiului trasat:

$$\beta = \beta' + \Delta\beta. \quad 2.4$$

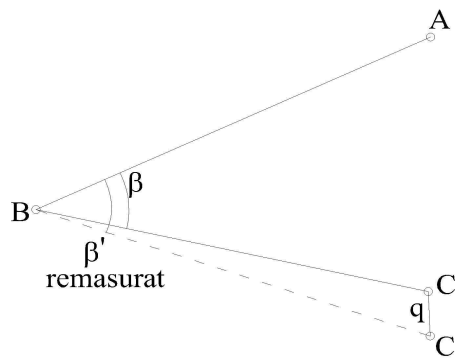


Fig. 2.3 Trasarea unghiurilor cu precizie ridicată

Cunoscând din proiect distanța $\overline{BC'} = b$, se calculează corecția liniară (sau reducția) $\overline{CC'} = q$.

Se deduce apoi din teorema sinusului:

$$q = b \frac{\Delta\beta^{cc}}{\rho^{cc}} \quad 2.5$$

unde: q^{cc} este factorul de transformare în radiani ($q^{cc} = 636.620^{cc}$)

b este lungimea orizontală $\overline{BC'}$ din proiect (sau

$\overline{BC'} \approx 60...100m$).

Se aplică pe teren corecția liniară q în C' pe perpendiculara pe latura BC' , găsiindu-se punctul C . Unghiul ABC va fi egal cu unghiul proiectat β .

Pentru control se măsoară unghiul ABC care trebuie să fie egal cu cel din proiect.

2.2. TRASAREA PE TEREN A DISTANȚELOR DIN PROIECT

Măsurarea și trasarea distanțelor are în topografia inginerească o mare importanță deoarece aceasta angajează tehnica de măsurare din geodezie și din fizică la obiectele spațiale. Dimensiunile obiectelor inginerești concrete, respectiv poziția lor reciprocă poate fi stabilită adesea în modul cel mai simplu prin măsurări directe. De asemenea, în multe dintre metodele de trasare în plan a punctelor caracteristice ale construcțiilor proiectate, unul din elementele care trebuie aplicate pe teren este distanța.

În funcție de principiul de măsurare se pot utiliza metodele măsurării mecanice, optice și electronice a distanțelor.

2.2.1. Pregătirea topografică a trasării

Indiferent de metoda utilizată, pregătirea topografică a trasării presupune determinarea corespondenței în metri pe teren a distanței orizontale din proiect ce urmează a fi trasată.

Aceasta se poate face:

– grafo-analitic din coordonatele rectangulare ale punctelor, cu relația:

$$D_{AB} = \sqrt{\Delta X_{AB}^2 + \Delta Y_{AB}^2} \quad 2.6$$

în care $\Delta X_{AB} = X_B - X_A$; $\Delta Y_{AB} = Y_B - Y_A$; X_A, Y_A și X_B, Y_B sunt coordonatele rectangulare ale punctelor A și B, care limitează distanța de trasat.

– grafic prin măsurarea segmentului d_{AB} de pe plan și utilizând relația scării numerice:

$$D_{ABmm} = d_{ABmm} \cdot n \cdot 10^{-3} \quad 2.7$$

(în care n este numitorul scării planului).

Principiul trasării

Trasarea pe teren a distanței D_{AB} din proiect comportă următoarele operații (figura 2.4):

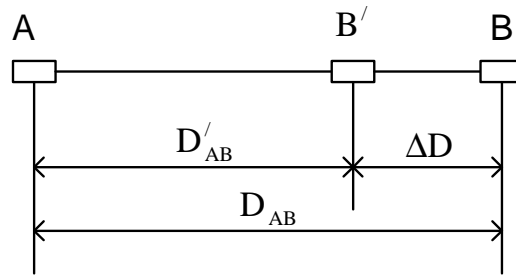


Fig. 2.4 Trasarea pe teren a distanțelor din proiect

– din punctul A, pe direcția AB, se aplică distanța D_{AB} din proiect, materializându-se provizoriu pe teren punctul B';

– se măsoară cu precizia necesară (rezultată în faza de proiectare topografo-ingenerească a trasării), utilizând aparatura corespunzătoare, distanța trasată obținându-se lungimea D'_{AB} a segmentului AB' fixat pe teren;

– se determină corecția liniară $\Delta D = D'_{AB} - D_{AB}$ care se aplică în punctul B' - obținând poziția corectă a punctului B.

Pentru control se măsoară distanța trasată și se compară cu cea din proiect, diferența dintre ele fiind necesar să se încadreze în abaterea maximă admisă,

$$D_{AB}^{\max} - D_{AB}^{pr} = \Delta_{\max} \quad 2.8$$

Indiferent de metoda de trasare aplicată, unghiurile vor fi afectate de erorile direcțiilor măsurate ce compun unghiul. La rândul lor direcțiile vor fi eronate, eroarea medie pătratică pentru o direcție având forma:

$$m_{dir} = \pm\sqrt{m_c^2 + m_r^2 + m_i^2 + m_m^2 + m_{CE}^2} \quad 2.9$$

unde:

- m_c reprezintă eroarea datorată centrării aparatului pe punctul de stație(eroarea de excentricitate);
- m_r eroarea de centrare a mărcii sau semnalului vizat (eroare de reducție);
- m_i eroarea instrumentului sau a aparatului folosit la trasare;
- m_m eroarea de măsurare;
- m_{CEX} eroarea datorată condițiilor exterioare.

La rândul lor, erorile componente au expresii de forma:

m_i - eroarea instrumentală are expresia:

$$m_i = \pm\sqrt{m_{colim}^2 + m_v^2 + m_i^2 + m_d^2 + m_{ex}^2} \quad 2.10$$

unde:

- m_{colim} este eroarea de colimație a lunetei teodolitului
- m_v este eroarea de înclinare a axei verticale a teodolitului
- m_i eroare de înclinare a axei secundare, a umerilor lunetei,
- m_d eroarea de divizare a cercului orizontal și a dispozitivului de citire,
- m_{ex} eroarea de excentricitate a cercurilor orizontale (alidă și limb),

iar eroarea de măsurare are expresia:

$$m_m = \pm\sqrt{m_c^2 + m_{viz}^2} \quad 2.11$$

unde:

- m_c este eroarea de citire datorată aproximației dispozitivului de citire,
- m_{viz} este eroarea de vizare

2.2.2. Trasarea distanțelor prin măsurare directă

Pentru utilizare în topografia inginerească prezintă interes precizii de măsurare a distanțelor mai mari decât precizia relativă de 1: 10000. Instrumente reprezentative pentru acest nivel de precizie sunt:

- ruletele de oțel;
- benzi pentru măsurare precisă;
- benzi de invar.

Pentru a putea face o trasare de distanță pe cale directă va trebui să dispunem de o ruletă, sau pentru trasări foarte precise de un fir invar.

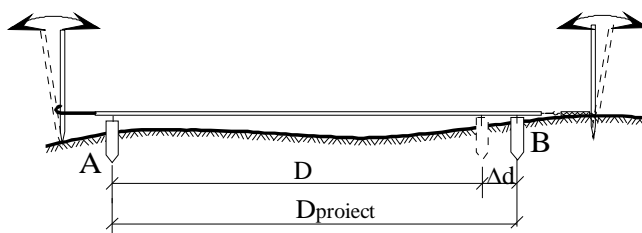


Fig 2.5 Trasarea directă a distanțelor orizontale

În figura 2.5 este prezentat principiul trasării distanțelor prin măsurare directă, respectiv, se arată că într-o fază inițială s-a trasat distanța orizontală aproximativă D , diferită de cea proiectată $D_{proiect}$. După măsurare, distanței D i se calculează toate corecțiile necesare:

Precizia trasării la trasarea distanțelor cu panglica

Erorile ce intervin la trasarea unei lungimi prin măsurare directă sunt:

- eroarea de *comparare a instrumentului* Δl_k ;
- eroarea de *aliniere (jalonare) a panglicii* Δl_j ;
- eroarea de *alungire (întindere)* Δl_p ;
- eroarea de *săgeată* a instrumentului datorită neregularităților terenului Δl_g ;
- eroarea de *înclinare a capetelor instrumentului* Δl_h ;
- eroarea de *temperatură a instrumentului* Δl_t ;
- eroarea de *măsurare propriu-zisă* Δl_λ .

Acești factori trebuiesc determinați în timpul calculelor ca apoi pe baza lor să se afle în fond abaterile admise în condițiile date și deci procedeul de măsurare pentru instrumentul ales.

Calculul erorilor pornește de la eroarea relativă maximă în trasarea lungimilor ($1/T_{max}$) care este cunoscută: $1/T_{max}=1/D$. Eroarea relativă medie pătratică e de două ori mai mică,

adică $1/T_{med}=1/2T_{max}$. Cu ajutorul acestor formule se poate calcula precizia trasării ținând seama de influența fiecărei erori componente.

Aceste calcule se pot face prin trei aproximații în funcție de dificultatea cu care se obține precizia necesară fiecărei erori componente.

Se va efectua calculul preciziei numai prin prima treaptă de aproximație care are la bază principiul influențelor egale a erorilor componente. În această aproximație presupunem că orice eroare componentă în numărul de „n” influențează în mod egal eroarea medie totală relativă.

$$\frac{1}{T_{med}} = \frac{n}{T} \Rightarrow \frac{1}{T} = \frac{1}{nT_{med}} \text{ sau } \frac{1}{T} = \frac{1}{n2T_{max}} \quad 2.12$$

Abaterrea standard σ_D , de trasare a distanței D_{AB} din proiect, se calculează cu relația generală:

$$\sigma_D^2 = \sigma_{D'}^2 + \sigma_C^2 \quad 2.13$$

în care σ_D - abaterea standard de măsurare a distanței D'_{AB} ;

σ_C – abaterea standard de aplicare cu ruleta a corecției ΔD ;

În relația 2.13 ponderea cea mai mare o are σ_D , datorită faptului că σ_C se referă la corecția Δd (fig.2.5) a cărei valoare este mai mică de 1m.

În tabelul 2.1 sunt prezentate orientativ caracteristicile generale ale acestor benzi de măsurare (Hennecke/Werner – 1986).

Calcularea abaterii standard σ_D , care influențează în cea mai mare măsură precizia trasării, se face ținând seama de tipul instrumentului și procedeul de măsurare folosite. În cazul măsurării directe trebuie să se facă o diferențiere clară între erorile de măsurare întâmplătoare și sistematice, acestea din urmă fiind necesar să fie avute în special în vedere, datorită acțiunii lor în același sens.

Tabelul 2.1 –Caracteristicile generale ale benzilor de măsurare

Caracteristica	Simbol	Unitatea	Rulete	Benzi de măsurare	Benzi de invar
----------------	--------	----------	--------	-------------------	----------------

				precisă	
Material			Oțel	Oțel	Invar
Lungimea	l	M	20...50	20...50	24
Modul de elasticitate	E	N/mm ²	190000	190000	~160000
Suprafața secțiunii transversale	A	mm ²	2,6	4,6	3,4
Forța de întindere	F	N	50	100	100
Greutatea benzii	p	N/m	0,2	0,35	0,25
Coeficientul de dilatare termică	α	mm/ml ⁰ C	0,0115	0,0115	~0,001

În tabelul 2.2 se găsesc asociate sursele de erori care trebuie avute în vedere în cazul măsurărilor precise, tipul acestora, precum și caracteristicile lor. Relațiile de calcul a corecțiilor care se aplică distanțelor măsurate direct sunt date în volumul I al lucrării în fascicola de topografie.

Tabelul 2.2

Nr.	Sursa de eroare	Corecția	Eroarea		Nr. de aplicări	
			Întâmplătoare	Sistematică	una	mai multe
1.	Constanta de etalonare	k_e		σ_e	σ_e	$n \cdot \sigma_e$
2.	Divizarea		σ_d		σ_d	$n^{1/2} \cdot \sigma_d$ sau σ_d
3.	Citirea		σ_c		$n^{1/2} \cdot \sigma_c$	$(2n)^{1/2} \cdot \sigma_c$
4.	Sucesiunea benzilor		σ_s			$(n-1)^{1/2} \cdot \sigma_s$
5.	Transmiterea pe verticală		σ_v		$2^{1/2} \cdot \sigma_v$	$2^{1/2} \cdot \sigma_v$

6.	Temperatura	k_t		σ_t	σ_t	$n^* \sigma_t$
7.	Forța de întindere Alungire săgeata	k_F k_f	σ_F		σ_F	$n^{1/2} * \sigma_F$
8.	Greutatea benzii			σ_g	σ_g	$n^* \sigma_g$
9.	Diferența de nivel dintre capetele benzii reducerea la orizontală deformația de lănțișor	k_h k_l	σ_h		σ_h	$n^{1/2} * \sigma_h$
10.	Abaterea de la aliniament	k_j		σ_j	σ_j	$n^* \sigma_j$
11.	Denivelările terenului	k_t		σ_t		$n^* \sigma_t$

2.2.3. Trasarea optică a distanțelor

Pe lângă trasarea pe cale directă a distanțelor, în rândul procedeelor devenite clasice poate fi inclusă și trasarea pe cale optică a acestora, la care cel mai utilizat mijloc de măsurare este setul alcătuit dintr-un teodolit de precizie și mira orizontală de 2m (tahimetria paralactică). Prin acest procedeu se poate asigura o precizie de trasare (măsurare) de 1,6 cm pentru o distanță de 100m (corespunzătoare unei abateri standard de măsurare a unghiului γ de $\pm 2''$ obținută prin efectuarea a 3 serii de măsurători – F. Henecke 1986).

Principiul trasării este cel prezentat în paragraful 2 cu următoarele deosebiri:

- distanța orizontală D'_{AB} , trasată provizoriu pe teren se măsoară de 2-4 ori (într-un capăt al distanței fiind instalat teodolitul, iar în celălalt capăt, perpendicular pe direcția de măsurare, mira orizontală);
- corecția ΔD se aplică cu ruleta, obținându-se distanța D_{AB} din proiect.

Precizia trasării

Principiul calculului preciziei necesare este asemănător cu cel prezentat la 2.2.2. Calcularea abaterii standard σ_c se face, de asemenea, ca în cazul trasării directe a distanțelor. Determinarea abaterii standard σ_D se face pornind de la unghiul de determinare a distanței pe cale paralică, luându-se în considerare doar eroarea de determinare a unghiului paralic σ_γ și eroarea bazei σ_b . Din acesta distanța se obține cu relația:

$$D' = \frac{b}{2} \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2} \quad 2.14$$

abaterea corespunzătoare standard fiind:

$$\sigma_{D'} = \sqrt{\left(\frac{D'/2}{b}\right)^2 \frac{\sigma_r^2}{\rho_2} + \left(\frac{D'}{b}\right)^2 \sigma_b^2} \quad 2.15$$

Dacă se consideră baza b neafectată de erori se obține:

$$\sigma_{D'} = \frac{D'^2}{b} \cdot \frac{\sigma_r}{\rho} \quad 2.16$$

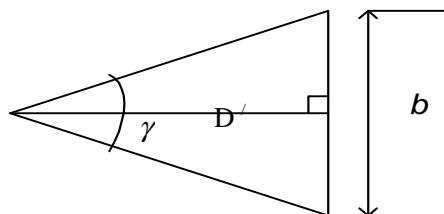


Fig. 2.6 Triunghiul de determinare a distanțelor măsurate optic

2.2.4. Trasarea electronică a distanțelor

Trasarea electronică a distanțelor are o utilizare tot mai largă, legată de dezvoltarea rapidă și perfecționarea măsurării electronice de distanțe. Principiul trasării este cel prezentat în subcapitolul 2.2.1, corecția ΔD (figura 2.4) aplicându-se prin deplasarea reflectorului, în direcția corespunzătoare semnului corecției, până când pe display-ul instrumentului se va citi distanța de trasat (una dintre posibilitățile de trasare).

Pentru măsurări de lungimi în geodezie au fost create instrumente care lucrează pe baza microundelor sau a undelor luminoase. La instrumente care utilizează microundele se folosesc lungimi de undă între 8 mm și 10 cm, în timp ce lungimile de undă ale luminii

vizibile sunt de aproximativ $\lambda = 0,36 \cdot 10^{-6}$ până la $0,78 \cdot 10^{-8}$ m, de exemplu lumina galben-verde are $\lambda = 0,5 \mu\text{m}$. În topografia inginerească se utilizează preponderent, pentru măsurarea electronică a distanțelor, procedee electrooptice de măsurare a distanțelor.

În cazul măsurării fazice a distanțelor (se măsoară diferența de fază dintre semnalul de măsurare – rezultat prin reflectarea, de către reflector, a luminii modulate emise de emițător, și semnalul de comparație), abaterea standard de măsurare a distanței este dată de relația:

$$\sigma_p^2 = \sigma_r^2 + \sigma_{\Delta\varphi}^2 + \sigma_{Ck}^2 + D^2 \left[\left(\frac{\sigma_f}{f} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_c}{c} \right)^2 \right] \quad 2.17$$

în care:

σ_r este abaterea standard a numărului de perioade;

$\sigma_{\Delta\varphi}$ este abaterea standard de măsurare a fazelor;

σ_{Ck} este abaterea standard a constantei adiționale (de punct zero);

σ_f este abaterea standard a frecvenței;

σ_c este abaterea standard a vitezei luminii (viteza luminii în vid este $c_0 = 299792,458 \text{ km/sec}$ iar $c = c_0/n$, n – coeficientul mediului).

În practică abaterea standard se concentrează în formula generală:

$$\sigma_D = \pm(a + b \cdot D) \quad 2.18$$

Sub această formă este dată, în general, precizia instrumentelor de măsurare electronică a distanțelor. Dacă partea dependentă de distanță b , are pentru instrumentele obișnuite valori între $1 \cdot 10^{-5}$ și $1 \cdot 10^{-6}$, partea independentă de distanță trebuie luată în considerație în special în cazul distanțelor relativ mici (din domeniul apropiat). Pentru a fi utilizate în topografia inginerească sunt indicate instrumente cu constantă adițională mică.

2.3. TRASAREA PE TEREN A COTELOR DIN PROIECT

Trasarea cotei presupune materializarea pe teren, pe verticală a unui punct a cărei poziție planimetrică este cunoscută, în așa fel încât cota lui să corespundă cu cota indicată în proiect.

Trasarea pe teren a cotelor din proiect (cotele roșii) se efectuează prin nivelment geometric și nivelment trigonometric, pornind de la reperul de nivelment de execuție de cotă cunoscută, cel mai apropiat.

2.3.1. Trasarea cotelor prin nivelment geometric

Este recomandată pentru trasarea cu precizie ridicată, distanțele la care se poate efectua trasarea fiind limitate de panta terenului și de precizia solicitată (la precizii mari lungimea porteei nu poate depăși 20). Se efectuează de preferință prin nivelment geometric de mijloc.

Trasarea se efectuează cu instrumente de nivelment geometric utilizând mire verticale de lemn sau invar, în funcție de precizia necesară a fi asigurată.

Tipul instrumentului ce va fi utilizat depinde, de precizia care trebuie asigurată, putând fi ales în funcție de categoria de precizie în care se încadrează.

Se așează aparatul la mijlocul distanței dintre reperul R și punctul B, pe verticala căruia trebuie trasată cota proiectată trasată H_B^P (figura 2.7).

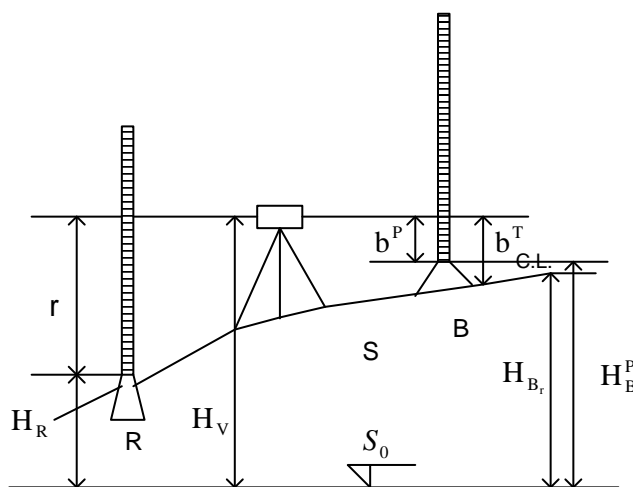


Fig. 2.7 Trasarea cotelor prin nivelment geometric de mijloc

Se determină altitudinea planului de vizare H_V .

$$H_V = H_R + r = H_B^P + b^P \quad 2.19$$

Unde: H_R – este cota reperului de la care se face trasarea;

r – citirea pe mira instalată pe acest reper.

Din relația (2.19) se calculează citirea pe miră b^P – corespunzătoare cotei proiectate.

$$b^P = H_V - H_B^P \quad 2.20$$

Pentru trasare – se ridică sau se coboară mira deasupra punctului B până când în dreptul firului nivelor al instrumentului așezat în stația S se va citi b^P . Talpa mirei se va afla la cota proiectată H_B^P – punct ce se materializează pe teren printr-un țărș (bătut până la talpa mirei) sau printr-o linie trasată pe un stâlp.

Materializarea prin țărș bătut până la talpa mirei este anevoioasă, un plus de eficiență și precizie în materializare obținându-se prin calcularea cotei de lucru C_L (înălțimea țărșului deasupra solului). Cota de lucru se va obține cu relația:

$$C_L = b^T - b^P \quad 2.21$$

în care b^T – reprezintă citirea efectuată pe mira așezată în punctul B la nivelul solului.

În situațiile când este necesară trasarea mai multor puncte la cota din proiect se marchează altitudinea planului de vizare H_V (planul orizontal al liniei de vizare a aparatului) pe pereți sau cofraje, față de care se măsoară cu mira sau ruleta citirea b^P , calculată conform relației (2.20).

Pentru control se efectuează citiri pe mirele din reperul R și din punctul trasat B cu ajutorul cărora se determină cota reală a punctului trasat (H_B^{mas}), care se compară cu cea din proiect.

Dacă este satisfăcută relația:

$$(H_B^{mas} - H_B^P) \leq \Delta \quad 2.22$$

unde: Δ este abaterea maximă admisă, trasarea se poate considera corectă.

2.3.2. Trasarea cotelor prin nivelment trigonometric

Procedeul ocupă un rol important în topografia inginerescă datorită posibilității folosirii unor distanțe relativ mari de vizare, pentru trasarea unor diferențe de nivel mari și a unor cote pe puncte greu accesibile.

Această metodă își găsește aplicabilitate la trasarea cotelor din proiecte în cazul infrastructurii podurilor, liniilor de înaltă tensiune, a fundațiilor stâlpilor.

Trasarea

În vederea trasării cotelor, se calculează unghiul de înclinare al lunetei α^P (figura 2.8), corespunzător cotei proiectate H_B^P (diferenței de nivel h care se aplică pe teren).

$$\operatorname{tg} \alpha^P = \frac{h}{D} \quad 2.23$$

unde: $h = H_B^P - H_R$

Distanța D se determină în prealabil.

Pentru trasare se deplasează pe verticală mira deasupra punctului B până când firul nivelor al lunetei teodolitului, care vizează cu unghiul de pantă α_p , se va citi pe miră înălțimea I a instrumentului. La talpa mirei se marchează cota trasată.

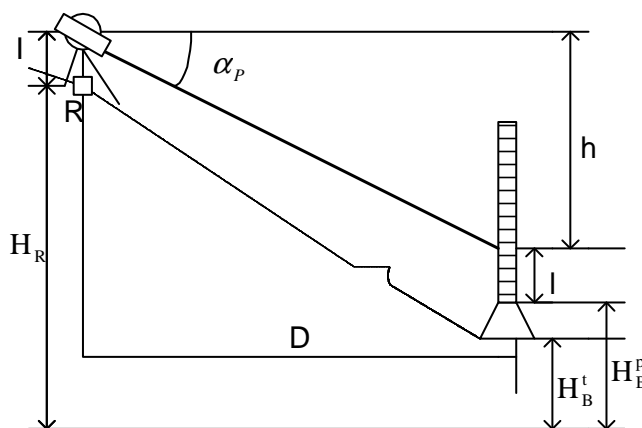


Fig. 2.8 Trasarea cotelor prin nivelment trigonometric

Controlul trasării

Pentru control se determină prin nivelment trigonometric cota punctului trasat cu relația cunoscută:

$$H_{BControl}^P = H_R + D \operatorname{tg} \alpha' + I - S \quad 2.24$$

unde α' este unghiul de pantă măsurat, dacă se vizează în punctul B un semnal de înălțime S . Aceasta se compară cu cota de proiect, verificându-se încadrarea în abaterea maximă admisă, Δ_{max} .

$$(H_B^P - H_{BControl}^P) \leq \Delta_{max} \quad 2.25$$

2.3.3. Trasarea cotelor prin procedeul combinat

Se aplică atunci când diferența de nivel între reperul de execuție R și punctul a cărei cotă trebuie trasată depășește lungimea unei mire.

Procedeul combinat presupune utilizarea a două instrumente de nivelment geometric de același tip și a unei benzi de oțel suspendate (ruleta divizată în mm).

Procedeul se utilizează la:

- c₁) Transmiterea cotelor la înălțime (la etaj)
- c₂) Transmiterea cotelor în adâncime (în groapa de fundație).

c₁) Trasarea cotelor la etaj

Ruleta l se suspendă de suportul în consolă 2 (fixat pe un parapet). Ruleta este întinsă cu ajutorul greutății cufundată în vasul cu ulei 3 (uleiul atenuează vibrațiile ruletei). Mirele 4 se așează deasupra reperului de execuție R și deasupra punctului B_1 , în care se trasează cota. Instrumentele se așează în stațiile S și S_1 în așa fel încât să respecte principiul egalității porteei (figura 2.9).

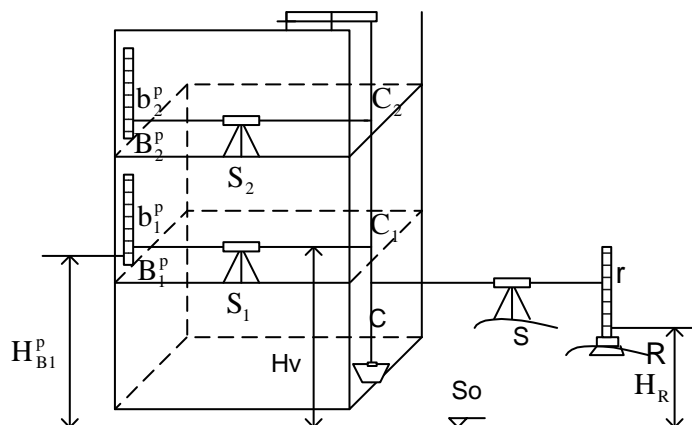


Fig. 2.9 Trasarea cotelor la etaj

În continuare se efectuează citirile:

– cu nivelul din stația S citirea r pe miră și citirea C pe ruletă;

– cu nivelul din stația S_I citirea C_I pe ruletă scopul fiind determinarea citirii b_1^p , corespunzătoare cotei din proiect.

Pentru acesta se exprimă altitudinea H_V a planului de vizare în stația S_I în două moduri:

$$H_V = H_{B_1}^p + b_1^p = H_R + r + (c_1 - c) \quad 2.26$$

de unde:

$$b_1 = H_V - H_{B_1}^p = H_R + r + (c_1 - c) - H_{B_1}^p \quad 2.27$$

Trasarea

Trasarea se efectuează prin deplasarea mirei pe verticală deasupra punctului B_I până când se va citi pe ea, în dreptul nivelor, valoarea b_1^p calculată. În mod asemănător se procedează pentru trasarea cotelor proiectate la celelalte niveluri ale construcției.

Dacă se pune problema determinării directe a diferenței de nivel în vederea transmiterii cotei între puncte situate la diferite niveluri ale construcției banda de măsurare poate fi atârnată cu ajutorul greutății, cu care este adusă la tensiunea indicată de firma producătoare, prin puțul casei scării sau prin golurile lăsate în planșee (figura 2.10).

Se determină mai întâi la parte cota H_B a unui punct B , prin nivelment geometric, de la un reper de execuție din zona șantierului. Se efectuează apoi citirile b , pe mira așezată pe punctul B , și c pe ruletă.

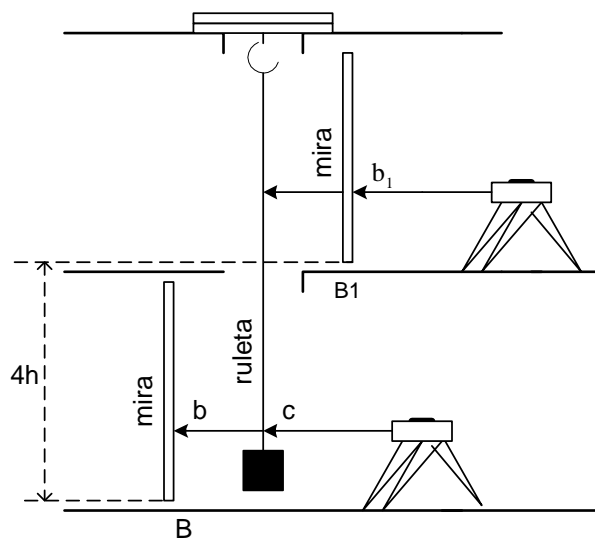


Fig. 2.10 Determinarea cotei la etaj

Apoi se așează la etajul dorit mira pe un punct marcat B_I și se citesc cu ajutorul instrumentului așezat la nivelul respectiv valorile b_I pe miră și c_I pe ruletă. Diferența de nivel dintre punctele B și B_I va fi:

$$\Delta_h = (c - c_1) + (b - b_1) \quad 2.28$$

iar cota punctului de la etaj:

$$H_{B_I} = H_B + \Delta_h \quad 2.29$$

c₂) Trasarea cotei în adâncime (în groapa de fundație)

Modul de lucru este asemănător cu cel din cazul c.1.

Un instrument de nivelment este instalat în stația S_I (figura 2.11) și face citirile a , pe mira amplasată pe reperul de nivelment și c' pe o ruletă suspendată. Pentru a se menține ruleta în poziție verticală și a-i asigura stabilitate, de capătul de jos al său se va lega o greutate ce se va scufunda într-un vas cu lichid vâscos (ulei auto). Un al doilea instrument de nivelment este instalat în groapa de fundație și face citirea c'' pe ruleta suspendată. Din figură se poate scrie că:

$$H_{RN} + a = H_{B_{pr}} + b_{pr} + (c'' - c') \quad 2.30$$

În ecuația de mai sus, cotele punctelor sunt cunoscute din proiect, citirile a , c'' și c' se fac pe miră sau ruletă. Rezultă:

$$b_{pr} = H_{RN} + a - H_{B_{pr}} - (c'' - c') \quad 2.31$$

Odată aceste calcule efectuate, trasarea presupune ca mira amplasată pe punctul B să fie ridicată sau coborâtă până când la firul reticular orizontal se va citi valoarea lui b_{pr} .

Trasarea cotelor la etaj se face, principial, identic. Diferă însă poziția reperului de nivelment și a punctului ce se trasează pe înălțime. Astfel, din stația S_I se fac citirile a , pe mira amplasată pe reperul de nivelment și c'' pe ruleta suspendată. Din stația S_2 se face citirea c' pe ruleta suspendată. Din figura 8.11 se poate scrie egalitatea:

$$H_{RN} + a + (c'' - c') = H_{B_{pr}} + b_{pr} \quad 2.32$$

de unde rezultă:

$$b_{pr} = H_{RN} + a + (c'' - c') - H_{B_{pr}} \quad 2.33$$

Pentru trasare, se ridică sau se coboară mira din punctul B până când la firul reticular orizontal se citește valoarea calculată a lui b_{pr} .

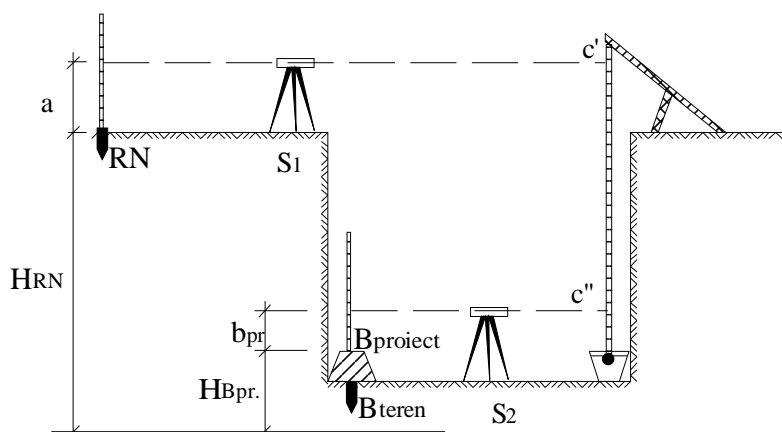


Fig. 2.11. Trasarea cotelor în groapa de fundație

Dacă se urmărește trasarea unei cote în groapa de fundație deja executată se procedează ca în cazul anterior ridicând sau coborând mira până când se va citi pe ea în dreptul firului nivelor valoarea b^p calculată. Materializarea se face printr-o trăsătură efectuată pe zid, în dreptul tălpii mirei.

Obs.1. Pentru mărirea preciziei de trasare a cotelor se fac 2-3 citiri, introducându-se în calcule valorile medii.

Obs.2. Ruleta și cele 2 mire trebuie să aibă buletine de etalonare pentru a se putea calcula corecțiile de etalonare. Ruleta se suspendă cu o jumătate de oră înaintea începerii măsurărilor pentru a lua temperatura aerului care se și măsoară cu termometrul. În relațiile (2.23) și (2.26) lungimea se corectează cu corecția de temperatură.

Precizia trasării

Abaterea standard de trasare a unei cote prin procedeul combinat se poate calcula cu relația:

$$\sigma_{H_B^p} = \sqrt{\sigma_{H_R}^2 + \sigma_r^2 + \sigma_b^2 + \sigma_l^2} \quad 2.34$$

în care:

– σ_{H_R} este abaterea standard a cotei reperului de execuție H_R ;

- σ_r este abaterea standard a citirii pe mira așezată pe reperul de execuție R ;
- σ_b abaterea standard a citirii pe mira cu care se tatonează pe verticală deasupra punctului B ;
- σ_l abaterea standard a segmentului l de ruletă dintre citirile c și c_l ($l = c - c_l$), căruiua i s-au aplicat corecțiile de etalonare, temperatură și forță de întindere.

2.3.4. Trasarea cotelor prin nivelment hidrostatic

Nivelmetrul hidrostatic se bazează pe principiul vaselor comunicante și poate fi utilizat, în variantele sale perfecționate, pentru măsurători și trasări de înaltă precizie. Pot fi deosebite:

- sisteme staționare (indicate pentru măsurători la distanțe mari);
- sisteme mobile.

Pentru utilizări în topografia inginerescă sunt indicate sistemele mobile.

Nivelurile hidrostatice simple constau din doi cilindri din sticlă, divizați în centimetri și legați printr-un tub de cauciuc cu diametrul interior de circa 1 cm legați printr-un tub de cauciuc. Figura 3.6 prezintă principiul nivelmentului hidrostatic care se bazează pe ecuația lui Bernoulli simplificată:

$$p + \rho \cdot g \cdot h = const \quad 2.35$$

în care p este presiunea atmosferică, ρ densitatea lichidului, g accelerația gravitației, iar h înălțimea coloanei de lichid.

Relația (2.36) este valabilă pentru cazul când lichidul (apa) se află în echilibru. Dar pentru că de regulă se efectuează doar măsurători la distanțe mici (lungimea maximă a tubului de cauciuc este de 50 m) se poate considera că parametrii mai sus enumerați sunt aceiași în ambele părți. Nivelul lichidului este același în ambii cilindri, iar diferențele de nivel dintre punctele 1 și 2 se determină, ca la nivelmentul geometric, ca diferență între valorile citite (figura 2.12):

$$c_l = H_{pr} - H_{RN} \quad 2.36$$

Prin ridicarea sau coborârea unuia din cei doi recipienti se poate aduce lichidul la aceeași înălțime pe ambele scale, în așa fel ca diferența de nivel dintre cele două puncte să fie egală cu zero, situație în care ambele puncte vor fi la aceeași cotă. Acest tip simplu de nivel

hidrostatic are multiple posibilități de aplicare, mai ales în situațiile când folosirea nivelmentului geometric este imposibilă sau dificilă (figura 2.12).

La nivelurile hidrostatice simple citirile se obțin prin compararea nivelului lichidului cu diviziunile de pe cilindrii de sticlă. Pentru utilizări care presupuneau o precizie superioară a fost necesară, în primul rând, îmbunătățirea citirilor. Perfecționările au dus la niveluri hidrostatice care constau din două sisteme de măsurare interschimbabile care se pot lega printr-un tub de presiune înaltă. Sistemul de măsurare posedă o scală de lungime determinată, divizată, în cele mai multe cazuri, milimetric. Pentru măsurare este atinsă oglinda apei cu un vârf de măsurare, contactul putând fi sesizat prin stingerea unui bec. Cursa vârfului de măsurare de precizie este o diviziune (un milimetru). Pe tamburul micrometrului se pot citi 10^{-1} mm sau 10^{-2} mm, la care sunt posibile aproximații de 10^{-3} mm. Pentru a putea aplica diferențelor de nivel măsurate corecții datorită diferențelor de temperatură din cilindri, sunt interconectate termometre pentru furtun.

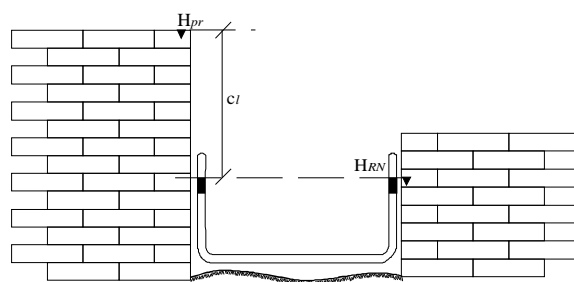


Fig. 2.12 Principiul nivelmentului hidrostatic

La măsurătorile cu nivelul hidrostatic sunt posibile o serie de erori, care sunt centralizate în tabelul 2.3. În tabel sunt indicate și măsurile pentru eliminare sau reducere în așa fel încât influența lor asupra preciziei de măsurare să aibă ordinul de mărime de mai puțin de $\pm 0,01$ mm.

În acest paragraf, în care sunt prezentate principiile referitoare la folosirea nivelurilor hidrostatice de precizie, ne vom ocupa doar de eroarea de punct zero. Aceasta apare datorită inegalității distanțelor dintre punctul de atârănare a instrumentului și punctul zero al scalei la sistemele de măsurare A și B.

Tabelul 2.3 Erorile la nivelmentul hidrostatic

Tipul erorii	Măsuri pentru reducere respectiv eliminare
1. Eroarea de punct zero	Interschimbarea sistemelor de măsurare
2. Eroarea de nivel și de înclinare	Suspendare centrică
3. Eroarea de pas a vârfului de măsurare	Folosirea de vârfuri cu eroare de pas egală
4. Vibrațiile coloanei de lichid	Robineți de închidere, multiplicarea timpului de vibrație ca timp de așteptare
5. Influența presiunii aerului	Tub pentru aer, pentru egalizarea presiunii
6. Diferența de greutate	Datorită diferențelor de nivel mici (7..8 cm) practic lipsită de importanță
7. Eroarea de temperatură	Corecții de temperatură, respectiv tuburi verticale scurte ca și timp scurt de măsurare
8. Eroarea de citire	Ordin de mărime nesemnificativ
9. Eroarea de instalare	Indicator luminiscent

Figura 2.13 conține relațiile geometrice și constanta de corecție k care trebuie aplicată diferențelor de nivel simplu măsurate. Este valabilă relația 2.37.

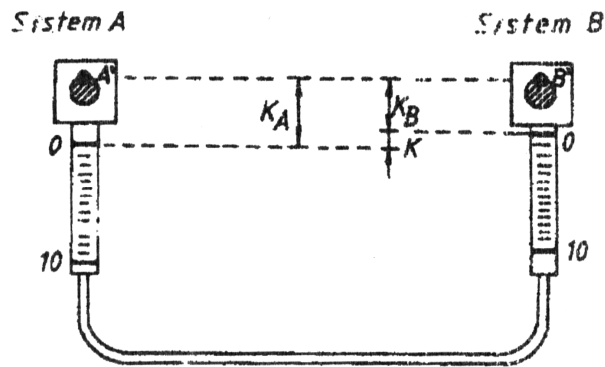


Fig. 2.13 Stabilirea constantei k

$$k = k_A - k_B$$

2.37

Eroarea de punct zero se poate elimina prin interschimbarea sistemelor de măsurare.

Precizia trasării cotelor

Erorile care intervin la aplicarea cotei (respectiv a citirii pe miră) de la reperul de nivelment la lucru pe construcții sunt sistematice și întâmplătoare.

Erorile sistematice se compun în general din următoarele erori componente:

a) *Eroarea de citire pe miră datorită curburii pământului.* Această eroare mărește eroarea de citire pe miră dar se elimină prin executarea nivelmentului de mijloc.

b) *Eroarea de citire pe miră datorită refracției atmosferei.* Între orele 10-16 refracția este maximă și dacă se cere o precizie ridicată la trasarea în înălțime trebuie reduse porteele nivelmentului.

c) *Erorile legate de miră* – acestea sunt *erori de diviziune și de curbură a mirei* care se elimină prin aplicarea de corecții în urma cercetării mirelor; erorile de înclinare a mirei se elimină prin balansarea mirei în timpul lucrului sau mira să aibă nivelă sferică.

d) *Erorile legate de instrumente* sunt:

- rectificarea *greșită a instrumentului* (paralelismul axei de vizare cu directricea niveleului). Se elimină prin nivelment de mijloc;

- *erori provocate de trasare.* Se elimină prin nivelment de mijloc.

e) *Erori datorate condițiilor exterioare* (ploaie, vânt, zăpadă)

- evităm măsurătorile pe timp nefavorabil

f) *Erori grosolane* (greșeli)

- au loc în timpul lucrului

Luând măsurile de mai sus erorile sistematice au valori foarte mici și din această cauză în calcule nu se ține seama de erorile sistematice.

Erorile întâmplătoare:

a) *Eroarea de citire pe miră* m_M depinde de mărimea lunetei. La distanța de 0.25 m un ochi normal poate vedea 0.1 mm și atunci eroarea de citire datorită erorii de vizare provocată de mărimea lunetei se calculează cu relația:

$$m_M = \left(\frac{d}{2.5M} \right) \text{ mm} \quad 2.38$$

unde „ d ” este lungimea porteei și „ M ” este mărimea lunetei.

b) *Eroarea de citire pe miră* m_s - depinde de sensibilitatea niveleului și se determină cu relația:

$$m_s = \left(\frac{s^{cc} \cdot d}{\rho^{cc}} \right) = \left(\frac{s'' \cdot d}{\rho''} \right) = \left(\frac{s' \cdot d}{2063'} \right) \text{ mm} \quad 2.39$$

- s = valoarea unei diviziuni pe fiola niveleului exprimată în secunde

- d = lungimea porteei

Această eroare s-a obținut la așezarea bulei nivelei între repere cu o precizie de 0,1 s

$$m_s = \frac{0.1s'' \cdot d(m) \cdot 1000(mm)}{206265''}$$

c) *Eroarea de citire pe miră datorită grosimii firului reticular* al nivelelor calculat cu formula $m_r = (0.005 \cdot d)$ mm unde d este lungimea porteei.

Eroarea datorată grosimii firului reticular se admite că este egală cu 0,5 din diviziunile de pe miră acoperite cu fire, iar la 100 m se acceptă 1 mm și de aceea a rezultat relația de mai sus.

d) *Eroarea de rotunjire a citirii pe miră* m_c în cazul diviziunilor centimetrice ale mirei se ia egală cu 0,54 mm.

e) *Eroarea de trasare a diviziunilor pe miră* la vopsirea acesteia se acceptă a fi egală cu $m_{div} = 0.25$ mm.

f) Eroarea medie totală de obținere a citirii pe miră datorată erorilor întâmplătoare se calculează conform teoriei erorilor cu formula:

$$m_a = \pm \sqrt{m_m^2 + m_s^2 + m_r^2 + m_c^2 + m_{div}^2} \quad 2.40$$

- deoarece diferența de nivel dintre două puncte se obține după relația $\delta \cdot h = a - b$ eroarea medie pătratică a unei diferențe de nivel va fi:

$$m \cdot \delta \cdot h = \pm m_a \sqrt{2} \quad 2.41$$

Precizia trasării cotelor prin nivelment geometric

Erorile care intervin la aplicarea cotei din proiect, au un caracter sistematic și întâmplător. Principalele erori la trasarea pe teren a cotelor din proiect sunt:

- erorile datelor inițiale, adică erorile cotelor reperelor de execuție de pe teren, față de care s-au trasat cotele din proiect m_{HR} ;
- eroarea de citire pe mira așezată în reperul de execuție m_r ;
- eroarea de așezare a mirei la citirea b din proiect m_b ;

În cazul unei trasări minuțioase se poate admite egalitatea erorilor de citire $m_b = m_r$.

Eroarea de fixare pe teren m_f se acceptă a avea următoarele valori pentru calcul:

- la fixarea cotei punctului prin țărnuș: $\pm 3 \dots 5$ mm;
- la utilizarea buloanelor sau a șuruburilor: ± 1 mm.

În cazul general, valorile medii pătratice ale abaterilor sunt date de relația:

$$m_{HB} = m_{HR}^2 + 2m_b^2 + m_f^2 \quad 2.42$$

Unde: m_{HB} = eroarea medie pătratică de trasare pe teren a punctului B.

Factorii componenți care influențează eroarea medie de citire pe mire m_b în cazul utilizării unei nivele sunt următorii:

- eroarea medie de citire pe mira m_v provocată de eroarea de vizare;
- eroarea medie de citire pe mira m_t provocate de sensibilitatea nivelei torice;
- eroarea medie de citire pe mira m_f datorită grosimii firului reticular al lunetei;

- eroarea medie de rotunjire a citirii pe mira $m_c = 0,54$ mm pentru diviziuni centimetrice ale mirei;
- eroarea medie de trasare a diviziunilor pe mira $m_{div} = 0,25$ mm.

Eroarea medie totală de obținere a citirii b pe mira m_b provocată de influența numai a erorilor întâmplătoare componente se calculează cu relația următoare:

$$m_b = \pm \sqrt{2m_\tau^2 + m_r^2 + m_c^2 + m_{div}^2} \quad 2.43$$

Valoarea medie a erorii de citire m_t datorită sensibilității nivelei este:

$$m_\tau = \frac{\tau \cdot d}{1700} (mm) \quad 2.44$$

unde d = distanța între instrument și miră, în m.

Valoarea medie a erorii de citire m_r datorită grosimii firului reticular al lunetei nivelelor este dată de relația:

$$m_r = 0,005 \cdot d (mm) \quad 2.45$$

unde d : lungimea porteei în m.

Precizia trasării cotelor prin nivelment trigonometric

Valoarea medie pătratică M_h a abaterii admise la trasarea punctului din proiect prin nivelment trigonometric se calculează cu relația generală:

$$M_h = \pm \sqrt{m_{HR}^2 + m_h^2} \quad 2.46$$

unde: m_{HR} = este eroarea medie în determinarea cotei reperului de execuție R;

M_h este eroarea medie de transmitere a diferenței de nivel proiectate.

Mărimea erorii medii totale M_h se deduce, pornind de la toleranța admisă Δh , obținută din normativele la trasarea în înălțime a punctului proiectat.

Eroarea medie pătratică m_h în determinarea diferenței de nivel h , obținută din relația

$h = D \operatorname{tg} \alpha$, se calculează cu relația:

$$m_h = \pm \sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha \cdot m_D^2 + \frac{D^2}{\cos^2 \alpha} \left(\frac{m \alpha}{\rho} \right)^2} \quad 2.47$$

unde: D – distanța orizontală dintre punctul de stație și punctul trasat;

α - unghiul vertical aplicat cu teodolitul;

m_D – eroarea medie pătratică de determinare a distanței orizontale;

ρ - factor de transformare în radiani ($\rho' = 206265$ și $\rho'' = 636620$)

În cazul nivelmentului trigonometric

Abaterea standard σ_{H_R} , de trasare a cotei din proiect, este dată de relația:

$$\sigma_{H_B} = \sqrt{\sigma_{H_R}^2 + \sigma_h^2} \quad 2.48$$

în care: σ_{H_R} este abaterea standard de determinare a cotei reperului de execuție R,

σ_h este abaterea standard de trasare a diferenței de nivel proiectate.

Valoarea abaterii standard totale σ_{H_R} se determină în funcție de abaterea limită Δ sau toleranța T .

Abaterea standard σ_h , efectivă, poate fi calculată cu relația:

$$\sigma_h = \sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha \cdot \sigma_D^2 + \frac{D^2}{\cos^4 \alpha} \left(\frac{\sigma_{\alpha}^{cc}}{\rho^{cc}} \right)^2} \quad 2.49$$

în care: σ_D – abaterea standard de măsurare a distanței D

σ_{α} – abaterea standard de trasare a unghiului de pantă α

ρ - factor de transformare în radiani ($\rho^{cc} = 636620$)

Abaterea standard de trasare a unei cote prin procedeul combinat se poate calcula cu relația:

$$\sigma_{H_B^p} = \sqrt{\sigma_{H_R}^2 + \sigma_r^2 + \sigma_b^2 + \sigma_l^2} \quad 2.50$$

în care:

- σ_{H_R} este abaterea standard a cotei reperului de execuție H_R;
- σ_r este abaterea standard a citirii pe mira așezată pe reperul de execuție R;
- σ_b abaterea standard a citirii pe mira cu care se tatonează pe verticală deasupra punctului B;
- σ_l abaterea standard a segmentului l de ruletă dintre citirile c și c_l ($l = c - c_l$), căruia i s-au aplicat corecțiile de etalonare, temperatură și forță de întindere.

2.4. TRASAREA PE TEREN A LINIILOR DE PANTĂ DATĂ

Problema trasării pe teren a liniilor de pantă proiectată este întâlnită la aplicarea pe teren a proiectelor de:

- canale și diguri;
- baraje de greutate și drumuri;
- de rețele tehnico – edilitare;
- aplicarea pe teren a proiectelor de sistematizare verticală.

2.4.1. Trasarea pe teren a liniilor de pantă proiectată prin nivelment geometric

2.4.1.1. Trasarea prin nivelment geometric de mijloc

Este procedeul cel mai recomandat în situațiile în care:

- se solicită precizie medie sau ridicată;
- panta liniei de trasat nu este prea mare (trasarea axelor de metrou, căi ferate, rețele tehnico-edilitare, canale, etc.).

Se consideră că trebuie trasată pe teren panta proiectată p între 2 puncte A și B (distanța între ele nu trebuie să depășească 200 m). Se instalează nivelul la mijlocul distanței AB și se fac citirile a și b pe mirele așezate în punctele A și B (figura 2.14).

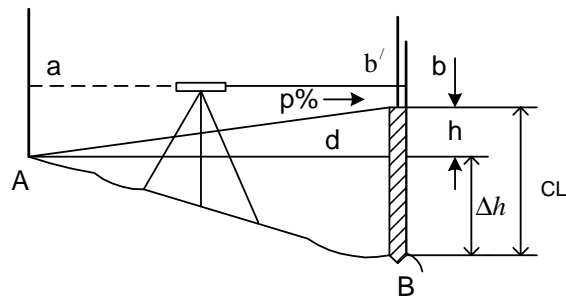


Fig.2.14 Trasarea liniilor de pantă din proiect prin nivelment geometric de mijloc

Citirea b' ce corespunde pantei proiectate p se va obține cu relația:

$$b' = b - C_L \quad 2.51$$

în care:

$$C_L = \Delta h + h \quad 2.52$$

$$\text{iar } h = \frac{p\%d}{100} \quad 2.53$$

$$\Delta h = a - b \quad 2.54$$

(Δh se va introduce în relația (2.52) în valoare absolută; b este citirea efectuată pe mira așezată în punctul B la nivelul solului)

$$d = \sqrt{l^2 - \Delta h^2} \quad 2.55$$

(dacă l nu depășește lungimea unei panglici).

În cazul pantei descendente

$$C_L = \Delta h - h \quad 2.56$$

unde:

$C_L = \overline{BB'}$ reprezintă cota de lucru – se materializează pe teren prin țărnuș de lemn;

Δh – diferența de nivel între punctele principale A, B;

h – diferența de nivel corespunzătoare pantei proiectate p , în punctul B față de punctul A;

d – distanța orizontală între punctele A și B;

l – lungimea înclinată între A și B.

Se ridică (coboară) mira până când citim b' și se bate șipca până la talpa mirei.

Alt mod de rezolvare

– se determină diferența de nivel $\Delta h = a - b$;

– se calculează $h = \frac{p\%d}{100}$;

$$C_L = \Delta h + h \quad 2.57$$

– în punctul B se bate o șipcă de înălțime C_L ;

– pe mira așezată pe șipcă trebuie să se efectueze citirea

$$b' = b - C_L$$

2.58

2.4.1.2. Trasarea prin nivelment geometric de capăt

Nivelul se așează în punctul A și se măsoară înălțimea (figura 2.15)

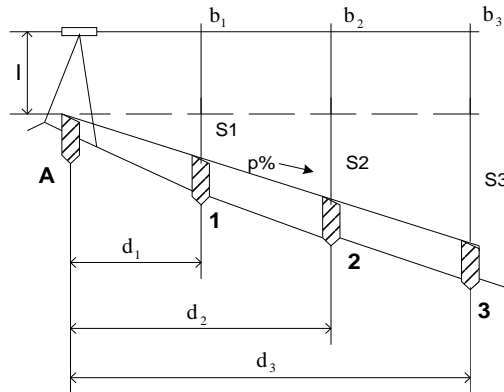


Fig. 2.15 Trasarea liniilor de pantă din proiect prin nivelment geometric de capăt

Citirile b_1 , b_2 , b_3 corespunzătoare pantei proiectate se vor determina pe mirele verticale așezate în punctele 1, 2, 3.

$$\begin{aligned} b_1 &= I \pm s_1 \\ b_2 &= I \pm s_2 \\ b_3 &= I \pm s_3 \end{aligned} \quad 2.59$$

Determinarea segmentelor și se face pornind de la relația cunoscută de calcul a pantei în procente:

$$p\% = 100 \frac{s_1}{d_1} = 100 \frac{s_2}{d_2} = 100 \frac{s_3}{d_3} \quad 2.60$$

$$s_1 = \frac{p\% d_1}{100}; \quad s_2 = \frac{p\% d_2}{100}; \quad s_3 = \frac{p\% d_3}{100} \quad 2.61$$

unde d_1 , d_2 , d_3 distanța orizontală din punctul A la fiecare țaruș.

Se ridică sau se coboară mira până când vom citi pe ea valoarea b_i ; se bate țarușul până la talpa mirei.

2.4.2. Trasarea liniilor de pantă proiectate prin nivelment trigonometric

Procedeul se recomandă în terenuri accidentate la trasarea: funicularilor, a liniilor de înaltă tensiune și a drumurilor forestiere.

Precizia de trasare este inferioară celei asigurate prin nivelment geometric.

Pregătirea topografică presupune determinarea unghiului α conform relațiilor (2.62):

$$\begin{aligned} p\% &= 100 \operatorname{tg} \alpha \\ \alpha &= \operatorname{arctg} \frac{p\%}{100} \end{aligned} \quad 2.62$$

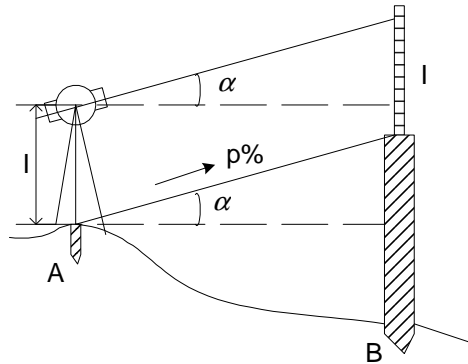


Fig. 2.16 Trasarea liniilor de pantă proiectată prin nivelment trigonometric

Trasarea

Se așează teodolitul în punctul A și se introduce la cercul vertical unghiul α calculat (figura 2.15) luneta fiind îndreptată spre punctul B. Deasupra acestuia se ridică sau se coboară mira (sau un jalon având marcată înălțimea I a instrumentului) până când firul reticular o va intersecta la înălțimea I. Se bate un țărui până la talpa mirei. În acest mod pot fi materializate mai multe puncte pe traseul liniei de pantă constantă.

2.4.3. Trasarea punctelor intermediare cu setul de teuri

Pe teren este necesar să se traseze în prealabil punctele principale ale liniei de pantă dată, urmărindu-se trasarea în continuare de puncte intermediare.

Acestea pot fi trasate cu nivelul, teodolitul sau cu setul de teuri.

Setul de teuri este alcătuit din minimum 3 teuri dintre care unul are la partea superioară lățime dublă.

Două teuri se instalează în punctele principale A și B (în punctul B cel cu lățime dublă la partea superioară). Al treilea teu se deplasează în lungul liniei de pantă proiectată (figura 2.16).

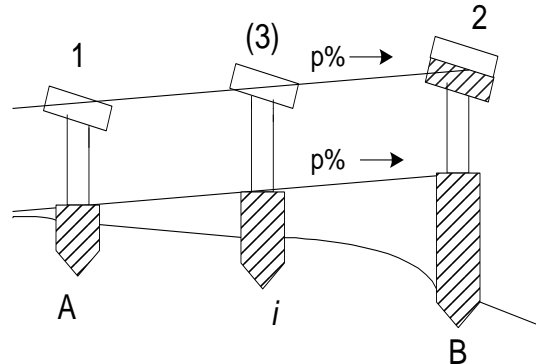


Fig. 2.17. Trasarea punctelor intermediare cu ajutorul setului de teuri

Pentru trasarea unui punct intermediar i operatorul privește teul (3) astfel ca linia de vizare să întâlnească teul (2) la linia de separație a celor 2 culori. Teul (3) se va ridica sau coborî deasupra punctelor intermediare până când muchia lui superioară se va găsi pe linia de vizare 1-2.

Punctul intermediar se marchează printr-un țărș bătut până la talpa teului.

Precizia trasării liniilor de pantă dată se reduce la precizia trasării cotelor prin nivelment geometric sau trigonometric.

3. LUCRĂRI TOPOGRAFICE SIMPLE LA TRASAREA CONSTRUCȚIILOR

3.1. TRASAREA PE TEREN A LINIILOR

Pentru a materializa pe teren o linie mai lungă decât 100-150 m, se așează o serie de jaloane care să fie situate pe același aliniament într-un singur plan vertical. La trasarea vizuală a liniilor drepte, pe teren, apar mai des următoarele cazuri:

3.1.1. Trasarea unei linii materializate cu jaloane

a) Trasarea unei linii materializate cu jaloane, între punctele A și B între care terenul este liber și fără obstacole, punctul B fiind vizibil din punctul A, se execută așa cum se arată în continuare. Se aliniază câteva jaloane între jaloanele din A și B. Un operator se așează cam la 13 pași în spatele jalonului din A, iar alt operator, după indicațiile lui, așează succesiv jaloanele I,II,III, începând din capătul B al liniei, astfel ca ele să fie în aliniament cu jalonul din punctul B.

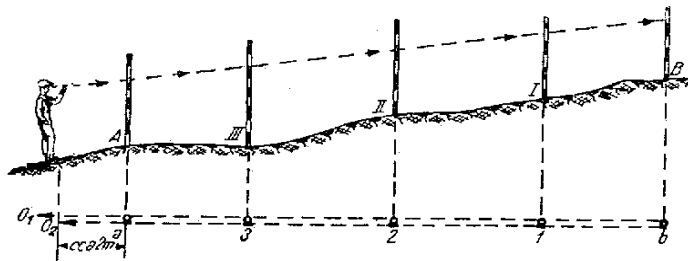


Fig. 3.1 Trasarea unei linii materializate cu jaloane

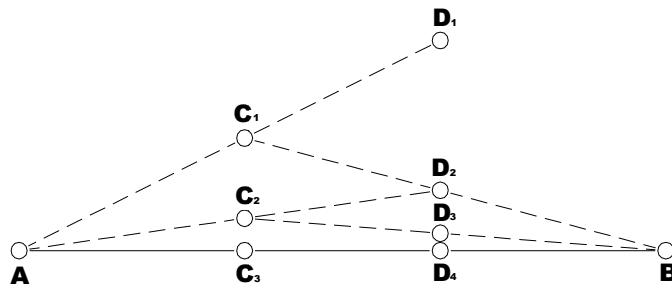


Fig. 3.2 Trasarea unei linii materializate cu jaloane cu doi operatori

Prin semne făcute cu mâna, spre dreapta sau spre stânga, primul operator indică celui de al doilea deplasarea jaloanelor, până ce pe rând toate jaloanele apar suprapuse.

Dacă jaloanele sunt aliniate, privind cu ochiul liber din O_1 și din O_2 în planul tangent la jaloane, nu trebuie să apară nici un jalon care să nu fie cuprins între cele două linii paralele obținute prin proiecția orizontală AB;

b) prelungirea liniei A-III ale cărei capete sunt materializate cu jaloane, se execută așezând pe rând jaloanele II și I etc. și privind din punctul A; trasarea unei linii ale cărei capete A și B nu sunt accesibile sau între care există obstacole se execută de către doi operatori cu jaloane care se așează între A și B.

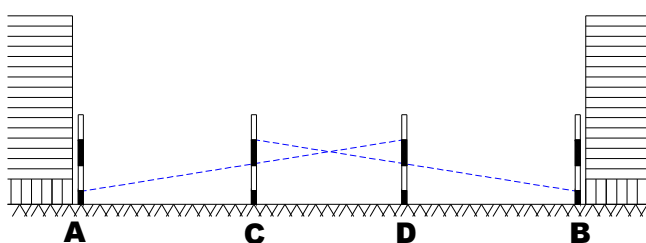


Fig. 3.3 Trasarea unei linii ale cărei capete sunt inaccesibile

Astfel C_1 se aliniază din D_1 în direcția D_1A apoi D_2 din C_1 în direcția C_1B etc. până ce operatorul din C_3 vede jalonul B acoperit de cel din D_4 .

Deoarece dreptele trasate AC_3D_4 și C_3D_4B au punctele C_3 și D_4 comune, punctele AC_3D_4B sunt pe o dreaptă. În același mod, prin alinieri reciproce și succesive, se trasează o linie între punctele A și B când între ele se află o înălțime sau un obstacol care nu permite ca punctul A să fie văzut din punctul B;

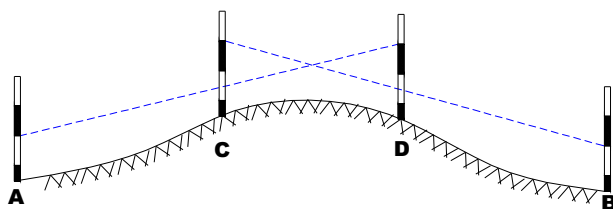


Fig. 3.4 Trasarea unei linii peste un obstacol

d) dacă linia AB trebuie prelungită și jalonată peste o vale adâncă, se aliniază pe panta opusă jaloanele 2 și 3 după ce se aliniază pe râpă jalonul 1 în aliniamentul AB. După ele este ușor să se alinieze jalonul 4 în aliniamentul 3-2. Apoi pe aliniamentul 2-4 se așează jaloanele 5 și 6, iar în aliniamentul B-1 jaloanele 7 și 6 (ca verificare);

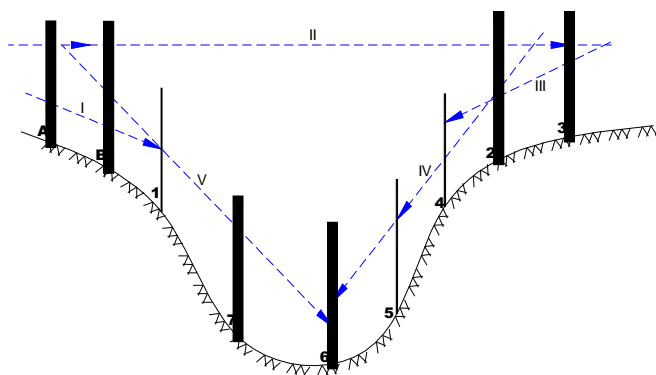


Fig. 3.5 Trasarea unei linii peste o vale adâncă

e) trasarea unei drepte CD care să facă un unghi drept cu aliniamentul AB în punctul C, când vederea în direcția unghiului drept este împiedicată de o construcție, se execută alegând un punct ajutător C1, cât mai aproape posibil de C pe dreapta AB, din care să se poată obține o perpendiculară pe AB, care să ocolească obstacolul. Din punctul C1 se trasează cel puțin 3 puncte D1, E1 și F1 pe D1C1 care este perpendiculară pe AB. Măsurând apoi distanțele D1D, E1E și F1F egale cu C1C și perpendiculare pe C1D1 se obțin punctele D, E și F pe dreapta CD perpendiculară pe aliniamentul AB în punctul C. Este necesar ca punctele D, E și F să fie coliniare.

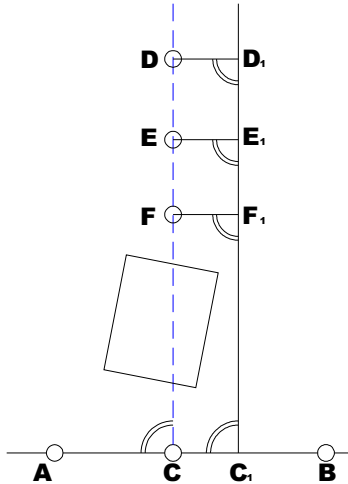


Fig. 3.6 Trasarea unei drepte CD perpendiculară pe AB

f) determinarea pe teren a punctului de intersecție O a două aliniamente AB și CD se face prin alinierea jalonului E, prin încercări succesive, când pe CD, când pe AB, până ce jalonul E aflat în punctul O se găsește atât pe aliniamentul AB, cât și pe aliniamentul CD.

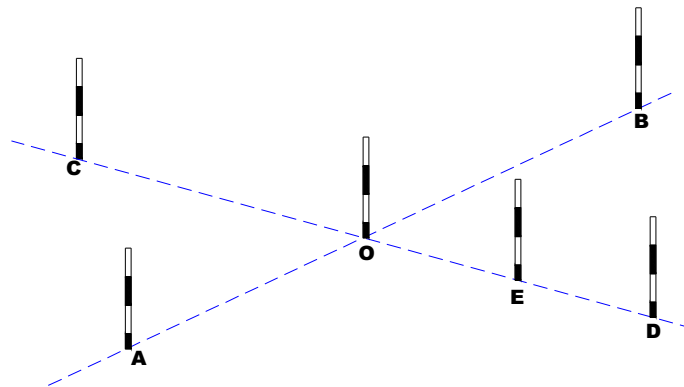


Fig. 3.7 Determinarea pe teren a punctului de intersecție

3.1.2. Trasarea aliniamentului cu teodolitul

Pentru trasarea liniilor foarte lungi sau scurte cu o precizie mai mare decât aceea obținută cu ochiul liber sau cu binoclul, este necesar să se utilizeze teodolitul.

La trasarea aliniamentelor cu teodolitul se deosebesc trei cazuri

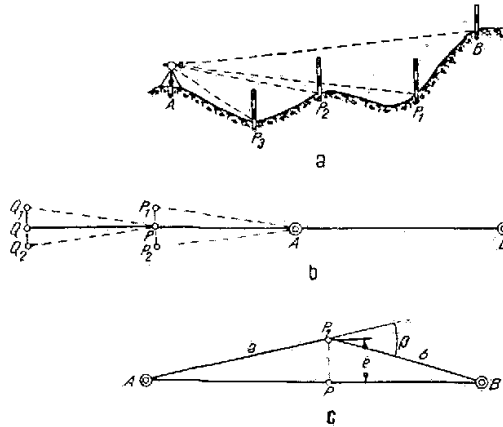


Fig. 3.8 Trasarea pe teren a unei linii cu teodolitul

Trasarea liniei între punctele A și B, care se execută astfel:

1. După verificare, teodolitul se instalează în punctul A și se vizează spre punctul B, având fixate limbul și cercul alidat, după care se vizează spre punctele caracteristice de pe teren P_1, P_2, P_3 .

2. La trasările precise nu este suficientă trasarea cu o singură poziție a lunetei și este necesar ca la determinarea punctelor P să se repete vizele de aliniere cu luneta în poziția a doua. Dacă cu a doua poziție a lunetei se vor găsi alte puncte P'_1, P'_2, P'_3 , atunci punctele căutate se vor obține la mijloc, între perechile de puncte care au fost determinate pe teren cu cele două poziții ale lunetei; prelungirea exactă a lui BA cu teodolitul care face parte în modul următor: Se așează teodolitul în A și cu luneta în poziția I, se vizează B; se dă luneta peste cap (rotind-o cu 200^g în jurul axei sale de rotație) și pe direcția obținută se pichetează P_1 . Se repetă operația în poziția a II-a a lunetei și se pichetează punctul P_2 . Punctul P aflat la mijloc între P_1 și P_2 este pe prelungirea lui BA. În același fel linia AP se prelungeste până în Q staționând în P și așa mai departe;

3. Dacă din cauza unor obstacole, teodolitul nu se poate instala în punctele A sau B, pentru trasarea aliniamentului între A și B se procedează mai întâi la o aliniere prealabilă ca la pct.1 c, verificând dacă punctul P este pe aliniament; dintr-un punct P_1 apropiat de P, se măsoară unghiul BP_1A , care este egal cu $200^g - \beta$. Apoi se măsoară sau se apreciază după un plan distanțele a și b. Cu cât e este mai mic, cu atât pot fi mai puțin exacte a și b.

Se calculează înălțimea e a triunghiului ABP_1 ținând seama că suprafața dublă a triunghiului ABP_1 este :

$$2 S = ab \sin \beta \quad 3.1$$

și deoarece $AB \approx a+b$, rezultă:

$2 S \approx (a+b)e$, atunci

$$e \approx \frac{ab \sin \beta}{a+b} \quad 3.2$$

Pentru verificare, după trasarea punctului P se măsoară unghiul APB pornind din punctul P_1 , iar dacă diferă cu 200^g operația trebuie eventual repetată.

3.1.3. Trasarea aproximativă a direcției pe distanțe mari și foarte mari

Pentru trasarea unei direcții într-un timp scurt, pe distanțe mari, și dacă nu este necesar ca trasarea să se facă cu o precizie prea mare (admițându-se chiar abateri de câțiva metri), se utilizează următoarele procedee:

a) trasarea cu ajutorul rachelor luminoase, care constă în aceea că din punctul depărtat invizibil se lansează în înălțime o rachetă pe cât posibil în direcția verticală. Spre lumina produsă de rachetă se vizează cu teodolitul direcția față de un punct de orientare stabilit în prealabil .

b) trasarea cu ajutorul unui con luminos vertical care constă în vizarea pe o sursă de lumină verticală.

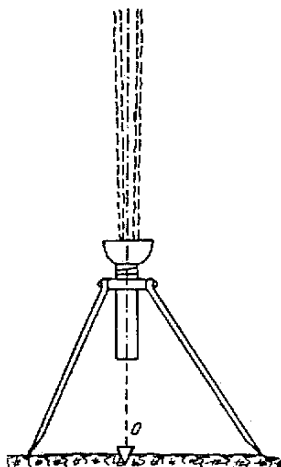


Fig. 3.9 Trasarea pe teren a unei linii cu ajutorul fasciculelor luminoase

Sursa se montează pe un suport metalic deasupra punctului O. Lumina se reglează în formă de con îngust al cărui ax se îndreaptă în poziție verticală, cu ajutorul unui fir de plumb. Avantajul față de metoda anterioară, constă în precizia mai mare care se obține în determinarea direcției.

Erorile pot proveni numai din orientarea greșită a conului de lumină și din dispersarea luminii (în înălțimea conului). Procedul prezintă însă și dezavantajul că poate fi folosit numai în nopți întunecoase, deoarece de exemplu la lumina lunii, conul se vede slab. Obstacole relativ înalte între punctele direcției de trasat nu constituie o piedică, deoarece lumina se ridică până la o înălțime mare;

c) trasarea cu ajutorul baloanelor care constă în înălțarea în punctul invizibil a unuia sau mai multor baloane strânse la un loc; la ore fixate dinainte se fac vizări spre baloane și direcția se reperează de la un punct de orientare. Dezavantajul procedurii este că nu poate fi utilizat în condiții bune decât în zile calme, pentru a se evita devierile produse de vânt.

3.1.4. Prelungirea aliniamentelor peste obstacole și măsurarea distanțelor inaccesibile

Asemenea probleme apar când un aliniament trebuie trasat sau prelungit peste o construcție, peste o pădure sau peste un alt obstacol. Se întâlnesc mai des următoarele cazuri:

a) aliniamentul AB trebuie prelungit peste o clădire. Se aliniază jaloanele 1, 2, 3 și 13 pe AB; se duc perpendiculare pe lungimi egale cu d pe AB în 1, 2, 3 se fixează punctele 4, 5, 6; se prelungește linia 4-5-6 paralelă cu linia 1-2-3-13 și se fixează jaloanele 7, 8, 9 dincolo de obstacol; se ridică perpendiculare în 7, 8 și 9 egale cu d , și se obțin punctele 10, 11 și 12 pe prelungirea lui AB; prin aliniere se prelungește 12-10 și se obține punctul 14 .

$$\text{Distanța } d_{(2-10)} = d_{(6-7)}$$

Verificarea se face constatând dacă jaloanele 4, 5, 6 și 12, 11, 10 sunt câte trei pe aceeași linie, precum și prin verificarea segmentelor egale din figură.

Rezultă distanța inaccesibilă

$$d_{(13-14)} = d_{(6-7)} - d_{(3-13)} - d_{(14-10)} \text{ sau} \quad 3.3$$

$$d_{(13-14)} = d_{(5-8)} - d_{(2-13)} - d_{(11-14)} \text{ etc.} \quad 3.4$$

b) dacă între punctele A și B există un obstacol care nu poate fi ocolit și metoda de la punctul a nu se poate aplica, se trasează un aliniament auxiliar A-6 care servește ca axă a y-

ilor. De pe acest aliniament se ridică perpendiculare în 1, 2, 3, 4, 5 și 6 (ultima perpendiculară trece prin B).

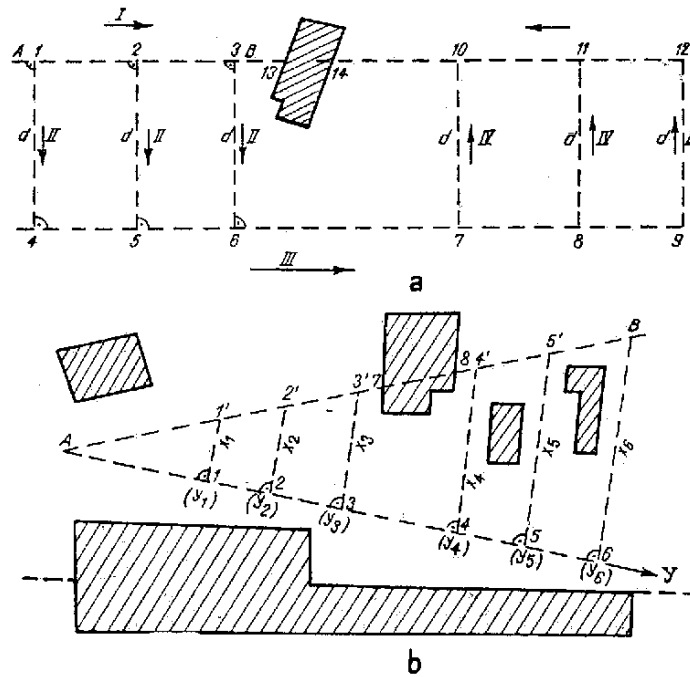


Fig. 3.10 Trasarea pe teren a unei linii peste obstacole

Din asemănarea triunghiurilor rezultă:

$$\frac{x_1}{y_1} = \frac{x_2}{y_2} = \frac{x_3}{y_3} = \frac{x_4}{y_4} = \frac{x_5}{y_5} = \frac{x_6}{y_6} = K \quad 3.5$$

raportul ultim $\frac{x_6}{y_6} = K$ este cunoscut căci se măsoară x_6 și y_6 .

Rezultă:

$$\begin{aligned} x_1 &= Ky_1 ; & x_3 &= Ky_3 ; & x_5 &= Ky_5 \\ x_2 &= Ky_2 ; & x_4 &= Ky_4 ; \end{aligned} \quad 3.6$$

aplicând pe x_1, x_2, x_3, x_4 și x_5 pe teren cu lungimile calculate se obțin punctele coliniare 1', 2', 3', 4' și 5'. O primă verificare se face pe teren prin aceea că 1', 2', 3' precum și 4', 5' și B trebuie să fie coliniare .

Distanța inaccesibilă $d_{(7-8)}$ se deduce prin calcule :

dar
$$d_{(7-8)} = d_{(3'-4')} - d_{(3'-7')} - d_{(8-4')} ;$$

$$d_{(3'-4')} = \sqrt{(x_4 - x_3)^2 + (y_4 - y_3)^2} \quad 3.7$$

iar $d_{(3'-7')}$ și $d_{(8'-4')}$ se măsoară direct pe teren; pentru verificare se calculează încă o dată;

$$d_{(7-8)} = d_{(2'-5')} - d_{(2'-7')} - d_{(8-5')} ;$$

$$d_{(2'-5')} = \sqrt{(x_5 - x_2)^2 + (y_5 - y_2)^2} \quad 3.8$$

iar

$d_{(2'-7')}$ și $d_{(8-5')}$ se măsoară direct pe teren ;

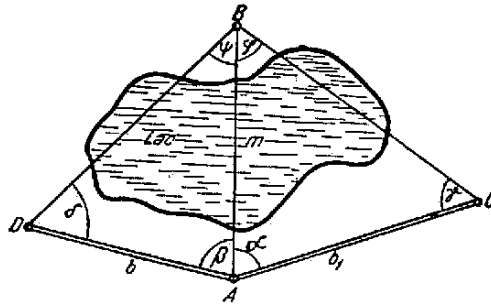


Fig. 3.11 Trasarea pe teren a unei linii peste un lac

c) Determinarea unei distanțe inaccesibile dar vizibile peste un lac, peste un râu sau peste o groapă; fie AB distanța inaccesibilă ce trebuie determinată. Se măsoară laturile AC și AD care se reduc la orizont; se măsoară și unghiul α, φ și γ din triunghiul ABC și β, ψ și ζ din triunghiul ABD care se compensează. Din triunghiul ABC rezultă:

$$AB = m = \frac{b_1}{\sin \varphi} \sin \gamma \quad 3.9$$

Iar din triunghiul ABD rezultă :

$$AB = m = \frac{b}{\sin \psi} \sin \delta \quad 3.10$$

Făcând semisuma celor două valori rezultate, se determina valoarea m căutăată.

3.1.5. Măsurarea unei distanțe orizontale între două puncte, din care unul sau ambele sunt situate în gropi de fundație .

Fiind necesar să se măsoare distanța orizontală dintre punctele A și B, când punctul B se află în groapa de fundație, se poate proceda astfel;

Dacă lățimea gropii permite se așează peste groapă o scândură în lungul panglicii AC și se ridică punctul B în B_1 cu un fir cu plumb, marcându-l pe scândură. În felul acesta se poate citi pe panglică în B_1 distanța orizontală AB căutată.

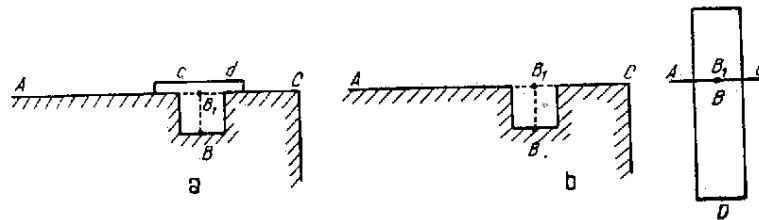


Fig. 3.12 Măsurarea unei distanțe în gropi de fundație

Dacă groapa este adâncă și perpendiculară pe linia AC se așează teodolitul în punctul D, astfel încât dreapta BD să fie perpendiculară pe AC. Vizând din D spre B și înclinând luneta în sus, se poate citi direct pe panglica AC diviziunea din dreptul lui B_1 , adică distanța orizontală AB căutată. Pentru verificare se repetă operația cu luneta în poziția a doua. În cazul în care și punctul A se află într-o groapă de fundație, se procedează în mod similar pentru fiecare punct în parte.

3.1.6. Măsurarea cu ajutorul ruletei a unei distanțe în trepte

În lucrările de trasare apare deseori necesitatea de a se determina distanțe care nu se pot măsura prin procedee obișnuite. În aceste cazuri, distanța AB are extremitățile la diferite niveluri, și cum terenul are suprafața în trepte, panglica nu se poate așeza între A și B.

Problema se poate rezolva înălțând deasupra punctului A o construcție din lemn cu înălțimea de $h = nm + pq$ și proiectând punctul A în A_1 ; se poate măsura astfel direct distanța $AB = A_1B$. Pentru micșorarea erorii de sagueată a panglicii, se poate pune la jumătatea distanței A_1B un suport.

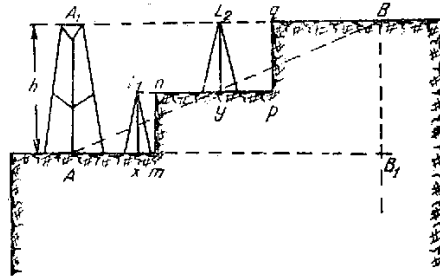


Fig. 3.13 Măsurarea unei distanțe în trepte

Pentru a măsura mai simplu linia în trepte AB , pe linia Am și np se așează în punctele alese arbitrar x și y un aparat având înălțimea corespunzătoare lui mn și pq ; proiecția segmentelor căutate care compun pe AB se obține prin însumarea segmentelor măsurate Ax , L_1y și L_2B . Dacă înălțimea trepidului este insuficientă, se pot întrebuița fire cu plumb atârinate de suporturi. Dacă este necesar să se mărească exactitatea, capătul inferior al firului cu plumb se introduce într-o căldare cu ulei sau cu petrol.

3.2. CONSTRUIREA UNGHIURILOR PE TEREN

3.2.1. Construirea unghiurilor drepte cu ajutorul echerelor topografice

Folosind echerete topografice cu oglinzi sau cu prisme simple sau duble, se pot rezolva două probleme :

1. construirea unui unghi drept, prin ducerea unei perpendiculare într-un punct de pe aliniament. Pentru a se ridica o perpendiculară în punctul C de pe aliniamentul AB se plasează în acest punct echerul topografic; imaginile ambelor jaloane (A și B) trebuie să se vadă în prelungire în echer. Jalonul din D , care va materializa extremitatea laturii CD perpendiculară pe C pe aliniamentul AB , va trebui să fie văzut cu ochiul liber în prelungirea imaginilor celorlalte două jaloane ;

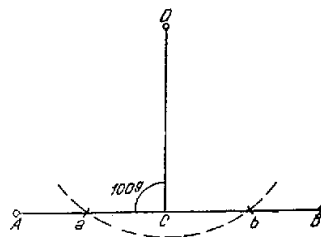


Fig. 3.13 Construirea unghiurilor drepte

2. coborârea unei perpendiculare dintr-un punct dat de pe un aliniament. Echerul din C se va deplasa longitudinal și transversal față de aliniamentul AB, prin încercări, până când se va realiza condiția arătată mai înainte, adică cele trei jaloane din ABD să se vadă în prelungire.

3.2.2. Construirea unghiurilor drepte cu echere improvizate

În lipsa echerelor topografice se pot utiliza echere improvizate, fie alcătuite din două scândurele perpendiculare între ele, sprijinite pe un suport, și viza făcându-se deasupra unor cuie, fie cu ajutorul unor scânduri care alcătuiesc un triunghi dreptunghic, ale cărui laturi au fiecare o lungime proporțională cu valorile 3, 4 și 5. Astfel, pentru perpendiculare scurte până la 15-20 m, latura AB se așează de-a lungul panglicii de 50 m de oțel, întinsă de-a lungul aliniamentului, iar latura AC se prelungește cu o ruletă de oțel până în punctul necesar. Pe principiul ca lungimile laturilor să aibă un multiplu de 3, 4, 5 se pot improviza echere din sfoară sau chiar din panglică sau se poate folosi ruleta de oțel cu care se și măsoară.

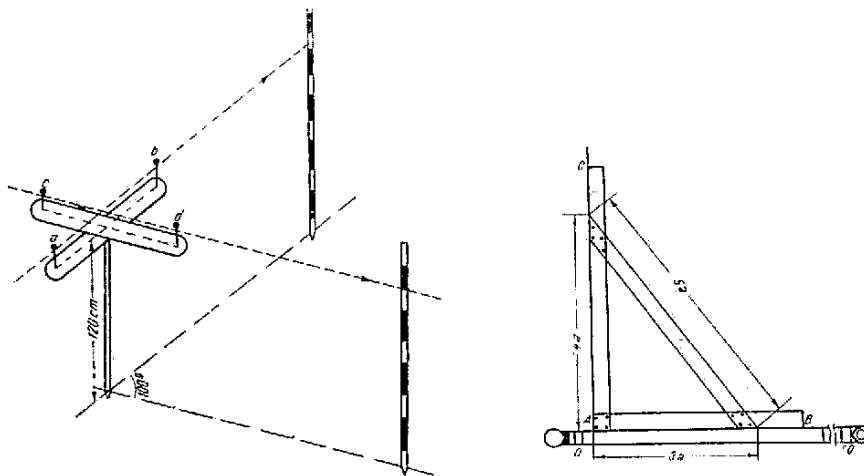


Fig. 3.14 Construirea unghiurilor drepte

Un procedeu ușor pentru ducerea perpendicularelor constă în a măsura pe un aliniament AB aceeași distanță $a = FD = FE$ (de exemplu 5 m) și apoi din punctele D și E ca centre, să se descrie două arce de cerc cu aceeași raza b (de exemplu 10 m). Pe teren, la intersecția acestor două arce se obține punctul C situat pe perpendiculara ridicată din F.

Pentru a coborî o perpendiculară dintr-un punct pe o dreaptă cu ajutorul ruletei, se mai poate proceda și astfel: presupunem că punctul D se află la o distanță mică de linia AB. Un capăt al ruletei se fixează în punctul D, iar celalalt capăt se deplasează spre linia AB care este taiată în punctele A și B. După aceea se măsoară segmentul ab , la a cărui jumătate se obține punctul C. Linia CD reprezintă perpendiculara pe linia AB.

3.2.3. Determinarea unghiurilor prin măsurarea distanțelor

Determinarea unghiurilor se face măsurând laturile orizontale ale unui triunghi și aflând apoi unghiurile prin calculul trigonometric.

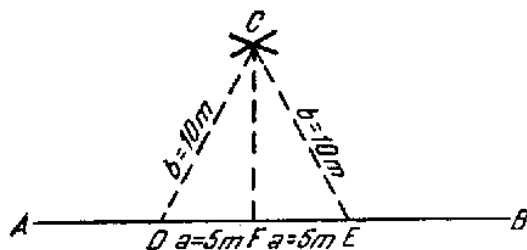


Fig. 3.15 Determinarea unghiurilor prin măsurarea distanțelor

Mărimea unghiurilor se poate determina grafic dacă nu este necesară o precizie mare; se construiește la scară triunghiul respectiv și se măsoară unghiurile cu raportorul.

3.3. TRASĂRI PE VERTICALĂ

3.3.1. Trasarea unei linii înclinate pe zidul unei construcții

Pentru trasarea unei linii înclinate cu unghiul α , pe zidul unei construcții, se procedează în modul următor: în punctul I se bate o scoabă de perete și se face o creștătură m pe ea.

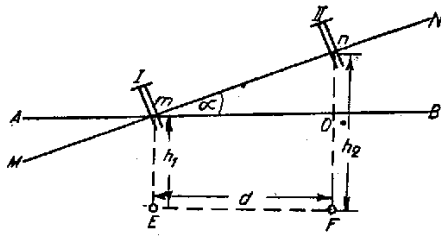


Fig. 3.16 Trasarea unei linii înclinate pe zidul unei construcții

Se coboară cu o ruleta întinsă cu o greutate și având zero în punctul m , verticala mE pe perete. Se așează la o distanță de 5 – 10 m de zid un instrument de nivelment în poziție orizontală cu care se vizează spre ruletă în E și se citește lungimea $h_1 = mE$. Se marchează pe perete un semn în E . Se vizează cu instrumentul de nivelment un punct F pe orizontală lui E , care se înseamnă pe zid, respectând și condiția ca $EF = d$. Se ridică cu ajutorul ruletei din F în sens vertical distanța $F_n = FD + D_n = h_1 + d \operatorname{tg} \alpha$, care se calculează. În dreptul lui n însemnat pe zid, se bate scoaba II și se crestează punctul n ; linia mn face unghiul α cu orizontala AB .

3.3.2. Trasarea unei curbe de nivel de pe teren

Se face prin nivelment înainte așa cum se arată în figură. Fie în R un reper de cotă dată $H_R = 143,460$ m; se cere să se țăruseze pe teren punctele 1, 2, ..., situate pe curba de nivel de altitudine $H_C = 141,820$ m.

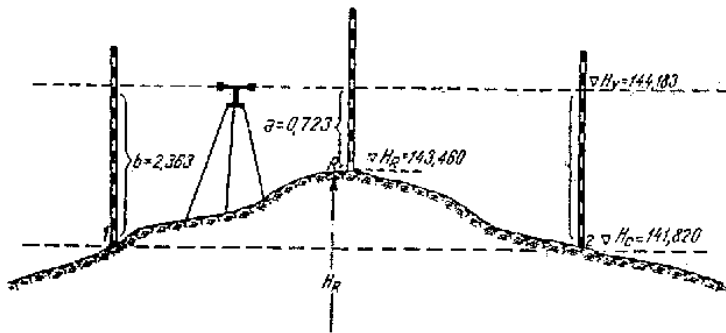


Fig. 3.17 Trasare unei curbe de nivel

Se așează o nivela ca în figură și fie $a = 0,723$ m citirea pe mira în R; rezultă că altitudinea planului de vizare este $H_v = H_R + a = 144,183$ m. Pentru ca punctele 1, 2 să fie la altitudinea $H_c = H_v - b = 141,82$ m, trebuie ca pe miră să se citească $b = H_v - H_c = 2,363$ m. Practic se va deplasa mira pe teren prin încercări în punctele 1, 2, ..., până se vor găsi punctele în care citirea pe miră este $b = 2.363$ m și în acele puncte se vor bate țăruiși; acești țăruiși se găsesc pe curba de nivel $H_c=141,82$ m .

Trasarea curbelor de nivel pe teren se aplică la delimitarea liniei dintre săpătură și umplutură în cazul compensării terasamentelor, pentru realizarea unei platforme orizontale sau la determinarea liniei de inundație a apelor de un anumit nivel în cazul unui lac de acumulare (de exemplu, în spatele unui baraj).

3.3.3. Trasarea unei platforme orizontale

Pentru a se crea o platformă orizontală este necesar în prealabil să se calculeze volumul săpăturilor și al umpluturilor care rezultă. Platforma se poate realiza la o anumită cotă, impusă prin proiect sau se poate realiza la o cotă medie a terenului, pentru egalizarea terasamentelor prin compensarea cantităților de pământ rezultate din săpături cu cele necesare la umpluturi.

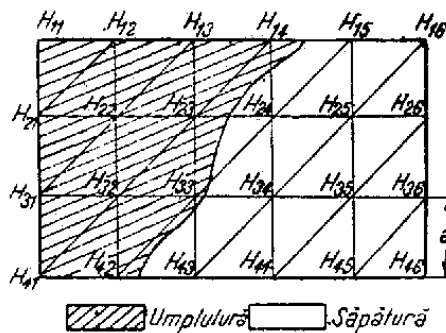


Fig. 3.18 Trasarea unei platforme orizontale

Pe baza datelor obținute prin executarea nivelmentului geometric al porțiunii respective de teren reprezentată pe planul topografic prin curbe de nivel, acesta se împarte într-o rețea de pătrate cu latura între 10-15 m, în funcție de relieful terenului. Laturile sunt materializate prin țăruiși așezați în toate colțurile pătratelor, pe care se așează mire, iar cu instrumentul de nivelment se determină cotele tuturor vârfurilor pătratelor. În exemplul din figură, platforma s-a împărțit în 15 pătrate; după țăruișarea colțurilor pătratelor, se execută nivelmentul prin așezarea mirelor cu ajutorul cărora se determină cotele H_{11} , H_{12} , H_{13} (prima cifră a indicelui reprezintă numărul de ordine al rândului orizontal, iar cifra a doua a celui vertical).

La lucrări mai puțin exacte, cotele se pot determina prin interpolare între curbele de nivel ale planului platformei.

Se calculează altitudinea medie în fiecare pătrat:

$$H_1 = \frac{H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22}}{4} \quad 3.11$$

$$H_2 = \frac{H_{12} + H_{13} + H_{22} + H_{23}}{4} \text{ etc.}$$

până la ultimul pătrat

Apoi se calculează cota medie a tuturor pătratelor, care va fi:

$$H_0 = \frac{H_1 + H_2 + H_3 + \dots + H_n}{n} \quad 3.12$$

Diferențele de nivel între aceste cote și cotele reale pentru fiecare vârf al pătratului poartă denumirea de cote de lucru și se materializează pe teren cu țăruiși. Când cotele de lucru sunt pozitive se execută umpluturi, iar când sunt negative, săpături. Când cota platformei este impusă prin proiect, cotele de lucru se calculează în funcție de datele proiectului.

3.3.4. Trasarea unui plan înclinat de pantă dată

Deseori pe șantiere, după terminarea construcțiilor, terenul înconjurător se nivelează, dându-i-se o anumită înclinare de scurgere a apelor.

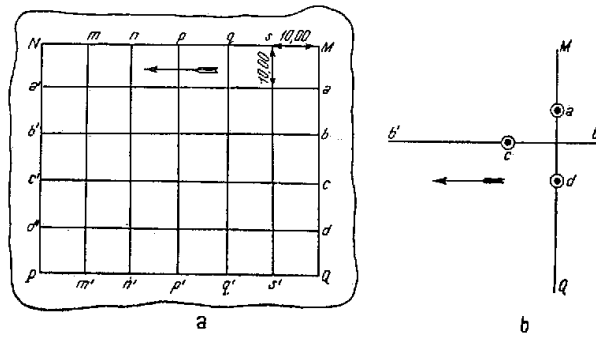


Fig. 3.19 Trasarea unui plan înclinat de pantă dată

Dacă trebuie să se traseze un plan înclinat, se utilizează instrumentul de nivelment sau teodolitul, de exemplu:

- trebuie să se niveleze o platformă cu suprafața de 50 x 60 m și cu panta de 0,05 pornind de pe latura NP; se presupune ca este trasată pe teren cota de calcul a punctului M egală cu 185,23 m. Trasarea se face pornind de pe latura MN = 60 m și construind o rețea de pătrate pe toată suprafața terenului MNPQ. Apoi se instalează instrumentul de nivelment lângă punctul M, iar pe latura MQ în vârfurile pătratelor (în punctele a, b, c, d, Q) se bat țaruși la cota 185,23 m. Pentru aceasta trebuie să se bată țarușii astfel încât cu mira așezată pe ei să se facă citiri egale cu citirea pe mira din M. Apoi se va aplica același procedeu ca la trasarea unei linii de pantă dată, pornind de la punctele M, a, b, c, d și Q spre N, a', b', c', d' și P.

Dacă diferența de nivel dintre punctele M și N nu este mare și înclinarea terenului permite, trasarea se face instalând instrumentul de nivelment în punctul b astfel încât un șurub de calaj să se așeze pe linia bb', iar celelalte două pe linia MQ (se presupune că este transpusă în teren cota din proiect a punctului b). Instrumentul de nivelment se așează orizontal și înălțimea lui se măsoară pe miră. Mira se așează în punctul b', a cărui cotă din proiect a fost trasată dinainte pe teren. Cu ajutorul șurubului de calaj de pe linia bb' se înclină luneta spre miră până la o valoare egală cu înălțimea instrumentului. În acest caz, axa verticală de rotație a instrumentului de nivelment va fi perpendiculară pe planul transpus în natură, iar axa de vizare a lunetei în rotația sa în jurul axei instrumentului descrie un plan înclinat, paralel cu cel proiectat.

Pentru verificarea acestei poziții pot servi citirile pe miră egale cu înălțimea instrumentului, care au fost obținute în punctele M, a, b, c, d și Q și care au aceeași cotă absolută 185,23 m. În acest mod, toate punctele liniei drepte MQ sunt așezate în același plan orizontal. După care s-a verificat instalarea instrumentului, se trece la materializarea punctelor intermediare ale vârfurilor pătratelor. În aceste puncte se bat țăruii la cotele necesare încât citirile făcute pe mira așezată pe țărui să fie egale cu înălțimea instrumentului.

3.3.5. Trasarea unei cote la diferite puncte pe construcție

La lucrările de trasare este necesar să se transmită o cotă de la un nivel la altul. Diferențele fiind uneori mari nu se pot utiliza metodele obișnuite ale nivelmentului geometric. În asemenea cazuri, pentru transmiterea cotelor, în locul unei mire se folosește o ruletă sau o panglică de oțel cu o greutate atârnată, pentru a ține panglica în poziție verticală. În figură se arată transmiterea cotei într-o groapă adâncă de fundație. Deasupra gropii se atâră cu ajutorul unei capre o panglică având o greutate la capăt. Apoi se instalează două instrumente de nivelment, unul la suprafața pământului și altul în groapă.

Pentru obținerea cotei punctului A rezultă:

$$(H_R - H_A) + a = d + (b - c) \quad 3.13$$

de unde :

$$H_A = H_R + a - (b - c) - d \quad 3.14$$

în care :

H_R - este altitudinea reperului ;

a – citirea pe mira așezată pe reper;

b și c – cele două citiri pe panglică;

d – citirea pe miră în punctul A.

În cazul în care se cere aflarea cotei punctului A, se utilizează formula 3.14, iar pentru fixarea punctului A de cota H_A se duce din formula 3.15, astfel:

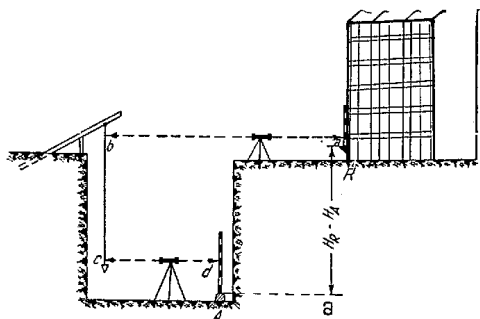


Fig. 3.20 Trasarea unei cote în groapa de fundație

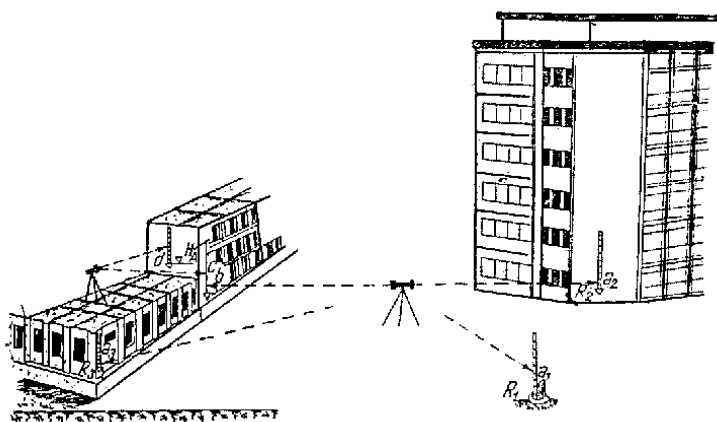


Fig. 3.21 Trasarea unei cote la diferite puncte pe construcție

$$d = (H_R - H_A) + a - (b - c) \quad 3.15$$

Aceasta se realizează ridicând și coborând mira din A, iar când se citește d pe miră, punctul A căutat este la talpa mirei.

Eroarea admisă la o asemenea transmitere a cotei nu trebuie să depășească $\pm 3\text{mm}$. Transmiterea cotelor la planșeele clădirilor înalte se face în același mod cu cel descris anterior.

În acest caz :

$$H_A = H_R + a + (c - b) - d \quad 3.16$$

În figură s-a arătat schematic că reperul R în raport cu care se stabilește cota nouă poate fi materializat printr-un țăruiș (R_1) sau printr-o marcă încastrată, fie în zidăria unei clădiri apropiate (R_2), fie chiar pe aceeași clădire (R_3).

3.3.6. Determinarea înălțimii construcțiilor

Pentru determinarea înălțimii construcțiilor se folosesc procedeele descrise în figura 3.22.

Dacă distanța orizontală se poate măsura (în cazul construcțiilor accesibile), se așează teodolitul în apropierea construcției și după măsurarea cu precizie a distanței orizontale d , de la un instrument la construcție, se măsoară unghiurile verticale α și β cu ajutorul teodolitului în cele două poziții ale lunetei.

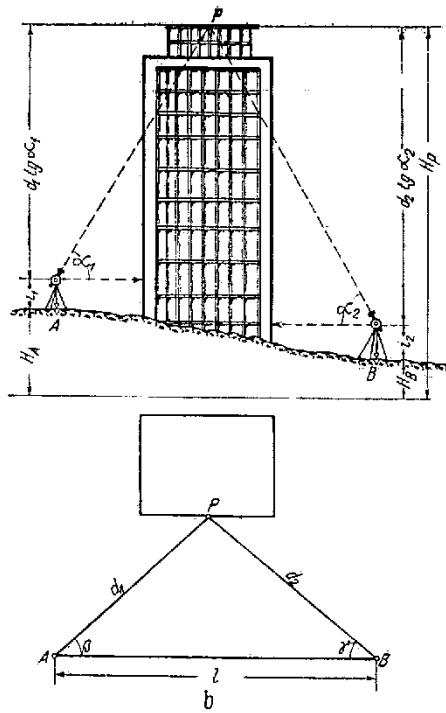
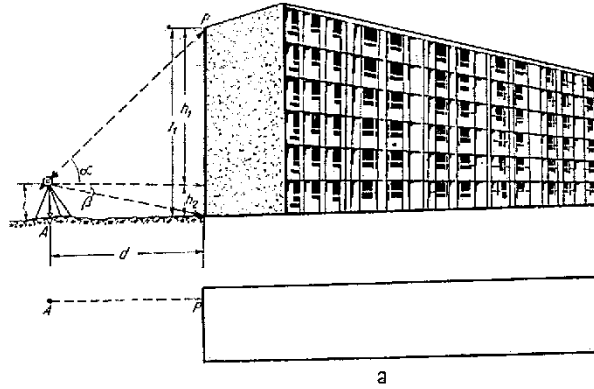


Fig. 3.22 Determinarea înălțimii construcțiilor

Înălțimea construcției va fi :

$$I_1 = h_1 + h_2 \quad 3.17$$

Iar :

$$H_1 = d \operatorname{tg} \alpha \text{ și } h_2 = d \operatorname{tg} \beta \quad 3.18$$

și :

$$I_1 = d \operatorname{tg} \alpha + d \operatorname{tg} \beta = d (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta) \quad 3.19$$

Pentru verificare se așează teodolitul în alt punct și se repetă operațiile descrise mai înainte. Prin calcule se va obține o nouă măsură I_2 a înălțimii construcției.

Dacă $I_2 - I_1$ reprezintă o valoare mică, se ia:

$$I = \frac{I_1 + I_2}{2} \quad 3.20$$

Când înălțimea construcției este mare, pentru obținerea unei precizii superioare se mărește numărul de determinări.

Dacă distanța orizontală nu este accesibilă, se fac două stații cu teodolitul în punctele A și B, a căror înălțime H_A și H_B se determină prin nivelment și se măsoară apoi distanța I . După determinarea înălțimilor instrumentului i_1 și i_2 se măsoară unghiurile verticale (α_1 și α_2) precum și unghiurile horizontale (β și γ).

Se obține apoi :

$$d_1 = l \frac{\sin \gamma}{\sin(\beta + \gamma)} \quad \text{și} \quad d_2 = l \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \gamma)} \quad 3.21$$

Înălțimea construcției, corespunzând, de exemplu, punctului P, se determină și se verifică cu relațiile :

$$H_p = H_A + d_1 \operatorname{tg} \alpha_1 + i_1 ; \quad 3.22$$

$$H_p = H_B + d_2 \operatorname{tg} \alpha_2 + i_2 ; \quad 3.23$$

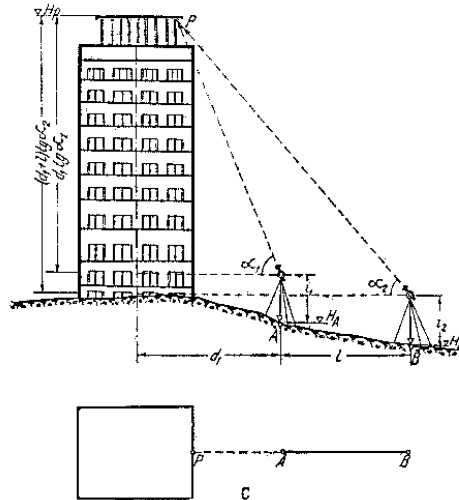


Fig. 3.23 Determinarea înălțimii construcțiilor înalte

Dacă distanța de la instrument la construcție nu se poate măsura sau nu se poate determina prin formulele anterioare cu ajutorul unghiului orizontal, ambele puncte de stație A și B se dispun pe aceeași linie. Se măsoară unghiurile α_1 și α_2 , înălțimile instrumentului l_1 și l_2 , precum și distanța l dintre stații. Raportul de înălțime dintre stații se determină prin nivelment .

Înălțimea construcției (a punctului P) se află cu relațiile:

$$H_p = H_A + i_1 + d_1 \operatorname{tg} \alpha_1 ; \quad 3.24$$

$$H_p = H_B + i_2 + (d_1 + l) \operatorname{tg} \alpha_2 \quad 3.25$$

Distanța d_1 se determină din egalitatea:

$$H_A + i_1 + d_1 \operatorname{tg} \alpha_1 = H_B + i_2 + (d_1 + l) \operatorname{tg} \alpha_2 \quad 3.26$$

De unde:

$$d_1 = d_1 = \frac{(H_A + i_1) - (H_B + i_2) - l \operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_2 - \operatorname{tg} \alpha_1} \quad 3.27$$

3.4 LUCRĂRI LA TRASAREA AXELOR CĂILOR DE COMUNICAȚII TERESTRE.

Proiectarea și construcția unor căi de comunicație - drumuri sau căi ferate - presupune parcurgerea unor etape obligatorii pentru fiecare obiectiv:

faza de proiectare care presupune

lucrări preliminare care constau din culegerea de informații asupra materialelor existente cum ar fi hărți și planuri cât mai recente, la diverse scări (1:100000 ... 1:2000), informații asupra geologiei regiunii, perspective și necesități economice ce urmează să se dezvolte. Pe materialul astfel cules se aleg variantele informative ale traseului viitorului obiectiv. Aceste variante trebuie să țină seama că traseul trebuie să aibă o pantă longitudinală care nu trebuie să depășească o anumită valoare impusă, iar racordarea aliniamentelor să se facă cu raze mai mari decât o valoare minimă stabilită de proiectant;

lucrări definitive care constau din trasarea axei drumului, măsurarea unghiurilor de frângere ale aliniamentelor și calculul elementelor principale ale curbilor de racordare, calculul și trasarea în detaliu a curbilor de racordare, nivelmentul traseului pichetat și calculul elementelor de racordare în plan vertical;

faza de execuție care presupune:

trasarea pe teren a profilului longitudinal al drumului pe varianta definitivă;

trasarea profilelor transversale;

orice alte trasări curente solicitate de activitatea de șantier.

3.4.1. Alegerea traseului

Stabilirea traseului se va face, în faza preliminară, pe hărți sau planuri cu curbe de nivel, cea mai folosită fiind metoda axei zero. Traseul astfel ales nu va putea rămâne definitiv deoarece are prea multe schimbări de direcție.

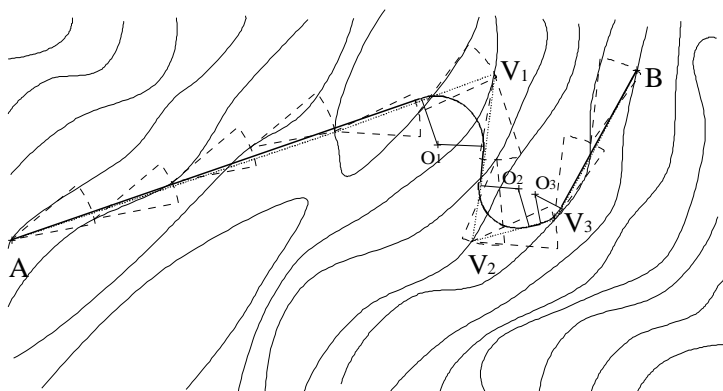


Fig 3.24 Alegerea axului zero și înlocuirea lui cu aliniamente succesive

În exemplul din figura 3.24, între punctele A și B, se cere să se proiecteze un traseu de drum care nu va avea panta mai mare de $p\%$, iar viteza de proiectare cu care vor circula vehiculele pe acest tronson va fi de $v\text{km/h}$. Pentru rezolvare vom apela la cunoștințele din capitolul referitor la probleme rezolvabile pe hărți și planuri. De acolo știm să trasăm o linie de pantă constantă între punctele A și B, pantă ce are valoarea $p\%$ (de obicei mai mică de 7% și în mod excepțional, pentru porțiuni scurte, de maxim 10%). Din multitudinea de trasee obținute am ales varianta figurată cu linii punctate. Se constată că această variantă prezintă multe inflexiuni, care fac circulația imposibilă. Din acest motiv vom stabili o succesiune de aliniamente, reprezentând tendința generală a liniei de pantă constantă. Vom stabili astfel aliniamentele A-V1, V1-V2, V2-V3, V3-B ce se vor racorda între ele prin arce de cerc cu

centrelle în O1, O2 și O3. Traseul care rezultă este deci o succesiune de aliniamente și arce de cerc.

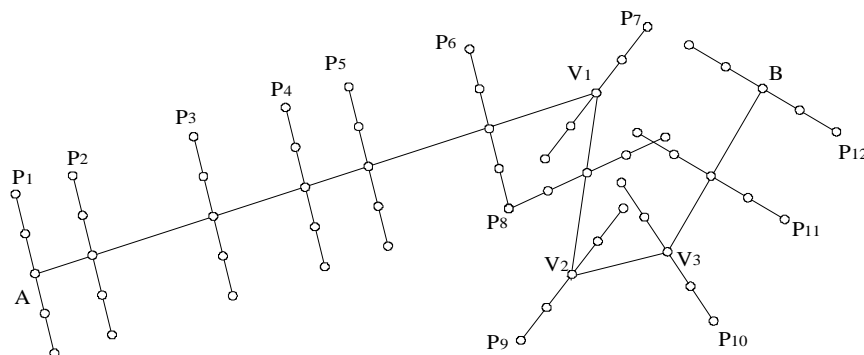


Fig 3.25 Ridicarea topografică a traseului prin drumuire cu profile

Acesta va fi măsurat în teren (figura 3.25), de exemplu, printr-o drumuire planimetrică executată între punctele A și B, care va trece prin V1, V2 și V3. Simultan cu drumuirea planimetrică, se vor măsura și o serie de profile transversale. Arcele de cerc ce descriu traseul se caracterizează printr-o serie de elemente care vor trebui calculate și trasate în teren.

3.4.2 Calculul și trasarea elementelor principale ale curbilor de racordare.

Două aliniamente concurente în punctul V (figura 3.26) trebuie racordate cu un arc de cerc. Datele inițiale cunoscute se referă la mărimea razei de racordare, R și la măsura unghiului între aliniamente, □□

Elementele caracteristice curbei sunt:

- **unghiul** () dintre aliniamentele ce se racordează rezultă din măsurători directe pe teren sau determinarea acestuia pe panuri și hărți;
- unghiul (este suplimentar unghiului și se numește unghi de întoarcere, unghi la centru sau unghi exterior aliniamentelor, are valoarea:

$$\varphi = 200^g - \beta \quad 3.28$$

unde este măsurat în teren.

- **raza curbei (R)**, cunoscută (determinată sau aleasă) din faza de proiectare;
- **tangenta (T)**, este distanța dintre vârful V și punctul de tangență T, calculate cu relația:

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} \quad 3.29$$

- **lungimea arcului de racordare** l_c :

$$l_c = \frac{\pi R \varphi}{200^g} \quad 3.30$$

- **lungimea bisectoarei, b**, obținută cu relația:

$$b = VO - VB = R \left(\sec \frac{\varphi}{2} - 1 \right) \quad 3.31$$

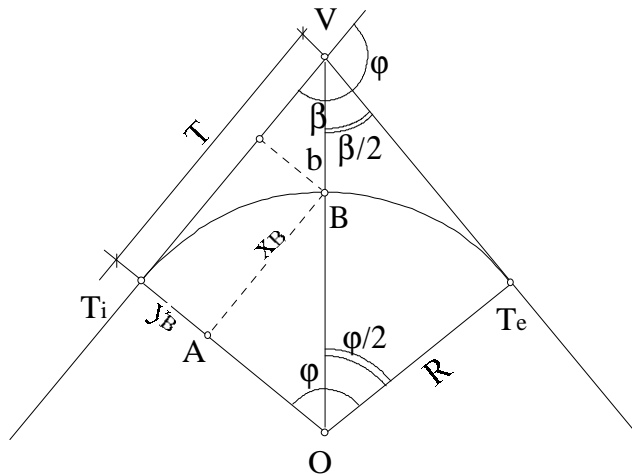


Fig 3.26 Elementele curbelor circulare de racordare

Mărimile de mai sus reprezintă elementele principale ale curbelor circulare. În afara de aceste elemente principală la o curbă circulară se mai deosebesc:

- lungime corzii :

$$\overline{T_i T_e} = 2R \sin \frac{\gamma}{2} = 2R \cos \frac{\beta}{2} \quad 3.32$$

- coordonatele pe tangente ale punctului bisector B :

$$\text{abscisa} \quad x_B = R \cdot \sin \frac{\varphi}{2} \quad 3.33$$

$$\text{ordonata} \quad y_B = OT_i - OA = R \left(1 - \cos \frac{\varphi}{2} \right) \quad 3.34$$

Pentru trasare, se va amplasa un teodolit în vârful V cu care se va măsura unghiul β . Valoarea unghiului și raza de racordare permit calculul elementelor principale. Pentru trasarea lor, din punctul V, la lungimea calculată a tangentelor, T , se obțin punctele de intrare, respectiv ieșire din curbă, T_i și T_e . Pentru trasarea bisectoarei, se trasează fața de unul din aliniamente,

jumătatea unghiului . Pe acest aliniament, la distanța calculată, b , se obține punctul B . Situația prezentată este valabilă când vârful V este accesibil.

3.4.3. Metode de trasare în detaliu a curbelor circulare.

Atunci când racordarea aliniamentelor se face cu arce de cerc cu rază mare de curbură, trasarea în teren numai a punctele de intrare și ieșire, respectiv a bisectoarei nu sunt suficiente pentru realizarea curbei. În această situație, condițiile de șantier reclamă existența mai multor puncte amplasate pe curbă. Acest lucru se poate face prin diverse metode de trasare în detaliu cum sunt : coordonate rectangulare pe tangentă, coordonate rectangulare pe coarda, coordonate polare, coordonate pe coardă, sferturilor de săgeată, ordonatelor pe prelungirea coardei, tangente succesive, corzi prelungite, toate fiind metode riguroase, sau prin metode aproximative dar foarte rapide cum este metoda sfertului.

Dintre metodele enumerate mai sus vom prezenta numai acelea care sunt cel mai des folosite.

Metoda absciselor egale.

Această metodă face parte, alături de metoda arcelor egale, din categoria metodelor de trasare în detaliu cu ajutorul coordonatelor rectangulare pe tangentă. Această denumire este urmarea faptului că se folosește drept axă a absciselor chiar tangenta. Elementele ce se calculează pentru a trasa în detaliu o curbă se referă la coordonatele rectangulare ale punctelor 1, 2, ..., n și rezultă din figura 3.27.

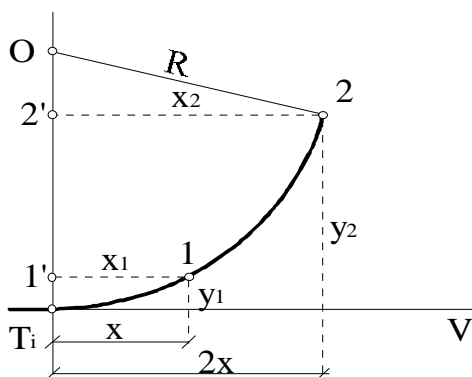


Fig. 3.27- Metoda absciselor egale

Abscisele punctelor se aleg de 2, 5, 10 sau 20 metri, iar acestora le vor corespunde ordonatele. Din figură calculăm coordonatele punctului 1 :

$$\begin{aligned} x_1 &= x \\ y_1 &= OT_1 - OI' = R - \sqrt{R^2 - x^2} \end{aligned} \quad 3.35$$

Analog, calculăm coordonatele punctului 2:

$$\begin{aligned} x_2 &= 2x \\ y_2 &= OT_i - O2' = R - \sqrt{R^2 - (2x)^2} \end{aligned} \quad 3.36$$

iar relațiile pentru calculul coordonatelor punctului “i” de pe curbă sunt de forma:

$$\begin{aligned} x_i &= i \cdot x \\ y_i &= OT_i - Oi' = R - \sqrt{R^2 - (ix)^2} \end{aligned} \quad 3.37$$

Trebuie observat că se vor calcula și trasa atâtea puncte de detaliu până când se ajunge la punctul bisector pornind de la T_i ; ramura curbei de la B la T_e fiind simetrică, se vor trasa aceleași puncte pornind de această dată din T_e spre B .

Trasarea se execută prin pichetarea pe aliniamentul $T_i - V$ a absciselor egale; din punctele astfel marcate se trasează unghiuri drepte pe care se aplică ordonatele.

Metoda arcelor egale.

Din geometria plană se știe că, la arce egale corespund unghiuri la centru egale. Acest fapt se poate folosi în cazul trasării în detaliu a curbelor de racordare. Astfel, la arce egale de 5, 10, 20m, corespund unghiuri la centru , egale.

Considerând exemplul din figura 8.36, coordonatele punctelor 1, 2, ..., i se vor calcula pornind de la o valoare aleasă a arcului l care subîntinde unghiul ce se poate calcula cu relația:

$$\lambda = \frac{l}{R} \rho^{cc} \quad 3.38$$

unde $^{cc} = 636620^{cc}$, reprezentând mărimea în secunde centesimale de arc a unui radian.

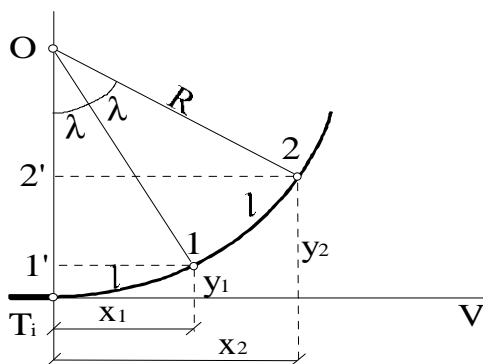


Fig.3.28 Metoda arcelor egale

Cu valoarea obținută se calculează coordonatele punctului I :

$$\begin{aligned}x_I &= R \cdot \sin \lambda \\y_I &= OT_i - OI' = R(1 - \cos \lambda)\end{aligned}\quad 3.39$$

Coordonatele punctului 2 se calculează asemănător, obținând :

$$\begin{aligned}x_2 &= R \cdot \sin(2\lambda) \\y_2 &= OT_i - OI' = R(1 - \cos 2\lambda)\end{aligned}\quad 3.40$$

și analog pentru punctul " i "

$$\begin{aligned}x_i &= R \cdot \sin(i\lambda) \\y_i &= OT_i - OI' = R(1 - \cos i\lambda)\end{aligned}\quad 3.41$$

Trasarea punctelor de detaliu se face și în acest caz similar cu metoda prezentată anterior, iar punctele fiind simetric dispuse față de punctul bisector, se vor calcula puncte numai pentru una din ramuri, acestea fiind folosite și la trasarea în detaliu a celeilalte ramuri a arcului de cerc.

Metoda coordonatelor polare.

În situația în care nu există accesibilitate în lungul tangentelor, datorită, fie vegetației, fie altor obstacole, se recomandă folosirea metodei coordonatelor polare. În acest caz este necesar să existe acces în lungul corzii T_iB respectiv T_eB (figura 8.37).

Impunând o lungime a corzii s de 5,10 sau 20 metri, se calculează unghiul la centru corespunzător cu relația :

$$\frac{s}{2} = R \cdot \sin \frac{\lambda}{2} \quad \Rightarrow \quad \sin \frac{\lambda}{2} = \frac{s}{2R}\quad 3.42$$

Din relația 3.42 se obține valoarea unghiului $\lambda/2$. Pentru trasare se va instala un teodolit în punctul T_i care va trasa față de direcția către V unghiul $\lambda/2$; pe această direcție, la lungimea s se va materializa punctul I . În continuare, teodolitul va trasa față de același aliniament T_iV unghiul $2 \cdot (\lambda/2)$. Din punctul I , deja materializat, se va trasa lungimea s până la intersecția cu direcția trasată cu teodolitul; se obține astfel punctul 2.

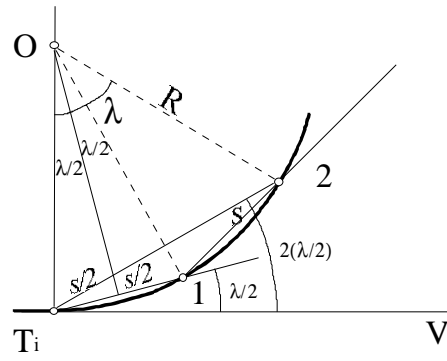


Fig. 3.29 Metoda coordonatelor polare

La fel ca la celelalte metode de trasare în detaliu, cealaltă ramură a curbei fiind simetrică, elementele calculate vor fi aceleași, iar trasarea se va face pornind din punctul T_eB .

Fiecare din metodele de trasare descrise mai sus au aplicabilitate funcție de condițiile de relief de la locul trasării și de configurația curbei de trasat.