

CONTRIBUȚII PRIVIND EVALUAREA TOPO-GEODEZICĂ A DEPLASĂRILOR ȘI DEFORMAȚIILOR CONSTRUCȚIILOR

Teză destinată obținerii
titlului științific de doctor inginer
la
Universitatea "Politehnica" din Timișoara
în domeniul INGINERIE CIVILĂ
de către

Ing. Floarea-Maria Brebu

Conducător științific:
Referenți științifici:

prof.univ.dr.ing. MARIN MARIN
prof.univ.dr. MARICEL PALAMARIU
conf.univ.dr.ing. CARMEN GRECEA
conf.univ.dr.ing. CONSTANTIN BOFU

Ziua susținerii tezei: 07 octombrie 2011

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- | | |
|---|--|
| 1. Automatică | 8. Inginerie Industrială |
| 2. Chimie | 9. Inginerie Mecanică |
| 3. Energetică | 10. Știința Calculatoarelor |
| 4. Ingineria Chimică | 11. Știința și Ingineria Materialelor |
| 5. Inginerie Civilă | 12. Ingineria sistemelor |
| 6. Inginerie Electrică | 13. Inginerie energetică |
| 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații | 14. Calculatoare și tehnologia informației |

Universitatea „Politehnica” din Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S Nr. 14 / 14.07.2006, tezele de doctorat susținute în universitate începând cu 1 octombrie 2006.

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2011

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea, reproducerea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității „Politehnica” din Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,
tel. 0256 403823, fax. 0256 403221
e-mail: editura@edipol.upt.ro

Cuvânt înainte

Aspectele științifice abordate în cadrul tezei de doctorat "**Contribuții privind evaluarea topo-geodezică a deplasărilor și deformațiilor construcțiilor**" se înscriu în tendința actuală a cercetării legăturilor dintre activitatea de construcții și domenii ale măsurătorilor terestre prin adoptarea și aplicarea unor metode și tehnologii geodezice care vin să înregistreze, prelucreze și reprezinte comportamentul clădirilor supuse diferiților factori perturbatori. Studiul de față, prin aspectele de cercetare fundamentală abordate, completează cunoștințele asupra tehnicilor și tehnologiilor topo-geodezice utilizate la urmărirea comportării în timp a construcțiilor cu asimilarea și testarea în practică a sistemului de scanare laser.

Desfășurarea cercetărilor și elaborarea lucrărilor s-a făcut sub îndrumarea de înalt nivel științific a domnului *prof. dr. ing. Marin Marin*. Pentru acceptarea ca doctorand, pentru sugestiile și indicațiile metodologice date, îmi exprim, pe această cale, cele mai sincere mulțumiri alături de întreaga mea recunoștință.

Multă admirație și respect aduc doamnei și domnilor profesori universitari, Maricel Palamariu și Constantin Bofu, referenți științifici oficiali, pentru sfaturile și aprecierile asupra tezei.

Datorită contextului profesional, tratarea aspectelor teoretice dar și practice de topografie și geodezie aplicate la studiul deformațiilor construcțiilor a fost făcută cu ajutorul direct al doamnei conf. dr. ing. Carmen Grecea. Țin să-i mulțumesc în mod special pentru sprijinul acordat și pentru spiritul optimist în care a fost abordată fiecare etapă a acestui studiu, precum și pentru generozitatea cu care m-a inițiat în munca de cercetare.

Îmi exprim recunoștința față de *conducerea Facultății de Construcții din Timișoara și a Departamentului de Căi de Comunicație Terestre, Fundații și Cadastru* care au oferit cu multă generozitate prețioase sfaturi și îndemnuri pentru finalizarea tezei.

Țin să mulțumesc firmei "*SC BlakLight SRL*" pentru sprijinul acordat la culegerea datelor de teren prin aparatura și softurile puse la dispoziție. Mulțumesc de asemenea domnului *șef lucr. dr. ing. Traian Modog* cadru didactic la Universitatea din Oradea pentru sprijinul acordat datorită experienței sale în domeniu, doamnei *ing. Mihaela Heteș* de la SC Colterm SA pentru facilitarea accesului la obiectivele cercetate dar și la arhiva instituției, doamnei *prof.dr.ing. Silvica Oncia și colegilor din catedră* de la Facultatea de Agricultură din Timișoara pentru sprijinul acordat în această perioadă. Tuturor *prietenilor* sau *cunoștințelor* care, într-un fel sau altul, au fost alături de mine, ajutându-mă chiar și numai prin câteva cuvinte de încurajare.

De asemenea aduc mulțumiri regretatului domn *prof.dr.ing. Octavian Herbei*, pentru discuțiile de ordin practic și teoretic care m-au ajutat să depășesc momentele dificile de debut ale tezei.

Nu în ultimul rând mulțumesc familiei pentru răbdarea și susținerea morală în momentele dificile, *mama, surorile și băiețelul meu* căruia îi dedic această lucrare.

Timișoara, octombrie 2011

ing. Floarea - Maria Brebu

Brebu, Floarea-Maria

Contribuții privind evaluarea topo-geodezică a deplasărilor și deformațiilor construcțiilor

Teze de doctorat ale UPT, Seria 5, Nr. 84, Editura Politehnica, 2011, 240 pagini, 106 figuri, 12 tabele, 10 diagrame, 241 relații de calcul.

Cuvinte cheie: microtriangulație, microtrilaterație, nivelment geometric, eroarea medie pătratică, pondere, concepte statistice în prelucrarea măsurătorilor, construcții speciale, tunuri de răcire, baraj, sistem de scanare laser.

Rezumat,

Teza prezintă stadiul actual al conceptelor, metodelor, instrumentelor topo-geodezice utilizate pentru urmărirea clădirilor speciale și barajelor supuse deformațiilor, cu exprimarea valorilor obținute în urma măsurătorilor de teren și a concluziilor care s-au deprins în urma studiilor și cercetărilor efectuate.

Cercetările efectuate au evidențiat necesitatea unei abordări moderne bazate pe generarea diferitelor raporturi calitative sub forma indicilor de precizie evaluați și a elementelor caracteristice elipselor de erori pentru punctele rețelei de urmărire.

Astfel, pe baza studiului realizat și a rezultatelor concrete obținute în diferitele etape ale cercetării, am constatat că alegerea unei metode corecte și a tehnologiei corespunzătoare, reprezintă certitudinea unei interpretări corecte a valorilor măsurate și prelucrate ulterior cu algoritmi de calcul bazați pe conceptele de compensare a observațiilor din teoria erorilor de măsurare.

Există situații, când aceste metode se pot combina între ele, funcție de comportarea obiectivului studiat, astfel creându-se o legătură între măsurătorile unghiulare și cele liniare care, în final vor genera valoarea absolută a deplasării sau deformației construcțiilor respective, aspect urmărit și pe parcursul cercetărilor efectuate.

Elementele cuprinse în prezenta lucrare se doresc a fi o etapă dintr-un proces îndelungat de monitorizare care va continua și pe parcursul următorilor ani.

CUPRINS

Lista de tabele.....	8
Lista de figuri	9
Introducere.....	12
1. Considerații privind măsurătorile de urmărire în timp a construcțiilor	15
1.1. Aspecte generale asupra deplasărilor și deformațiilor construcțiilor și clasificarea lor	15
1.2. Cauzele producerii tasărilor și deformațiilor construcțiilor	20
1.3. Necesitatea și importanța monitorizării construcțiilor	22
2.Tehnici și tehnologii topo-geodezice moderne utilizate la urmărirea stabilității construcțiilor.....	24
2.1. Analiza metodelor topo-geodezice utilizate la urmărirea deplasărilor orizontale.....	28
2.1.1.Metoda trigonometrică – Microtriangulația	28
2.1.1.1.Determinarea deplasărilor orizontale ale punctelor de stație în rețele de microtriangulație	32
2.1.1.2. Precizia determinării deplasărilor punctelor de stație	34
2.1.2.3. Identificarea punctelor stabile in rețelele de microtriangulație.....	35
2.1.2. Metoda aliniamentelor	36
2.1.2.1. Metoda observării unui aliniament pe toată lungimea lui	37
2.1.2.2. Metoda observării unghiurilor paralactice	40
2.1.2.3. Metoda observării aliniamentelor paralele suplimentare	42
2.1.2.4. Metoda observării aliniamentelor intersectate	44
2.1.3. Metoda poligonometrică.....	45
2.1.4. Metoda microtrilaterației	50
2.1.5. Determinarea deplasărilor orizontale utilizând poligonul cu săgeți	53
2.2. Analiza metodelor topo-geodezice utilizate la determinarea deplasărilor verticale	54
2.2.1. Metoda nivelmentului geometric de precizie înaltă	55
2.2.1.1. Marcarea punctelor rețelelor de nivelment utilizate la urmărirea construcțiilor	56
2.2.1.2. Determinarea tasărilor prin metoda măsurătorilor condiționate	64
2.2.1.3. Determinarea tasărilor prin metoda măsurătorilor indirecte	69
2.2.1.4. Determinarea stabilității reperelor de control	70
2.2.2. Metoda nivelmentului trigonometric de precizie	71
2.2.2. Metoda nivelmentului hidrostatic.....	74
2.2.4. Urmărirea deplasărilor și deformațiilor la baraje hidroenergetice	76
2.3. Metode geodezice de determinare a înclinărilor construcțiilor înalte.....	81
2.3.1. Determinarea înclinării construcțiilor înalte funcție directă de diferențele unghiurilor orizontale măsurate din capetele unei baze fixe	81
2.3.2. Determinarea înclinării coșurilor de fum.....	83
2.3.3. Metodă de determinare a înclinării construcțiilor înalte prin nivelment geometric de precizie	85
2.3.4. Determinarea înclinărilor construcțiilor înalte prin măsurarea tasării fundației	87
2.4. Instrumente topo-geodezice moderne utilizate la urmărirea stabilității construcțiilor	89
3. Posibilități de urmărire a stabilității construcțiilor	98
3.1. Aspecte generale și importanța erorilor de măsurare în procesul de urmărire a stabilității construcțiilor.....	98
3.1.1. Clasificarea măsurătorilor.....	100

3.1.2. Clasificarea erorilor de măsurare.....	100
3.1.3. Concepte statistice în prelucrarea măsurătorilor	102
3.1.3.1.Repartiții de frecvențe	103
3.1.3.2. Repartiția empirică a erorilor întâmplătoare	103
3.1.3.3. Histograma	104
3.1.4. Importanța teoriei erorilor de măsurare	105
3.2 Compensarea rețelelor de microtriangulație prin măsurători indirecte....	106
3.2.1 Liniarizarea ecuațiilor	107
3.2.2 Scrierea sistemului normal în cazul măsurătorilor indirecte de aceeași precizie	108
3.2.3 Rezolvarea sistemelor de ecuații normale	110
3.2.4 Utilizarea calcului matricial în teoria măsurătorilor indirecte	114
3.2.4.1 Ecuații de erori. Rezolvarea matricială a acestora.....	114
3.2.4.2 Coeficienții de pondere. Mod de exprimare.....	115
3.2.4.3 Eroarea medie pătratică a unității de pondere	116
3.2.4.4 Expresia matricială a ponderii unei funcții de mărimi obținute indirect... 116	
3.2.5 Evaluarea preciziei măsurătorilor utilizând elipsa erorilor	117
3.3 Compensarea rețelelor de microtriangulație prin măsurători condiționate..	121
3.3.1.Rezolvarea măsurătorilor condiționate prin reducere la măsurători indirecte	122
3.3.2 Exprimarea matricială a măsurătorilor condiționate.....	123
3.4 Determinarea vectorului deplasării orizontale a construcției studiate	124
3.4.1. Metodă de determinare a vectorului deplasării orizontale a construcției funcție directă de diferențele unghiurilor orizontale măsurate ciclic din capetele unei baze fixe.....	125
3.4.1.1. Stabilirea formulelor de calcul	125
3.4.1.2. Evaluarea preciziei de determinare a vectorului deplasării orizontale prin metoda propusă	128
3.4.2. Metodă de determinare a vectorului deplasării construcției prin intersecție unghiulară înainte, simplificată.....	134
3.4.3. Metodă de determinare a vectorului deplasării construcției prin intersecție unghiulară înapoi, simplificată.....	135
3.4.4. Metodă de determinare a vectorului deplasării orizontale a construcției prin măsurări indirecte ponderate tratate riguros prin metoda celor mai mici pătrate	136
3.4.5. Stabilirea algoritmului general de calcul a vectorului deplasării orizontale a construcției.....	137
3.4.6. Evaluarea preciziei de determinare a vectorului deplasării orizontale a construcției studiate	142
4. Analiza factorilor și a parametrilor care influențează stabilitatea construcțiilor hidroenergetice	145
4.1 Influența factorilor atmosferici asupra stabilității construcțiilor înalte	145
4.1.1. Influența radiațiilor solare asupra construcțiilor înalte.....	146
4.1.2. Influența vânturilor asupra construcțiilor înalte.....	147
4.2. Factori care acționează asupra construcțiilor hidrotehnice	148
4.2.1. Acțiunea apei	148
4.2.2. Acțiunea termicității	151
4.2.3. Acțiunea seismelor.....	152
4.2.4. Acțiunea distructivă deliberată a omului	154
4.2.5. Alte tipuri de solicitări.....	154

7 Cuprins

5. Studii topo-geodezice privind urmărirea deplasărilor și deformațiilor la unele construcții speciale – barajul Poiana Mărului , Depozitul de zgură și cenușă Utvin și Turnurile de răcire	155
5.1 Studii topo-geodezice privind urmărirea deplasărilor și deformațiilor la barajul Poiana Mărului.....	156
5.2 Studii topo-geodezice privind urmărirea deplasărilor și deformațiilor la depozitul de zgură și cenușă UTVIN- CET SUD Timișoara.....	173
5.3 Studii topo-geodezice privind urmărirea deplasărilor și deformațiilor la Turnurile de răcire - secția CET SUD Timișoara	184
6. Contribuții personale, observații și concluzii finale	196
6.1.Observații și concluzii finale	195
6.2. Contribuții personale.....	199
Anexe	201
Bibliografie	236

LISTĂ TABELE

1. Tabelul 1.1. – Valori orientative ale deplasărilor sau deformațiilor admise pentru construcții
2. Tabel 3.1. Cu calculul coeficienților și a termenilor liberi
3. Tabelul 3.2. Coeficienții ecuațiilor normale
4. Tabel 3.3. Schema Gauss pentru măsurătorile indirecte de aceeași precizie
5. Tabel 3.4. Schema Gauss pentru măsurătorile indirecte ponderate
6. Tabelul 5.1. Rezultatul deplasărilor pe orizontală a reperilor din rețeaua de microtriangulație față de tranșa de bază
7. Tabelul 5.2. Evoluția tasării reperilor din rețeaua de nivelment
8. Tabelul 5.3 Valorile parametrilor de urmărire
9. Tabelul 5.4 Deplasările pe orizontală a reperilor din rețeaua de urmărire față de tranșa zero
10. Tabelul 5.5. Deplasările pe verticală a reperilor din rețeaua de urmărire față de tranșa zero- BERMA 1
11. Tabelul 5.6. Deplasările pe verticală a reperilor din rețeaua de urmărire față de tranșa zero- BERMA 2
12. Tabelul 5.7. Deplasările pe verticală a reperilor din rețeaua de urmărire față de tranșa zero

LISTA DE FIGURI

1. Figura 1.1. Deplasare și deformație
2. Figura 1.2. Tipuri de deformații – Tasarea
3. Figura 1.3. Tipuri de deformații – Bombări , ridicări
4. Figura 1.4. Tipuri de deformații - Săgețile
5. Figura 2.1. Clasificarea metodelor de urmărirea stabilității construcțiilor
6. Figura 2.2. Rețele de microtriangulație pentru măsurarea deplasărilor orizontale ale barajelor
7. Figura 2.3. Mărci și repere pentru determinarea tasărilor: a - mărci de vizare; b, c — repere de suprafață; d — reper de adâncime; 1 — capac cu încuietoare; 2 — capacul reperului; 3 — tub metalic de protecție; 4 — umplutură; 5 — pământ natural; 6 — tija postreperului; 7 — pivotul reperului.
8. Figura 2.4. Urmărirea unui baraj
9. Figura 2.5. Rețea de microtriangulație
10. Figura 2.6. Metoda aliniamentului
11. Figura 2.7. Tipuri de semnale
12. Figura 2.8. Metoda aliniamentului – măsurarea unghiurilor paralactice
13. Figura 2.9 Metoda observării aliniamentelor paralele suplimentare
14. Figura 2.10. Metoda observării aliniamentelor intersectate
15. Figura 2.11. Determinarea deplasărilor orizontale prin metoda drumuirii planimetrice
16. Figura 2.12. Traseul deplasat al drumuirii planimetrice de precizie
17. Figura 2.13. Deplasările orizontale ale punctelor de control
18. Figura 2.14. Deplasarea punctului B în poziția actuală B'
19. Figura 2.15. Graficul deplasării a unui baraj de greutate
20. Figura 2.16. Rețea liniară
21. Figura 2.17. Transformarea liniară a coordonatelor locale
22. Figura 2.18. Rețea liniară de forma lanțurilor de patrulatere
23. Figura 2.19. Poligonul cu săgeți
24. Figura 2.20. Reperi de control INCERC montați pe construcții în România: a – Corpul mărcii sau reperului; b – Capac cu bulon sferic al mărcii sau reperului
25. Figura 2.21a. Reperi de control de suprafață – Polonia
26. Figura 2.21b. Reperi de control de suprafață – Cehia, Ungaria
27. Figura 2.22. Reperi de control de suprafață în România (INCERC)
28. Figura 2.23. Reperi de câmp în România- folosit ca reper de control
29. Figura 2.24. Reperi de nivelment de zidărie în România- folosit ca reperi de control
30. Figura 2.25. Reper de adâncime tip M.S. Muraviev
31. Figura 2.26. Reper de adâncime INCERC – poziția de batere și poziție definitivă
32. Figura 2.27. Mărci de nivelment pentru încastrare în construcție
33. Figura 2.28. Marcă reper de adâncime T. Lazzarini (pentru baraje de pământ)
34. Figura 2.29. Marcă – reper de adâncime (pentru barajele de pământ)
35. Figura 2.30. Elementele tasărilor prin nivelment geometric

36. Figura 2.31. Schema de determinare a tasărilor prin nivelment geometric
37. Figura 2.32. Schema complexă de observare a tasărilor
38. Figura 2.33. Metoda nivelmentului trigonometric de precizie
39. Figura 2.33. Determinarea deplasărilor cu aparatură montată pe clădire.
40. Figura 2.34. Determinarea deplasărilor prin nivelment hidrostatic
41. Figura 2.35. Pilastru cu placă specială: a-ambaza teodolitului așezată pe placă;b-mireta așezată pe pilastru;c-detaliu al părții inferioare a miretei:1-placă specială;2-șurub de calare ;3-nucă.
42. Figura 2.36. Mărci speciale protejate cu capace
43. Figura 2.37.Rețeaua de microtriangulație a unui baraj
44. Figura 2.38. Amplasarea reperelor de tasare în corpul barajului
45. Figura 2.39. Metoda aliniamentului la baraje rectilinii
46. Figura 2.40. Metoda aliniamentului la baraje în arc
47. Figura 2.41. Metoda nivelmentului hidrostatic pentru determinarea tasării barajelor
48. Figura 2.42. Determinarea înclinării construcției
49. Figura 2.43. Determinarea înclinării coșurilor de fum
50. Figura 2.44. Reprezentarea înclinării pe direcțiile principale
51. Figura 2.45. Măsurarea tasărilor fundației prin nivelment geometric
52. Figura 2.46. Măsurarea obiectelor cu volum mare în construcția de turbine,centrale nucleare și reactoare
53. Figura 2.47. Măsurarea obiectelor cu volum mare în construcția de avioane și vapoare
54. Figura 2.48. Determinarea deformațiilor, la încărcări de probă
55. Figura 2.49. Măsurători la turnuri de răcire
56. Figura 2.50. Stație totală
57. Figura 2.51. Nivelă digitală
58. Figura 2.52. Sistem GPS
59. Figura 2.53. SmartStation
60. Figura 2.54. Scanner 3D laser
61. Figura 2.55. Laser scanner terestru
62. Figura 2.56. Exemple ale principalelor aplicații ale Scanării Laser Terestre
63. Figura 2.57. Senzor de urmărire
64. Figura 3.1. Corelația măsurătoare – eroare [21]
65. Figura 3.2. Reprezentarea sub forma histogramei
66. Figura 3.3. Elementele elipsei erorilor
67. Figura 3.4. Reprezentarea grafică a elipsei erorilor
68. Figura 3.5. Unghiul de rotație al elipsei erorilor
69. Figura 3.6. Determinare a vectorului deplasării orizontale a construcției funcție directă de diferențele unghiurilor orizontale măsurate ciclic din capetele unei baze fixe
70. Figura 3.7. Mărimile erorilor medii pătratice
71. Figura 3.8. Cele mai mici abateri ale vectorului deplasării, respectiv axele principale ale elipsei erorilor
72. Figura 3.9. Determinarea vectorului deplasării prin intersecție unghiulară înainte
73. Figura 3.10. Determinarea vectorului deplasării prin intersecție unghiulară înapoi
74. Figura 4.1. Mișcarea diurnă a unui turn din beton armat
75. Figura 4.2. Spectrul de energie al mișcării eoliene
76. Figura 4.3. Solicitățile produse de vânt la turnurile înalte – efectul Karman

77. Figura 5.1. Schema amenajării hidroenergetice Bistra-Poiana Mărului-Ruieni-Poiana Ruscă
78. Figura 5.2. Imagine satelitară cu Barajul Poiana Mărului
79. Figura 5.2. Imagine satelitară cu Barajul Poiana Mărului
80. Figura 5.3. Barajul Poiana Mărului – vedere în plan
81. Figura 5.4. Schița rețelei de microtriangulație și nivelment -Barajul Poiana Mărului
82. Figura 5.5. Cota apei în lac pe perioada ianuarie 1995-iunie 2010
83. Figura 5.6. Temperatura mediului înconjurător pe perioada ianuarie 1995-iunie 2010
84. Figura 5.7. Elipsele erorilor
85. Figura 5.8. Depozitul de zgură și cenușă Utvin
86. Figura 5.9. Supraînălțarea I și II de la depozitul de zgură și cenușă Utvin
87. Figura 5.10. Reper de urmărire
88. Figura 5.11. Rețeaua de urmărire de la depozitul de zgură
89. Figura 5.12. Schița rețelei de urmărire de la depozitul de zgură în etapa de compensare
90. Figura 5.13. Imagine satelitară cu incinta CET Sud Timișoara
91. Figura 5.14. Turnurile de răcire - CET Sud Timișoara
92. Figura 5.15. Reper de bază – CET Sud Timișoara
93. Figura 5.16. Reper aflat la baza turnurile de răcire - CET Sud Timișoara
94. Figura 5.17. Schița amplasării reperilor de urmărire din cadrul incintei CET Sud Timișoara
95. Figura 5.18. Sistemul de scanare ScanStation C10
96. Figura 5.19. Prismă de scanare pe baston cu trepied de fixare
97. Figura 5.20. Norul de puncte rezultat în urma scanării
98. Figura 5.21. Norul de puncte rezultat în urma registarției
99. Figura 5.22. Curățarea norului de puncte prin trasarea unui contur
100. Figura 5.23. Curățarea norului de puncte prin trasarea unui contur
101. Figura 5.24. Setarea opțiunilor pentru crearea mesh-ei turnului de răcire 1
102. Figura 5.25. Modelul 3D al turnului de răcire 1
103. Figura 5.26. Setarea planului de referință pentru calculul volumetric
104. Figura 5.27. Returnarea valorilor volumetrice
105. Figura 5.28. Analiza deformației turnului de răcire1 folosind măsurători la momente de timp diferite
106. Figura 6.1. Modelul 3D scanat al turnului de răcire nr.1

INTRODUCERE

Urmărirea comportării în timp a construcțiilor se desfășoară pe toată perioada de viață a acestora începând cu execuția ei și este o activitate sistematică de culegere și valorificare a informațiilor rezultate din observare și măsurători asupra unor fenomene și mărimi ce caracterizează proprietățile construcțiilor în procesul de interacțiune cu mediul ambiant și tehnologic.

Existența unor construcții importante în țara noastră cum ar fi : baraje, poduri, silozuri, furnale, coșuri de fum, turnuri de răcire, clădiri înalte etc atrag după ele unele deformații, care pot apărea atât în timpul execuției, cât și după terminarea lor. Măsurarea lor sistematică prezintă o deosebită importanță practică și științifică.

Studiul construcțiilor are drept obiectiv cunoașterea anumitor parametrii ce caracterizează și explică comportarea locală sau de ansamblu a construcțiilor cercetate. Modificările rezultate ca urmare a solicitărilor statice sau dinamice sau a unor factori cum sunt: natura terenului de fundație, variația nivelului apei subterane, acțiunea greutatei proprii asupra fundației, variațiile de temperatură, acțiunea vântului, sunt puse în evidență pe baza rezultatelor obținute din măsurători efectuate în timpul încercărilor, în timpul execuției, cât și după terminarea construcției și darea ei în exploatare.

Printr-o colaborare continuă a ramurilor ingineriei, activitatea de construcții se corelează și completează de foarte multe ori cu adoptarea și aplicarea unor metode și tehnologii geodezice care vin să înregistreze, prelucreze și reprezinte comportamentul clădirilor supuse diferiților factori perturbatori.

Pornind de la aceste considerente, prezenta teză de doctorat, evidențiază contribuția măsurătorilor topografice și tehnologiilor geodezice moderne exemplificate de către doctorand, adaptate la domeniul ingineriei civile, la urmărirea comportării în timp a obiectivelor de o importanță deosebită, barajul **Poiana Mărului – județul Caraș Severin** și clădirile aferente S.C. COLTERM S.A. Timișoara/secția CET Sud – **Turnurile de răcire și Depozitul de zgură și cenușă Utvin**, cu prezentarea comportării acestora pe parcursul ultimilor ani din punct de vedere al deplasărilor verticale și orizontale, determinate pe baza ciclurilor de măsurători pe care le-am efectuat asupra obiectivelor amintite.

Teza prezintă stadiul actual al conceptelor, metodelor, instrumentelor topo-geodezice utilizate pentru urmărirea clădirilor speciale și barajelor supuse deformațiilor, cu exprimarea valorilor obținute în urma măsurătorilor de teren și a concluziilor care s-au deprins în urma studiilor și cercetărilor efectuate.

Elementele cuprinse în prezenta lucrare se doresc a fi o etapă dintr-un proces îndelungat de monitorizare care va continua și pe parcursul următorilor ani.

Plecând de la aceste premise, tematica tezei de doctorat am structurat-o într-un număr de 5 capitole, prezenta introducere, observații, concluzii, contribuții personale și bibliografia. Studiul efectuat este evidențiat pe parcursul a 221 pagini, care înglobează 241 relații de calcul, 12 tabele, 106 figuri și fotografii, 10 diagrame și 25 de prelucrări statistice.

Studiul bibliografic cuprinde un număr de 40 de titluri prezentând tratate de specialitate din literatura autohtonă și internațională, normative și indicatoare privind materializarea punctelor pentru determinarea tasărilor în construcții, reviste și publicații de specialitate, lucrări științifice publicate de către autoare.

În **capitolul 1**, am prezentat aspectele generale privind urmărirea deplasărilor și deformațiilor construcțiilor civile și hidrotehnice, cauzele producerii tasărilor și deformațiilor acestor construcții speciale. Necesitatea și importanța monitorizării construcțiilor civile speciale am abordat-o în finalul capitolului.

Stadiul actual al metodelor topo-geodezice aplicate la urmărirea comportării construcțiilor, l-am evidențiat pe parcursul **capitolului 2**. Conținutul capitolului este structurat pe patru părți. Prima parte se referă la metodele topo-geodezice utilizate la determinarea deplasărilor orizontale, unde am evidențiat metoda microtriangulației, metoda aliniamentelor cu cazurile sale specifice, metoda drumuirii planimetrice sau metoda poligonometrică, metoda microtrilaterației, și determinarea deplasărilor orizontale utilizând poligonul cu săgeți. Fiecare metodă este însoțită de desene, diagrame și formule de calcul care vin să explicitizeze și să susțină metoda adoptată de autoare pentru obținerea principalilor algoritmi de calcul.

Partea a doua a capitolului 2, cuprinde metodele topo-geodezice utilizate la determinarea deplasărilor verticale (a tasărilor). În acest sens am prezentat criteriile și modalitățile de materializare a punctelor de control, observație și a mărcilor de tasare ce se utilizează la construirea rețelelor geodezice specifice tematicii pe care am abordat-o. Am descris metoda nivelmentului geometric cu exemplificare principalelor erori în procesul de măsurare, metoda nivelmentului trigonometric prin relațiile de calcul care se utilizează la determinarea tasărilor, metoda nivelmentului hidrostatic cu particularitățile sale specifice și metode de urmărire a deplasărilor și deformațiilor la baraje hidroenergetice .

În parte a treia a capitolului 2, am exemplificat cele mai importante aspecte legate de determinarea înclinărilor întâlnite cu precădere la construcțiile înalte.

Deoarece aplicarea metodelor topografice se poate realiza prin intermediul unor tehnologii adecvate sub forma instrumentelor de măsurare, în **finalul capitolului 2**, am descris o varietate importantă de tehnologii moderne utilizate la urmărirea construcțiilor în ultimi ani și în

România, cu caracteristicile tehnice și constructive aferente. Aceste tipuri de instrumente au înlocuit practic în ultima perioadă instrumentele topografice clasice care utilizau la citire mirele centimetrice.

Datorită faptului că orice observație sau măsurătoare realizată generează erori de măsurare, în **capitolul 3**, am exemplificat modelele de compensare și prelucrare a măsurătorilor topo-geodezice cu aplicare la studiul comportării construcțiilor.

În prima parte a capitolului, am realizat câteva clasificări generale asupra măsurătorilor și erorilor de măsurare, cu descrierea proprietăților întâmplătoare și repartiția empirică a acestora. Printre elementele statistice care se folosesc pentru cuantificarea sau evaluarea preciziei de măsurare, am prezentat următoarele:

- repartițiile de frecvențe;
- histograma;
- valorile tipice folosite în studiul repartiției teoretice a erorilor;
- valorile tipice de selecție utilizate la prelucrarea rezultatelor obținute din măsurători;
- eroarea medie pătratică a unei măsurători;
- eroarea medie pătratică a mediei.

Partea a doua a capitolului 3, am rezervat-o exemplificării de modele de compensare a rețelelor de microtriangulație prin două metode și anume : metoda măsurătorilor condiționate și metoda măsurătorilor indirecte. Acest proces descrie etapele importante de liniarizare, normalizare și rezolvare a sistemelor de ecuații

normale. În final, am descris evaluarea preciziei de determinare a vectorului deplasării orizontale a construcțiilor studiate.

Factorii și parametrii care influențează stabilitatea construcțiilor civile și hidroenergetice le-am analizat în cadrul **capitolului 4**. În acest sens, am descris influențele factorilor atmosferici cum ar fi radiația solară și acțiunea vânturilor asupra acestor tipuri de construcții, precum și acțiunea apei, acțiunea termicității, acțiunea seismelor, acțiunea distructivă deliberată a omului și alte tipuri de solicitări cu implicațiile pe care acestea le dezvoltă.

Experiența acumulată de către autoare în lucrările executate asupra construcțiilor studiate, barajul **Poiana Mărului – județul Caraș Severin** și clădirile aferente S.C. COLTERM S.A. Timișoara/secția CET Sud – **Turnurile de răcire și depozitul de zgură și cenușă Utvin**, constituie baza studiilor de caz exemplificate în **capitolul 5**, studii pe care le-am executat începând cu anul 2008 până în prezent.

Doresc să evidențiez următoarele aspecte pe care le-am dedus în urma cercetării efectuate:

- măsurătorilor au fost efectuate pe baza unui program de urmărire specială a comportării în timp a construcțiilor observate adaptat de către autoare pe baza ciclurilor de măsurare executate și pornind de la tehnologiile de ultimă oră utilizate;
- efectuarea măsurătorilor folosind aparatură de înaltă performanță (stații totale Leica TCR 1201+, Leica DNA 03, sistemul de scanare laser ScanStation C10);
- prelucrarea observațiilor de teren folosind programe de compensare automate elaborate de autoare și apoi utilizate ca extensii la programul complex de compensare planimetrică și altimetrică APORT 2000 și Leica GeoOffice Combined ;
- reprezentarea tasărilor obținute sub forma diagramelor de tasare în mediu grafic Matchcad;
- interpretarea calitativă prin modele statistice a valorilor absolute ale tasărilor obținute prin utilizarea subprogramelor Chart Index al utilitarului Excel 2003;
- calculul și reprezentarea neuniformităților tasărilor măsurate pentru fiecare ciclul de observații, cât și procentul de neuniformitate total al structurii și al fiecărui element constituent în parte .

Cercetările efectuate au evidențiat necesitatea unei abordări moderne bazate pe generarea diferitelor raporturi calitative sub forma indicilor de precizie evaluați și a elementelor caracteristice elipselor de erori pentru punctele rețelei de urmărire.

Pe baza studiului efectuat, consider că observațiile, contribuțiile personale și concluziile finale prezentate în **capitolul 6**, referitoare la tema pe care am abordat-o, se constituie într-un argument convingător pentru implementarea acestor tehnologii moderne în domeniul măsurătorilor topo-geodezice aplicate la studiul comportării în timp a construcțiilor din țara noastră, cât și o posibilă și necesară preocupare de viitor în vederea dezvoltării, aprofundării, perfecționării și extinderii acestor tehnologii geodezice.

Timișoara, iulie 2011

Autoarea
Ing. Floarea Maria Brebu

1. CONSIDERAȚII PRIVIND MĂSURĂTORILE DE URMĂRIRE ÎN TIMP A CONSTRUCȚIILOR

1.1. Aspecte generale asupra deplasărilor și deformațiilor construcțiilor și clasificarea lor

Unul din mijloacele principale ale cercetării construcțiilor privind realizarea unor soluții constructive și structuri noi în anumite condiții de teren, precum și verificarea comportării construcțiilor în anumite condiții de exploatare, este măsurarea deplasărilor relative și absolute ale elementelor de construcții supuse la anumite solicitări experimentale sau de exploatare. Creșterea dimensiunilor, complexității și importanței funcționale la un număr însemnat de construcții, a condus la creșterea necesității verificării prealabile, experimentale a unor elemente sau tronsoane de construcții, în vederea optimizării și verificării soluțiilor de proiectare, a metodelor de execuție, precum și pentru creșterea siguranței de exploatare.

Pentru urmărirea atentă a evoluției fenomenului de comportare a elementelor de construcții supuse solicitării experimentale sau de exploatare, este necesară obținerea unui volum mare de date, într-un timp relativ scurt.

Numeroasele aparate și dispozitive realizate în ultimul timp, urmăresc perfecționarea procedeele de determinare a acestor deplasări, în sensul adaptării acestora la anumite condiții de măsurare impuse de anumite genuri de construcții, sau adaptarea lor la anumite tipuri de deplasări care interesează în cadrul problemei complexe de cercetare a construcțiilor, urmărind în același timp și obținerea unei precizii de măsurare corespunzătoare.

Realizarea unor construcții importante în țara noastră cum ar fi : baraje, poduri, silozuri, furnale, coșuri de fum, turnuri de răcire, clădiri înalte etc atrag după ele unele deformații, care pot apărea în timpul execuției, cât și după terminarea lor. Măsurarea lor sistematică prezintă o deosebită importanță practică și științifică.

Studiul construcțiilor are drept obiectiv cunoașterea anumitor parametrii ce caracterizează și explică comportarea locală sau de ansamblu a construcțiilor cercetate. Modificările rezultate ca urmare a solicitărilor statice sau dinamice sau a unor factori cum sunt: natura terenului de fundație, variația nivelului apei subterane, acțiunea greutății proprii asupra fundației, variațiile de temperatură, acțiunea vântului, sunt puse în evidență pe baza rezultatelor obținute din măsurători efectuate în timpul încercărilor, în timpul execuției, cât și după terminarea construcției și darea ei în exploatare.

Exploatarea fără pericol a construcțiilor se poate obține utilizând două procedee care se completează reciproc și care au ca scop verificarea exactității calculului de rezistență și de stabilitate a construcției respective. Cele două metode sunt:

- *procedeele cercetărilor experimentale* efectuate pe modele în laborator sau pe tronsoane experimentale ale construcției executate în teren;
- *procedeele măsurărilor și observațiilor* efectuate periodic în natură asupra comportării funcționale și a stabilității acestora în timp

Prin măsurători și observații efectuate periodic pe construcțiile din natură, atât în faza de execuție cât și în faza de exploatare, se certifică sistemul constructiv și ipotezele de calcul avute în vedere la proiectare, se justifică încercările și studiile din laborator în urma cărora s-a precizat materialul și forma cea mai economică a construcției.

De asemenea aceste măsurători permit stabilirea unui coeficient real de siguranță a lucrării atât pentru securitatea publică cât și în ceea ce privește problema economică. Există o strânsă corelare între verificările prin calcule a rezistenței construcțiilor speciale de tipul barajelor, podurilor, viaductelor, tunelurilor etc, în secțiunile caracteristice care sunt confruntate cu rezultatele încercărilor pe modele sau pe tronsoane probă și apoi sunt urmate de exploatarea acestora, de observații la unele aparate de măsurare instalate special atât în corpul construcției cât și în exteriorul ei.

Compararea rezultatelor acestor măsurători efectuate pe construcțiile din natură cu rezultatele obținute din încercarea modelelor și cu datele rezultate din calcule statistice se va putea obține un diagnostic asupra stării construcției și eventual o predicție despre comportarea sa în viitor.

Se au în vedere două noțiuni de bază în studiul deformațiilor:

- **deplasarea** – reprezintă schimbarea poziției spațiale a unui punct situat pe o construcție ce este supusă solicitărilor;
- **deformația** – reprezintă o modificare de formă a unui obiect și se manifestă prin modificarea mărimii distanțelor relative dintre punctele construcției observate.

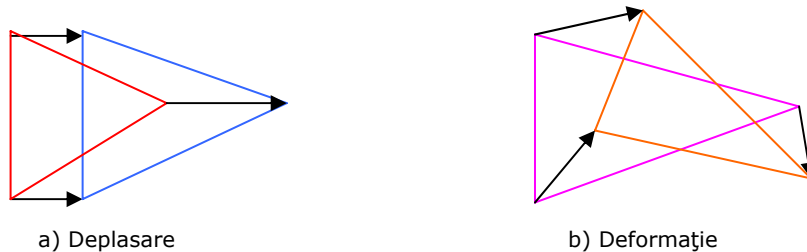


Fig. 1.1. Deplasare și deformație

Cel mai adesea o construcție supusă unui regim de solicitare în timpul funcționării poate suferi deplasări sau deformații ce se pot clasifica în deplasări și deformații liniare, unghiulare sau specifice.

Deplasări și deformații liniare

Cel mai des întâlnite sunt:

- **Tasările** -denumite și deplasări pe verticală în jos ale fundațiilor construcțiilor și ale terenurilor de fundare ale acestora;

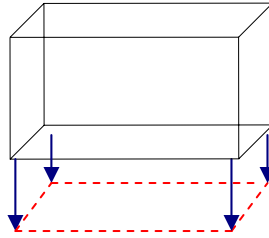


Fig. 1.2. Tipuri de deformații – Tasarea

- **Bombările , ridicările** – sunt deplasări pe verticală în sus a fundațiilor construcțiilor;

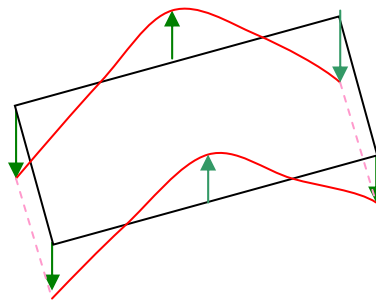


Fig. 1.3. Tipuri de deformații – Bombări , ridicări

- **Săgețile** – sunt specifice unor elemente de construcție precum grinzi, stâlpi plăci supuse unor solicitări verticale sau orizontale care provoacă încovoierea acestora;

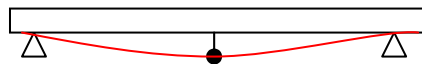


Fig. 1.4. Tipuri de deformații - Săgețile

- **Înclinările** – apar ca efect al tasărilor inegale fără a afecta integritatea construcțiilor și a elementelor componente ale acestora, putând fi exprimate prin valoare liniară sau unghiulară.
- **Crăpăturile și fisurile** – reprezintă rupturi ale planelor construcțiilor ca urmare a tasărilor neuniforme și a apariției tensiunilor suplimentare;
- **Deplasări pe orizontală ale unor elemente ale construcției sau a construcției în ansamblul ei** - au loc datorită unor forțe orizontale precum împingerea apei din spatele unui baraj, au loc datorită modificărilor echilibrului terenului de fundare a construcției sau datorită translatării artificiale a unei construcții.
- **Lăsările de teren** – au caracter de prăbușire și sunt provocate de modificări ale structurii terenului.

Deplasări și deformații unghiulare

Aceste deplasări și deformații sunt cauzate de rotiri ale unor elemente de fundație datorită solicitărilor și modificării echilibrului terenului de fundare. Rotirile pot avea loc în plan vertical (cazul înclinărilor) sau în plan orizontal (răsuciri ale construcțiilor).

Deformații specifice

Dintre acestea cel mai des întâlnite sunt alungirea și scurtarea unor elemente ale construcției (piese din beton armat, sau numai armăturile acesteia, grinda metalică, etc). Deformațiile specifice au loc sub efectul tensionării sau comprimării elementului respectiv.

După domeniul de utilizare și după cauzele fizice ce provoacă fenomene de deformație, pot fi enunțate următoarele cazuri de urmărire:

- **mișcări condiționate tectonic:** sunt provocate de fenomene geodinamice ca mișcări crustale verticale și orizontale. Cercetarea acestor cauze din zona faliilor constituie dovezi la teoria plăcilor tectonice.
- **fenomene de alunecare:** au ca scop cunoașterea desfășurării în timp a alunecărilor de teren și eventual forțele care iau naștere. Efectul acestei cunoașteri este prognozarea comportării viitoare.
- **în domeniul construcțiilor:** determinarea tasărilor efective și a deformațiilor conduc la compararea și corectarea parametrilor fizici ai construcției sau pe cei geodinamici pentru evitarea unor avarii sau chiar catastrofe. O influență deosebită o au condițiile meteorologice (în special pentru construcțiile înalte) și variațiile de temperatură (pentru construcțiile metalice).
- **cauze endogene:** în cazul unui baraj, fenomenele ploioase din anumite perioade ale anului conduc la creșterea nivelului apei, având ca efect deformații ale construcției din împrejurimi.
- **cauze proprii fiecărui obiect:** la poduri pot apare tasări inegale sub greutatea proprie a construcției, acestea conducând la apariția deformațiilor.
- **acțiunea omului:** în activitățile de extracții de gaze, petrol, cărbune se impun determinarea mișcărilor reale ale suprafeței terestre pentru a evita avarii sau pentru a corecta modelele de prognozare și dirijare a extracției.

1.2. Cauzele producerii tasărilor și deformațiilor construcțiilor

Pe baza rezultatelor obținute de-a lungul timpului în exploatarea construcției și în cadrul studiilor de laborator și de teren, precum și pe baza informațiilor obținute în urma distrugerii unor construcții, se pot sintetiza o serie de cauze mai frecvente ale deplasărilor și deformațiilor și anume cauze generale și cauze speciale.

Cauzele generale sunt legate de specificul condițiilor geotehnice, hidrologice și proprietățile fizico-mecanice ale terenului unde urmează a fi executată construcția în cauză.

Dintre cauzele generale cele mai frecvente se menționează:

- structura geologică neomogenă a terenului de fundare, care duce la o compresiune neuniformă și o deplasare a terenului sub acțiunea construcției;
- capacitatea terenului la deformații elastice și plastice sub influența încărcării;
- umflarea la îngheț a terenurilor saturate cu apă și dezghețarea terenurilor înghețate

- modificarea condițiilor hidrologice, legate de variațiile sezoniere și multianuale, de temperatură și nivelul apelor subterane.

Cauzele speciale sunt legate de erori datorită cercetării, proiectării, executării și exploatării construcției.

Din această categorie fac parte următoarele cauze:

- organizarea incorectă a șantierului, cum ar fi o slabă evacuare a apelor atmosferice și orice inundație;
- unele inexactități admise de altfel în cercetările ingineresti, geologice și hidrogeologice;
- coborârea sau ridicarea artificială a apelor subterane în timpul execuției;
- umezirea loessurilor și dezghețarea terenului înghețat;
- executarea unor lucrări subterane atrag în unele cazuri deplasări ale întregii stratificații aflate deasupra lucrărilor subterane;
- executarea unor lucrări de construcții masive în imediata apropiere a unor lucrări de construcții mai vechi;
- modificarea presiunii, care poate proveni din unele modificări ale construcției sau din cauza unor sarcini variabile, altele decât cele proiectate;
- repartizarea neuniformă a presiunii pe talpa fundației prin executarea construcției în trepte sau prin încărcarea cu sarcină utilă a construcției în mod neuniform, cazul silozurilor agricole;
- forma, dimensiunile și rigiditatea fundației construcțiilor;
- vibrații produse asupra fundațiilor datorită unor utilaje, mașini sau a unor transporturi intensive.

Cu toate că multe din cauzele speciale au o probabilitate mică și un caracter de impreviziune și o probabilitate mică de a se manifesta, dar este necesar să fie luate în considerare la proiectarea construcțiilor importante, urmărindu-se un grad maxim de siguranță în exploatare. Este cazul barajelor, podurilor, viaductelor, tunelurilor, construcțiilor civile și industriale, coșurilor de fum, turnurilor de răcire a căror importanță economică și socială mare, justifică soluții tehnice realizate cu un grad mare de siguranță.

Pentru evitarea unor tasări masive sau înclinări periculoase ale construcțiilor înalte, datorită unor tasări neuniforme care atrag inconveniente în exploatarea rațională și la capacitatea de proiectare, se impune verificarea periodică a tasărilor construcțiilor.

Volumul mare de lucrări de construcții importante din țara noastră, va determina o creștere și mai mare a importanței și necesității studiilor și măsurătorilor asupra deformațiilor construcțiilor în timpul exploatării. De asemenea va fi necesară și perfecționarea tehnicilor de măsurare și prelucrare a datelor de observație, pentru a se obține rezultatele finale cu o precizie ridicată dar și cu o simplificare a procedeelelor de lucru.

Tabelul 1.1. – Valori orientative ale deplasărilor sau deformațiilor admise pentru construcții

Tipul construcției		Deplasări sau deformații admisibile ale fundațiilor			
		Deformații		Deplasări (tasări)	
		Tipul deformației	Valoare admisă	Tipul deplasării	Val. adm. (cm)
1	Construcții civile și industriale cu structura de rezistență în cadre a) Cadre din beton armat fără umplutură de zidărie sau panouri	Tasare relativă	0,002	tasare absolută maximă, S_{max}	8
2	b) Cadre metalice fără umplutură de zidărie sau panouri	Tasare relativă	0,004	tasare absolută maximă, S_{max}	12
	c) Cadre din beton armat cu umplutură de zidărie	Tasare relativă	0,001	tasare absolută maximă, S_{max}	8
	d) Cadre metalice cu umplutură de zidărie sau panouri	Tasare relativă	0,002	tasare absolută maximă, S_{max}	12
3	Construcții în structura cărora nu apar eforturi suplimentare datorită tasărilor neuniforme.	Tasare relativă	0,006	tasare absolută maximă, S_{max}	15
4	Construcții multietajate cu ziduri portante din: a) panouri mari	Încovoiere relativă	0,0007	tasare medie, s_m	10
	b) zidărie din blocuri sau cărămidă, fără armare	Încovoiere relativă	0,001	tasare medie, s_m	10
	c) zidărie din blocuri sau cărămidă armată sau cu centuri armate	Încovoiere relativă	0,0012	tasare medie, s_m	15
	d) independent de materialul zidurilor	Înclinare transversală $tg\theta_{tr}$	0,005	-	
	Construcții înalte, rigide Silozuri din beton armat: - turnul elevatoarelor și grupurilor de celule sunt turnate monolit și reazemă pe același radier continuu	Înclinarea longitudinală sau transversală $tg\theta$	0,003	tasare medie, s_m	40

5	- turnul elevatoarelor și grupurile de celule sunt din beton armat prefabricat și reazemă pe același radier continuu	Înclinarea longitudinală sau transversală $tg\theta$	0,003	tasare medie, s_m	30			
	- turnul elevatoarelor rezemat pe un radier independent	Înclinare transversală, $tg\theta_{tr}$	0,003	tasare medie, s_m	25			
		Înclinare longitudinală, $tg\theta_{tr}$	0,004	tasare medie, s_m	25			
	- grupuri de celule turnate monolit rezemate pe un radier independent	Înclinarea longitudinală sau transversală $tg\theta$	0,004	tasare medie, s_m	40			
	- grupuri de celule din beton armat prefabricat rezemate pe un radier independent	Înclinarea longitudinală sau transversală $tg\theta$	0,004	tasare medie, s_m	30			
	b) Coșuri de fum industriale cu înălțimea H :	înclinare, $tg\theta$	0,005	tasare medie, s_m	40			
	$H < 100$ m							
	$100 \leq H \leq 200$ m					$\frac{1}{2H^*}$	tasare medie, s_m	30
	$200 < H \leq 300$ m					$\frac{1}{2H^*}$	tasare medie, s_m	20
	$H > 300$ m					$\frac{1}{2H^*}$	tasare medie, s_m	10
c) alte construcții înalte, rigide cu înălțime până la 100 m	înclinare, $tg\theta$	0,004	tasare medie, s_m	20				

1.3. Necesitatea și importanța monitorizării construcțiilor

Dezvoltarea complexă și multilaterală a economiei țării noastre în ultimele decenii a impus executarea unor importante și moderne lucrări de construcții în toate sectoarele ei de bază. Astfel, îndeșirea rețelei de căi de comunicații terestre a necesitat executarea de numeroase lucrări de artă precum poduri, viaducte și tunele de mari deschideri, realizate cu cele mai moderne soluții constructive. Dezvoltarea sectorului hidroenergetic a antrenat crearea unor capacități energetice crescânde, care au necesitat executarea unor construcții de baraje mari având structuri cu un grad de complexitate ridicat.

Deoarece construcțiile menționate suportă sarcini proprii importante (fiind în general construcții masive) și sarcini utile mari (impuse de destinația lor funcțională), este necesar să existe certitudinea unei exploatare fără pericol și să se obțină soluții tehnice constructive optime. Pentru îndeplinirea acestor cerințe este necesară efectuarea de măsurători pentru control atât în timpul execuției, cât și al exploatareii construcțiilor.

În cadrul măsurătorilor inginerești, măsurătorilor topo-geodezice ale deformațiilor construcțiilor le-a fost deschis un domeniu larg de muncă și cercetare. Astfel, putem defini măsurătorile inginerești ca o aplicație a tehnicii de măsurare geodezice și a diferitelor tehnologii de măsurare în științele inginerești. Sarcina și scopul măsurătorilor inginerești și a tehnicii de măsurare constă întotdeauna în asigurarea preciziei geometrice solicitată prin proiectul aferent unui produs. Ca urmare, rezultă o interacțiune strânsă între inginerul topograf și proiectantul, producătorul sau beneficiarul unei construcții.

Necesitatea urmăririi în timp rezultă din mai multe motive:

- toate materialele de construcție uzuale manifestă în exploatare anumite fenomene cu caracter evolutiv, cum sunt: curgerea lentă, relaxarea, contracția, tasarea, oboseala, îmbătrânirea, care cu timpul produc schimbări ale proprietăților fizico-mecanice și ale distribuției eforturilor între și în elementele structurii de rezistență ale construcției;
- în decursul timpului pot interveni schimbări ale factorilor de mediu extern, ce pot influența comportarea construcției;

Urmărirea comportării în timp a construcțiilor reprezintă, de fapt, o încercare de tip special generată în primul rând de necesitatea asigurării securității în exploatare.

Prin urmărirea în timp a construcției se determină schimbările de poziție și de formă a ansamblului sau ale unor elemente, precum și sesizarea apariției unor fenomene evolutive, care ar putea afecta siguranța construcției.

Prin organizarea unor urmăriri sistematice, desfășurată pe baza unui program studiat în prealabil se potface următoarele verificări asupra diferitelor obiective tehnice, economice și științifice:

- verificarea corectitudinii unor formule de calcul de dimensionare a elementelor de construcții;
- verificarea justeții ipotezelor de calcul;
- verificarea și optimizarea unui nou tip de structură constructivă ce urmează a fi adoptat;
- verificarea corectitudinii de realizare a construcției în cursul procesului de execuție;
- determinarea grosimii straturilor compresibile ale terenului de fundație, în limitele căreia deformațiile prezintă încă o importanță practică;

- asigurarea stabilității și siguranței de exploatare pentru toate construcțiile importante etc.

O informație deosebit de utilă pe care o pot oferi metodele de urmărire a construcțiilor, este punerea în evidență a unor rezerve de rezistență care există în unele construcții vechi și uneori chiar și în construcțiile noi, care primesc o utilizare diferită de aceea pentru care au fost proiectate și executate inițial, precum și modul în care aceste rezerve pot fi exploatare cu maximum de eficacitate .

În prezent, urmărirea comportării în timp a construcțiilor a depășit cadrul îngust al întreținerii curente și a căpătat un caracter științific, având ca scop studierea și verificarea în exploatare a soluțiilor cele mai adecvate, care să satisfacă pe deplin exigențele impuse de economia națională în dezvoltare .

Optimizarea construcțiilor are ca efect eliminarea supradimensionărilor și deci reducerea consumului de materii prime, materiale și energie, industrializarea construcțiilor și reducerea prețurilor de cost ale acestora.

2. TEHNICI ȘI TEHNOLOGII TOPO-GEODEZICE MODERNE UTILIZATE LA URMĂRIREA STABILITĂȚII CONSTRUCȚIILOR

Alegerea soluțiilor optime de proiectare și exploatare rațională a construcțiilor presupune un studiu aprofundat și de mare complexitate, care e necesar a se efectua la începutul procesului de construcție, în faza de verificare a construcției, în execuție și exploatare.

În faza de concepție și proiectare, studiul experimental executat prin încercarea construcțiilor urmărește:

- valorile numerice ale parametrilor care caracterizează din punct de vedere fizico-mecanic construcția;
- clarificarea caracteristicilor globale ale unei construcții sau element de construcție, sub forma unor coeficienți care o caracterizează în comportarea sa în anumite condiții de solicitare, fie ca aceste condiții sunt specificate procesului de exploatare, fie că apar în împrejurări excepționale;
- generalizarea rezultatelor astfel încât ele să poată fi aplicate pe scară largă la numeroase construcții, în diverse condiții de exploatare. [24]

Precizia cu care se obțin mărimile măsurabile experimental, determină și precizia celorlalte mărimi. De aceea alegerea aparatelor și a metodelor de măsură nu poate fi făcută la întâmplare, ci trebuie să existe o corelație între sensibilitățile și preciziile lor, astfel încât valoarea unei mărimi care nu poate fi măsurată direct să se obțină cu o precizie corespunzătoare, indiferent de mărimea măsurabilă experimental, cu ajutorul căreia se deduce. Precizia rezultatelor depinde de precizia măsurărilor efectuate, și trebuie să asigure valori suficient de sigure pentru parametri și indicii care caracterizează construcția. [24]

Dezvoltarea tehnicii măsurărilor a creat posibilitatea de a se observa și pune în evidență modul de comportare a construcțiilor studiate. Există multe sisteme de clasificare a metodelor de cercetare și observație. Astfel, au fost făcute clasificări în funcție de felul deformațiilor, felul aparatelor și locul unde sunt amplasate aparatele în timpul cercetării.

Există două posibilități de determinare a deplasărilor și deformațiilor construcțiilor, în funcție de modul de amplasare a instrumentelor în timpul cercetării:

- **metode fizice:** cu aparate de măsurare instalate în corpul construcției; în acest caz aparatele se deplasează împreună cu construcția în ansamblul ei și deci pot fi măsurate eventuale deplasări și deformații relative. Măsuratori de acest gen pot fi făcute utilizând metode mecanice, metode fizice, electrice sau electronice. În acest caz spunem că avem normală, definit un model relativ, deoarece nu există puncte de sprijin exterioare, având doar determinări de mișcări relative între punctele deplasate pe același obiect. În funcție de parametri ce urmează a fi determinați, în aceasta grupă intră:
 - măsurarea deplasărilor liniare și a deformațiilor (tasările, săgețile, deplasările orizontale) cu ajutorul amplificatorului de săgeți,

comparatorului cu tijă, comparatorului cu fir (de transmitere a deplasărilor la distanță);

- măsurarea deplasărilor unghiulare (rotirilor) cu ajutorul clinometrului cu pârghie, clinometrului cu nivelă, clinometrului cu pendul;
- măsurarea deplasărilor relative din lunecare folosindu-se șublerul sau comparatorul cu tijă;
- măsurarea deformațiilor specifice cu ajutorul tensometrelor și traductoarelor tensometrice electrice, mecanice, optico-mecanice, pneumatice, fotoelastice sau electroacustice(cu coardă vibrantă);
- măsurarea deplasărilor, vitezelor, accelerațiilor și deformațiilor dinamice cu ajutorul vibrometrului, vibrografului, accelerografului seismic, accelerometrului electrodinamic, piezoelectric sau rezistiv, traductorului de tip seismometric, înregistratorului magnetoelectric, oscilografului catodic;
- măsurarea deformațiilor rosturilor de dilatație cu ajutorul teledilatometrului, micrometrului de rost. [24]

Meodele fizice sunt folosite pe scară largă la studiul construcțiilor în faza de concepție și proiectare, precum și la urmărirea comportării în timp a construcțiilor.

- **metode geometrice:** în cazul când se folosesc aparate de măsurare instalate în afara construcției, măsurătorile vor fi raportate la o rețea de puncte fixe situate în afara zonei de influență a factorilor ce acționează asupra construcției și a terenului pe care acesta este amplasat. Prin acest procedeu vom determina valori absolute ale deplasărilor orizontale sau verticale. Din această categorie de determinări a deplasărilor și deformațiilor fac parte metodele topogeodezice. Obiectul în sine este prezentat printr-o serie de puncte obiect între care, dacă este posibil se fac măsurători. În afara domeniului de urmărit, acolo unde fenomenul de deformare nu este prezent există un număr de puncte de sprijin, care din punct de vedere al tehnicii constructive și al geologiei pot fi considerate ca stabile. În acest caz se spune că am definit un model absolut, dacă mișcările construcției sunt determinate față de puncte de sprijin exterioare.

În funcție de caracterul deformațiilor, metodele geodezice se clasifică astfel [24]:

A. Metode pentru determinarea deplasărilor și deformațiilor orizontale:

- metoda trigonometrică-microtriangulația
- metoda aliniamentului
- metoda drumuirii de precizie

B. Metode pentru determinarea deplasărilor și deformațiilor verticale:

- metoda nivelmentului geometric de înaltă precizie;
- metoda nivelmentului trigonometric de înaltă precizie;
- metoda nivelmentului hidrostatic.

C. Metode pentru determinarea înclinării construcțiilor înalte

- metoda proiectării verticale;
- metoda măsurării unghiurilor orizontale, din doua sau mai multe puncte de baza;
- metoda coordonatelor;
- metoda măsurării unghiurilor orizontale și verticale dintr-un singur punct de bază;
- metoda măsurării distanțelor zenitale mici din doua puncte dispuse la baza construcției

- metoda măsurării tasării fundației.

Folosirea acestor metode se poate face separat sau combinat, în funcție de natura parametrilor ce se cer a fi puși în evidență pentru construcția studiată. Studiul construcțiilor cu ajutorul metodelor geodezice, se realizează prin efectuarea de măsurări ciclice, unghiulare și liniare, din puncte aflate în afara construcției asupra punctelor fixate pe construcție.

Metodele geodezice, prin precizia ridicată a măsurătorilor efectuate ca și prin modalitățile de preluare a datelor și de estimare a rezultatelor, reprezintă un sistem de bază în amplul proces de studiere a construcțiilor. [24]

În funcție de problemele urmărite, se pot crea rețele de urmărire regionale cu întindere de până la 100 km și cu distanțe între puncte apreciabil de mari, sau rețele de urmărire locală a căror laturi pot fi de la 100 m până la 2-3 km. În general principiile unei proiectări de rețea corespund și pentru o rețea de urmărire. Caracteristicile care trebuie respectate suplimentar sunt:

- rezultatele depind de perioada de observații;
- uneori precizia unui punct este mai importantă decât caracteristicile punctului în sine;
- în unele cazuri trebuie să facem distincție între punctele de sprijin și punctele obiect;
- rețelele sunt cu întindere limitată și sunt dependente de existența unor zone cu puncte stabile. Aceste rețele geometrice locale constituie obiectul domeniului ingineresc al măsurătorilor. Pentru determinarea mișcărilor se fac cel puțin două cicluri de măsurători. În aceeași rețea, de regulă, se fac mai multe cicluri de măsurători, intervalele de timp dintre etapele de măsurare se stabilesc după anumite principii.

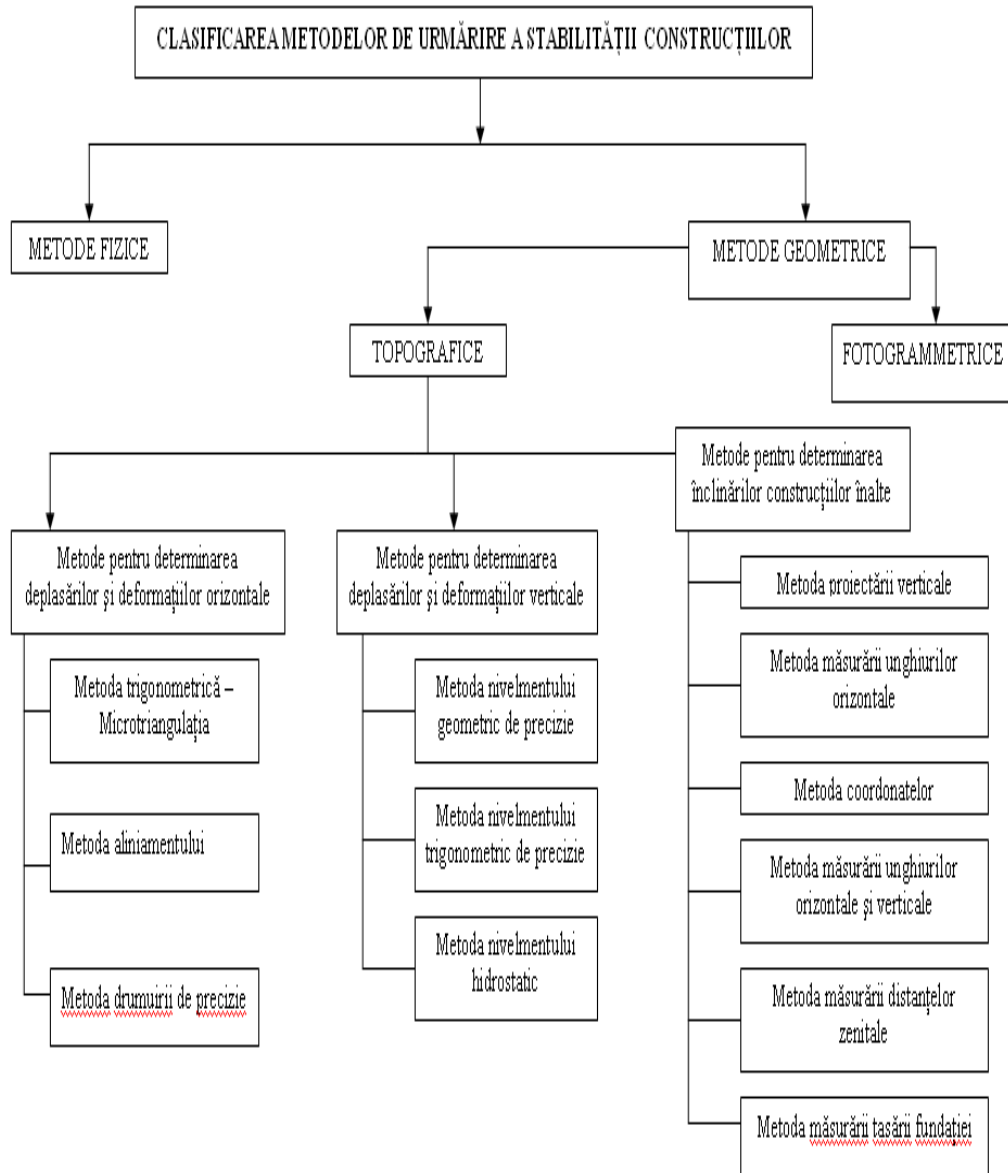


Fig. 2.1. Clasificarea metodelor de urmărirea stabilității construcțiilor

2.1. Analiza metodelor topo-geodezice utilizate la urmărirea deplasărilor horizontale

Măsurarea deplasărilor horizontale ale construcțiilor are o mare importanță, în deosebi la construcțiile masive (poduri, baraje) la care datorită forțelor horizontale se pot produce deplasări importante cu efecte deosebit de periculoase.

Măsurătorile pentru determinarea deplasărilor horizontale se vor raporta la o rețea de puncte (rețea de sprijin) situată în general în afara zonei de influență a construcției [23].

În funcție de necesități se pot utiliza următoarele metode:

- metoda microtriangulației
- metoda aliniamentului
- metoda microtrilaterației.

Metodele topo-geodezice utilizate la determinarea deplasărilor și deformațiilor construcțiilor sunt metodele cele mai des folosite, datorită particularității de a furniza mărimile relative și absolute ale deformațiilor observate.

2.1.1. Metoda Trigonometrică-Microtriangulația

Metoda microtriangulației este folosită la urmărirea comportării în timp a construcțiilor masive (baraje, ecluze, viaducte, poduri), ca și a terenurilor din jurul acestora. De asemenea, metoda se utilizează la urmărirea deplasărilor pe versanți, sau ca efect al subsidenței.

Metoda microtriangulației este de fapt o triangulație cu laturi relativ mici de 100-300 m, dar care păstrează precizia de măsurare a unghiurilor de la triangulația de ordin superior. Măsurătorile pentru determinarea deplasărilor horizontale se vor raporta la o rețea de puncte stabile situate în afara zonei de influență a construcției. Determinarea vectorului deplasării horizontale a construcției necesită efectuarea măsurărilor repetate (ciclice) ale rețelei de microtriangulație, cu aceeași precizie cu care a fost construită inițial. Calculele de compensare trebuie executate riguros, prin metoda celor mai mici pătrate, cu scopul de a se obține valorile cele mai probabile ale coordonatelor punctelor rețelei, avându-se posibilitatea aprecierii preciziei rezultatelor compensării și deci și a preciziei de determinare a vectorului deplasării horizontale a punctelor de control, de pe construcția studiată. [25]

În componența rețelei de sprijin intră, în cazul cel mai general, următoarele categorii de puncte (figura 2.2) :

- Punctele semnalizate pe obiectivul urmărit, denumite și mărci de vizare , care au rolul de a da cu exactitate mărimile și direcțiile de deplasare a elementelor construcției pe care ele au fost amplasate. Semnalizarea acestor puncte se face cu mărci speciale de diferite forme (figura 2.3a), confecționate din bronz cromat, pentru a fi rezistente la coroziune. Mărcile se montează după anumite linii caracteristice ale structurii.
- Stațiile de observație A, B, C..., care servesc pentru așezarea riguros centrică pe ele a teodolitului și a miretelor, în vederea observațiilor spre mărcile de tasare P1 P2,..., Pn, încastrate în construcție.

Materializarea stațiilor de observație se face prin pilaștrii cilindrici, tronconici (în terenurile accidentate) sau prismatici, din beton armat cu fundație adâncă, stabilită

prin aviz geologic.

Pilaștrii sunt echipați la partea superioară cu piese speciale de centrare, de exemplu tip Wild (bolțuri de centrare și pastile pentru șuruburile de calare ale aparatului). Pentru a proteja părțile superioare ale pilaștrilor se utilizează capace metalice de protecție în perioada când nu se fac măsurători.

Stațiile de observații se amplasează în apropierea construcțiilor urmărite, la o distanță ce nu depășește 300 m.

La proiectarea repartiției stațiilor de observație, față de obiectul examinat, trebuie să se aibă în vedere asigurarea preciziei cerute la determinarea deplasării mărcilor de vizare și asigurarea stabilității stațiilor pe toată perioada prevăzută pentru observații.

➤ Punctele de referință și control K_1 , K_2 și K_3 , de la care se determină eventualele schimbări ale stațiilor de observație A, B și C, se amplasează pe terenuri stabile la distanțe mai mari de 200–300 m de construcție, în afara zonei de influență a acesteia. La amplasarea acestor puncte trebuie să se ceară avizul unui geotehnician.

➤ Punctele de orientare O_1 , O_2 , O_3 amplasate în afara zonei de influență a construcției, în așa fel încât să asigure precizia de determinare a punctelor de pe construcție (a mărcilor de vizare).

În funcție de categoria punctelor ce intră în componența rețelelor de microtriangulație acestea se clasifică în :

rețele complete, care cuprind toate cele 4 tipuri de puncte, cu vize reciproce între stațiile de observație și punctele de control;

rețele incomplete, când nu sunt asigurate vizele reciproce între stațiile de observație și punctele de control, rețelele cuprinzând toate punctele menționate la rețele complete;

rețele superficiale (simple), compuse din stațiile de observație, punctele de control și punctele de observație.

Rețeaua de microtriangulație se utilizează la determinarea deplasărilor orizontale ale terenurilor (alunecări de teren), ale plăcilor de beton etc, adică acolo unde mărcile de vizare pot fi înlocuite cu stațiile de observație.

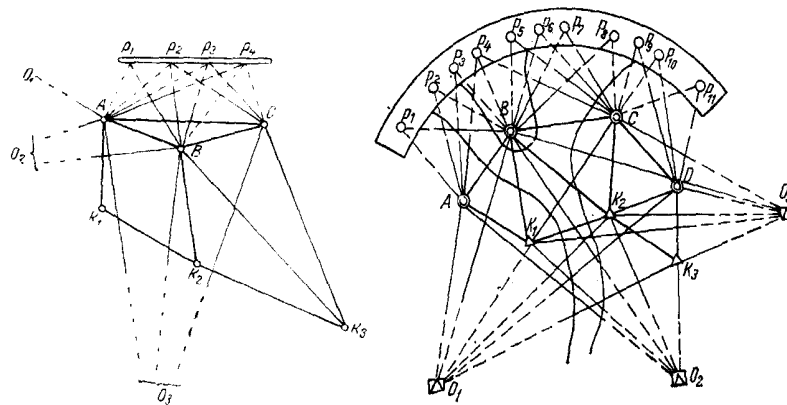


Fig. 2.2. Rețele de microtriangulație pentru măsurarea deplasărilor orizontale ale barajelor

$P_1, P_2, P_3, \dots, P_{11}$ - mărci de vizare; A, B, C, D - stații de observație; K_1, K_2, K_3 - puncte de control; O_1, O_2, O_3 - puncte de orientare.

Unghiurile, orientările și coordonatele punctelor din prima tranșă de măsurări devin, după compensare, elemente de referință, față de care se compară elementele obținute în celelalte cicluri de observații.

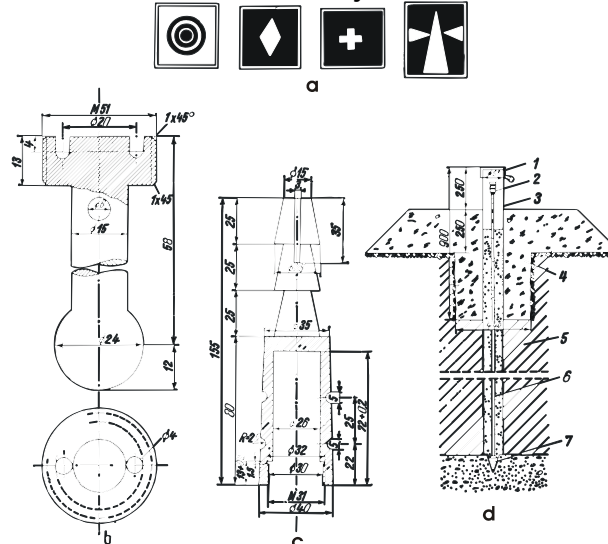


Figura 2.3. Mărci și repere pentru determinarea tasărilor
a - mărci de vizare; b, c — repere de suprafață; d — reper de adâncime; 1 — capac cu încuietoare; 2 — capul reperului; 3 — tub metalic de protecție; 4 — umplutură; 5 — pământ natural; 6 — tija postreperului; 7 — pivotul reperului.

Schimbările poziției mărcilor de urmărire (fixate pe construcție) se determină prin intersecție înainte din punctele de observare. Numărul vizelor de intersecție care va trebui realizat este minim trei.

La proiectarea stațiilor de observație, față de reperele de vizare amplasate pe obiectivul de urmărit, se impun două condiții și anume: asigurarea preciziei pentru determinarea poziției reperelor și asigurarea stabilității punctelor de stație.

Precizia de determinare a mărcilor de vizare crește pe măsura apropierii stațiilor de obiectul de cercetat, în detrimentul stabilității stațiilor.

În concluzie poziționarea stațiilor de observație se va face în așa fel încât să asigurăm precizia de determinare a reperelor de urmărire, chiar dacă stabilitatea acestora are de suferit. Eventualele deplasări ale stațiilor vor fi luate în considerare la determinarea poziției reperelor de urmărire. [25]

La realizarea rețelei de microtriangulație se urmărește obținerea unei bune conformații a figurilor geometrice componente, în vederea obținerii unei precizii antecalculată care să satisfacă pe deplin cerințele impuse. Se alege un sistem de axe rectangular care să coincidă cu axele principale ale construcției observate. De exemplu în cazul urmăririi unui baraj sau a unei lucrări de artă (pod, viaduct), deformațiile rezultate pe axa Y, paralelă cu axa obiectivului, sunt mai mici decât cele pe verticală, adică după axa Z.

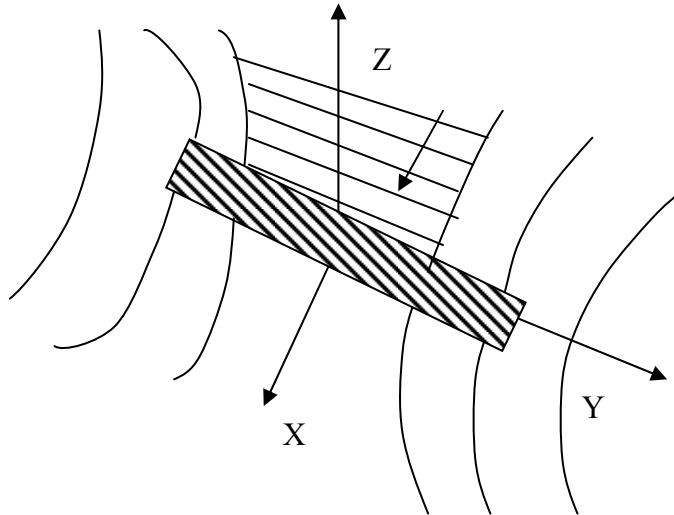


Fig. 2.4. Urmărirea unui baraj

Observațiile în punctele rețelei de triangulație se execută cu precizie corespunzătoare rețelei de ordinul I, II, uneori chiar III, prin metoda seriilor complete (reiterațiilor) sau metoda Schreiber. În timpul măsurătorilor se iau toate măsurile pentru a se elimina complet influența erorilor sistematice și pentru a reduce la minimum erorile aleatoare.

La calculul deplasărilor orizontale ale construcției, unghiurile, orientările și coordonatele punctelor din ciclul inițial de măsurători devin, după compensare, elemente de referință. Față de acestea se raportează toate elementele obținute în ciclurile următoare de observații.

Schimbările în poziția de control, de pe construcția studiată, se determină prin metoda intersecției, pe cale trigonometrică, analitică sau prin metoda celor mai mici pătrate. În fiecare ciclu de observații se verifică stabilitatea în poziția punctelor de stație, în cazul deplasării unora din ele, se va proceda la introducerea corecțiilor corespunzătoare.

Procesul determinării vectorului deplasării orizontale a punctelor de control, de pe construcția studiată, cuprinde următoarele etape:

- etapa măsurărilor unghiulare și liniare în locul experimentării, în laborator sau pe teren, în fiecare ciclu de observații și care cuprinde:
 - măsurarea direcțiilor orizontale din toate punctele de stație și distanțelor;
 - compensarea direcțiilor orizontale, măsurate în fiecare punct de stație, prin metoda riguroasă a măsurătorilor indirecte sau, în cazul unor experimentări mai puțin precise, prin metoda empirică;
 - evaluarea preciziei măsurătorilor unghiulare și liniare;
 - cercetarea stabilității punctelor de stație și calculul modificărilor în direcțiile punctelor observate.
- etapa prelucrării datelor măsurătorilor, pentru calculul vectorului deplasării construcției și evaluarea preciziei, care cuprinde:
 - testarea stabilității punctelor fixe în raport cu care se efectuează măsurarea vectorului deplasării. Dacă se constată că unele puncte fixe și-au

modificat poziția se calculează mărimile deplasărilor punctelor fixe, ca și direcțiile deplasărilor și se introduc corecțiile corespunzătoare;

- calculul vectorului deplasării orizontale, ale punctelor de control, de pe construcția studiată;
- evaluarea preciziei de determinare a vectorului deplasării și stabilirea, pentru o probabilitate dată, a intervalelor și domeniilor de încredere în care se află;
- întocmirea documentației tehnice. [24]

2.1.1.1. Determinarea deplasărilor orizontale ale punctelor de stație în rețele de microtriangulație

În rețeaua de microtriangulație executată pentru urmărirea comportării construcției se efectuează observații unghiulare și liniare. Compensând observațiile prin metoda celor mai mici pătrate se calculează în final coordonatele acestor puncte de regulă într-un sistem local. După un interval de timp stabilit se repetă măsurătorile și se vor obține aceleași rezultate sau alte rezultate generate de eventualele deplasări ale punctelor rețelei. Vom trata această problemă luând în considerare variația direcțiilor și admitând stabilitatea punctelor de control. Se va examina o porțiune dintr-o rețea de microtriangulație conform figurii alăturată:

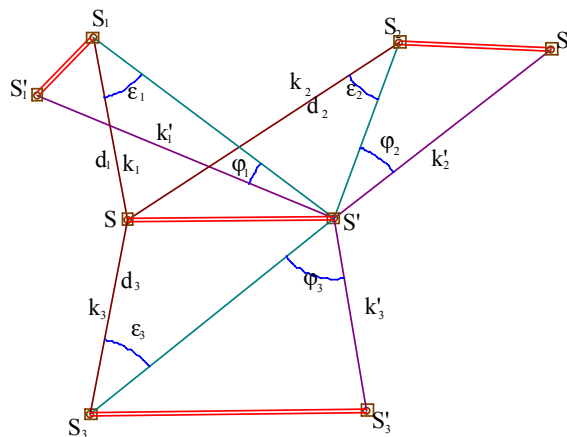


Fig. 2.5. Rețea de microtriangulație

Considerăm punctul de stație S și vizăm punctele S_1, S_2, S_3 măsurând direcțiile k_1, k_2, k_3 . După un interval de timp stabilit datorită eventualelor deplasări care apar punctul de stație își va modifica poziția în S' și punctele vizate în S_1', S_2' și S_3' iar noi vom măsura direcțiile k_1', k_2', k_3' . Deplasarea punctului de stație a produs o variație a direcțiilor măsurate cu cantitățile $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ iar deplasarea punctelor vizate provoacă o variație a direcțiilor măsurate cu cantitățile $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$.

Diferențele între unghiurile obținute în cele două cicluri de măsurători depind de mărimea deplasărilor și de erorile de măsurare. Pe baza acestor diferențe se vor

putea determina componentele cele mai probabile ale deplasărilor punctelor de referință.

Notând cu:

v – corecțiile pentru direcțiile măsurate inițial

v' – corecțiile pentru direcțiile măsurate actual

vom obține conform figurii următoarele condiții de egalitate pentru stația de observație S.

$$(k_2 + v_2) - (k_1 + v_1) = (k_2' + v_2' + \varphi_2 + \varepsilon_2) - (k_1' + v_1' + \varphi_1 + \varepsilon_1) \quad (2.1)$$

$$(k_3 + v_3) - (k_1 + v_1) = (k_3' + v_3' + \varphi_3 + \varepsilon_3) - (k_1' + v_1' + \varphi_1 + \varepsilon_1)$$

În fiecare din ecuațiile de mai sus se observă o componentă așa numita necunoscută de orientare a stației de observație:

$$dzs = (k_1 + v_1) - (k_1' + v_1' + \varphi_1 + \varepsilon_1) \quad (2.2)$$

$$dzs = (k_2 + v_2) - (k_2' + v_2' + \varphi_2 + \varepsilon_2)$$

Aceste ecuații pot fi scrise sub forma:

$$v_1 - v_1' - dzs - \varphi_1 - \varepsilon_1 + (h_1 - h_1') = 0 \quad (2.3)$$

$$v_2 - v_2' - dzs - \varphi_2 - \varepsilon_2 + (h_2 - h_2') = 0$$

$$v_3 - v_3' - dzs - \varphi_3 - \varepsilon_3 + (h_3 - h_3') = 0$$

Variațiile φ și ε ale orientării unei direcții provocate de variația coordonatelor capetelor sale sunt date de relații cunoscute.

Pentru direcția SS_1 vom avea:

$$\varphi_{SS1} = \frac{\rho \sin \theta_{SS1}}{d_1} \Delta X_{S1} - \frac{\rho \cos \theta_{SS1}}{d_1} \Delta Y_{S1} \quad (2.4)$$

$$\varepsilon_{SS1} = - \frac{\rho \sin \theta_{SS1}}{d_1} \Delta X_S + \frac{\rho \cos \theta_{SS1}}{d_1} \Delta Y_S$$

unde : θ_{SS1} – orientarea direcției SS_1

d_1 – lungimea laturii SS_1 calculată din coordonatele inițiale

Folosind notațiile cunoscute ale coeficienților de direcție

$$a_{SS1} = - \frac{\rho \sin \theta_{SS1}}{d_1} \quad (2.5)$$

$$b_{SS1} = \frac{\rho \cos \theta_{SS1}}{d_1}$$

Vom obține:

$$\varphi_{SS1} = - a_{SS1} \Delta X_{S1} - b_{SS1} \Delta Y_{S1} \quad (2.6)$$

$$\varepsilon_{SS1} = a_{SS1} \Delta X_S + b_{SS1} \Delta Y_S$$

Introducând aceste mărimi în sistemul de ecuații vom obține pentru fiecare direcție observată de două ori următoarele ecuații:

$$v_1 - v_1' - dzs - a_{SS1} \Delta X_S - b_{SS1} \Delta Y_S + a_{SS1} \Delta X_{S1} + b_{SS1} \Delta Y_{S1} + l_1 = 0$$

$$v_2 - v_2' - dzs - a_{SS2} \Delta X_S - b_{SS2} \Delta Y_S + a_{SS2} \Delta X_{S2} + b_{SS2} \Delta Y_{S2} + l_2 = 0 \quad (2.7)$$

$$v_3 - v_3' - dzs - a_{SS3} \Delta X_S - b_{SS3} \Delta Y_S + a_{SS3} \Delta X_{S3} + b_{SS3} \Delta Y_{S3} + l_3 = 0$$

Generalizând obținem:

$$v_i - v_i' - dz_s - a_{SSi}\Delta X_S - b_{SSi}\Delta Y_S + a_{SSi}\Delta X_{Si} + b_{SSi}\Delta Y_{Si} + l_i = 0 \quad (2.8)$$

$$l_i = (k_i - k_i')$$

Aceste relații reprezintă cazul bine cunoscut – punct nou spre punct nou – de la ecuațiile de erori la compensarea direcțiilor măsurate. Se pot scrie sisteme de ecuații de acest tip pentru fiecare punct de stație din rețeaua de microtriangulație în care direcțiile au fost observate de două ori adică odată din poziția inițială și a doua oară din poziția deplasată a punctului de stație.

2.1.1.2. Precizia determinării deplasărilor punctelor de stație

După rezolvarea sistemului de ecuații normale este necesar a se calcula mărimea erorii medii pătratice a unității de pondere pe baza compensării efectuate care este dată de expresia:

$$\mu_0 = \pm \sqrt{\frac{[pvv] + [p'v'v']}{r-n}} \quad (2.9)$$

r – numărul de ecuații

n – numărul de necunoscute

p și p' – ponderile observațiilor

Calculul corecțiilor v și v' necesită calcularea în prealabil a corelatelor. Acest

$$[pvv] + [p'v'v']$$

lucru poate fi evitat calculând direct suma :

$$\begin{array}{ll} p_1 v_1 = k_1 & p'_1 v'_1 = -k_1 \\ p_2 v_2 = k_2 & p'_1 v'_1 = -k_1 \\ \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \end{array} \quad (2.10)$$

$$p_i v_i = k_i \qquad p'_i v'_i = -k_i$$

Înmulțind aceste relații cu v_i în membrul stâng respectiv cu expresia lui în membrul drept, vom obține :

$$\begin{array}{ll} p_1 v_1 v_1 = k_1 \frac{k_1}{p_1} & p'_1 v'_1 v'_1 = -k_1 \frac{-k_1}{p_1} \\ p_2 v_2 v_2 = k_2 \frac{k_2}{p_2} & p_2 v_2 v_2 = -k_2 \frac{-k_2}{p_2} \\ \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \end{array} \quad (2.11)$$

$$p_i v_i v_i = k_i \frac{k_i}{p_i} \qquad p_i v_i v_i = -k_i \frac{-k_i}{p_i}$$

$$[pvv] = \left[\frac{k^2}{p} \right] \qquad [p'v'v'] = \left[\frac{k^2}{p'} \right] \quad (2.12)$$

deci

$$[pvv] + [p'v'v'] = \left[\frac{k^2}{p} \right] + \left[\frac{k^2}{p'} \right] = k^2 \left[\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \right] \quad (2.13)$$

$$[pvv] + [pv'v'] = k_2 \begin{bmatrix} 1 \\ p_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k^2 \\ p_1 \end{bmatrix}$$

evident valabilă.

Ținând cont de derivatele parțiale ale funcției speciale Gauss - Lagrange, folosită în rezolvarea sistemului de ecuații, și efectuând calculele vom obține :

$$[pvv] + [pv'v'] = \begin{bmatrix} k^2 \\ p_1 \end{bmatrix} = [p_1 \cdot \text{ll} \cdot q] \quad (2.14)$$

unde q este numărul de necunoscute.

Eroarea medie pătratică a unității de pondere va fi :

$$(\mu_0) = \pm \sqrt{\frac{[p_1 \cdot \text{ll} \cdot q]}{r-n}} \quad (2.15)$$

Erorile individuale ale necunoscutelor se vor calcula prin intermediul coeficienților de pondere Q astfel:

$$m_i = \pm(\mu_0) \sqrt{Q_{ii}} \quad (2.16)$$

2.1.1.3. Identificarea punctelor stabile în rețelele de microtriangulație

O problemă de mare importanță în urmărirea deformațiilor este studiul stabilității punctelor de stație și determinarea dimensiunilor deplasărilor acestor puncte. Pentru a putea determina deplasările orizontale ale punctelor de stație este necesar să cunoaștem cel puțin două puncte care în perioada dintre două măsurători și-au păstrat poziția inițială și astfel în ecuațiile de corecție aceste puncte vor interveni sub forma:

$$\Delta x_i = \Delta y_i = 0 \quad (2.17)$$

Prin proiectarea rețelei de micritroangulație se urmărește amplasarea punctelor de stație în zone care asigură stabilitatea acestora. Dar sub influența unor factori greu de urmărit poziția punctelor de stație nu este stabilă astfel încât apar mici deplasări care însă introduc în rețea erori destul de mari în raport cu deplasările construcției cercetate.

Identificarea punctelor de stație rămase fixe se poate face prin diferite metode cum ar fi:

- compararea distanțelor măsurate cu precizie;
- compararea unghiurilor;
- compararea orientărilor;
- compararea cotelor punctelor de stație;
- compararea stării nivelei fixate pe pilaștrii din punctele de stație.

Stabilitatea punctelor ar fi confirmată prin concordanța dintre elementele comparate care se mențin în limitele admise ale erorilor de măsurare. Utilizarea acestor procedee însă necesită un volum mare de muncă, timp mult și cheltuieli mari. Unul din procedeele simple și ieftine pentru identificarea punctelor stabilite ar consta în studiul invariabilității unghiurilor formate în rețeaua punctelor de stație. Acest procedeu însă va da greș în cazul distanțelor mari dintre punctele de stație

deoarece o deplasare liniară mică a unui punct va determina o variație unghiulară foarte mică care s-ar încadra în limitele erorilor de măsurare. Totodată în cazul rețelelor mari această metodă devine foarte greu de aplicat

Punctele A, B și C în realitate stabile nu vor putea fi identificate cu ajutorul metodei menționate anterior. Identificarea acestor puncte se face admitând ca stabile două puncte din rețea și se determină deplasările celorlalte 1-2 puncte din rețea.

Dacă adaptarea stabilității celor două puncte a fost justă și în componența rețelei intră și alte puncte de stație stabile, atunci deplasările Δx și Δy pentru acestea vor fi apropiate de zero, în limitele erorilor de măsurare în cele două cicluri.

Adaptarea stabilității celor două puncte este greșită și unul din punctele considerate stabile nu este fix, atunci pentru celelalte (1-2) puncte chiar și nedepasate se vor obține deplasări diferite de zero și care cuprind și influența deplasării punctului de stație considerat fix. S-ar putea de asemenea în acest caz ca unele puncte să dea în urma compensării, deplasări nule dar în realitate să fie deplasate iar altele să reiasă ca deplasate și de fapt să fie stabile.

Acest neajuns se poate înlătura prin efectuarea compensării considerând fixe alte două puncte de stație. De obicei se aleg din punctele care la compensarea precedentă au fost determinate ca stabile.

Repetând astfel compensarea, considerând fixe de fiecare dată altă pereche de puncte și selectând rezultatele din toate compensările succesive, putem alcătui o listă de puncte cu deplasări sub limita erorilor de măsurare, puncte pe care le putem considera stabile. Acest procedeu poate fi aplicat cu ușurință în condițiile actuale de prelucrare a măsurătorilor cu ajutorul tehnicii de calcul performante.

Identificarea punctelor de stație stabile se poate face și cu ajutorul testelor statistice. În acest sens se compensează măsurătorile efectuate în rețeaua de microtriangulație ca rețea liberă obținând în final deplasările punctelor rețelei. Pentru a determina care dintre deplasările obținute ca fiind diferite de zero sunt deplasări reale și care se datorează erorilor de măsurare se folosesc testele

statistice. Cel mai folosit este „testul student” care spune că dacă $\frac{\Delta x_i}{m x_i} < 3$ atunci

punctul analizat este stabil.

2.1.2. Metoda aliniamentelor

La determinarea deplasărilor orizontale ale construcțiilor care în plan au configurație liniară dreaptă (baraje de greutate, poduri, viaducte, căi ferate etc) se aplică pe scară largă metoda aliniamentelor. [24]

Metoda aliniamentelor presupune determinarea poziției planimetrice a unui sir de puncte de control dispuse pe un aliniament, a căror abatere de la linia ce unește punctele de capăt să nu fie mai mici de 3...4 cm. În acest scop în afara punctelor materializate pe construcția ce urmează a fi observată, se fixează punctele de bază ale aliniamentului în locuri stabile și în afara zonei de influență a construcției. În planul vertical al aliniamentului, în punctele caracteristice ale construcției, se fixează punctele de control. În aceste puncte se fixează semnale sau mărci de vizare prin observarea cărora se determină valorile abaterilor față de aliniamente.

Metoda aliniamentului este simplă, precisă și necesită un volum redus de lucrări de teren și de birou, aceasta permițând repetarea ei la intervale scurte de

timp. Deplasarea orizontală a unui punct de control, între două cicluri de observații va rezulta din diferența abaterilor punctului față de aliniament, măsurate în ciclul final și în ciclul inițial (deplasări totale) sau între ciclul actual și ciclul inițial (deplasări parțiale).

Metodele optice de observare a aliniamentului sunt cele mai complete pentru lucrările de cercetare. Ele folosesc teodolite sau aliniemetre, la care partea principală este luneta cu putere de mărire de 40...50 X, și semnalele sau mărcile de vizare, fixe sau mobile.

Când condițiile terenului nu permit amplasarea punctelor de bază ale aliniamentului în terenuri nedeformabile, acestea se pot amplasa și în terenuri deformabile, pe construcție sau în interiorul construcției. În aceste cazuri, metoda aliniamentului se combină cu metoda microtriangulației, iar la determinarea abaterilor fiecărui punct de control față de aliniament și implicit a deplasărilor, se va ține seama și de deplasarea punctelor de bază ale aliniamentului.

Determinarea deplasărilor orizontale ale punctelor de control, de fapt a abaterilor față de aliniament, se face prin observarea unui singur aliniament pe toată lungimea lui, prin observarea pe părți separate ale aceluiași aliniament sau prin observarea mai multor aliniamente.

Indiferent de cele trei situații, determinarea abaterilor punctelor de control, de pe construcția studiată, față de aliniament se poate executa prin metoda mărcii mobile, metoda măsurării unghiurilor paralactice sau prin metoda măsurării unghiurilor apropiate de 200^g. [24]

2.1.2.1. Metoda observării unui aliniament pe toată lungimea lui

Se aplică în cazurile în care distanța dintre punctele de capăt ale aliniamentului este relativ mică (300...500 m), asigurându-se condiții bune de vizare atât între punctele de capăt cât și între acestea și punctele de control materializate pe construcție. Determinarea abaterilor punctelor de control, se poate face prin metoda mărcii mobile, metoda măsurării unghiurilor paralactice, metoda măsurării unghiurilor apropiate de 200^g, metoda măsurării pe rigle gradate. [24]

Principiul de aplicare a acestui procedeu constă în aceea că pe axul longitudinal al construcției (pod sau baraj) sau paralel cu acesta se determină un aliniament care se materializează cu patru pilaștrii A, B, C, D câte doi de fiecare parte a obiectului examinat. (figura 2.6) [23]

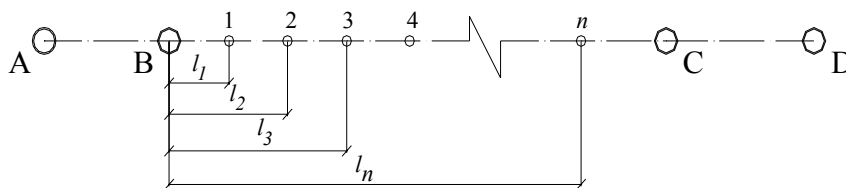


Fig. 2.6. Metoda aliniamentului

Semnalizarea capetelor aliniamentului se face fie cu semnale fixe, fie cu semnale cu marcă mobilă în funcție de metoda de lucru adoptată :

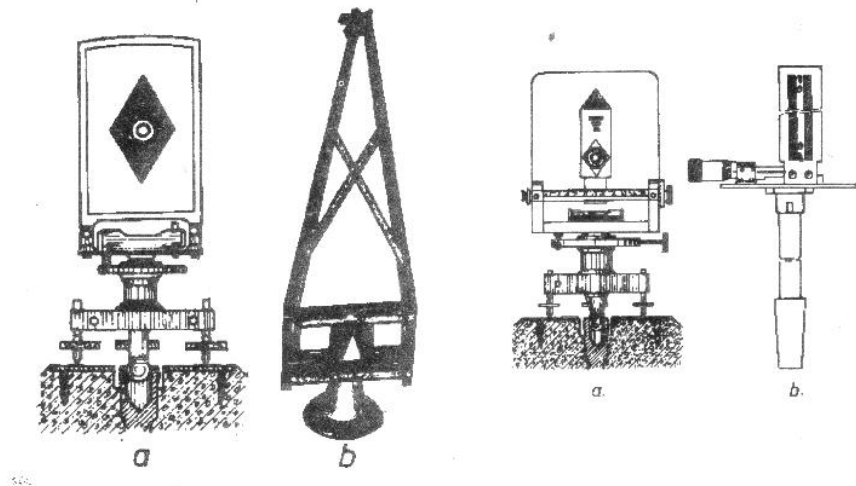


Fig. 2.7. Tipuri de semnale

În punctele de control C_i se așează semnale cu marcă mobilă care sunt dotate cu șurub micrometric ce permite aducerea mărcii mobile pe direcția aliniamentului.

La începutul fiecărui ciclu de măsurători, operatorul îndreaptă axa de vizare a lunetei de-a lungul aliniamentului $B-C$. Măsurătorile realizate în cele două poziții ale lunetei formează o serie de observații. Într-un ciclu de măsurători se efectuează cel puțin trei serii în care teodolitul a fost plasat atât în stația B cât și în stația C . La fiecare serie se calculează media valorilor măsurate în cele două poziții, adică m_m . [23]

Abaterea a_1 a unei mărci de vizare, obținută din măsurătorile din stația B și abaterea a_2 a aceleași mărci obținută din măsurătorile executate din stația C sunt:

$$\begin{aligned} a_1 &= m_0 - m_m \\ a_2 &= m_m - m_0 \end{aligned} \quad (2.18)$$

în care m_0 este poziția de zero a mărcii de vizare mobilă adică citirea medie pe riglă pentru poziția de coincidență dintre axa țintei de vizare și axa de rotație a mărcii:

Determinarea lui m_0 se face cu teodolitul înainte de măsurătoare așezând marca la circa 10 m de teodolit.

Efectuând n serii în stația B și n serii în stația C și făcând următoarele notații $[a_1] = a_1' + a_1'' + \dots + a_1^n$ și $[a_2] = a_2' + a_2'' + \dots + a_2^n$, rezultă abaterea medie din n serii pentru aceeași marcă:

$$a_{\text{statiab}} = \frac{[a_1]}{n} \quad \text{și} \quad a_{\text{statiac}} = \frac{[a_2]}{n} \quad (2.19)$$

Abaterea totală a mărcii 1, de exemplu, într-un ciclu de măsurători se obține astfel:

$$a_{\text{tot.1}} = a_{\text{statiab}} + \frac{b \times l_1}{L}$$

$$\text{sau } a_{\text{tot.1}} = a_{\text{statiaC}} + \frac{b \times (L - l_1)}{L} \quad (2.20)$$

$$\text{în care: } b = (a_{\text{statiaB}} - a_{\text{statiaC}})$$

l_1 – distanța orizontală C-1

L – lungimea totală a aliniamentului B-C

În calculul abaterilor totale diferența b se repartizează proporțional cu distanțele de la punctul de stație B respectiv C până la punctul observat de pe construcție.

Deplasarea orizontală δ a unei mărci fixată pe un punct al construcției se obține cu ajutorul abaterilor a față de aliniament, măsurată în două cicluri de observații, astfel:

$$\delta = a_{\text{tot}(i)} - a_{\text{tot}(0)} \quad (2.21)$$

în care: $a_{\text{tot}(i)}$ - abaterea unei mărci într-un ciclu oarecare i ;

$a_{\text{tot}(0)}$ - abaterea aceleiași mărci de tasare în ciclul inițial sau de

referință.

La fiecare ciclu de observații se verifică poziția punctelor de sprijin B și C față de aliniamentul A-D, toate punctele să fie coliniare. În acest scop instrumentul se instalează în punctul A, marca cu discul fix în punctul D, iar marca cu discul mobil, succesiv în punctele B și C. Concordanța între citirile pe scara mărcii mobile (în limitele erorilor de măsurare) va constitui o dovadă a stabilității punctelor B și C față de aliniamentul A-D.

Precizia rezultatelor măsurărilor, deplasărilor orizontale, efectuate prin acest procedeu se face cu ajutorul următoarelor relații de evaluare:

➤ Eroarea medie pătratică de determinare a abaterii fiecărei mărci față de aliniament într-o serie:

$$m = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{r-1}} \quad (2.22)$$

în care: vv – abaterea mediei aritmetice;

r – numărul de citiri într-o serie.

➤ Eroarea medie pătratică a mediei abaterilor din n serii:

$$M = \pm \frac{m}{\sqrt{n}} \quad (2.23)$$

➤ Eroarea medie pătratică a mediei abaterilor obținute din stația B și stația C:

$$M_{\text{tot}} = \pm \frac{M_{\text{statiaB}} \times M_{\text{statiaC}}}{\sqrt{M_{\text{statiaB}}^2 + M_{\text{statiaC}}^2}} \quad (2.24)$$

➤ Eroarea medie pătratică de determinare a deplasării δ de la aliniamentul comun, obținută ca diferență a abaterilor în două cicluri de măsurători:

$$\mu_{\delta} = \pm \sqrt{M_{\text{tot}(1)}^2 + M_{\text{tot}(2)}^2} \quad (2.25)$$

În concluzie, asupra preciziei observațiilor efectuate prin metoda aliniamentului, influențează în mod special eroarea de vizare și condițiile exterioare de genul refracției atmosferice. [23]

2.1.2.2. Metoda observării unghiurilor paralactice

Esența metodei constă, ca și în cazul vizării aliniamentului pe întreaga sa lungime, în stabilirea unui aliniament cât mai apropiat de linia care unește punctele construcției observate.

Punctele de sprijin ale aliniamentului considerat A și B servesc ca și puncte de stație pentru teodolit. În punctele observate coliniare aliniamentului, se încastrează bucle metalice în care se vor instala în timpul măsurătorilor mărci de vizare stabile sau simpli reperi metalici, care urmează a fi vizați pentru măsurarea unghiurilor horizontale. [23]

Măsurarea unghiurilor horizontale corespunzător abaterilor a_i ale punctelor observate ($1, 2, \dots, n$) se execută cu un teodolit de precizie ridicată, așezat în stație în punctul A cu care se măsoară față de aliniamentul $A-B$ unghiurile φ_i și în mod analog, din stația B se măsoară față de același aliniament unghiurile ψ_i , măsurătorile de unghiuri se execută în ambele poziții ale lunetei teodolitului.

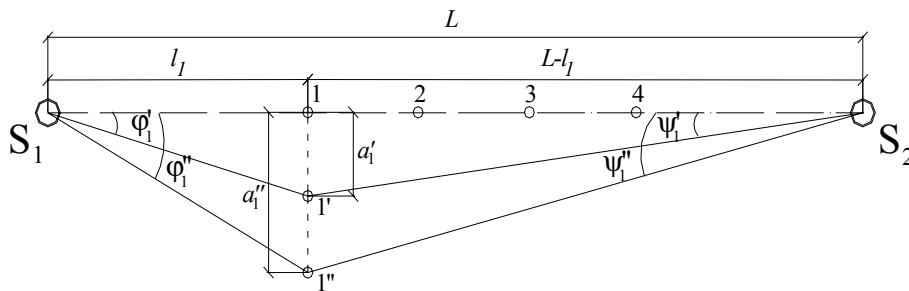


Fig. 2.8. Metoda aliniamentului – măsurarea unghiurilor paralactice

Distanțele dintre stațiile punctelor de sprijin A și B față de punctele observate, se determină în prealabil prin măsurare directă sau optică. Măsurătorile unghiurilor horizontale ale punctelor observate, efectuate în cele două poziții ale lunetei teodolitului, alcătuiesc o serie de observații, iar un ciclu de observații poate cuprinde între 3 și 5 serii de observații. La fiecare serie se calculează media valorilor măsurate φ_i , respectiv ψ_i pentru fiecare reper observat.

Mărimea abaterii a_1' corespunzătoare deplasării unui punct al construcției din poziția 1 în poziția 1' în ipoteza coliniarității punctelor $A - 1 - B$ va fi dată de relația:

$$a_1' = l_1 \frac{j_1^{(cc)} \text{mediu}}{\rho^{cc}} = (L - l_1) \frac{\psi_1^{(cc)} \text{mediu}}{\rho^{cc}} \quad (2.26)$$

Cele două valori ale abaterii obținute cu ajutorul unghiurilor φ_i și ψ_i servesc la determinarea abaterii punctului observat care se acceptă ca o medie aritmetică a acestora.

În cazul când poziția inițială a punctului observat nu este coliniară cu punctele A și B care caracterizează aliniamentul de lucru, se face o determinare a

acestei poziții inițiale, în mod analog cu o poziție deviată, calculându-se abaterea inițială a_1 față de aliniament.

Deplasarea punctului față de poziția sa inițială δ se va obține în acest caz ca o diferență între cele două abateri dintre ciclul actual și ciclul de referință sau ciclul inițial.

$$\begin{aligned} \delta &= a_1 - a_1^0 \\ \delta_1 &= a_1' - a_1^0 \end{aligned} \quad (2.27)$$

în care: a_1' - deplasarea punctului observat din poziția 1 în poziția 1';

a_1^0 - abaterea punctului 1 față de aliniamentul A-B.

Procedeu aliniamentului prin măsurarea unghiurilor orizontale de abatere a poziției deplasate ale punctelor, permite o determinare simplă a mărimilor deplasărilor dar necesită o precizie ridicată la măsurarea unghiurilor de abatere j_i și ψ_i , valorile unghiulare fiind înregistrate cu precizia de $0,5^{\text{cc}} - 1^{\text{cc}}$.

Determinarea preciziei măsurătorilor se face folosind următoarele relații:

➤ Eroarea medie pătratică a valorii medii a unghiului j_i sau ψ_i din n serii:

$$m_{(j,\psi)} = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1)}} \quad (2.28)$$

în care: vv - eroarea reziduală rezultată din diferența dintre valoarea unghiului j_i sau ψ_i dintr-o serie față de media unghiului obținută din n serii;

➤ Eroarea medie pătratică de determinare a abaterilor mărcilor de pe construcție:

$$m_a = \frac{m_{(j,\psi)}^{\text{cc}} \times l}{\rho^{\text{cc}}} \quad (2.29)$$

➤ Eroarea medie pătratică de determinare a deplasării δ față de aliniament, aflată ca diferența dintre abaterile a_1 și a_2 din două cicluri de măsurători:

$$\mu_\delta = \pm \sqrt{m_{a_1}^2 + m_{a_2}^2} \quad (2.30)$$

[23]

Avantajele acestui procedeu față de procedeu vizării în lungul aliniamentului sunt:

- dispăre necesitatea folosirii mărcii cu disc mobil;
- se aplică la construcții de formă alungită (baraje, poduri, etc) la care deplasările pot avea mărimi relativ mari;
- măsurătorile din diverse cicluri trebuie să aibe precizii egale.[24]

Stabilitatea punctelor de stație se verifică fie prin plantarea unor pilaștrii de siguranță, fie prin includerea acestora în rețele de urmărire, verificându-se prin diverse metode stabilitatea punctelor.

2.1.2.3. Metoda observării aliniamentelor paralele suplimentare

După o anumită perioadă de timp de la darea în exploatare a unei construcții, ca urmare a stabilizării acesteia, deplasările punctelor de control sunt din ce în ce mai mici. Din această cauză, se impune folosirea unor metode de măsurare care să asigure o precizie ridicată, în acest scop folosindu-se metoda aliniamentelor paralele suplimentare.

Metoda constă în fixarea unui nou aliniament $A'B'$, paralele cu aliniamentul vechi AB . În funcție de cerințele lucrării se pot proiecta un număr de 2, 3 sau mai multe aliniamente noi. Distanțele AA' și BB' , dintre punctele de bază vechi și noi, trebuie luate egale cu mărimea medie a abaterilor punctelor de control 1, 2 și 3. Pentru măsurarea precisă a acestor distanțe este necesară determinarea abaterilor L_A și $L_{A'}$, concomitent față de ambele aliniamente.

Distanța dintre punctele A și A' se determină cu relația:

$$Z_1 = \frac{(L_A - L_{A'})_1 p_1 + (L_A - L_{A'})_2 + \dots + (L_A - L_{A'})_i p_i}{p_1 + p_2 + \dots + p_i} \quad (2.31)$$

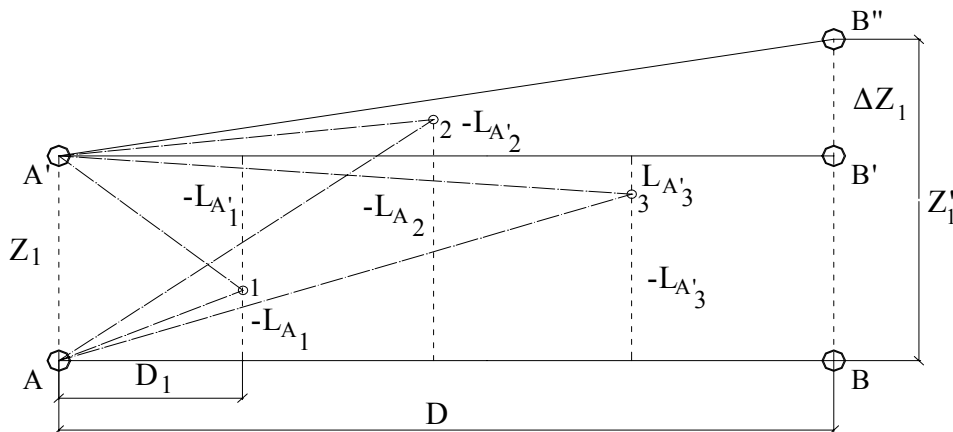


Fig. 2.9 Metoda observării aliniamentelor paralele suplimentare

în care: L_A și $L_{A'}$ - abaterile punctelor de control față de aliniamentul vechi și respectiv nou;

i - numărul punctelor de control;

p_1, p_2, \dots, p_i - ponderile mărimilor măsurate.

În cazul folosirii mai multor aliniamente paralele suplimentare, distanțele ce corespund punctelor fiecărui aliniament nou relativ la cel vechi și de asemenea și mărimea Z_1' dintre capetele B și B' se determină cu relațiile anologice. Mărimea liniară a neperalelismului celor două sau mai multe aliniamente se exprimă prin relațiile:

$$\begin{aligned} Z_1 - Z'_1 &= \Delta Z_1 \\ Z_2 - Z'_2 &= \Delta Z_2 \\ &\dots\dots\dots \\ Z_i - Z'_i &= \Delta Z_i \end{aligned} \tag{2.32}$$

În continuare problema constă în măsurarea abaterilor punctelor de control față de toate aliniamentele, în sens direct sau în sens invers. În cazul unui aliniament paralel suplimentar, mărimile abaterilor punctului de control i măsurate în cele două sensuri, sunt date de relațiile:

$$\begin{aligned} L_i^I &= \frac{L_{A_i}^I + \left(Z_1 + L_{A_i} \right)^I}{2} \\ L_i^{II} &= \frac{L_{A_i}^{II} + \left(Z_1 + L_{A_i} \right)^{II}}{2} \end{aligned} \tag{2.33}$$

În cazul în care se obține mărimea ne paralelismului, calculul abaterilor se face cu relațiile:

$$\begin{aligned} L_i^I &= \frac{L_{A_i}^I + \left[\left(Z_1 + \frac{\Delta Z_1}{D} D_i \right) + L_{A_i} \right]^I}{2} \\ L_i^{II} &= \frac{L_{A_i}^{II} + \left[\left(Z_1 + \frac{\Delta Z_1}{D} D_i \right) + L_{A_i} \right]^{II}}{2} \end{aligned} \tag{2.34}$$

în care: D – lungimea întregului aliniament;

D_i – distanța de la capătul aliniamentului până la punctul de control i .

Mărimea definitivă a abaterii fiecărui punct de control se obține ca medie aritmetică a mărimilor măsurate în cele două sensuri:

$$L_i = \frac{L_i^I + L_i^{II}}{2} \tag{2.35}$$

Deplasarea orizontală a punctului de control, produsă între cele două cicluri de observații, se determină din diferența abaterilor corespunzătoare celor două cicluri.

Admițându-se că măsurarea abaterilor față de cele două aliniamente, în ambele sensuri, s-a făcut cu aceeași precizie se poate scrie egalitatea:

$$m_{L_A}^I = m_{L_{A'}}^I = m_{L_A}^{II} = m_{L_{A'}}^{II} = m_L \tag{2.36}$$

De asemenea se mai poate scrie egalitatea între valorile Z_1 și Z_2 astfel:

$$m_{Z_1} = m_{Z_2} = \dots = 0 \tag{2.37}$$

Mărimile Z_i fiind determinate suficient de precis, eroarea medie pătratică a abaterii punctului de control va fi dată de relația:

$$M_L = \frac{m_L}{\sqrt{2n}} \tag{2.38}$$

în care: n – numărul aliniamentelor care intră în determinarea abaterilor.

Eroarea medie pătratică a deplasării orizontale a punctului de control va fi:

$$m_{\Delta L} = \sqrt{M_{L1}^2 + M_{L0}^2} = M_L \sqrt{2} \quad (2.39)$$

[24]

2.1.2.4. Metoda observării aliniamentelor intersectate

Metoda aliniamentului unic se aplică în general la construcțiile care au în plan o configurație liniară dreaptă. Construirea tot mai frecventă a barajelor de formă circulară, eliptică sau parabolică, fac imposibilă aplicarea metodei obișnuite a aliniamentului.

Pentru simplificarea măsurării deplasărilor punctelor de control, de pe coronamentul barajelor se poate utiliza metoda aliniamentelor intersectate.

Această metodă constă în alegerea unui aliniament, care trebuie să fie perpendicular pe direcția presiunii apei din bazin. La alegerea altor aliniamente este necesar a se menține unghiul dintre direcția presiunii apei și aliniamente în intervalul $100^\circ \dots 150^\circ$, unghiurile mai ascuțite ducând la creșterea lungimii aliniamentului și la scăderea preciziei.

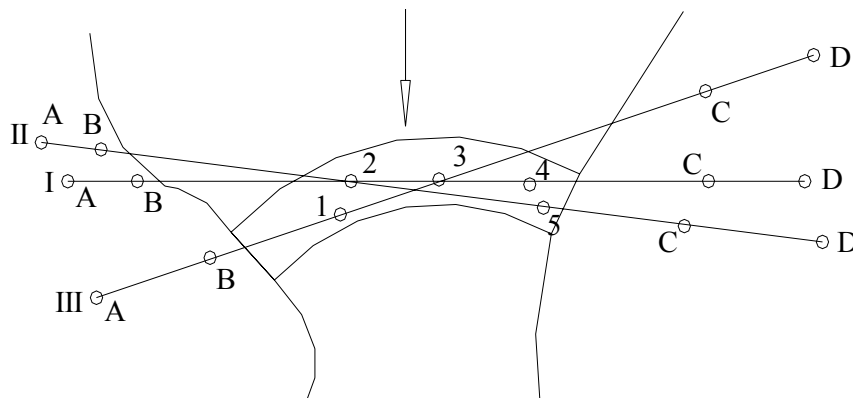


Fig. 2.10. Metoda observării aliniamentelor intersectate

După fixarea punctelor de bază, se măsoară unghiurile dintre primul aliniament și următoarele, ele rămânând constante pentru toate ciclurile de observații. Organizarea lucrărilor, metodica și precizia de măsurare rămâne aceeași ca în metoda aliniamentului unic. Pentru reducerea măsurătorilor de pe toate aliniamentele la aliniamentul de bază I, este necesar ca abaterile măsurate să fie înmulțite cu cosinusul unghiului dintre primul aliniament și al doilea, al treilea până la ultimul aliniament.

Pentru controlul stabilității punctelor de capăt este necesar ca pe fiecare mal aliniamentele să fie fixate cu câte două puncte de bază, dispuse la distanțe mai mari de 20 m unul de altul.

Instrumentul se așează în punctul de capăt B , după care se vizează punctele D , C și semnalele de vizare ale punctelor de control dispuse pe aliniamentul respectiv. Ulterior se mută instrumentul în punctul de capăt C și se vizează punctele A , B și punctele de control.

Această metodă prezintă o serie de avantaje fiind o metodă rentabilă din punct de vedere economic, reducând foarte mult timpul de staționare în teren, numărul echipei de lucru putând fi de 2 persoane. Totodată, metoda observării aliniamentelor intersectate, oferă o precizie cel puțin egală cu oricare metodă de determinare a deplasărilor orizontale a punctelor de control utilizând prin măsurarea aliniamentelor. [24]

2.1.3. Metoda Poligonometrică [24]

Metoda poligonometrică, care mai este cunoscută și sub denumirea de metoda drumuirii planimetrice de precizie, se folosește la determinarea vectorului deplasării orizontale a construcțiilor curbate sau a construcțiilor de lungime mare de genul: barajelor în arc, tuneluri, galerii subterane, pasaje de nivel curbate.

Metoda se aplică atunci când prin microtriangulație sau metoda aliniamentului, se obțin erori de măsurare foarte mari sau aplicarea acestora în funcție de condițiile naturale este foarte dificilă.

Metoda drumuirii de precizie se poate folosi cu multă eficiență la determinarea alunecărilor de teren, unde deplasările produse sunt cu mult mai mari, iar precizia necesară este mai redusă decât în cazul studierii comportării construcțiilor.

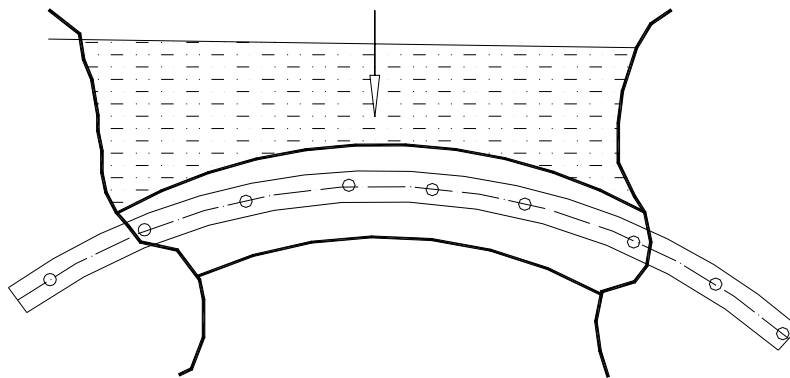


Fig. 2.11. Determinarea deplasărilor orizontale prin metoda drumuirii planimetrice

Pentru exemplificarea metodei poligonometrice se consideră un baraj arcuit, pentru care se prezintă forma drumuirii planimetrice de precizie în raport cu care se efectuează determinarea vectorului deplasării orizontale. Se alege un sistem rectangular de axe astfel ca punctele de sprijin ale drumuirii B și C să fie dispuse pe axa Y .

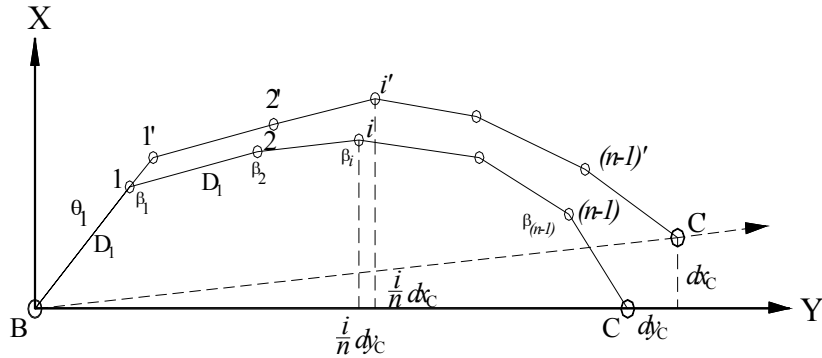


Fig. 2.12. Traseul deplasat al drumuirii planimetrice de precizie

Metoda constă în măsurarea ciclică a unghiurilor orizontale și a laturilor drumuirii planimetrice. Componentele vectorului deplasării orizontale a unui punct de control i sunt date de diferențele coordonatelor rectangulare, rezultate din compensarea măsurătorilor efectuate în ciclurile de observații, actual și inițial sau de referință:

$$\begin{aligned} \Delta X_i &= X_i^1 - X_i^0 \\ \Delta Y_i &= Y_i^1 - Y_i^0 \end{aligned} \quad (2.40)$$

în care: X_i^0, Y_i^0 - coordonate rezultate în ciclul inițial;
 X_i^1, Y_i^1 - coordonatele din ciclul actual.

Cunoscând aceste valori, pe baza componentelor se calculează vectorul deplasării orizontale și orientarea acestuia folosind următoarele relații:

$$\begin{aligned} L &= \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \\ \theta_L &= \arctg \frac{\Delta Y}{\Delta X} \end{aligned} \quad (2.41)$$

Problema cea mai importantă constă în calculul anticipat al preciziei de determinare a coordonatelor și deplasărilor tuturor punctelor și determinarea preciziei punctului de control central, care corespunde locului unde deplasarea construcției este maximă.

Erorile medii pătratice de determinare a coordonatelor oricărui punct de control, al drumuirii planimetrice de precizie de formă curbă, pentru $m_{\beta_1} \gg m_{\beta_2} \gg \dots \gg m_{\beta_{n-1}} = m_{\beta}$ și $m_{D1} \gg m_{D2} \gg \dots \gg m_{Dn} = m_D$ sunt exprimate de relațiile următoare:

$$\begin{aligned} m_{X_i}^2 &= \pm \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} \left[\sum_{k=1}^{i-1} \left(\Delta Y_{i-k} - \frac{i}{n} \Delta Y_{B-k} \right)^2 + \left(\frac{i}{n} \right)^2 \sum_{k=1}^{n-1} \Delta Y_{B-k}^2 \right] + \\ &+ m_D^2 \left[\left(1 - \frac{i}{n} \right)^2 \sum_{k=1}^i \cos^2 \theta_k + \left(\frac{i}{n} \right)^2 \sum_{k=i+1}^n \cos^2 \theta_k \right] \end{aligned} \quad (2.42)$$

$$\begin{aligned}
m_{Y_i}^2 = & \pm \frac{m_B^2}{\rho^2} \left[\sum_{k=1}^{i-1} \left(\Delta X_{i-k} - \frac{i}{n} \Delta X_{B-k} \right)^2 + \left(\frac{i}{n} \right)^2 \sum_{k=1}^{n-1} \Delta X_{B-k}^2 \right] + \\
& + m_D^2 \left[\left(1 - \frac{i}{n} \right)^2 \sum_{k=1}^i \sin^2 \theta_k + \left(\frac{i}{n} \right)^2 \sum_{k=i+1}^n \sin^2 \theta_k \right]
\end{aligned} \quad (2.43)$$

Aceste relații permit pe lângă calculul erorilor medii pătratice ale coordnatelor punctului de control i și calculul componentelor acestor erori datorită erorilor unghiulare și liniare de măsurare. Erorarea medie pătratică în poziția punctului de control i va fi:

$$m_i = \sqrt{m_{X_i}^2 + m_{Y_i}^2} \quad (2.44)$$

Deoarece componentele vectorului deplasării construcției sunt reprezentate explicit de coordonatele rectangulare rezultate din cele două cicluri de măsurători, erorile medii pătratice ale componentelor deplasării orizontale a construcției vor fi exprimate de relațiile următoare:

$$m_{\Delta X_i} = \pm \sqrt{m_{X_1}^2 + m_{X_0}^2}, m_{\Delta Y_i} = \pm \sqrt{m_{Y_1}^2 + m_{Y_0}^2} \quad (2.45)$$

În funcție de erorile de-a lungul axelor de coordonate, se calculează eroarea medie pătratică a vectorului deplasării orizontale a punctului de control i cu relația următoare:

$$m_{L_i} = \sqrt{m_{\Delta X_i}^2 + m_{\Delta Y_i}^2} \quad (2.46)$$

Pe baza analizării relațiilor definite, creșterea preciziei de determinare a deplasării orizontale a construcțiilor, prin metoda drumuirii planimetrice de precizie, este posibilă numai prin creșterea preciziei de determinare a mărimilor unghiulare, erorile măsurătorilor liniare influențând într-o foarte mică măsură precizia. Precizia de măsurare a elementelor liniare este de 1:2000, fapt ce conduce la nerepetarea măsurătorilor liniare în ciclurile ulterioare ciclului de referință.

Influența fundamentală asupra determinării deplasărilor orizontale ale punctelor de control revine așadar variației unghiurilor orizontale. De aceea, în cadrul metodei de determinare a deplasării punctului de control, valorile obținute sunt direct influențate de diferențele unghiurilor orizontale.

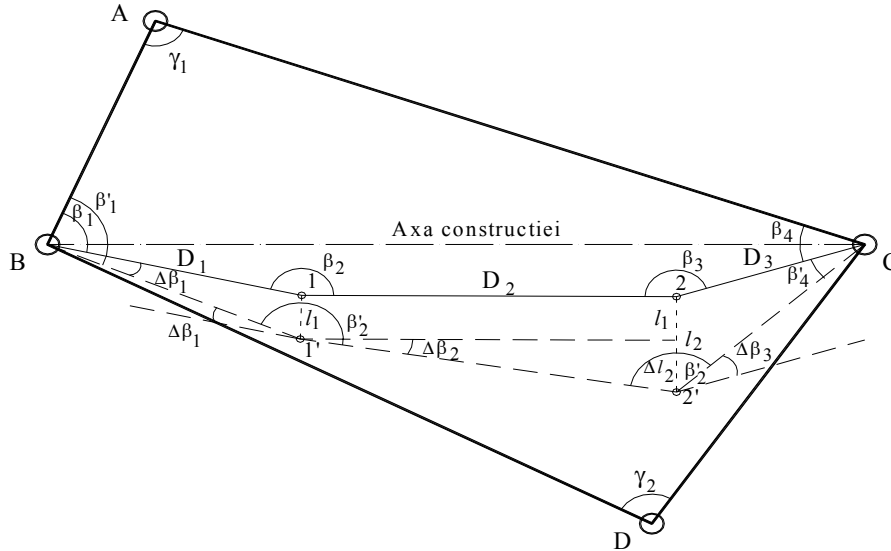


Fig. 2.13. Deplasările orizontale ale punctelor de control

Punctele de control s-au deplasat din poziția inițială 1 și 2, în poziția actuală 1' și 2'. La modificările mici ale unghiurilor orizontale măsurate, lungimile laturilor practic nu se schimbă astfel încât, ele se vor considera constante în toate ciclurile de observații. Deplasările orizontale ale punctelor de control, de pe construcția studiată vor fi exprimate de relațiile:

$$l_1 = D_1 \frac{\Delta\beta_1^{CC}}{\rho^{CC}}$$

$$l_2 = l_1 + \Delta l_2 = l_1 + D_2 \frac{\Delta\beta_2^{CC}}{\rho^{CC}} \quad (2.47)$$

.....

$$l_n = l_{n-1} + \Delta l_n = l_{n-1} + D_n \frac{\Delta\beta_n^{CC}}{\rho^{CC}}$$

Diferențele unghiulare sunt date de formulele:

$$\Delta\beta_1^{CC} = (\beta'_1 - \beta_1) = \delta\beta_1^{CC}$$

$$\Delta\beta_2^{CC} = (\beta'_2 - \beta_2) + \Delta\beta_1^{CC} = \delta\beta_2^{CC} + \Delta\beta_1^{CC} \quad (2.48)$$

.....

$$\Delta\beta_n^{CC} = (\beta'_n - \beta_n) + \Delta\beta_{n-1}^{CC} = \delta\beta_n^{CC} + \Delta\beta_{n-1}^{CC}$$

Eroarea medie pătratică a deplasării orizontale a punctului de control, n , admitându-se că unghiurile au fost măsurate cu aceeași precizie, va fi exprimată cu relația:

$$m_n^2 = m_1^2 + m_2^2 + \dots + m_{n-1}^2 + \frac{m_{\Delta\beta}^2}{\rho^2} D_n^2 = \frac{2m_{\beta}^2}{\rho^2} (D_1^2 + D_2^2 + \dots + D_n^2) \quad (2.49)$$

În cazul în care s-au deplasat și punctele de sprijin ale drumuirii, diferențele unghiulare trebuie corectate. Dacă punctul de sprijin s-a deplasat din poziția B în B' se determină componentele deplasării pe cele două axe, δx_B și δy_B , față de punctele fixe ale rețelei de microtriangulație.

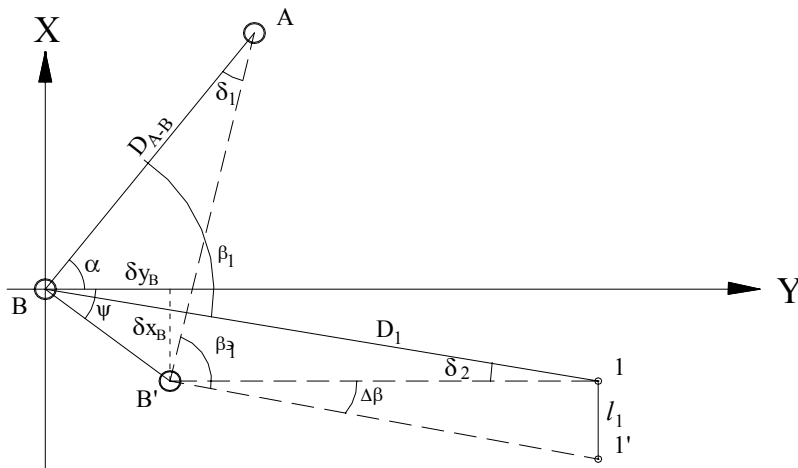


Fig. 2.14. Deplasarea punctului B în poziția actuală B'

Din notațiile figurei se pot scrie relațiile:

$$l = \sqrt{\delta x_B^2 + \delta y_B^2} \quad \text{și} \quad \psi = \arctg \frac{\delta x_B}{\delta y_B} \quad (2.50)$$

Se calculează abaterile transversale ale punctului de sprijin B' față de direcțiile AB și $1B$ cu relațiile:

$$h_A = l \sin(\alpha + \psi) \quad (2.51)$$

$$h_1 = l \sin[\psi - (\beta_1 - \alpha)]$$

În funcție de abaterile transversale se calculează unghiurile sub care se observă cele două abateri:

$$\delta_1^{CC} = \rho^{CC} \frac{h_A}{D_{AB}} \quad (2.52)$$

$$\delta_2^{CC} = \rho^{CC} \frac{h_1}{D_1}$$

Unghiul orizontal măsurat în ciclul actual, va fi exprimat de formula:

$$\beta_1' = \beta + \delta_1^{CC} - \delta_2^{CC} + \Delta\beta_1^{CC} \quad (2.53)$$

Rezultă diferența unghiulară corectată din cauza deplasării punctului de sprijin B :

$$\Delta\beta_1^{CC} = (\beta'_1 - \beta_1) + (\delta_2^{CC} - \delta_1^{CC}) \quad (2.51)$$

Indiferent de metoda de determinare a vectorilor deplasărilor și deformațiilor orizontale ale tuturor punctelor de control, de pe construcția studiată, în final se întocmesc tabele, fișe și grafice. Pe baza datelor pe care le cuprind, se poate face o apreciere precisă asupra parametrilor ce caracterizează eforturile și deformațiile construcției supuse observației.

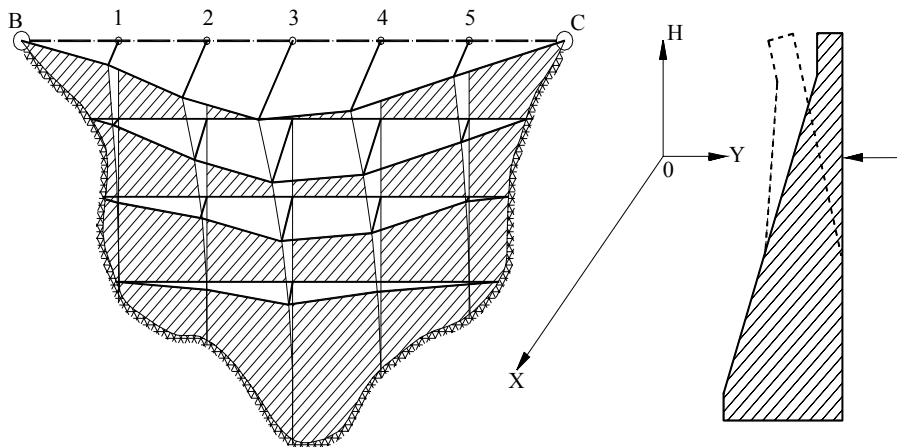


Fig. 2.15. Graficul deplasării a unui baraj de greutate

2.1.4. Metoda microtrilaterației

Rețelele liniare s-au dovedit eficiente la determinarea deplasărilor orizontale ale punctelor. Rețelele topografice liniare sau rețelele de microtrilaterație sunt alcătuite din puncte pentru a căror determinare s-au efectuat numai măsurători de distanțe, acestea reprezentând de regulă laturi de triunghiuri.

Rețelele liniare pot fi dezvoltate ca rețele constrânse, când sistemul de axe față de care urmează să se calculeze poziția punctelor noi este definit aprioric printr-un număr de elemente mai mare decât strictul necesar (coordonatele X, Y ale unui punct și orientarea unei laturi), sau ca rețele libere, când sistemul de axe este ales convenabil.

În cazul rețelelor constrânse, sistemul de axe se dă de regulă în mod abundent, prin intermediul a cel puțin două perechi de puncte vechi de coordonate cunoscute A (X_A, Y_A), B (X_B, Y_B), acestea formând așa numita bază a intersecțiilor liniare și C (X_C, Y_C), D (X_D, Y_D), care formează așa numita bază de control, sau elementul de constrângere al rețelei. Plecând de la aceste baze, de orientări cunoscute în plan, se calculează în mod treptat, prin intersecții obișnuite sau radieri, coordonatele punctelor noi.

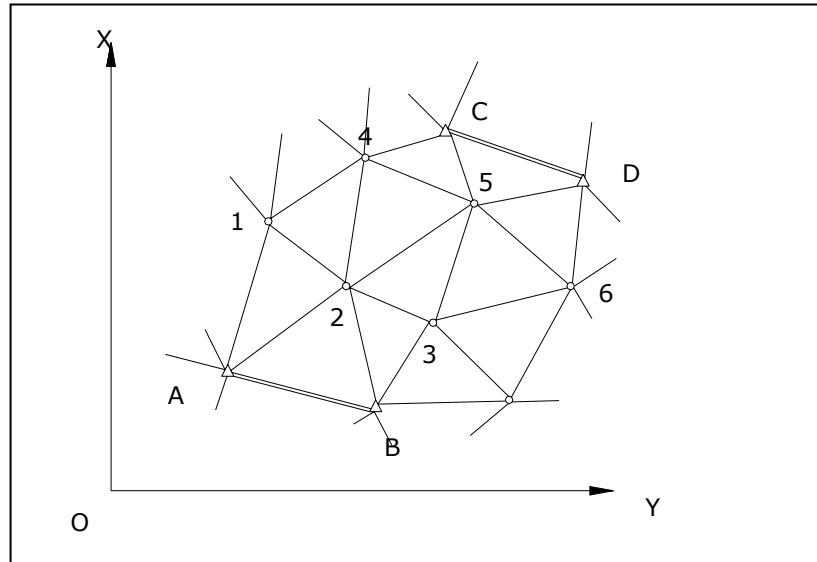


Fig. 2.16. Rețea liniară

Dacă punctele vechi nu formează o bază de intersecție liniară, rețeaua neavând nici un punct nou care împreună cu celelalte date să formeze un triunghi, atunci coordonatele punctelor noi nu mai pot fi calculate direct în sistemul de axe dat. Ele se calculează mai întâi într-un sistem local. Coordonatele locale (x, y) astfel obținute vor fi supuse unei transformări liniare (o rotație și două translații) pentru aducerea în sistemul de axe dat.

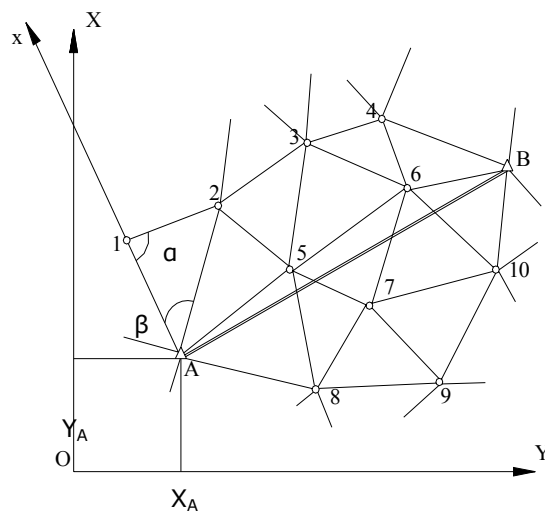


Fig. 2.17. Transformarea liniară a coordonatelor locale

În cazul rețelei liniare libere, coordonatele punctelor noi se recalculează într-un sistem local, convenabil ales. Determinarea coordonatelor plane (X,Y) ale unui punct P, sau a unui grup de puncte P_i , cu ajutorul distanțelor măsurate se poate realiza prin:

- intersecție liniară simplă
- intersecție liniară multiplă
- compensarea grupului de puncte.

Particularități privind determinarea deplasărilor orizontale

Utilizând rețele liniare constrânse vom avea posibilitatea de a determina cu mai multa ușurință și cu mai mare precizie deplasările ΔX și ΔY ale unor puncte supuse urmăririi.

Deplasările orizontale ale unor puncte pot fi aflate numai dacă le referim la un sistem de puncte situat în afara zonei de influență a deplasărilor. Este deci necesar să avem o rețea de referință cu puncte considerate fixe. O asemenea situație impune aplicarea algoritmului de calcul de la grupul de puncte. În rețeaua de urmărire formată din punctele de referință A, B, C,..., F și din punctele noi supuse urmăririi se efectuează măsurători în ciclul I și ciclul II. Cu ajutorul metodei intersecției liniare simple se pot determina la ciclul I coordonatele punctelor noi (1, 2, 3) fără a le compensa, deci acestea devin coordonate provizorii. Repetând măsurătorile în ciclul II vom avea între anumite puncte eventual alte distanțe, ceea ce ne va furniza termenii liberi l_{ij} . Se va putea aplica în continuare algoritmul de calcul al grupului de puncte din care vor rezulta creșterile de coordonate ΔX_i și ΔY_i , care vor reprezenta direct deplasările punctelor urmărite.

Determinarea deplasărilor orizontale în rețele liniare de forma lanțurilor de patrulare

Întreaga rețea trebuie să fie legată de puncte din exterior, considerate fixe. Prin folosirea aparatelor electronice de măsurat distanțe, această metodă își capătă o dezvoltare tot mai mare pentru urmărirea deformațiilor.

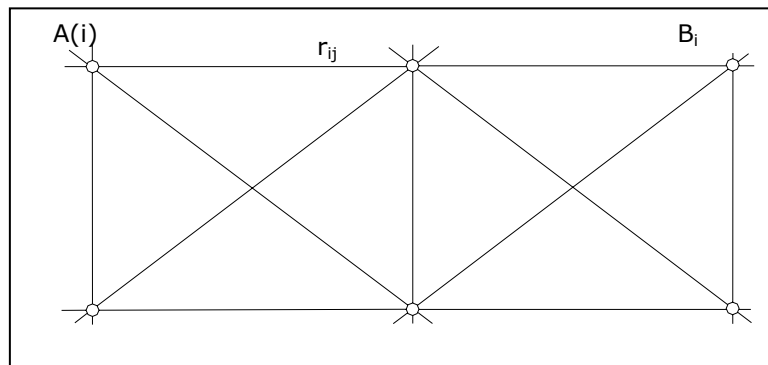


Fig. 2.18. Rețea liniară de forma lanțurilor de patrulare

Vom nota cu r'_{ij} distanța orizontală AB, determinată pe baza măsurării inițiale (ciclul I) și cu r''_{ij} , distanța orizontală AB determinată în ciclul II de măsurători. De asemenea vom nota v' -corecția observațiilor la măsurarea r'_{ij} , iar v'' - corecția observațiilor la măsurarea r''_{ij} ; Δr_{ij} reprezintă modificarea distanței orizontale r între cele două cicluri de măsurători.

Relația dintre elementele descrise anterior va fi de forma:

$$r'_{ij} + v' + \Delta r_{ij} = r''_{ij} + v'' \quad (2.52)$$

Mărimea Δr_{ij} se determină cu relația:

$$\Delta r_{ij} = a_{ij} \Delta x_j + b_{ij} \Delta y_j - a_{ij} \Delta x_i - b_{ij} \Delta y_i \quad (2.53)$$

Înlocuind relația (2.53) în relația (2.52) vom obține pentru elementul măsurat care leaga punctele A(i) și B(j) următoarea ecuație de condiție:

$$v' - v'' + a_{ij} \Delta x_j + b_{ij} \Delta y_j - a_{ij} \Delta x_i - b_{ij} \Delta y_i + r'_{ij} - r''_{ij} = 0 \quad (2.54)$$

În relația (2.54) notăm $l_{ij} = r'_{ij} - r''_{ij}$ (termenul liber)

$$v_{l_{ij}} = v' - v'' \quad (\text{eroarea termenului liber}) \quad (2.55)$$

Astfel va rezulta ecuația liniară de măsurători indirecte:

$$a_{ij} \Delta x_j + b_{ij} \Delta y_j - a_{ij} \Delta x_i - b_{ij} \Delta y_i + l_{ij} = v_{l_{ij}} \quad (2.56)$$

Pe baza acestor ecuații se va alcătui sistemul normal din care se vor determina necunoscutele $\Delta x_j, \Delta y_j, \Delta x_i, \Delta y_i$ adică deplasările punctelor cercetate.

2.1.5. Determinarea deplasărilor orizontale utilizând poligonul cu săgeți

Determinarea deplasărilor orizontale ale punctelor de stație prin intermediul poligonului cu săgeți, reprezintă un caz particular al rețelelor liniare, care este corespunzător în special pentru determinarea deplasărilor obiectivelor înguste și alungite. [23]

Principiul acestui procedeu constă în determinarea săgeților (deplasării de la axa obiectivului studiat) elementelor construite sau a construcției în totalitatea sa. Termenii liberi și ponderile aferente acestora primesc din cauza înlocuirii măsurătorilor unghiulare cu măsurătorile liniare a săgeților o formă particulară.

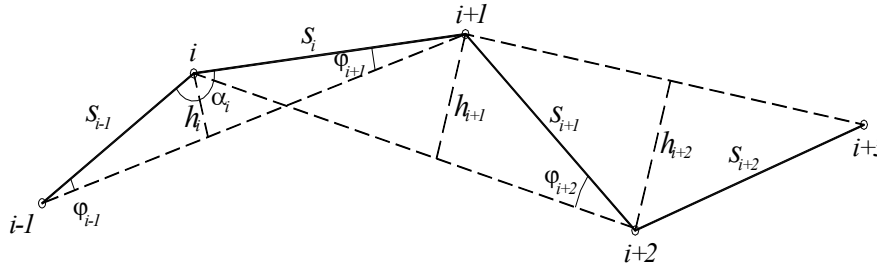


Fig. 2.19. Poligonul cu săgeți

Se consideră o drumuire poligonală, în care în locul unghiurilor α se vor determina pe baza măsurătorilor inițiale, lungimea săgeții h , precum și lungimile laturilor s_1 și s_2 , iar la măsurarea actuală se determină h', s'_1 și s'_2 .

Pe baza măsurătorilor efectuate se pot scrie următoarele ecuații:

$$\alpha = 200 - (j_1 + j_2) = 200 - \psi \quad (2.57)$$

$$\alpha' = 200 - (j'_1 + j'_2) = 200 - \psi'$$

$$\lambda = \alpha - \alpha' = (200 - \psi) - (200 - \psi') \quad (2.58)$$

$$\lambda = \psi' - \psi = (j'_1 + j'_2) - (j_1 + j_2)$$

După introducerea elementelor măsurate direct, expresia lui λ se poate scrie astfel:

$$\lambda = \left(\arcsin \frac{h'}{s_1} + \arcsin \frac{h'}{s_2} \right) - \left(\arcsin \frac{h}{s_1} + \arcsin \frac{h}{s_2} \right) \quad (2.59)$$

Din figura poligonului cu săgeți se poate scrie următoarea relație:

$$\sin \psi' = \sin(j_1' + j_2') = \frac{h'}{s_1} \sqrt{1 - \left(\frac{h'}{s_2}\right)^2} + \frac{h'}{s_2} \sqrt{1 - \left(\frac{h'}{s_1}\right)^2} \quad (2.60)$$

Transformând expresia în funcție de valorile a' , b' și h' se obține

$$\begin{aligned} \sin \psi' &= \frac{h'}{s_1 \times s_2} \times (a' + b') = \frac{h' \times l'}{s_1 \times s_2} \quad \text{și} \\ \sin \psi &= \frac{h}{s_1 \times s_2} \times (a + b) = \frac{h \times l}{s_1 \times s_2} \end{aligned} \quad (2.61)$$

Aceste relații sunt valabile pentru oricare mărime a unghiurilor poligonale și prin oricare dintre lungimile laturilor lor.

În modelarea terenului de fundare important este să se prindă cât mai aproape de realitate comportarea sub încărcări, să se folosească un număr redus de parametri și în final să se obțină un volum de date maxim.

În general, modelele matematice ce se utilizează se împart în modele elastice, reologice, elasto-plastice, dinamice (în cazul în care terenul de fundare este supus unor solicitări variabile în timp: seisme, vibrații de mașini etc.).

2.2. Analiza metodelor topo-geodezice utilizate la determinarea deplasărilor verticale

Metodele topo-geodezice sunt în multe cazuri singurele metode care permit determinarea deplasărilor absolute și diferențiale a construcțiilor. În alte cazuri servesc ca mijloace de control a mărimilor deplasărilor și deformațiilor determinate cu alte metode negeodezice. [25]

O importanță deosebită în analiza comportării construcțiilor, atât în timpul încercărilor pe modele sau la scară naturală, cât și după darea lor în exploatare o au datele privind deplasările pe verticală ale acestora. [24]

Principiul măsurării deplasărilor și deformațiilor pe verticală constă în determinarea repetată a cotelor punctelor de control, numite și mărci de tasare, fixate pe construcția cercetată, în raport cu mai multe repere fixe, amplasate pe terenuri nedeformabile și în afara zonei de influență a construcției. Punctele de control încastrate pe construcție, se deplasează împreună cu construcția și deci prin observații efectuate asupra lor, se pot stabili valorile deplasărilor verticale.

Deoarece măsurătorile topo-geodezice permit doar analiza construcției în funcție de caracterul și mărimile deplasărilor verticale, ele vor trebui corelate cu observarea și studierea regimului apelor subterane, mecanica pământurilor, în scopul descoperirii originii acestor deplasări și indicarea posibilităților de eliminare a lor. [24]

Componentele verticale ale deplasărilor punctelor observate se determină cu precizie prin nivelment geometric, iar în cazul condițiilor dificile de lucru se aplică metoda nivelmentului trigonometric sau a nivelmentului hidrostatic. [25]

Mărimile deplasărilor verticale, tasări sau ridicări, se pot determina prin metode numerice, semiriguroase, folosind prelucrarea datelor măsurătorilor din teren prin metoda celor mai mici pătrate. Alegerea se face în funcție de natura și precizia cercetării efectuate. [24]

2.2.1. Metoda nivelmentului geometric de precizie înaltă

Este metoda care asigură precizia cea mai mare la măsurarea deplasărilor verticale ale construcțiilor, fiind utilizată atât la încercarea experimentală a unor construcții pe modele sau la scară naturală, precum și la urmărirea comportării în timp, și în faza de exploatare. [24]

În funcție de tipul, forma și mărimea construcției studiate, se crează rețeaua de nivelment geometric care poate să aibă formă de poligoane închise sau se compune din câteva drumuri aproximativ paralele, cazul obiectivelor lungi (baraie, poduri).

În componența rețelei regăsim:

- puncte de control, fixate pe construcția care este supusă cercetării, numite în cazul acestei metode și mărci de tasare sau repere mobile;
- reper fixe, numite și repere de referință, amplasate în terenuri nedeformabile și în afara zonei de influență a construcției studiate.

Punctele de control (mărcile de tasare) au rolul de a reda cât mai fidel componentele verticale ale deplasărilor unor elemente separate sau a construcției care se tasează, pe care ele sunt fixate.

Ele se încastrează în elementele de rezistență ale construcției și trebuie să asigure verticalizarea pe acestea a mirelor de nivelment sau montarea dispozitivelor de nivelment hidrostatic. Mărcile de tasare determinate prin nivelment geometric de înaltă precizie se pot realiza astfel:

- încastrate vertical;
- încastrate orizontal;
- încastrate orizontal sau vertical monobloc;
- încastrate vertical sau orizontal cu bolt detașabil.

În afară de acestea se mai pot folosi și alte modalități de materializare a punctelor de control (mărci de tasare) cum ar fi: mărci gradate, reprezentate de mire de invar suspendate sau rigle obișnuite cu diviziuni milimetrice, mărci bulon, mărci cui, mărci pastilă, etc. [24]

Reperele fixe au rolul de a realiza un plan de comparație față de care se determină deplasările verticale ale punctelor de control. La amplasarea lor trebuie să se țină seama de condițiile geotehnice și hidrologice ale terenului, de necesitatea asigurării condițiilor optime pentru efectuarea citirilor pe mire, de elementele de organizare a șantierului, de sistematizarea terenului în jurul construcției studiate. Numărul reperelor fixe va fi de minim două, dispuse astfel încât să acopere cât mai uniform zona înconjurătoare a construcției.

Reperele fixe sunt de două feluri de suprafață și de adâncime. Reperele fixe de adâncime și în mai mică măsură cele de suprafață au rolul de a asigura stabilitatea planului orizontal de referință, față de care se determina deplasările verticale ale punctelor de control, încastrate pe construcția luată în studiu.

Ca regulă generală, reperele fixe se amplasează în afara zonei de influență a construcției observate, sub adâncimea de îngheț și până la roca de bază, sau sunt încastrate în construcții existente vechi, masive și stabile sau în stâncă, în locuri accesibile pentru observații. Amplasamentul lor trebuie să asigure conservarea lor pe toată perioada cercetărilor.

Procesul de determinare a deplasărilor verticale ale punctelor de control (mărci de tasare) cuprinde următoarele etape:

I) etapa măsurărilor de nivelment la locul experimentării, în laborator sau pe teren, în fiecare ciclu de măsurare cuprinde:

- verificarea și rectificarea aparatului înainte fiecărui ciclu de măsurători;
- verificarea traseului ce urmează a fi executat în legătură cu starea reperilor și a platformelor amenajate, în cazul traseelor în pantă;
- efectuarea măsurătorilor de nivelment geometric de mijloc, în condiții exterioare optime (fără vânt, ceață sau soare excesiv)

II) etapa prelucrării măsurărilor pentru calculul deplasărilor verticale ale construcției și evaluarea preciziei include:

- testarea stabilității reperelor fixe ale rețelei de referință, în raport cu care se efectuează măsurarea deplasărilor verticale ale construcției; dacă se constată că unele din reperele fixe și-au modificat poziția pe verticală, se vor introduce corecțiile corespunzătoare;
- calculul deplasărilor verticale ale punctelor de control de pe construcția luată în studiu;
- evaluarea preciziei de determinare a deplasărilor verticale și stabilirea, pentru o probabilitate dată, a intervalelor de încredere în care se află;
- întocmirea documentației tehnice a cercetării.

2.2.1.1 Marcarea punctelor rețelelor de nivelment utilizate la urmărirea construcțiilor

Toate tipurile de reperi folosiți pentru realizarea măsurătorilor topografice specifice urmării în timp a construcțiilor se marchează sub forma unor reperi convenționali care respectă normativele din țara noastră în vigoare.

Materializarea reperilor de control

Reperii de control se pot monta pe clădiri, pe stânci stabile sau pe pilaștri de beton construiți pe teren. La alegerea clădirilor se ține cont de faptul că acestea trebuie să fie consolidate, să fie exploatate de cel puțin 5 ani și să nu fie expuse diferitelor influențe interioare sau exterioare (trepidații din cauza exploatării, terenuri inundabile sau subminate). Din acest punct de vedere cel mai bine corespund clădirile publice și reperul se așează în apropierea colțurilor, unde stabilitatea acestora este normală. [23]

Ca reper încastrat în construcție sau în stâncă poate fi folosit reperul de oțel sub forma de tijă având un cap semisferic executat din metal dur, inoxidabil și pe care se poate așeza cu ușurință mira sau prisma optică. Aceste tije se fixează cu mortar de ciment în orificiile săpate în zidurile clădirilor sau în stânci. Pentru conservarea stării lor inițiale și pentru evitarea ciobirii sau deteriorării reperii pot fi protejați prin capace speciale de protecție.

În țara noastră, normativul elaborat de I.N.C.E.R.C. privind determinarea tasărilor construcțiilor civile și industriale prin metode topografice C.61-64, recomandă ca reperi de control montați în pereții construcțiilor stabile, reperul din figura următoare:

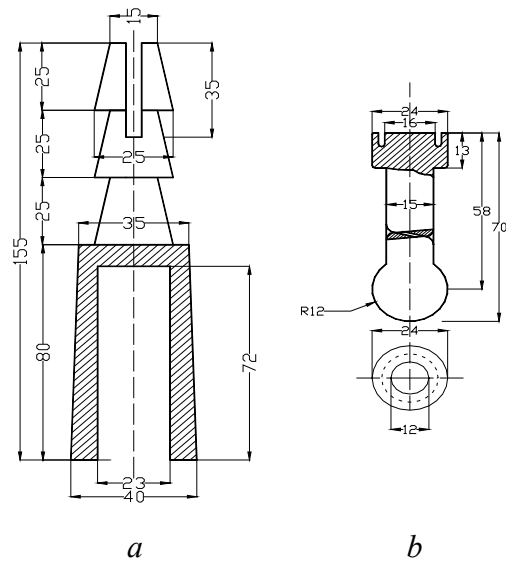


Fig. 2.20. Reperi de control INCERC montați pe construcții în România
a – Corpul mărcii sau reperului; b – Capac cu bulon sferic al mărcii sau reperului

Reperii de control fixați pe pământ sunt de două tipuri:

- reperi de suprafață;
- reperi de adâncime.

Reperii de suprafață de control se construiesc sub forma unor borne de beton armat având forma de trunchi de piramide, cu baza cu secțiune pătrată. Borna de beton armat se sprijină pe o talpă, de asemenea din beton armat cu care se leagă prin intermediul unei armături metalice. [23]

În figurile următoare sunt prezentate câteva tipuri de reper de control de suprafață utilizați la studiul comportării construcțiilor în Polonia, Cehia, Ungaria și România.

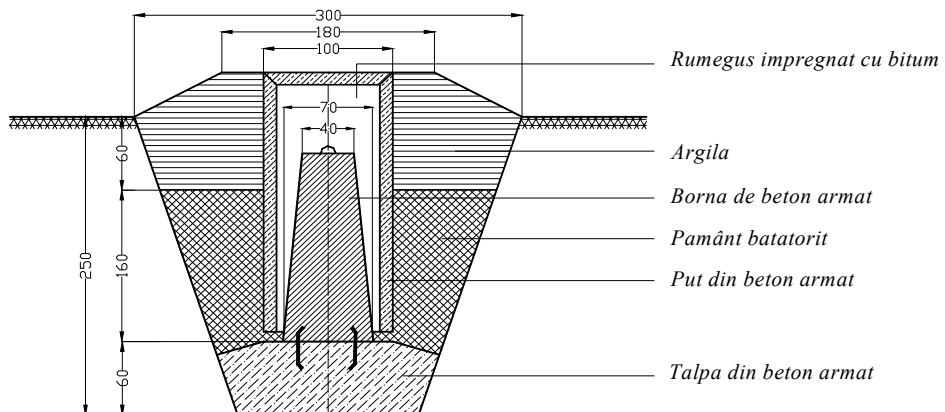


Fig. 2.21a. Reperi de control de suprafață – Polonia

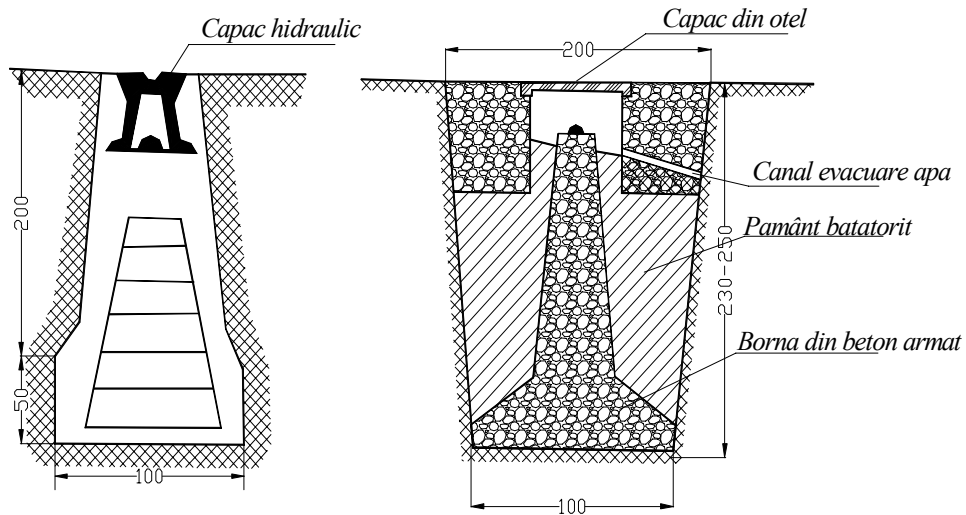


Fig. 2.21b. Reperi de control de suprafață – Cehia, Ungaria

Dacă reperul nu este montat în rocă masivă ci pe pietriș sau pe un teren moale, talpa lui trebuie să se afle la o adâncime de cel puțin 2,50 m (adâncime care este variabilă în funcție și de adâncimea de îngheț specifică zonei respective). Borna de beton armat care poartă reperul (pastilă semisferică) pe care se așează mira de nivelment sau prisma topografică, se protejează împotriva deplasărilor de teren prin intermediul puțului de beton armat prevăzut la partea superioară cu un capac metalic de protecție. Reperul propriu-zis (pastila) este construit din metal dur inoxidabil.

La determinarea adâncimii la care se va monta un astfel de reper vor fi luați în calcul doi indici importanți: nivelul apei freatice specific zonei respective și adâncimea de îngheț.

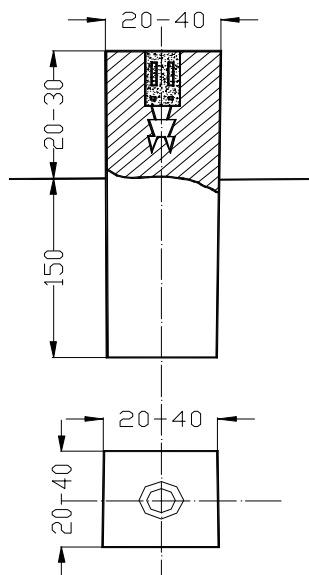


Fig. 2.22. Reperi de control de suprafață în România (INCERC)

Aceste borne de beton în care se înglobează reperatele de control de suprafață au secțiunea pătrată, cu latura între 20 - 40 cm; capătul de jos al bornei va fi așezat la o adâncime de minimum 1,50 m de la suprafața terenului. Reperii de suprafață se înglobează în poziție verticală.

În cazul pământurilor macroporice sau cu contracții mari, borna de beton va fi plantată la o adâncime de minim 2 m, iar în jurul bornei se va crea o movilă de pământ cu raza de 1-1,5 m pentru scurgerea apelor meteorice.

Drept reperate de control se admit și reperatele nivelmentului de precizie de stat de ordin superior, reperi de câmp și reperi de zidărie. [23]

Reperul de câmp se compune din două părți distincte:

reperul propriu zis (borna);

marca, adică piesa care se montează la partea superioară în bornă și pe care se pune mira sau prisma optică.

Acești reperi se acoperă cu pământ pentru a fi protejați și numai când se așează mira pe el se degajează de pământ, la finalizarea măsurătorilor acesta acoperindu-se pentru conservare.

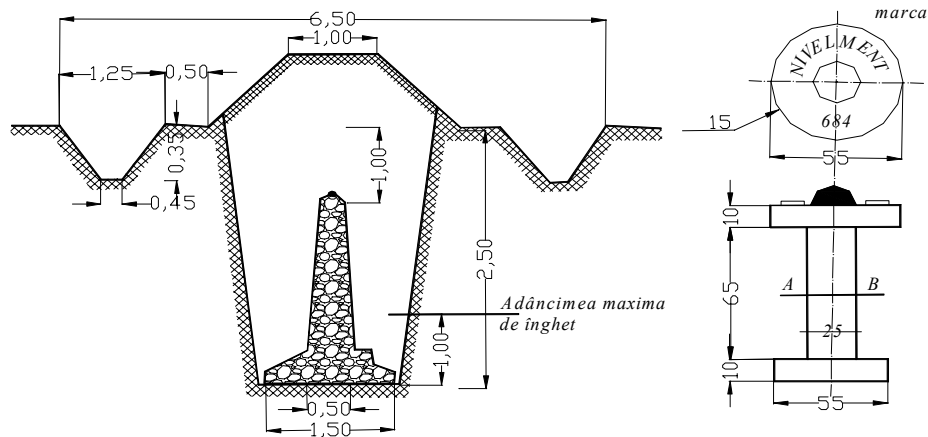


Fig. 2.23. Reperi de câmp în România- folosit ca reper de control

Reperul de zidărie se încastreză în zidăria construcțiilor masive, care sunt în general tasate. Aceștia se încastreză cu coada lor în zidărie într-o gaură săpată și umplută cu mortar de ciment de calitate superioară.

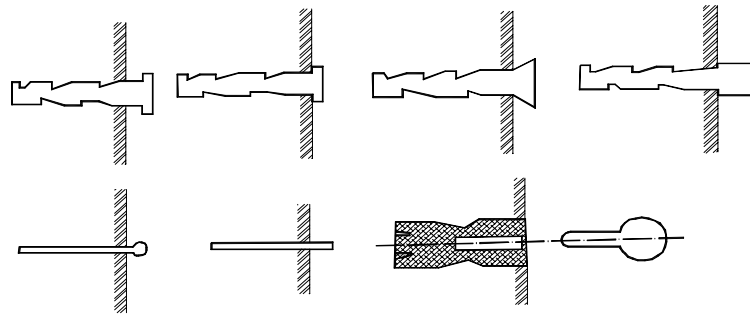


Fig. 2.24. Reperi de nivelment de zidărie în România- folosit ca reperi de control

În cazul pământurilor moi sau existenței unor straturi moi în adâncime, sau când adâncimea straturilor de pământ macroporic depășește 2 m, este necesar să se folosească reperi de adâncime. [23]

Reperii de adâncime de control sunt realizați într-o diversitate de tipuri și ajung la câteva zeci de metri adâncime. Adaptând tehnologia de executare a acestor tipuri de reperi se pot obține rezultate foarte bune pentru observațiile topografice, datorită deplasărilor sau variațiilor foarte reduse ale acestora. În funcție de locul amplasamentului, stabilitatea terenului de fundare și condițiile geotehnice locale se poate afirma că aceste reperi fundate la adâncime, oferă singuranța că nu se vor deplasa în timp și se pot utiliza la mulți ani de la data materializării efective pe teren.

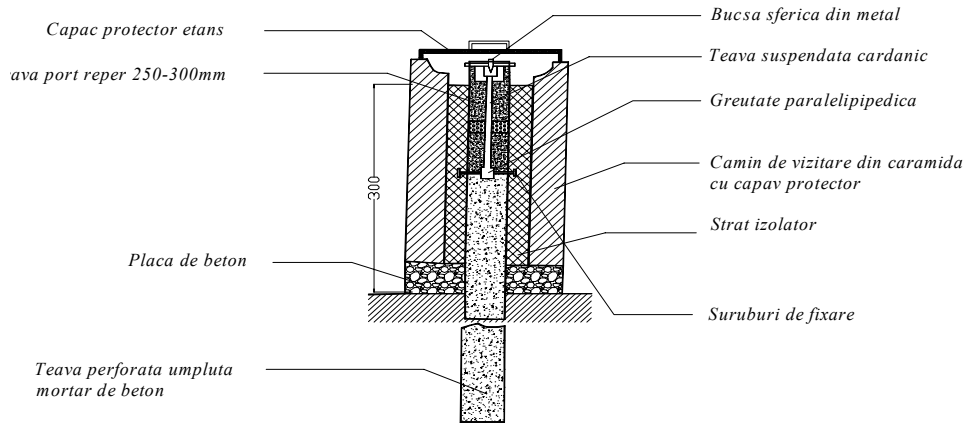


Fig. 2.25. Reper de adâncime tip M.S. Muraviev

În România, normativul I.N.C.E.R.C. prevede construirea reperilor de control de adâncime, conform figurii de mai jos:

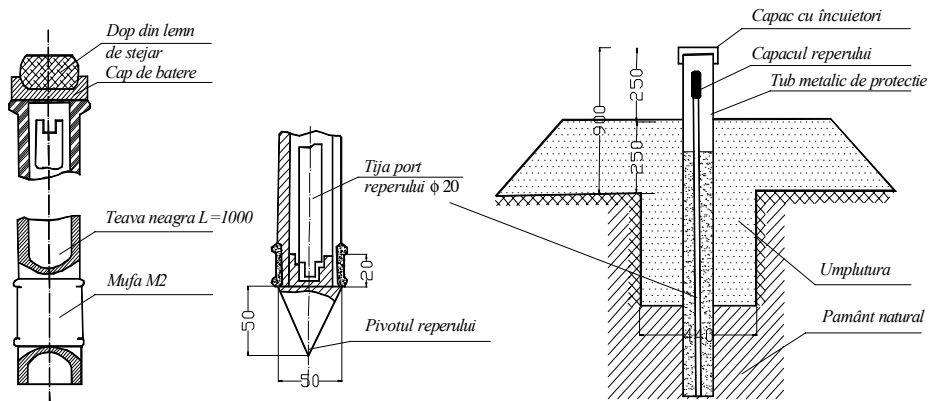


Fig. 2.26. Reper de adâncime INCERC – poziția de batere și poziție definitivă

Ca repere de adâncime pentru control pot fi utilizate și alte tipuri, recomandabile în literatura de specialitate, care să asigure o precizie corespunzătoare și care să poată fi conservate în timp.

Materializarea punctelor de nivelment pe obiectivul examinat

Materializarea punctele de nivelment pe obiectivul supus observațiilor, se realizează cu ajutorul mărcilor de tasare. Mărcile montate pe construcțiile urmărite pot avea forme diferite, fiind confecționate în mod obișnuit din bare metalice cu cap rotunjit, sau din corniere cu cap semirotond.

Ca repere de adâncime pentru control pot fi utilizate și alte tipuri, recomandabile în literatura de specialitate, care să asigure o precizie corespunzătoare și care să poată fi conservate în timp.

Materializarea punctelor de nivelment pe obiectivul examinat

Materializarea punctele de nivelment pe obiectivul supus observațiilor, se realizează cu ajutorul mărcilor de tasare. Mărcile montate pe construcțiile urmărite pot avea forme diferite, fiind confecționate în mod obișnuit din bare metalice cu cap rotunjit, sau din corniere cu cap semirotond.

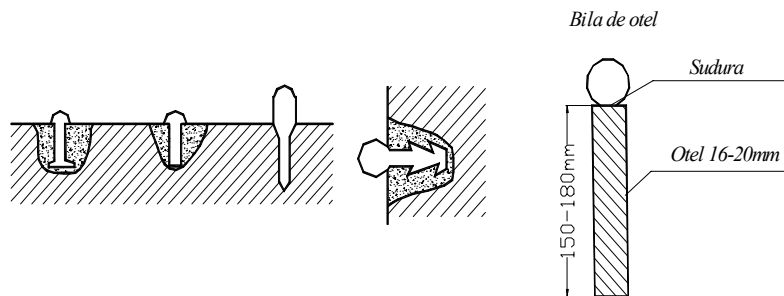


Fig. 2.27. Mărci de nivelment pentru încastrare în construcție

Forma și materialul mărcilor se alege în funcție de condițiile locale, de forma și materialul construcției urmărite. Montarea mărcilor se face astfel încât ele să fie fixe și să permită așezarea verticală sigură a mirelor de nivelment sau a prismelor optice.

Mărcile de tasare se montează pe plăcile de fundație, pe soclul fundației, pe pereții exteriori sau uneori în interiorul construcțiilor. Aceste mărci trebuie protejate împotriva distrugerii și aceasta se face cu o apărătoare adecvată și un capac din oțel sau beton.

Pentru măsurarea deplasărilor verticale (tasărilor) ale straturilor de pământ, situate la diferite adâncimi (cazul barajelor de pământ) se folosesc reperi de adâncime (mărci de adâncime).

Construcția acestor reperi – mărci trebuie să asigure o legătură bună între ele și stratul de pământ examinat astfel încât toate mișcările verticale ale acestui strat să poată fi transmise fără deformări, mărcii reperului. Una din principalele părți ale reperului, marca de adâncime, este țeava de protecție care trebuie să izoleze tija reperului de influențele unor eventuale frecări de pământ. În consecință reperul marcă va fi supus influențelor exercitate de mișcările numai aceluia strat de pământ pe care se sprijină piciorul reperului. [23]

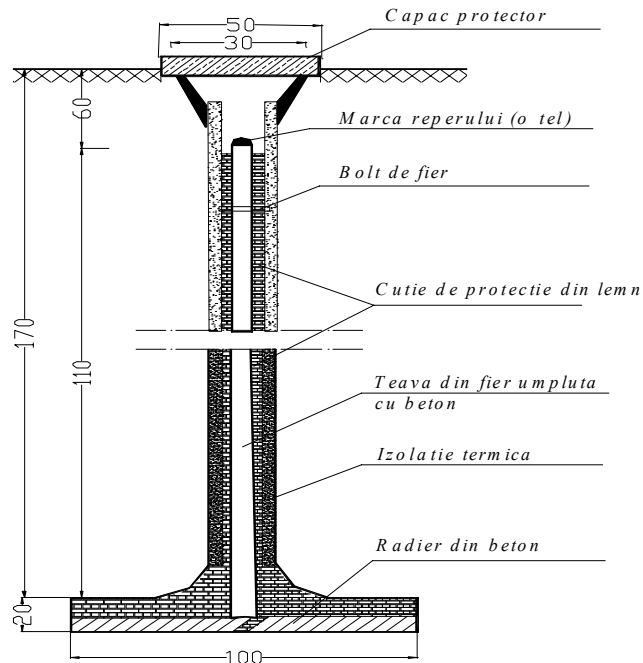


Fig. 2.28. Marcă reper de adâncime T. Lazzarini (pentru baraje de pământ)

Această marcă reper a fost exeperimentată de Lazzarini la transmiterea deplasărilor verticale ale unui strat de pământ situat la circa 1,5 m adâncime.

Forma plată a piciorului permite construirea acestei mărci direct pe teren, în groapa deschisă, care după priza terenului se umple cu pământ. Tasarea stratului de sub picior poate fi sesizată la nivelul mărcii 2.

Mărcile repere de acest tip sau de alte tipuri apropiate pot fi folosite pentru determinarea tasărilor straturilor de pământ, situate la diferite adâncimi, ceea ce se practică la cercetările barajelor de pământ.

Un alt timp de marcă – reper de adâncime este reprezentat în figura următoare și este propusă de Tarnovski și reprezintă o perfecționare a tipului precedent, pentru al folosii ca un reper prelungit. Aceasta se obține prin înșurubarea pe tija lui a unei bare metalice suplimentare terminate cu o marcă reper.

Înălțimea elementului prelungitor poate fi determinată cu ajutorul unui instrument de nivelment de precizie. Această marcă – reper este prelungită treptat și servește la transmiterea tasărilor stratului de pământ situat sub talpa reperului, la diferite etape de încărcare a construcției.

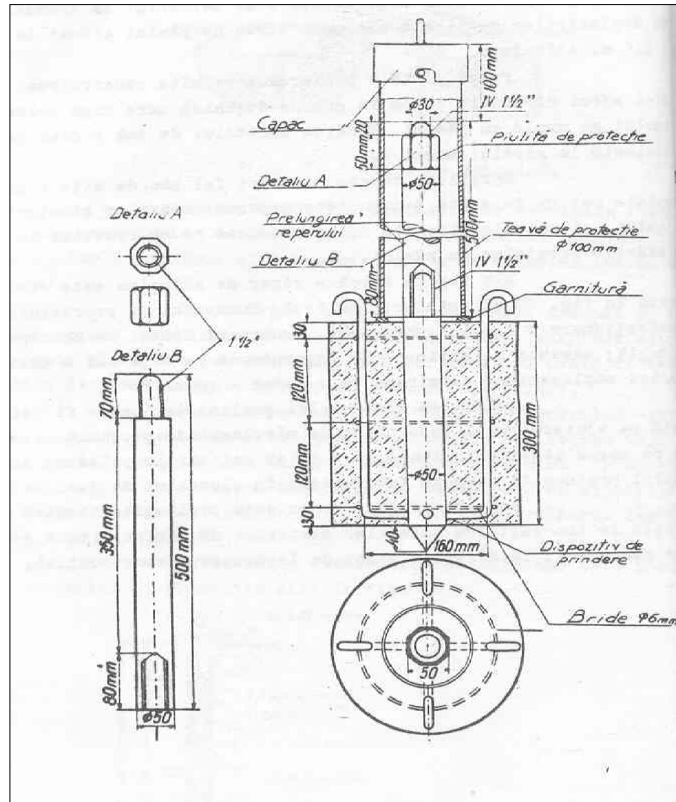


Fig. 2.29. Marcă - reper de adâncime (pentru barajele de pământ)

2.2.1.2. Determinarea tasărilor prin metoda măsurătorilor condiționate

Cunoscând diferențele de nivel dintre reperi și mărci, rezultatele din ciclurile de observații, se procedează la determinarea tasărilor. [25]

Calculul deplasărilor pe verticală folosind diferențele de nivel dintre punctele urmărite, constă în efectuarea unei drumuri de nivelment geometric de mijloc, cu reperele de control A și B și mărcile de tasare 1 și 2 (figura 2.30), în care:

- A, B - sunt reperele de control a căror poziție inițială nu s-a modificat;
- 1, 2 - mărcile de tasare fixate pe construcția ce se urmărește (ciclul inițial);
- 1', 2' - aceleași mărci la ciclul actual;
- h_1, h_2, h_3 - diferențele de nivel măsurate în ciclul inițial;

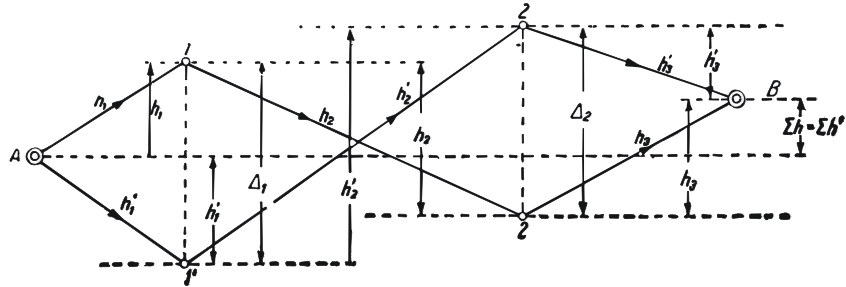


Fig. 2.30. Elementele tasărilor prin nivelment geometric

h_1', h_2', h_3' - diferențele de nivel măsurate în ciclul actual;

v_1, v_2, v_3 - corecțiile diferențelor de nivel în ciclul inițial;

v_1', v_2', v_3' - corecțiile diferențelor de nivel în ciclul actual;

Δ_1, Δ_2 - deplasările pe verticală a mărcilor de tasare 1 și 2 în perioada de timp t dintre ciclul inițial și actual.

Din figura 2.30 obținem :

$$\begin{aligned} h_1 + \Delta_1 &= h_1' \\ \Delta_1 &= h_1' - h_1 \\ \Delta_2 &= h_1' + h_2' - (h_1 + h_2) = \Delta_1 + (h_2' - h_2) \end{aligned} \quad (2.62)$$

Generalizând putem scrie relațiile de mai sus astfel:

$$\Delta_i = \Delta_{i-1} + h_i' - h_i \quad (2.63)$$

Legătura dintre diferențele de nivel inițiale și actuale este exprimată prin relația:

$$h_1 + v_1 + h_2 + v_2 + h_3 + v_3 = h_1' + v_1' + h_2' + v_2' + h_3' + v_3' \quad (2.64)$$

de unde rezultă ecuațiile de condiție:

$$\begin{aligned} v_1 - v_1' + v_2 - v_2' - v_3 - v_3' + w &= 0; \text{ unde:} \\ w &= [h_i] - [h_i'] \end{aligned} \quad (2.65)$$

În condițiile de minim se ajunge la o singură ecuație normală care se prezintă sub forma:

$$\left[\frac{[aa]}{p} \right] k + w = 0 \quad (2.66)$$

unde : k - reprezintă coeficientul Lagrange (corelata), cu ajutorul căreia se calculează corecțiile v_i ;

$$k = - \frac{w}{\left[\frac{[aa]}{p} \right]} = - \frac{w}{2[s]} \quad (2.67)$$

în care:

$$\left[\frac{[aa]}{p} \right] = \frac{a_1 a_1}{p_1} + \frac{a_1' a_1'}{p_1'} + \dots + \frac{a_3' a_3'}{p_3'} = \frac{1 \cdot 1}{s_1} + \frac{-1 \cdot -1}{s_1} + \dots + \frac{-1 \cdot -1}{s_3} = 2[s] \quad (2.68)$$

p_i, p_i' - ponderile măsurătorilor în cele două cicluri

$$p_i = p_i' = \frac{1}{s_i} \quad (2.69)$$

Corecțiile diferențelor de nivel din măsurătoarea inițială și actuală se vor calcula cu relațiile:

$$v_i = \frac{a_i}{p_i} k = \frac{1}{\frac{1}{s_i}} \left(-\frac{w}{2[s]} \right) = -\frac{s_i w}{2[s]} \quad (2.70)$$

$$v_i = \frac{a_i'}{p_i'} k = \frac{-1}{\frac{1}{s_i}} \left(-\frac{w}{2[s]} \right) = \frac{s_i w}{2[s]}$$

Aplicând corecțiile, diferențelor de nivel măsurate se află valorile definitive al acestora.

În cazul figurii 2.30 rezultă următoarea dependență:

$$\begin{cases} h_1 + v_1 + h_2 + v_2 + h_3 + v_3 + h_4 + v_4 = h_1' + v_1' + h_2' + v_2' + h_3' + v_3' + h_4' + v_4' \\ h_5 + v_5 + h_6 + v_6 + h_7 + v_7 = h_5' + v_5' + h_6' + v_6' + h_7' + v_7' \\ h_1 + v_1 + h_2 + v_2 + h_3 + v_3 + h_4 + v_4 = h_5 + v_5 + h_6 + v_6 + h_7 + v_7 \\ h_1' + v_1' + h_2' + v_2' + h_3' + v_3' + h_4' + v_4' = h_5' + v_5' + h_6' + v_6' + h_7' + v_7' \end{cases} \quad (2.71)$$

În vederea compensării rețelei se vor lua în considerare 3 ecuații, oricare din cele 4. Numărul ecuațiilor de condiție în drumurile de nivelment izolate, care nu formează poligoane închideri, se calculează cu relația :

$$k = h - r \quad (2.72)$$

în care:

h - numărul diferențelor de nivel, dublu determinate;

r - numărul mărcilor de tasare.

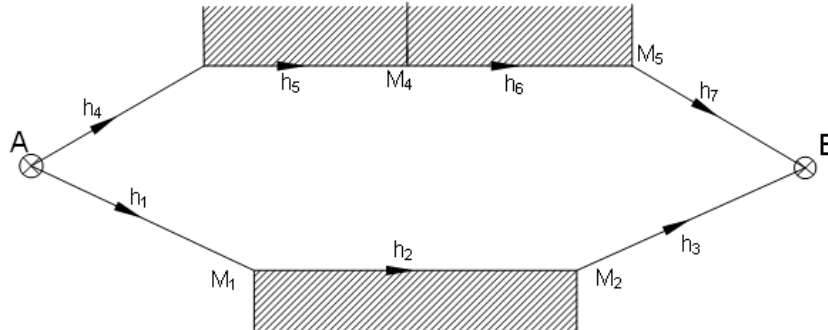


Fig. 2.31. Schema de determinare a tasărilor prin nivelment geometric

Existența liniilor de închidere provoacă formarea unei condiții suplimentare. Numărul ecuațiilor de condiție în acest caz se calculează cu relația:

$$k = h - r + z \quad (2.73)$$

unde:

z - numărul închiderilor

În rețeaua din figura 2.32 se pot scrie următoarele relații independente:

$$k = h - r + z = 7 - 4 + 2 = 5 \quad (2.74)$$

$$h_1 + v_1 + h_2 + v_2 + h_7 + v_7 = h'_1 + v'_1 + h'_2 + v'_2 + h'_7 + v'_7$$

$$h_1 + v_1 + h_8 + v_8 + h_4 + v_4 = h'_1 + v'_1 + h'_8 + v'_8 + h'_4 + v'_4 \quad (2.75)$$

$$h_2 + v_2 + h_3 + v_3 - h_8 - v_8 = 0$$

$$h'_2 + v'_2 + h'_3 + v'_3 - h'_8 - v'_8 = 0$$

$$h'_2 + v'_2 + h'_7 + v'_7 - h'_6 - v'_6 - h'_5 - v'_5 - h'_8 - v'_8 = 0$$

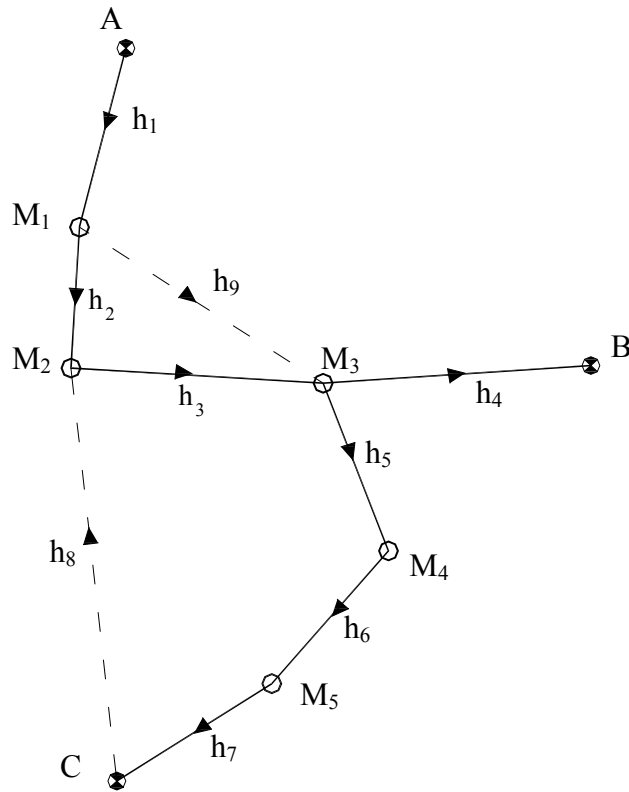


Fig. 2.32. Schema complexă de observare a tasărilor

În baza relației în care : $h = 7$, $r = 4$, $z = 2$; se obțin 5 relații (fig. 2.32), adică alegând oricare 5 legături independente.

Din cele 5 egalități se obține sistemul ecuațiilor de erori (corecții):

$$\begin{aligned}
 a_1 v_1 - a_1' v_1 + a_2 v_2 - a_2' v_2 + a_7 v_7 - a_7' v_7 + w_1 &= 0 \\
 b_1 v_1 - b_1' v_1 + b_8 v_8 - b_8' v_8 + b_4 v_4 - b_4' v_4 + w_2 &= 0 \\
 c_2 v_2 + c_3 v_3 - c_8 v_8 + w_3 &= 0 \\
 d_2 v_2 + d_3 v_3 - d_8 v_8 + w_4 &= 0 \\
 e_2 v_2 + e_7 v_7 - e_6 v_6 - e_5 v_5 - e_8 v_8 + w_5 &= 0
 \end{aligned} \tag{2.76}$$

în care coeficienții corecțiilor v_i vor fi +1 sau -1 iar termenii liberi se calculează cu relațiile:

$$\begin{aligned}
 w_1 &= h_1 + h_2 + h_7 - (h_1' + h_2' + h_7') \\
 w_2 &= h_1 + h_8 + h_4 - (h_1' + h_8' + h_4') \\
 w_3 &= h_2 + h_3 + h_8 - (h_2' + h_3' + h_8')
 \end{aligned}$$

Se va putea scrie un sistem de ecuații de tipul celei de mai sus și după rezolvare obținem deplasările diferitelor puncte din rețeaua de nivelment.

Înlocuim corecția v cu

$$v_{ii} = - (v_i - v_i') \quad (2.84)$$

în care:

Δ_{i-1} - deplasarea reperului din spate;

Δ_i - deplasarea reperului din față;

l_i - termenul liber

$$\text{deci } l_i = h_i - h_i' \quad (2.85)$$

Acesta este cazul de trecere de la măsurători condiționate la măsurători indirecte când se obține sistemul de ecuații al erorilor.

$$v_{ii} = -\Delta_{i-1} + \Delta_i + l_i \quad (2.86)$$

Rezolvând acest sistem vom afla necunoscutele Δ , adică deplasările punctelor din rețeaua de nivelment.

2.2.1.4. Determinarea stabilității reperelor de control

Identificarea riguroasă a reperelor de control stabile, înainte de a face compensarea nivelmentului este strict necesară.

Verificarea stabilității reperelor de control se face prin compararea diferențelor de nivel inițiale cu cele actuale. Dacă diferențele obținute nu vor depăși limitele determinate de influența erorilor de măsurare, atunci reperele corespunzătoare vor fi considerate drept stabile.

Pentru calculul mărimii erorii medii pătratice a unității de pondere, se folosește relația :

$$\mu_0 = \pm \sqrt{\frac{pdd}{2r}} = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{dd}{n}} \quad (2.87)$$

unde :

p - ponderea unei singure măsurări a diferenței de nivel la o drumuire cu n stații, dus și întors;

$$p_1 = \frac{1}{2n} = p_2 \quad (2.88)$$

Ponderea diferenței medii de nivel este :

$$p = p_1 + p_2 = \frac{1}{n} \quad (2.89)$$

d - diferența dintre rezultatele măsurătorilor în direcția dus și întors;

n - numărul stațiilor din drumuirea de nivelment numai într-o singură direcție;

r - numărul diferențelor (și deci totodată numărul drumuirilor).

În vederea determinării stabilității reperelor de control se iau în considerare două din ele, între care se execută o drumuire cu n stații, în timpul măsurătorii inițiale și cu n' stații în timpul măsurătorii actuale.

Considerăm de asemenea că diferența de nivel dintre ele este de h și h' (inițial și actual).

Dacă eroarea μ_0 a fost calculată pe baza întregului material de observație, inițial și actual, atunci vom avea:

$$\begin{cases} m_h = \pm\mu_0\sqrt{n}; m'_h = \pm\mu_0\sqrt{n'}; d = h' - h = \pm\sqrt{m_h^2 + m_{h'}^2}, \\ d = \pm\mu_0\sqrt{n+n'}; \text{luând } n = n'; d = \pm\mu_0\sqrt{2n} \approx 1,4\mu_0\sqrt{n} \end{cases} \quad (2.90)$$

Diferențele de nivel h și h' dintre doi reperi de control, pot diferi între ele, adică d poate avea o valoare de până la $\pm 1,4\mu_0\sqrt{n}$.

Mărimea d , reprezintă diferența dintre cotele relative ale mărcilor de tasare determinate față de reperele de control la dus și la întors. Diferențele de nivel h și h' raportate la două repere de control, pot avea o valoare limită în caz de stabilitate, care nu trebuie să depășească d_{\max} dată de relația:

$$d_{\max} = \pm 2\mu_0\sqrt{n} = \pm 2,8\mu_0\sqrt{n} \quad (2.91)$$

Reperele de control trebuie să fie situate în așa fel ca stabilitatea fiecăruia din ele să poată fi apreciată prin intermediul cel puțin a unei drumuri care duce la un alt reper de control.

Numărul de stații de observație n ale fiecărei drumuri trebuie să asigure posibilitatea de apreciere a stabilității fiecărui reper de control în limitele adoptate ale influenței erorilor de măsurare $\pm m$, adică trebuie să permită constatarea deplasărilor mai mare decât $\pm m$.

Folosind expresia lui d_{\max} , se va prezenta condiția de mai înainte sub forma:

$$2\mu_0\sqrt{n} \leq |m|; n \leq \left(\frac{m}{2\mu_0}\right)^2 \quad (2.92)$$

Substituind $\mu = \pm 0,1$ mm și $|m| = 0,5$ mm, se constată că pentru sesizarea modificării poziției reciproce a două repere de control în mărime de 0,5 mm, trebuie ca numărul niveleurilor să îndeplinească inegalitatea $n < 6$. [25]

2.2.2. Metoda nivelmentului trigonometric de precizie

Metoda nivelmentului trigonometric de precizie se folosește la măsurarea deplasărilor verticale (tasări sau ridicări) ale punctelor de control de pe construcțiile cercetate și în special a punctelor îndepărtate și greu accesibile ale construcțiilor înalte. Principiul metodei nivelmentului trigonometric de precizie constă în determinarea cotelor punctelor de control după care, deplasările verticale se obțin din diferențele cotelor din ciclul actual și al corespondentelor din ciclul inițial.

Pe baza experimentărilor în condiții de laborator și de teren, s-a demonstrat că nivelmentul trigonometric de precizie cu vize scurte, cu lungimi de până la 100 m, permite obținerea unei precizii comparabile cu cea a nivelmentului geometric.

Astfel în condiții de laborator, s-a demonstrat obținerea diferenței de nivel cu o eroare medie pătratică $m_{\Delta h} = \pm 0,1$ mm. Pe baza măsurătorilor de teren pentru distanța de 80 m, diferența de nivel s-a determinat cu o eroare de $m_{\Delta h} = \pm 0,2$ mm.

Principiul metodei nivelmentului trigonometric de precizie constă în determinarea cotelor punctelor de control după care, deplasările verticale se obțin din diferențele cotelor din ciclul actual și al corespondentelor din ciclul inițial.

Măsurarea unghiurilor orizontale și verticale (zenitale) trebuie făcută cu teodolite cu precizie de citire unghiulară de $\pm 1''$, $\pm 0,5''$. Măsurarea unghiurilor zenitale trebuie efectuată în perioada de stabilitate a refracției atmosferice, datorită faptului că în momentele de maxim al refracției atmosferice (miezul zilei), calitatea

imaginii este scăzută survenind astfel și erorile de focusare a imaginii lunetei instrumentului.

Pentru distanțele mici, de până la 100 m, corecția totală datorită efectului de curbură a pământului și de refracție atmosferică este foarte mică. În cazul determinării deplasărilor verticale ale construcțiilor, prin nivelment trigonometric de precizie, influența curburii pământului și refracția atmosferică se poate elimina aproape în întregime, prin modul de lucru, respectiv prin diferența măsurătorilor între două cicluri de observații.

La măsurarea deplasărilor verticale, mărimea unghiului zenital al fiecărei direcții este determinată cu câte trei măsurători complete, în ambele poziții ale lunetei astfel: fie la toate cele trei fire zenitale (firul reticular orizontal și cele două fire stadimetrice), fie de trei ori la firul unic zenital (firul reticular orizontal), în funcție de forma reticulului instrumentului folosit.

Media aritmetică a valorilor rezultate din cele n măsurători reprezintă valoarea probabilă a unghiului zenital măsurat:

$$Z_i = \frac{\sum_{i=1}^n [S_i + (400^g - D_i)]}{2n} \quad (2.93)$$

Eroarea medie pătratică a unui unghi zenital măsurat este:

$$m_{Z_i} = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} \quad (2.94)$$

Eroarea medie pătratică a unghiului zenital mediu va fi:

$$m_Z = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1)}} = \pm \frac{m_{Z_i}}{\sqrt{n}} \quad (2.95)$$

Datorită faptului că, în cazul distanțelor scurte, precizia de determinare a cotelor punctelor prin metoda nivelmentului trigonometric este ridicată, această metodă poate fi folosită cu rezultate bune în cazul unor studii pe modele, în special când măsurarea deplasărilor orizontale și verticale se face concomitent. Determinarea deplasărilor verticale din diferența cotelor punctelor obținute în ciclul actual și ciclul inițial presupune un volum de calcul important. Determinarea deplasărilor verticale ale construcției, în funcție directă de diferențele unghiurilor zenitale, măsurate în punctele de capăt ale unei baze fixe, când orizontul instrumentului se modifică în fiecare ciclu de observații. [24]

Se consideră o bază fixă, față de punctele de capăt ale acestora A și B odată cu măsurarea elementelor necesare determinării deplasărilor orizontale se efectuează și măsurarea elementelor necesare determinării deplasărilor verticale ale punctului de control, marca de tasare, de pe construcția supusă observării.

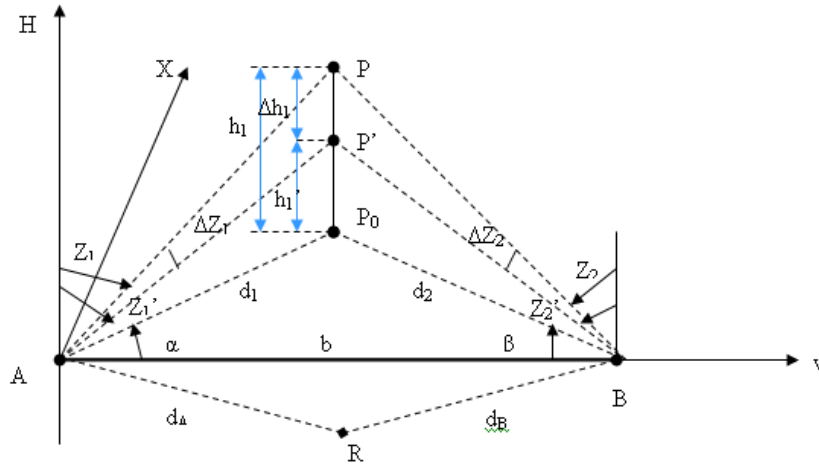


Fig. 2.33. Metoda nivelmentului trigonometric de precizie

Față de punctele de capăt ale bazei fixe, A și B, odată cu măsurarea elementelor necesare determinării deplasărilor orizontale (b , α , β) se efectuează și măsurarea elementelor necesare determinării deplasărilor verticale (Z_i) ale punctului de control P.

În ciclul inițial, cota punctului este dată de relația:

$$H_1 = H_A + h_1; \quad (2.96)$$

unde:

H_A -orizontul instrumentului în punctul de stație A;

h_1 - diferența de nivel dintre orizontul instrumentului din stația A și punctul de control P.

Orizontul instrumentului din punctul de stație A, determinat de la reperul R de cotă cunoscută este dat de relația:

$$H_A = H_R + S_A - d_A \operatorname{ctg} Z_A \quad (2.97)$$

Reperul de cotă cunoscută se va stabili cât mai aproape de punctele de stație A și B, iar citirea pe miră S_A va fi aceeași în toate ciclurile de observații, aleasă astfel încât unghiul zenital să fie aproximativ drept, iar orizontul locului se va determina cu formula:

$$H_A = H_R + S_A - d_A \frac{(100^g - Z_A)^{cc}}{\rho^{cc}} \quad (2.98)$$

Diferența de nivel dintre orizontul instrumentului din punctul de stație A și punctul de control P este dată de relația:

$$h_1 = d_1 \operatorname{ctg} Z_1 \quad (2.99)$$

În intervalul de timp dintre ciclul inițial și ciclul actual de observații, punctul de control s-a deplasat pe verticală, odată cu construcția, din poziția P în poziția P'. Cota punctului P' corespunzătoare ciclului actual are forma:

$$H_1' = H_A' + h_1'; \quad (2.100)$$

Deplasarea verticală a punctului de control, între cele două cicluri de observații, din stația A, este:

$$\Delta H_1 = H_1' - H_1 = (H_A' - H_A) + (h_1' - h_1) = \Delta H_A + \Delta h_1 \quad (2.101)$$

În mod asemănător, deplasarea verticală a punctului de control, determinată din stația B, are forma:

$$\Delta H_2 = H_2' - H_2 = (H_B' - H_B) + (h_2' - h_2) = \Delta H_B + \Delta h_2 \quad (2.102)$$

În relațiile de mai sus se modifică doar mărimile unghiurilor zenitale.

Ca valoare definitivă a deplasării verticale a punctului de control se va lua media aritmetică:

$$\Delta H_I = \frac{\Delta H_1 + \Delta H_2}{2} \quad (2.103)$$

sau media ponderată a celor două valori:

$$\Delta H_I = \frac{p_1 \Delta H_1 + p_2 \Delta H_2}{p_1 + p_2} \quad (2.104)$$

Eficiența metodei este cu atât mai mare cu cât numărul punctelor de control, ca și numărul ciclurilor de observații este mai mare, proprietate remarcabilă în practica încercării construcțiilor ca și a urmăririi comportării lor în timp. [25]

2.2.3. Nivelmentul hidrostatic

Se folosește din ce în ce mai mult în practică la măsurarea deplasărilor verticale ale construcțiilor, fundațiilor instalațiilor de mașini, barajelor etc.

Avantajele pe care le prezintă această metodă sunt:

- simplicitatea aparaturii și a măsurării;
- efectuarea de măsurări într-un timp scurt chiar în locuri inaccesibile, în interiorul clădirilor, pe agregate industriale etc.;
- posibilitatea unui control permanent și continuu al stabilității clădirilor;
- înregistrarea automată a rezultatelor.

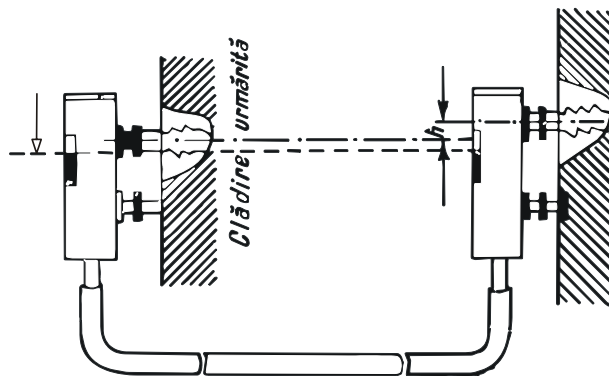


Fig. 2.33 . Determinarea deplasărilor cu aparatură montată pe clădire

În timpul măsurătorilor aparatura poate fi montată fix pe clădire (figura 2.33) sau poate fi confecționată ca o instalație transportabilă. În primul caz, deplasarea în înălțime a punctelor observate se determină ca diferență dintre citirile făcute la măsurătoarea de bază și măsurătoarea curentă.

Pentru determinarea diferenței de nivel dintre punctele observate A și B poziția I se folosește relația :

$$h = v_1 - v_2 = (l_1 + c_1 - a_1) - (l_2 + c_2 - a_2) = (a_2 - a_1) + (l_1 - l_2) + (c_1 - c_2) = (a_2 - a_1) + \Delta l + \Delta c \quad (2.105)$$

în care:

v_1, v_2 -distanțele dintre nivelul apei și poziția de reazem a aparatului de măsurare;
 a_1, a_2 - citirile poziției vârfului de măsurare deplasat față de poziția de bază zero;
 $\Delta l = l_1 - l_2$ - diferența dintre lungimile vîrfurilor de deplasare ale aparatelor de măsurare;

$\Delta c = c_1 - c_2$ - diferența dintre constantele aparatelor (distanța poziției de bază a suportului față de poziția zero a vârfului);

Dacă se notează:

$$k = \Delta l + \Delta c \quad (2.106)$$

Atunci relația (2.105) se prezintă sub forma:

$$h = (a_2 - a_1) + k \quad (2.107)$$

unde: k - constanta obținută prin comparația aparatelor.

În mod similar pentru poziția II , se poate scrie:

$$h' = (a'_1 - a'_2) - k \quad (2.108)$$

Constanta k se obține prin diferența de nivel dintre două puncte determinată în cele două poziții, reprezintă punctul zero al aparatului:

$$h' - h = (a'_1 - a'_2) - k - (a_2 - a_1) - k$$

$$k = \frac{(a_1 - a_2) + (a'_1 - a'_2)}{2} \quad (2.109)$$

În cazul măsurării în două poziții a aparatului, calculul diferenței de nivel dintre două puncte este dat de relația:

$$h = (a_2 - a_1) + k = (a_2 - a_1) + \frac{(a_1 - a_2) + (a'_1 - a'_2)}{2} = \frac{(a_2 - a_1) + (a'_1 - a'_2)}{2} \quad (2.110)$$

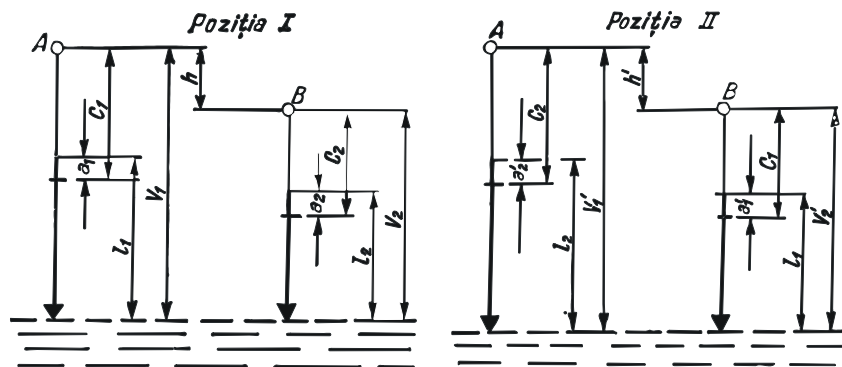


Fig. 2.34. Determinarea deplasărilor prin nivelment hidrostatic

Precizia nivelmentului hidrostatic depinde de:

- o exactitatea reglării vârfului de deplasare față de nivelul apei; aceasta este de $\pm 0,04$ mm;

- o distanța reciprocă a aparatelor, de supraînălțarea aparatelor și a tubului de legătură, de modul de așezare pe clădirea observată, de condițiile exterioare (modificări termice și de presiune) de condițiile interne (forțele capilare), de calitatea umplerii aparaturii cu apă etc. Cu această metodă se obțin precizii de $\pm 0,01$ mm.

2.2.4. Urmărirea deplasărilor și deformațiilor la baraje hidroenergetice

Cele mai importante obiective hidroenergetice supuse cercetării sub aspectul stabilității lor sunt următoarele :

- 1) barajele din beton, anrocamente și pământ;
- 2) centralele subterane ;
- 3) batardourile;
- 4) fundațiile turbinelor;
- 5) canalele de aducțiune etc.

În timpul construcției barajului și după umplerea lacului de acumulare se utilizează următoarele metode de observare și măsurare:

- 1) nivelment de precizie pentru determinarea deplasărilor verticale ale punctelor fixate în prealabil pe baraj;
- 2) măsurarea deplasărilor orizontale ale punctelor instalate pe baraj, prin microtriangulația din pilaștrii de observare amplasați în vecinătatea barajului;
- 3) măsurători ale variației înclinării fundației barajului cu ajutorul clinometrului;
- 4) măsurători ale variației punctelor de dilatare cu ajutorul dilatometrului;
- 5) măsurarea variației deplasării blocurilor cu pendule;
- 6) măsurarea deplasării blocurilor la nivelul coronamentului barajului în direcția perpendiculară pe axa barajului prin metoda aliniamentelor (la baraje rectilinii);
- 7) măsurarea înclinării punctelor de acroșaj(prindere) ale pendulelor realizată la nivelul galeriilor de vizitare și întreținere.

Pe lângă instrumentele topografice necesare efectuării observațiilor azimutale, zenitale și a diferențelor de nivel, se mai folosesc următoarele instrumente:

- tensometre pentru măsurarea contracției în blocuri;
- termometre pentru măsurarea temperaturii betonului la baraj;
- tensometre pentru determinarea factorilor elastici ai betonului;
- piezometre pentru măsurarea presiunii apei sub baraj.

Pentru urmărirea deplasărilor în plan orizontal se folosește metoda microtriangulației, microtrilaterației și aliniamentelor. Deplasările pe verticală se determină prin nivelment geometric, de înaltă precizie și nivelment hidrostatic.

Punctele de stație (pilaștrii) din care se fac observațiile spre mărcile încastrate în paramentul aval al barajului trebuie să fie amplasate pe terenuri stabile, în număr de 3-4, dispuse astfel încât vizele de intersecție să fie $>30g$, iar diferențele de nivel dintre stații și mărcile de vizare să nu fie excesiv de mari.

Pilaștrii pe care se instalează alternativ teodolitele și semnalele de vizare ,se construiesc din beton armat și trebuie încastrați solid în roca de bază.

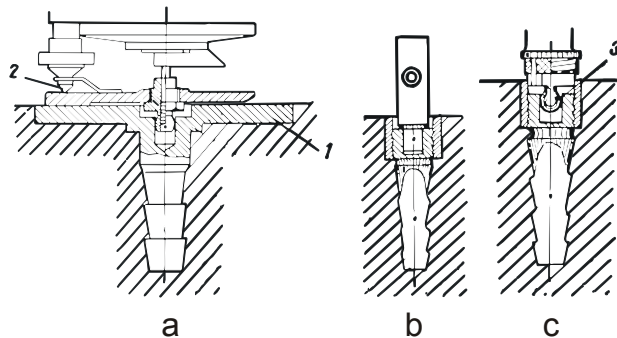


Fig.2.35. Pilastru cu placă specială

a-ambaza teodolitului așezată pe placă; b-mireta așezată pe pilastru; c-detaliu al părții inferioare a miretei: 1-placă specială; 2-șurub de calare ; 3-nucă.

În partea superioară a pilastrilor, imediat după betonarea lor, se așază o placă specială având 4 orificii (figura 2.35). În 3 orificii se introduc șuruburile de calare, iar al 4-lea orificiu servește pentru așezarea unei piese sferice numită nucă, care înlocuiește șurubul de prindere și de strângere. În scopul efectuării observațiilor pe aceste plăci perfect orizontale, se așază alternativ teodolitul și semnalele spre care se vizează (mirete) din alți pilastrii (figura 2.35, b, c).

Pentru protejarea părților superioare ale acestor pilastrii, se poziționează capace metalice de protecție în perioada în care nu se fac măsurători.

Punctele de referință și control, trebuie amplasate pe terenuri stabile, la cel puțin 200-300m, față de construcția observată.

La realizarea microtriangulației raportul dintre latura cea mai scurtă și cea mai lungă, nu trebuie să fie sub 1/4. Construcția geometrică a rețelei de microtriangulație trebuie să satisfacă condițiile principale ale triangulației de ordinul I. Unghiurile din rețea nu trebuie să fie <math>< 33-35^{\circ}</math>.

Observațiile în punctele de microtriangulație se execută prin metoda seriilor complete cu 6-9 reiterații sau prin metoda seriilor binare.

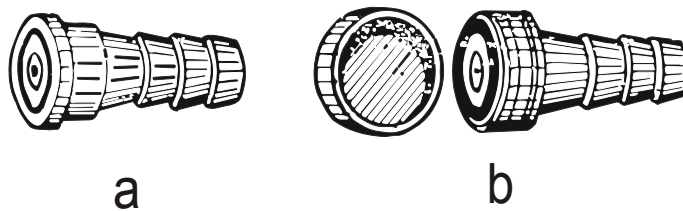


Fig.2.36. Mărci speciale protejate cu capace

În timpul executării barajului în paramentul aval se introduc mărci metalice speciale care sunt confecționate din bronz cromat pentru a fi rezistente la coroziune, necesare determinării deplasărilor caracteristice ale barajului (fig. 2.36).

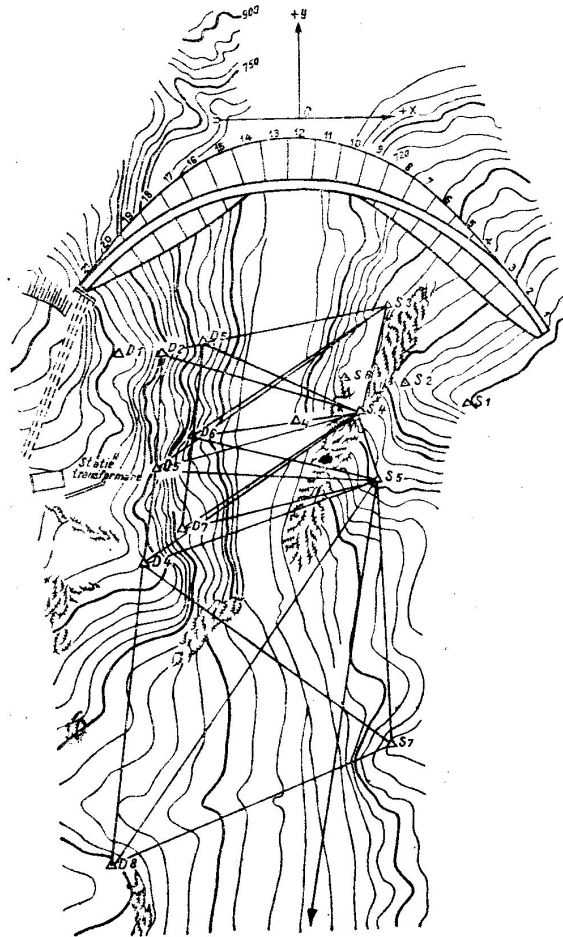


Fig.2.37. Rețeaua de microtriangulație a unui baraj

Înălțimea mare a barajului și relieful accidentat în zona aval a impus realizarea unei rețele de microtriangulație formată din 15 puncte staționabile sub forma unei rețele etajate, constituită din pânze suprapuse cu un număr limitat de elemente de legătură între ele și puncte obligate pentru amplasarea pilaștrilor de observație. Un punct îndepărtat vizibil din aproape toate punctele servește ca origine a observațiilor.

În paramentul aval al barajului au fost încastrate 36 repere speciale după următoarele linii caracteristice ale acestuia : 5 linii verticale, dintre care 3 situate în planurile pendulelor montate în corpul barajului și 5 linii de nivel (figura 2.38).

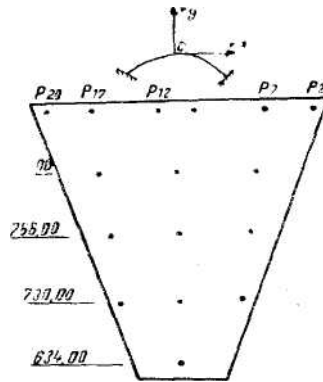


Fig. 2.38. Amplasarea reperelor de tasare în corpul barajului

Metoda aliniamentelor permite determinarea deplasărilor orizontale după direcția eforturilor principale sau după anumite direcții particulare. Planul normal la direcția deplasărilor se materializează prin cel puțin doi pilaștri staționabili și un număr variabil de repere de urmărire. Punctele structurii se vor materializa prin mirete de vizare obișnuite sau mirete mobile. Observațiile la reperele structurii se execută cu colimatoare de aliniament cu putere de mărire pînă la 60 X sau cu teodolite de precizie Wild T 3.

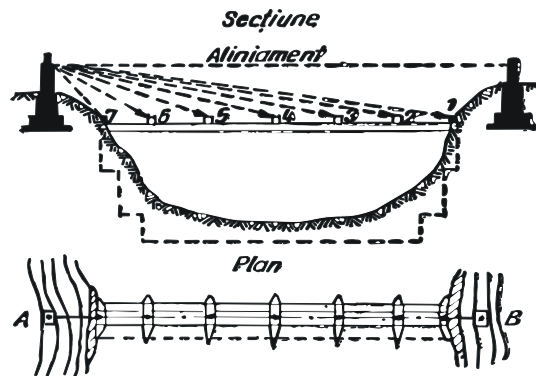


Fig.2.39. Metoda aliniamentului la baraje rectilinii

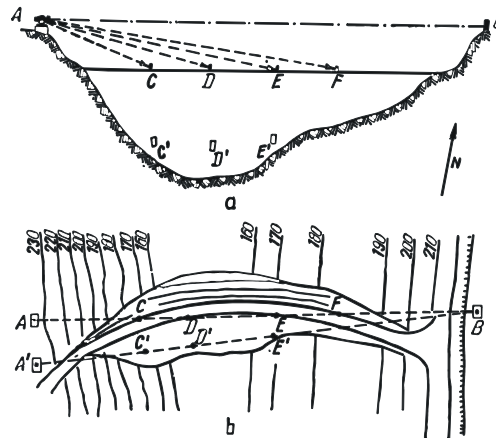


Fig.2.40. Metoda aliniamentului la baraje în arc

Precizia de determinare a deplasărilor va fi de $\pm 0,5$ mm.

La determinarea tasărilor barajelor se creează rețele speciale de nivelment de precizie care vor cuprinde un traseu desfășurat pe punctele rețelei de microtriangulație fie un traseu care include reperele de nivelment de pe coronamentul barajului, trasee care se vor sprijini pe repere nivelitice fixe, amplasate în afara zonei de influență a barajului.

Pentru determinarea tasării fundației barajelor se utilizează nivelmentul hidrostatic (fig.2.41.):

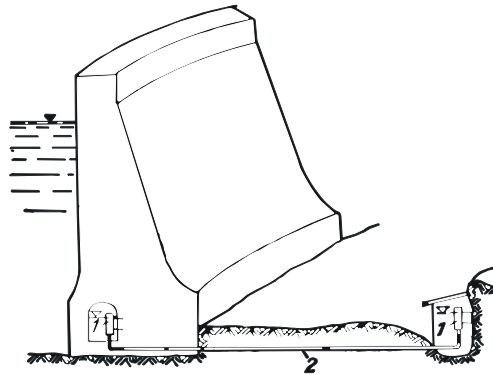


Fig.2.41. Metoda nivelmentului hidrostatic pentru determinarea tasării barajelor

Precizia de determinare a tasărilor variază cu lungimea traseului de nivelment între punctele fixe și poate lua valori cuprinse între $\pm 0,1$ mm și ± 1 mm.

2.3. Metode geodezice de determinare a înclinărilor construcțiilor înalte

În cazul construcțiilor înalte de tip turn, pile la poduri și viaducte tasările diferențiate ale fundațiilor, influența încălzirii neuniforme a construcției de către soare, acțiunea vântului etc, produc înclinări în diferite direcții și cu diferite amplitudini. Din aceasta cauză, în timpul execuției construcției și după darea ei în exploatare, se execută observații asupra verticalității axei geometrice a construcției.

Determinarea înclinării construcțiilor înalte (blocuri turn, turnuri radio și televiziune, coșuri de fum, turnuri de răcire, pile la poduri) este necesară pentru studierea caracterului deformațiilor, explicarea cauzelor care le produc, precum și la căutarea măsurilor ce trebuie luate în vederea asigurării stabilității construcției și a exploatarei în condiții de deplină siguranță.

Metodele geodezice au o utilizare largă la determinarea înclinării construcțiilor înalte, deoarece asigură o precizie ridicată. Principalele metode geodezice folosite în acest scop sunt:

- metoda proiectării verticale;
- metoda măsurării unghiurilor orizontale în două sau mai multe puncte de bază;
- metoda coordonatelor;
- metoda măsurării unghiurilor orizontale și verticale dintr-un singur punct de bază;
- metoda măsurării distanțelor zenitale mici din două puncte dispuse la baza construcției;
- metoda măsurării tasării fundației.

În cadrul acestor metode, se presupune vizarea punctelor de control (mărci de vizare) prinse pe construcție și care se înclină împreună cu construcția.

Felul de marcare a punctelor de control, de pe construcția studiată, ca și a punctelor și reperelor fixe, în raport cu care se efectuează urmărirea verticalității axei geometrice a construcției, se face în același mod ca în cazul măsurării deplasărilor și deformațiilor orizontale și verticale.

La amplitudini mai mari de 30 mm, vizarea punctului de control trebuie făcută cu firul reticular simplu la limita din stânga (sau dreapta) a semnalului de control, aflat la depărtare maximă, la stânga și la dreapta față de poziția medie.

Eroarea de determinare a poziției medii a punctului de control crește odată cu creșterea înălțimii de așezare a punctului pe construcție; pentru amplitudini de până la 150 mm, eroarea nu depășește $e = \pm 5''$.

2.3.1. Determinarea înclinării construcțiilor înalte funcție directă de diferențele unghiurilor orizontale măsurate din capetele unei baze fixe

Capetele bazei amplasate în terenuri nedeformabile și în afara zonei de influență a construcției observate, sunt puncte de stație, din care se efectuează ciclic măsurări unghiulare asupra punctelor de control, fixate pe construcție.

În faza de teren se aleg două puncte de stație A și B ce definesc o bază de lungime fixă. Punctele se vor lua la distanța de 20..100 m de construcție, în funcție de condițiile concrete ale terenului și de înălțimea construcției studiate.

Pe construcție se fixează, aproximativ pe verticală, punctele de control (mărcile de vizare) P și Q, la baza și respectiv la partea superioară. Când este necesară cunoașterea înclinării la diferite înălțimi, pe aceeași verticală se fixează și mărci de control R, S și T. (fig.2.42)

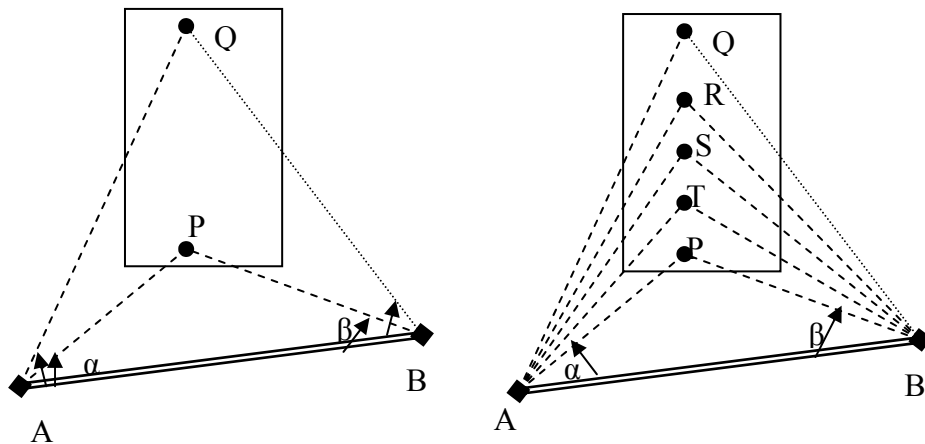


Fig.2.42. Determinarea înclinării construcției

Se alege sistemul rectangular de axe astfel ca punctul de stație A să fie originea sistemului, iar axa Y să corespundă cu baza fixă AB. Pentru determinarea poziției punctelor de control P și Q, se măsoară lungimea $AB=b$ și unghiurile horizontale α, α_1 și β, β_1 . Dintre baza fixă și direcțiile către punctele de control. Se notează cu $\Delta\alpha$ și $\Delta\beta$ unghiurile dintre direcțiile către punctele P și Q din cele două puncte de stație.

Chiar în cazul construcțiilor de formă paralelipipedică, punctele P și Q nu se vor situa riguros pe aceeași verticală și de altfel acest lucru nu este nici necesar. În ciclul inițial de observații se face determinarea poziției mărcilor de control P și Q, eventual și a celorlalte, în sistemul rectangular de axe, cu ajutorul coordonatelor bipolare. Componentele pe cele două axe ale vectorului $PQ=L$, reprezentînd distanța orizontală dintre verticalele celor două puncte de control, vor fi exprimate de relațiile:

$$\begin{aligned}\Delta X &= X_Q - X_P = K_2 \Delta\alpha^{cc} + L_2 \Delta\beta^{cc} \\ \Delta Y &= Y_Q - Y_P = -K_1 \Delta\alpha^{cc} + L_1 \Delta\beta^{cc}\end{aligned}\quad (2.111)$$

în care s-au făcut notațiile:

$$\begin{aligned}G &= b / \rho^{cc} \sin^2(\alpha + \beta) \\ K_1 &= G \sin \beta \cos \beta, \quad L_1 = G \sin \alpha \cos \alpha ; \\ K_2 &= G \sin^2 \beta, \quad L_2 = G \sin^2 \alpha \\ \text{și} \\ \Delta\alpha^{cc} &= \alpha_1 - \alpha, \quad \Delta\beta^{cc} = \beta_1 - \beta\end{aligned}\quad (2.112)$$

Mărimile K_1, K_2, L_1, L_2 sunt calculate cu elemente în ciclul inițial și sunt considerate constante pentru toate ciclurile de observații ulterioare.

Mărimea vectorului L reprezentând distanța orizontală dintre verticalele punctelor de control P și Q , precum și orientarea lui sunt exprimate de formulele:

$$L = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}, \quad \theta_L = \arctg \frac{\Delta Y}{\Delta X} \quad (2.113)$$

După o perioadă de timp datorită unor cauze diferite, se produce o înclinare a construcției astfel încât punctul de control Q va ocupa poziția Q' . Din această cauză, în ciclul actual de observații unghiurile orizontale dintre direcțiile către punctele de control P și Q se vor modifica față de cele inițiale rezultând:

$$\begin{aligned} \Delta \alpha^{cc} &= \alpha_2 - \alpha, \\ \Delta \beta^{cc} &= \beta_2 - \beta \end{aligned} \quad (2.114)$$

Componentele pe cele două axe ale vectorului $Q_0Q_0'=l$, reprezentând mărimea înclinării construcției, produsă între cele două cicluri de observații, vor fi exprimate în funcție de diferențele unghiulare ale căror valori sunt suficient de mici, de formulele:

$$\begin{aligned} \delta x_1 &= X_{Q'} - X_Q = K_2 \delta \alpha_1^{cc} + L_2 \delta \beta_1^{cc} \\ \delta y_1 &= Y_{Q'} - Y_Q = -K_1 \delta \alpha_1^{cc} + L_1 \delta \beta_1^{cc} \end{aligned} \quad (2.115)$$

În același mod se procedează pentru determinarea înclinării construcției în toate ciclurile de observații.

Metoda dă posibilitatea determinării ciclice a înclinării construcțiilor înalte, pe baza unui calcul matematic precis și rapid, funcție directă de diferențele unghiulare $\delta \alpha_i^{cc}$ și $\delta \beta_i^{cc}$, rezultate din măsurarea pe teren a unghiurilor orizontale.

Lungimea bazei fixe b se va determina prin măsurare directă sau indirectă cu o precizie de 1:1000....1:5000. Deoarece influența fundamentală asupra preciziei rezultatelor o are precizia de măsurare a unghiurilor orizontale, se recomandă utilizarea unui instrument cu precizie ridicată de măsurare a unghiurilor, făcându-se două serii complete.

2.3.2. Determinarea înclinării coșurilor de fum

Se realizează prin compararea poziției centrului turnului de la diferite niveluri cu poziția centrului turnului la nivelul fundației. [25]

Pentru determinarea centrului turnului, la o distanță egală cu de 2-3 ori înălțimea turnului se vor materializa cu borne două stații S_1 și S_2 (fig.2.43) care vor forma cu coșul respectiv un unghi de 100° .

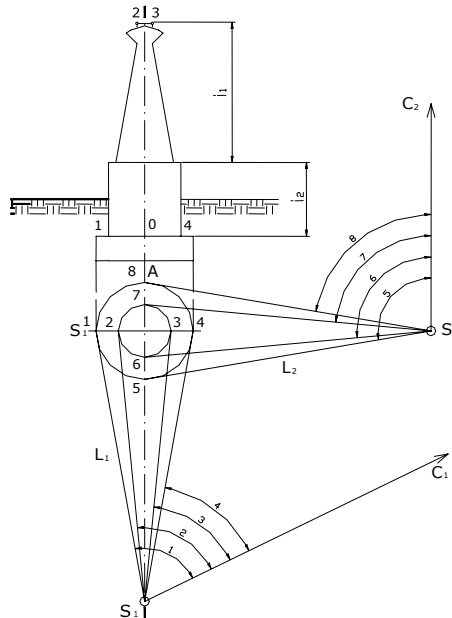


Fig.2.43. Determinarea înclinării coșurilor de fum

Din punctul S_1 se vor executa observații, în ambele poziții ale lunetei la punctele $C_1, 1, 2, 3, 4$, iar din punctul S_2 se vor efectua observații azimutale la punctele $C_2, 5, 6, 7, 8$.

Făcând media observațiilor la punctele 2, 3 și 6, 7 se va obține poziția axului coșului de fum la partea superioară, iar din media lecturilor la punctele 1, 4 respectiv 5, 8 se va obține poziția axului turnului la partea inferioară.

Din diferența poziției axului la partea superioară și inferioară, pe cele două direcții perpendiculare, se va obține abaterea unghiulară de la verticală a coșului de fum:

$$\alpha_1 = \frac{C_2 + C_3}{2} - \frac{C_1 + C_4}{2} \quad (2.116)$$

$$\alpha_2 = \frac{C_6 + C_7}{2} - \frac{C_5 + C_8}{2} \quad (2.117)$$

Pentru a afla mărimea deplasării liniare a centrului de sus vom utiliza următoarele relații:

$$q_1 = L_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{\alpha_1}{\rho} \cdot L_1 \quad (2.118)$$

$$q_2 = L_2 \times \operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{\alpha_2}{\rho} \times L_2 \quad (2.119)$$

$$Q = \pm \sqrt{q_1^2 + q_2^2} \quad (2.120)$$

în care:

q_1, q_2 - mărimea deplasării axei de sus, determinată din cele 2 stații;

L_1 și L_2 - distanțele de la instrument la centrul coșului de fum;

α_1 - diferența valorilor medii ale citirilor, la partea de sus (3-2) și de jos (1-4), efectuate la punctele marginale ale coșului din stația S_1 ;

α_2 - diferența valorilor medii ale citirilor, la partea de sus (6-7) și de jos (5-8), efectuate la punctele marginale ale coșului din stația S_2 .

Q - mărimea totală a înclinării coșului.

2.3.3. Metodă de determinare a înclinării construcțiilor înalte prin nivelment geometric de precizie

În cazul determinării înclinării construcțiilor cu formă cilindrică (genul coșurilor industriale) utilizând metoda nivelmentului geometric de precizie, pentru stabilirea relațiilor de calcul, se consideră un sistem rectangular de axe, a cărei origine coincide cu centrul construcției, iar axele absciselor și ordonatei coincid cu axele longitudinală și transversală.

Mărcile de tasare se fixează pe construcție, după axele de coordonate într-un singur plan orizontal. Numerotarea lor se începe de la poziția de capăt a axei absciselor, în sens direct acelor de ceasornic. Secțiunea construcției după suprafața de lucru a punctelor se numește secțiune de control. Pentru unul din cazurile generale de înclinare a construcției, poziția pe înălțime a punctelor se găsește în legătura $H_{III} < H_{II} < H_{IV} < H_I$.

Se consideră un punct M , în poziția cea mai înaltă și N , punct în poziția cea mai de jos a secțiunii de control. Diferența de nivel dintre aceste două puncte va reprezenta înclinarea maximă a secțiunii de control, iar direcția MN va constitui direcția înclinării maxime a întregii construcții.

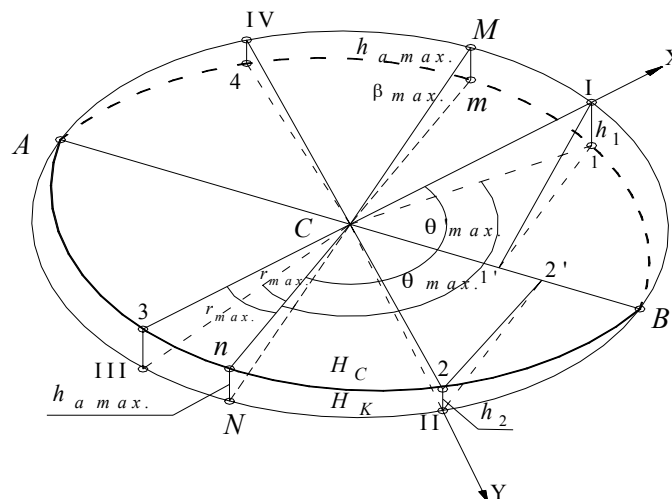


Fig.2.44. Reprezentarea înclinării pe direcțiile principale

Pe baza notațiilor din figură se pot scrie următoarele relații:

$$\frac{h_1}{h_{a\max}} = \frac{I1'}{MC}, \frac{h_2}{h_{a\max}} = \frac{II2'}{NC} \quad (2.121)$$

Conform relației de mai sus se pot scrie următoarele relații:

$$\frac{h_1}{h_{a\max}} = \cos r'_{\max}, \frac{h_2}{h_{a\max}} = \sin r'_{\max} \quad (2.122)$$

în care:

$$h_1 = H_C - H_I$$

$$h_2 = H_C - H_{II}$$

$h_{a\max}$ - diferența de nivel dintre punctele M și N ale secțiunii de control în raport cu planul proiecției H_C ;

r'_{\max} - unghiul direcției înclinării maxime a construcției în planul secțiunii de control;

Conform expresiilor de mai sus se observă că diferențele de nivel h_1 și h_2 corespund creșterilor de coordonate rectangulare ale liniei, a cărei lungime și unghi sunt egale cu $h_{a\max}$ și r'_{\max} .

Determinarea acestor elemente trebuie să ducă la rezolvarea problemei geodezice inverse. Prin raportul relațiilor de mai sus se obține valoarea expresiei $h_{a\max}$:

$$h_{a\max} = \sqrt{h_1^2 + h_2^2} \quad (2.123)$$

Pentru stabilirea schimbărilor mici ale direcției înclinării construcției, trebuie determinată proiecția orizontală θ_{\max} , a unghiului de direcție θ'_{\max} , după rezultatele observațiilor în diferite cicluri. Pe baza figurii prezentate se pot scrie relațiile:

$$\operatorname{tgr}_{\max} = \frac{C-1'}{1-1'} \quad (2.124)$$

în care: $C-1' = a \sin r'_{\max}$; $1-1' = \sqrt{a^2 - h_{a\max}^2}$

a - raza exterioară a secțiunii de control.

Ținând cont de raportul dintre h_2 și h_1 se poate exprima valoarea r_{\max} :

$$\operatorname{tgr}_{\max} = \frac{h_2}{h_1} \times \frac{a}{\sqrt{a^2 - h_{a\max}^2}} \quad (2.125)$$

în care: β_{\max} - mărimea unghiulară a înclinării maxime a construcției și este dată de relația:

$$\beta_{\max} = \arcsin \frac{h_{a\max}}{a} \quad (2.126)$$

Mărimea liniară totală a înclinării secțiunii de control, reprezentată de diferența de nivel dintre punctele de control M și N, va fi:

$$h_{d\max} = 2\sqrt{h_1^2 + h_2^2} \quad (2.127)$$

Mărimea liniară a înclinării maxime a construcției se calculează cu formula:

$$L_{\max} = \frac{H}{d} h_{d\max} \quad (2.128)$$

în care: H - înălțimea construcției deasupra secțiunii de control;

d - diametrul exterior al secțiunii de control.

Evaluarea preciziei privind determinarea înclinării construcțiilor înalte prin nivelment geometric are în vedere calculul unor indici de evaluare. Se diferențează relația înclinării maxime a construcției și se trece la erorile mediei pătratice, obținându-se:

$$m_{L_{\max}}^2 = \frac{H^2}{d^2} m_{h_{d_{\max}}}^2 \quad (2.129)$$

În același mod se procedează și cu expresia lui $h_{d_{\max}}$ și se obține:

$$m_{h_{d_{\max}}}^2 = \frac{2h_1^2}{h_1^2 + h_2^2} m_{h_1}^2 + \frac{2h_2^2}{h_1^2 + h_2^2} m_{h_2}^2 \quad (2.130)$$

Pentru determinarea înclinării construcției este suficientă cunoașterea pozițiilor relative pe înălțime a punctelor de control. Luându-se ca suprafață de lucru suprafața punctului I, ca bază pentru calculul cotelor tuturor punctelor de control și notându-se eroarea medie pătratică a diferenței de nivel pentru o singură stație cu m_h , se obține:

$$m_{h_I}^2 = 0, m_{h_{II}}^2 = m_h^2, m_{h_{III}}^2 = 2m_h^2, m_{h_{IV}}^2 = 3m_h^2 \quad (2.131)$$

Eroarea medie pătratică a înclinării construcției va fi exprimată de relația:

$$m_{L_{\max}} = \frac{\sqrt{2}H}{d} m_h \quad (2.132)$$

Trebuie menționat faptul, ca la încastrarea mărcilor de tasare pe construcție cu toate măsurile de precauție care se iau, suprafața lor de lucru nu se va găsi riguros pe același plan orizontal. De aceea, el trebuie redus prin calcul la planul orizontal, care trece prin suprafața de lucru a punctului I. În continuare, după fiecare ciclu de observații, trebuie introduse corecții în cotele convenționale ale punctelor de control II, III și IV.

2.3.4. Determinarea înclinărilor construcțiilor înalte prin măsurarea tasării fundației

Înclinarea construcțiilor înalte se poate determina și prin procedeul determinării tasării fundației prin metoda nivelmentului geometric, care se efectuează pe mărci de tasare, plantate pe fundația construcției pe direcții diametral opuse. Alegând un reper de nivelment RN în afara zonei de influență construcției și efectuând măsurători nivelitice asupra mărcilor de tasare la diferite perioade de timp se vor determina tasările fundației construcției respective.

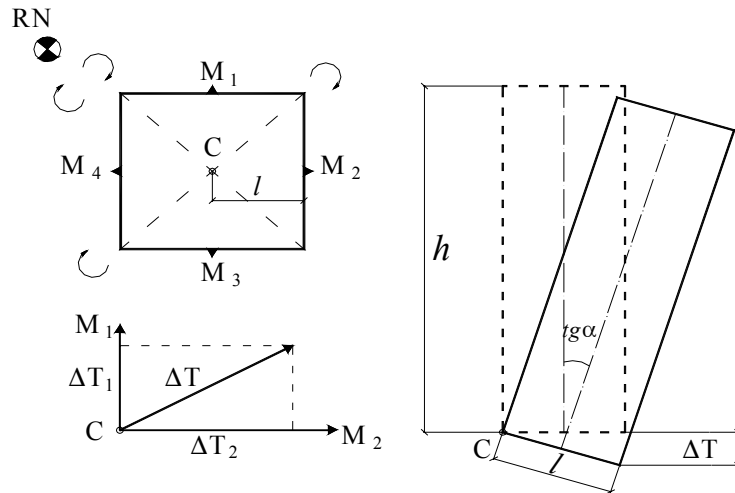


Fig.2.45. Măsurarea tasărilor fundației prin nivelment geometric

Făcându-se media tasărilor celor 4 mărci, rezultă tasarea centrului construcției C. Dacă tasările mărcilor M_1 , M_2 , M_3 și M_4 sunt uniforme, nu se poate vorbi de o înclinare a construcției. Dacă tasările sunt neuniforme ca mărime se poate determina înclinarea fundației, funcție de tasările centrului și a două mărci dispuse pe direcții perpendiculare.

Mărimea înclinării fundației rezultă din următoarea relație:

$$\Delta T = \sqrt{\Delta T_1^2 + \Delta T_2^2} \quad (2.133)$$

în care:

$$\Delta T_1 = T_C - T_{M_1} \quad (2.134)$$

$$\Delta T_2 = T_C - T_{M_2}$$

Mărimea înclinației tasărilor (q) a construcției la înălțimea h se determină cu relația:

$$q = \frac{\Delta T}{l} \times h \quad (2.135)$$

în care:

l – distanța orizontală între mărcile de tasare aflate pe direcția de înclinare a construcției;

h – înălțimea construcției.

În funcție de mărimile ΔT_1 și ΔT_2 se poate obține și direcția înclinării, care se stabilește în funcție de laturile construcției observate:

$$\operatorname{tga} = \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \quad (2.136)$$

În cazul determinării înclinărilor în raport cu tasările fundațiilor construcțiilor, eroarea în determinarea tasărilor nu trebuie să depășească $\pm 0,5 \dots 1,0$ mm, datorită faptului aceasta va influența în mod hotărâtor precizia de determinare a înclinărilor la partea superioară a construcției. Din acest motiv pentru construcții înalte de peste 50 m și cu suprafață mică a fundației, această metodă este recomandată a se utiliza doar pentru control.

2.4. Instrumente topo-geodezice moderne utilizate la urmărirea stabilității construcțiilor

Dezvoltarea științei și tehnicii din ultimele decenii ale secolului trecut nu au putut lăsa neafectat domeniul măsurătorilor terestre. Începând cu anul 1970, informatica și electronica prin dezvoltările pe care le-au suferit au transformat structural atât instrumentele cât și tehnologiile topografice.

Una din sarcinile de bază ale geodeziei și topografiei se concretizează în determinarea cu o precizie prestabilă a poziției diferitelor categorii de puncte, necesare rezolvării unor probleme speciale ale activității umane. Pentru rezolvarea cu succes a acestei sarcini, este necesară folosirea de către personalul de specialitate pregătit în mod corespunzător, a metodelor și aparaturii adecvate, pretabile pentru culegerea datelor și prelucrarea acestora.

Aplicabilitatea tehnicilor și măsurătorilor electronice prin unde se întâlnesc într-o gamă foarte mare de domenii, noile tehnologii răspunzând cerințelor impuse de calitate și preciziei conferite măsurătorilor efectuate după cum urmează:

- realizarea de măsuratori în condiții de laborator și cu caracter industrial: poziționare axe turbine, determinarea deformațiilor unor piese componente a utilajelor de exploatare;
- montarea liniilor tehnologice moderne de înaltă precizie;
- construcția și urmărirea centralelor nucleare;
- montarea agregatelor termoelectrice și hidroenergetice de mare putere;
- studii asupra alunecărilor de teren și deplasărilor tectonice ale scoarței terestre;
- cercetări geodezice asupra formei și dimensiunilor Pământului.

În completarea posibilităților de utilizare a tehnicii măsurătorilor inginerești, sunt de amintit principalele ramuri în care Sistemele de Măsurare în Industrie au un aport important, uneori decisiv, prin rapiditate și precizie:

Măsurarea obiectelor cu volum mare în construcția de turbine, centrale nucleare și reactoare

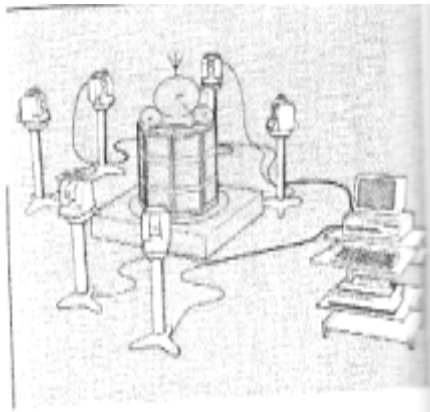


Fig.2.46. Măsurarea obiectelor cu volum mare în construcția de turbine, centrale nucleare și reactoare

Măsurarea obiectelor cu volum mare în construcția de avioane și vapoare



Fig.2.47. Măsurarea obiectelor cu volum mare în construcția de avioane și vapoare

Măsurători la determinarea deformațiilor, la încărcări de probă

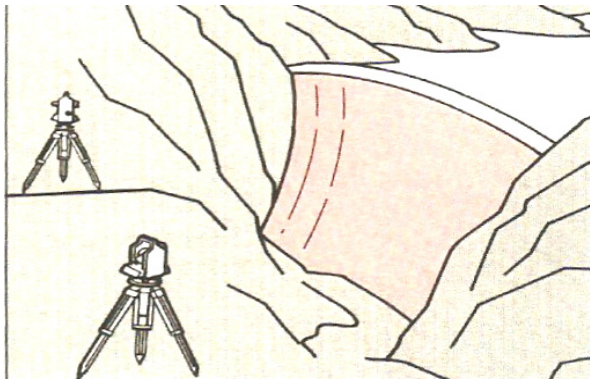


Fig.2.48. Determinarea deformațiilor, la încărcări de probă

Probleme specifice măsurătorilor inginerești: măsurători la turnuri de răcire, urmărirea barajelor, alunecări de teren, ecluze, cuptoare rotative, urmărirea comportării terenurilor și a construcțiilor, etc.;

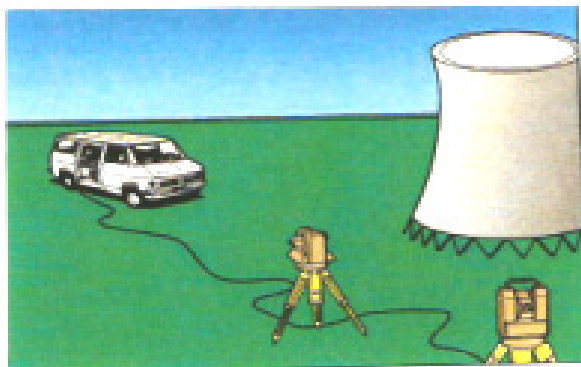


Fig.2.49. Măsurători la turnuri de răcire

Instrumentele moderne reprezentative, care au în structura lor importante componente electronice au fost introduse în practica topo-geodezică și sunt folosite azi în mod frecvent. Privite în general, distingem:

- aparatură modernă, electronică, ce asigură măsurarea și înregistrarea la comanda a elementelor topografice, majoritatea având încorporate și programe proprii pentru rezolvarea unor probleme curente direct în teren;
- aparatura clasică prin concepția constructivă și greoaie în exploatare, unele comparabile ca precizie cu cele electronice.

Aparatura electronică modernă cuprinde următoarele categorii, constituite conform unor obiective proprii și a intereselor de prezentare :

Stația totală ca instrument reprezentativ al topografiei moderne este un tahimetru cu structura și comenzi electronice.

Sunt instrumente cu aplicații multiple ce au următoarele trăsături generale:

- asigură o precizie ridicată și echivalentă în măsurarea și trasarea unghiurilor, de $\pm 2-10$ secunde și distanțelor , de $\pm 1-2$ cm/km;
- elimină apariția greșelilor personale, de măsurare și/sau înscriere a datelor în carnet , deoarece înregistrarea acestora se face automat; programele din memoria internă permit ca, pe baza măsurărilor să se obțină direct pe teren coordonatele punctelor, suprafața și rezolvarea unor probleme curente;
- tipurile și realizările sunt diferite , cu performanțe în funcție de precizia de măsurare, programele disponibile , autonomia de funcționare, posibilitatea lucrului fără prismă sau fără operator la aparat.



Fig.2.50. Stație totală

Stația totală este utilizată îndeosebi datorită randamentului , siguranței și preciziei superioare net tahimetrelor clasice.

Nivelmetrele digitale, numerice , de ultimă generație , asigură citirea și înregistrarea automată a înălțimii și a distanței pe stadia gradată în coduri de bare , elemente necesare nivelmentului geometric. Unele programe încorporate permit rezolvarea automată a anumitor probleme de ridicare și trasare a construcțiilor. Diferențierea acestor instrumente față de cele clasice și mai ales de cele compensatoare nu este atât de netă ca între tahimetre și stația totală, fiind dată doar de randament și comoditate în lucru.

Din punctul de vedere al preciziei sunt comparabile cu nivelmentrele compensatoare și unele modele sunt superioare efectiv.



Fig.2.51. Nivelă digitală

Sistemul de poziționare globală GPS (Global Positioning System), care permite determinarea directă a unui punct de pe suprafața terestră în funcție de înregistrările și măsurătorile asupra semnalelor recepționate simultan de la un grup de sateliți. Coordonatele spațiale ale punctului staționat rezultă printr-o retrointersecție liniară spațială având la bază distanțele deduse și coordonatele sateliților în momentul emisie, date de efemeride, în sistemul geocentric WGS84. Sistem GPS este folosit la poziționarea directă a rețelelor geodezice în funcție de distanțele satelit-receptor și poziția sateliților în momentul emiterii semnalelor, având la bază:

- observații simultane, pentru achiziționarea datelor de la cel puțin 4 sateliți în cadrul modului de calcul diferențial;
- procesarea datelor, la birou sau direct pe teren, rezultând direct coordonatele x, y, z în sistemul geocentric de referință WGS84;
- transcalcularea coordonatelor în sistemele naționale de referință.



Fig.2.52. Sistem GPS

Poziționarea în Sistemul GPS pentru realizarea rețelelor geodezice presupune determinări relative cu două receptoare, dintre care unul staționează într-un punct vechi, de coordonate cunoscute, iar altul într-un punct nou, urmărit. Condiția de bază a modului de lucru diferențial, utilizat la determinările geodezice cere ca în cele două puncte să se recepționeze simultan semnale de la aceiași 4 sateliți cel puțin. Cu cât numărul acestora crește, cu atât precizia devine mai bună.

Stațiile GPS permanente sunt de fapt receptoare GPS amplasate pe puncte de ordin superior ale rețelei geodezice naționale sau internaționale, care asigură zi și noapte culegerea, prelucrarea și difuzarea datelor sosite de la sateliți.

Comparativ cu metodele clasice sistemul asigură o precizie centimetrică uneori milimetrică în plan și ceva mai slabă pe cote. În plus mai apar și alte

avantaje privind restricțiile reduse la amplasarea punctelor, fără condiții de vizibilitate și semnale topografice, cu observații din orice perioadă din zi.

Sistemul mixt stație totală + GPS este un produs revoluționar bazat pe cele mai moderne tehnologii și care oferă următoarele posibilități:

- poziționarea punctelor GPS, în modul absolut și/sau relativ, inclusiv prin procedeul diferențial cinematic RTK;
- conectarea la o stație de referință din zona sau, în lipsă, prin determinarea unei stații proprii, cu un receptor și un soft specific;
- achiziționarea rapidă a datelor, procesarea lor în timp real, furnizând coordonatele direct pe teren, care pot fi apoi folosite în continuare pentru ridicări cu stația totală;
- precizia de poziționare GPS ridicată, care pentru baze de până la 50 km lungime, în general, de $\pm (10\text{mm}+1\text{ppm})D$ în plan și $\pm (20\text{mm}+1\text{ppm})D$ în înălțime furnizate în datumul geodezic WGS84.

În concluzie sistemul mixt stație totală – GPS este o realizare modernă, performantă, care încorporează tehnologii de vârf.



Fig.2.53. SmartStation

Aparate topografice cu laser. Tehnologia laser are ca rezultat producerea unui fascicul de lumină coerentă, care se dispersează puțin, chiar la distanțe mari, de ordinul sutelor de metri.

În domeniul măsurătorilor terestre tehnologia laser este ideală pentru materializarea unui punct, a unui aliniament sau a unui plan orizontal sau înclinat prin echiparea lunetei unui teodolit cu un ocular laser având fasciculul focalizat în planul reticul.

Scanere 3D cu laser. În principiu acestea sunt instrumente topografice capabile să emită spre o anumită zonă radiații laser, să le recepționeze și să reconstituie punct cu punct detaliile de pe suprafața vizată, datorită tehnicii speciale de înaltă rezoluție.

Precizia de poziționare a punctelor imagine, definite în sistemul de referință al stației prin coordonate spațiale x, y, z este acreditată la $\pm 6\text{mm}/50\text{m}$, având în vedere faptul că la aceasta distanță spotul laser își menține diametrul punctiform de 6 mm.

În prezent, nu există o procedură standard pentru a planifica ședința de scanare laser terestră. Cu toate acestea, conform comunității de utilizatori ai scanării laser, planificarea studiului ar trebui cel puțin să conțină următoarele etape (vezi fig.2.55):

- Determinarea scopurilor și a obiectivelor;
- Analizarea zonei care urmează să fie supravegheată;
- Determinarea tehnicilor și echipamentelor de măsurare;
- Managementul informațional.

Utilizând un scanner laser pentru a înregistra o construcție nu înseamnă doar a apăsa pe un buton și a aștepta zidurile să apară. Aceasta necesită cunoștințe temeinice cu privire la echipamente și la procesul de scanare. Unii dintre pașii procesului de scanare sunt automatizați în timp ce alții solicită muncă intensivă. Este important a se lua în considerare faptul că scanerile din noua generație, bazate pe fază, au o viteză mare de scanare la o rezoluție foarte înaltă iar procesul de măsurare durează 5 - 10 de minute .



Fig.2.54. Scanner 3D laser

Avantajele scanării laser terestre sunt :

- viteză mare de măsurare
- precizie încadrată de regulă între 5 - 20 mm
- grad mare de automatizare a procesării
- măsurători fără contact direct
- posibilitatea de măsurare în condiții inaccesibile sau periculoase
- eliminarea erorilor care pot apărea prin metodele clasice
- costuri optime.

Scanarea laser este o tehnica foarte dezvoltată, dar nu este întotdeauna cea mai eficientă soluție pentru fiecare problemă. Uneori este mult mai ușor și mai eficient în materie de timp să se utilizeze o altă tehnică de înregistrare. Posibilele motive pentru a alege scanarea laser sunt:

- Structura suprafeței foarte complexă (forme organice);
- Se cere rezultat 3D;
- Se cer măsurători de suprafață în loc de măsurători pe fiecare punct;
- Înregistrările de date pot fi folosite de o echipă multidisciplinară în diferite scopuri;
- Arhivarea fără cunoștințe apriorice în vederea utilizării ulterioare;
- Restricții de acces etc.



Fig.2.55. Laser scanner terestru

Domeniul de utilizare a scanerelor se extinde până la 300 m pentru zonele cu suprafețe netede. Instrumentul lucrează și pe lumină dar și pe întuneric și are aplicații imediate în construcții, arhitectură, restaurări interioare și fațade, tuneluri ș.a. Pentru aceste aplicații, tehnica HDS se dovedește a fi cea mai bună posibilă pentru achiziționarea cu acuratețe a imaginii, crearea rapidă a modelului spațial, analiza și vizualizare ușoară a informațiilor din teren.

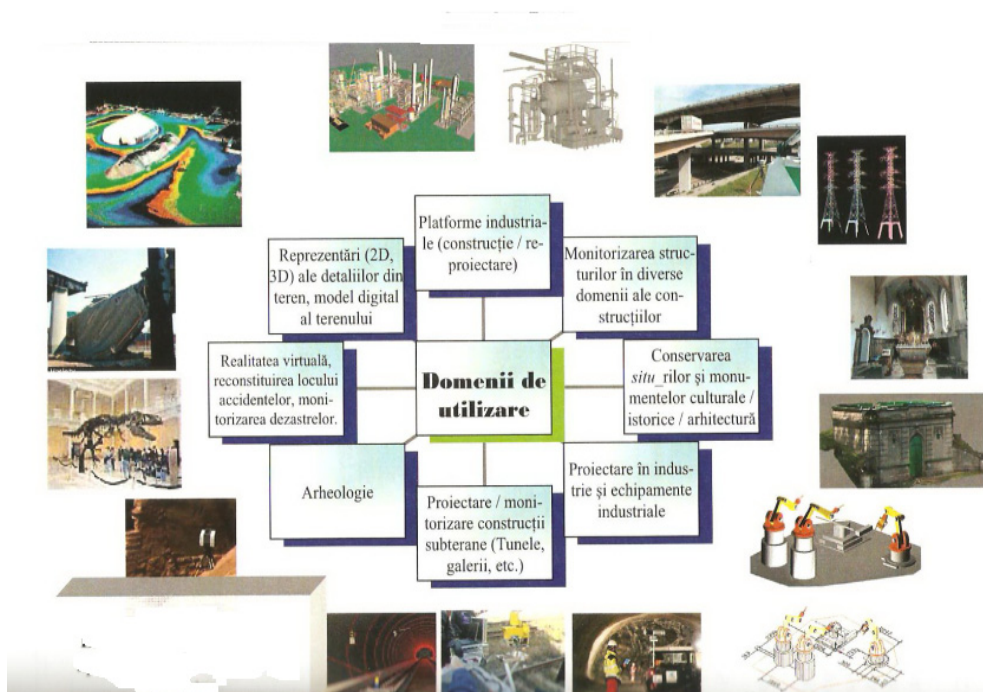


Fig.2.56. Exemple ale principalelor aplicații ale Scanării Laser Terestre

Tehnica senzorilor este totalitatea unităților Hard și software de prelucrare, pentru descrierea uneia sau mai multor combinații de mărimi măsurate prin semnale automate. Actualmente există o gamă largă de oferte de senzori care sunt utilizați la sistemele de măsurare inginerești (senzori de elongații, senzori de înclinări, senzori de temperatură, senzori de presiuni, senzori optoelectronici). Dispozitivele de transformare a semnalelor, care intervin în tehnica măsurătorilor se găsesc în literatura de specialitate sub denumirea de traductori de deplasări sau dispozitiv inregistrator de deplasări. Adaptarea acestora problemele puse de tehnica măsurătorilor se poate face prin accesorii constructive și circuite tehnice.

Cu utilizări tipice în domeniul tehnicii măsurătorilor sunt de menționat următorii senzori, respectiv traductori: benzi de măsurare a întinderilor, traductori inductivi, traductori capacitivi, traductori cu coardă oscilantă, nivele electronice (senzori pentru inclinari), senzori optoelectronici.



Fig.2.57. Senzor de urmărire

Aceste mijloace tehnice au definit în mod concret metodele de culegere și prelucrare a datelor. Posibilitățile concrete de prelucrare a datelor au influențat în mod hotărâtor metodele de culegere a datelor.

Problema determinării poziției punctelor, concretizată prin lucrări de teren (culegerea datelor) și lucrări de birou (prelucrarea datelor) este privită ca un proces unitar, având un singur scop final: obținerea coordonatelor punctelor, cu precizia necesară, impusă de standardele în vigoare. Utilizarea tuturor factorilor ce contribuie la îmbunătățirea calitativă a rezultatelor lucrărilor de teren și de birou este o cerință și totodată o posibilitate actuală, având la dispoziție un sistem computerizat de procesare. Astfel, se creează acces la următoarele facilități:

- folosirea datelor culese cu stații totale (tahimetre electronice) sau aparate tradiționale, stocate în fișiere aferente stației totale sau de tip ASCII;

- identificarea automată a modului de calcul al coordonatelor provizorii, prin intersecții (înainte, înapoi) , drumuri (sprijinite la capete sau închise) și radieri;
- alegerea succesiunilor prelucrării prin gruparea pe nivele a datelor aferente unor puncte de precizie diferită;
- setarea parametrilor de prelucrare în funcție de standardele concrete de respectat;
- urmărirea procesului de prelucrare în mod interactiv prin interpretarea mesajelor;
- modificarea operativă a datelor prin intermediul editorului interactiv;
- valorificarea rezultatelor prelucrării prin export, în vederea folosirii acestora, ca date inițiale pentru realizarea diferitelor produse, folosind alte sisteme de programe.

În general un sistem computerizat de procesare reprezintă un sistem complex de proiectări civile, compus din mai multe module, orientate către rezolvarea problemelor concrete, diversificate ale activității topo-geodezice.

3.POSIBILITĂȚI DE URMĂRIRE A STABILITĂȚII CONSTRUCȚIILOR

3.1. Aspecte generale și importanța erorilor de măsurare în procesul de urmărire a stabilității construcțiilor

Operația de măsurare reprezintă un proces experimental de obținere a informației sub forma unui raport numeric, între valoarea mărimii fizice măsurate și valoarea unei alte mărimi de același gen drept unitate de măsură.

Orice măsurătoare este afectată de erori, deoarece instrumentele, metodele și observațiile făcute de om sunt imperfecte. De aceea, valoarea reală (adevărată) a unei mărimi nu poate fi niciodată determinată prin măsurători.[5]

Cauzele care produc erorile în măsurătorile topografice sunt :

- imperfecțiunea instrumentelor de măsurare;
- metoda aplicată nu corespunde scopului și preciziei propuse;
- condiții climatice nefavorabile;
- alte cauze necunoscute.

În general, în practică se lucrează cu valoarea cea mai apropiată de valoarea reală numită valoarea cea mai probabilă.

Informațiile, care constituie baza concretă de date necesară rezolvării problemelor topografice, geodezice, fotogrammetrice și cartografice, rezultă din observațiile de măsurare efectuate asupra unor mărimi cu care se lucrează frecvent, adică lungimi și unghiuri. Calitatea acestor informații este funcție directă de volumul observațiilor și precizia aparatelor și instrumentelor de măsurat.

Pornind așadar, de la scopul pentru care sunt efectuate măsurătorile se impune să se stabilească valorile corespunzătoare ca mărime și precizie, luând în considerare aspectul economic referitor la volumul strict necesar al observațiilor.

Se știe că o mărime măsurată de mai multe ori furnizează de fiecare dată o altă valoare chiar dacă măsurătorile se desfășoară în aceleași condiții, de către același operator și cu instrumente de aceeași precizie.Cauza acestor nepotriviri se datorează erorilor care afectează întotdeauna o măsurătoare, făcând ca valoarea adevărată a mărimii măsurate ne putând fi cunoscută niciodată.

Practic, neputând fi determinată valoarea adevărată a mărimii măsurate se urmărește determinarea unei valori cât mai apropiate de cea adevărată într-un grad cât mai mare în funcție de scopul pentru care se execută măsurătorile. [5]

Ca urmare, prelucrarea măsurătorilor efectuate asupra unei mărimi, urmărește obținerea celei mai bune valori a acesteia și a diferenței maxime dintre valoarea determinată și valoarea adevărată.

Urmărirea comportării în timp a construcțiilor prin mijloace topografice, ca un ansamblu de lucrări inginerești care presupune efectuarea de observații specifice asupra unor mărimi, în baza cărora să poată fi evaluate prin calcul alte mărimi care pot caracteriza într-o măsură foarte mare comportamentul unei construcții într-un interval de timp.

Informațiile ce constituie baza concretă de date necesară rezolvării acestor probleme provin din observațiile de măsurare efectuate în principal asupra

unghiurilor și distanțelor. Calitatea informațiilor obținute din măsurători este funcție directă de volumul observațiilor și precizia aparatelor și instrumentelor de măsurat.

Valorile în general mici și foarte mici ale modificărilor suferite de construcțiile luate în studiu fac ca măsurarea lor să constituie o operație din cele mai dificile. În aceeași măsură nivelul de veridicitate al rezultatelor depinde de calitatea observațiilor și de modul de abordare și prelucrare a erorilor de măsurare specifice sau altfel spus de precizia de lucru.

Teoria prelucrării măsurătorilor topo-geodezice sau teoria erorilor de măsurare intervine cu succes și rezolvă favorabil aceste aspecte. Teoria erorilor de măsurare, prezintă o importanță deosebită pentru practica măsurătorilor terestre, datorită numărului mare de observații ce trebuie executate, prelucrate și compensate în vederea obținerii valorilor lor cele mai probabile, ca și pentru evaluarea cât mai corectă și mai completă a preciziei.

Precizia de măsurare depinde de destinația și de structura construcției însăși. Necesitatea respectării acestor condiții duce de obicei la cerința ca erorile măsurătorilor să fie de cel puțin zece ori mai mici decât deformațiile care pot conduce la distrugerea integrității construcției.

În practică se obișnuiește să se determine, de exemplu poziția orizontală a mărcilor de observație de pe construcțiile executate pe teren stâncos, în funcție de punctele de referință, cu o eroare medie pătratică, care să nu depășească $\pm 1,5mm$. Pentru construcțiile executate pe teren puțin compresibil (modulul de elasticitate $E \geq 200 \text{ kg/cm}^2$) determinarea deplasărilor să se facă cu o eroare medie pătratică de maximum $\pm 2-3mm$. La construcții executate cu compresibilitate mare ($E < 75 \text{ kg/cm}^2$) determinarea deplasărilor să se facă cu o eroare medie pătratică de cel mult $\pm 5-7mm$.

Precizia prevăzută în normativele de măsurare a deplasărilor orizontale și verticale ale construcțiilor masive este în general, este cuprinsă în limitele de $\pm 5mm$.

Analizând una din cele mai importante și frecvente deplasări la construcții, tasarea, precizia de măsurare a acesteia se stabilește independent pentru fiecare caz în parte în funcție de sensibilitatea construcției față de eventualele tasări inegale, în funcție de caracteristicile structurii pământurilor din terenul amplasamentului fundației, în funcție de condițiile concrete în care se vor efectua măsurătorile și în funcție de viteza de evoluție a deformațiilor. Astfel, în cazul unei evoluții rapide a deformației este necesar un grad mai înalt de precizie, pentru a putea stabili relativ și în mod sigur mărimea și legitatea desfășurării procesului de deformare.

În cazul unor observații efectuate la intervale mari, cerințele față de precizia de măsurare pot fi puțin mai reduse, deoarece mărimea deformației (deplasării) într-un interval de timp relativ mai mare este mai ușor sesizabilă. Atunci se fac măsurători asupra tasărilor unor construcții izolate și mai mari, care transmit fundațiilor presiuni importante, sau atunci când se fac măsurători pentru stabilirea vitezelor de tasare, este necesar ca aceste măsurători să se realizeze cu maximum de precizie posibilă.

În cazul când precizia necesară se stabilește în funcție de neuniformitatea tasărilor, trebuiesc determinate valorile limită ale acestora.

3.1.1. Clasificarea măsurătorilor

Criteriile de clasificare ale măsurătorilor sunt:

1. *După modul de prezentare a măsurătorilor efectuate* pentru a deduce valorile mărimilor ce ne interesează avem:

- **măsurători directe**, se caracterizează prin aceea că observațiile sunt efectuate direct asupra mărimii care ne interesează.

Exemple de măsurători directe :

- măsurarea unei lungimi cu ruleta;
- măsurarea unui unghi cu teodolitul;
- măsurarea unei baze de triangulație cu firul de invar;
- măsurarea unei înălțimi.

Măsurătorile condiționate reprezintă un caz particular de măsurători directe și anume cazul în care mărimile măsurate direct sunt mărimi independente și sunt legate prin anumite relații de condiție.

- **măsurători indirecte**, se caracterizează prin aceea că observațiile nu sunt efectuate direct asupra mărimii care ne interesează ci asupra altor mărimi. Mărimile care ne interesează se determină prin prelucrarea observațiilor măsurate direct pe baza unor metode de calcul.

Exemple de măsurători indirecte:

- determinarea coordonatelor punctelor geodezice folosind distanțe sau direcții măsurate;
- determinarea cotelor punctelor de nivelment folosind diferențele de nivel măsurate;
- determinarea elementelor elipsoidului de rotație pământesc (semiaxele și turtirea), prin măsurarea lungimilor de arc de meridian și de paralel.

2. *După condițiile de precizie* avem:

Măsurători de aceeași precizie – se caracterizează prin faptul că observațiile sunt efectuate cu aceleași instrumente, în aceleași condiții de mediu, prin aceeași metodă de lucru și de către același operator, deci altfel spus au același grad de încredere;

Măsurători de precizii diferite sau ponderate – sunt acele măsurători care se efectuează în condiții de lucru diferite sau cu instrumente diferite, deci nu le mai putem acorda același grad de încredere .

3. *După legătura dintre ele* întâlnim:

Măsurători corelate sau dependente- dacă, condițiile în care se efectuează măsurătorile influențează total sau parțial rezultatul altor măsurători. Corelația sau dependența statistică existentă între măsurătorile inițiale, se exprimă cu ajutorul unui coeficient de corelație.

Măsurători independente statistic- sunt acelea care nu se influențează reciproc. Analizând riguros procesele de măsurare, se poate concluziona că, nu există măsurători independente.

3.1.2. Clasificarea erorilor de măsurare

Putem defini eroarea ca diferență algebrică pozitivă sau negativă dintre valoarea măsurată M și valoarea reală X a unei mărimi fizice.

$$e = M - X$$

Erorile care acționează întotdeauna asupra măsurătorilor efectuate asupra unei mărimi sunt complexe, iar o analiză a acestora impune individualizarea lor după anumite criterii.

Clasificarea erorilor se face după cum urmează:

- După cauzele lor avem :
 - *erori inevitabile* – sunt erori mici care se produc din următoarele cauze : imprecizia aparatelor, sau a metodelor de folosire a acestora (erori instrumentale); erori ale operatorului care efectuează măsurătorile (erori personale) și influența mediului înconjurător în timpul operației de măsurare.
 - *erori grosolane* – sunt erori mari ce trebuie eliminate din calculul valorii probabile a mărimii măsurate. Aceste erori pot fi evitate printr-o atenție sporită în timpul procesului de măsurare.
- După modul lor de acționare întâlnim:
 - *erori sistematice*- care apar datorită unor cauze permanente și acționează într-un mod constant sau după legi în general cunoscute. Erorile sistematice sunt erori controlabile ale aparatelor de măsurat, ale metodelor de măsurare, precum și ale influențelor mediului în care se produc. Au același sens de propagare, deci au același semn algebric.
Un exemplu de eroare sistematică este eroarea ce afectează măsurarea unei distanțe cu un instrument (ruletă sau panglică de oțel) a cărui lungime este alta decât cea stabilită la etalonare.
 - *erorile accidentale sau întâmplătoare* - se produc la întâmplare din cauze multiple și necunoscute și cu efecte necunoscute. Caracteristic acestor erori este că ele se produc în ambele sensuri, cu semnul + și -, și că valorile lor sunt variabile. Erorile întâmplătoare pot fi diminuate prin efectuarea mai multor măsurători.
Un exemplu de erori întâmplătoare îl constituie cele care afectează observațiile efectuate asupra unei direcții materializată cu un teodolit prin vizarea repetată a unui semnal geodezic.

În teoria erorilor se consideră că măsurătorile au fost corectate de toate celelalte erori și sunt afectate numai de erori întâmplătoare.

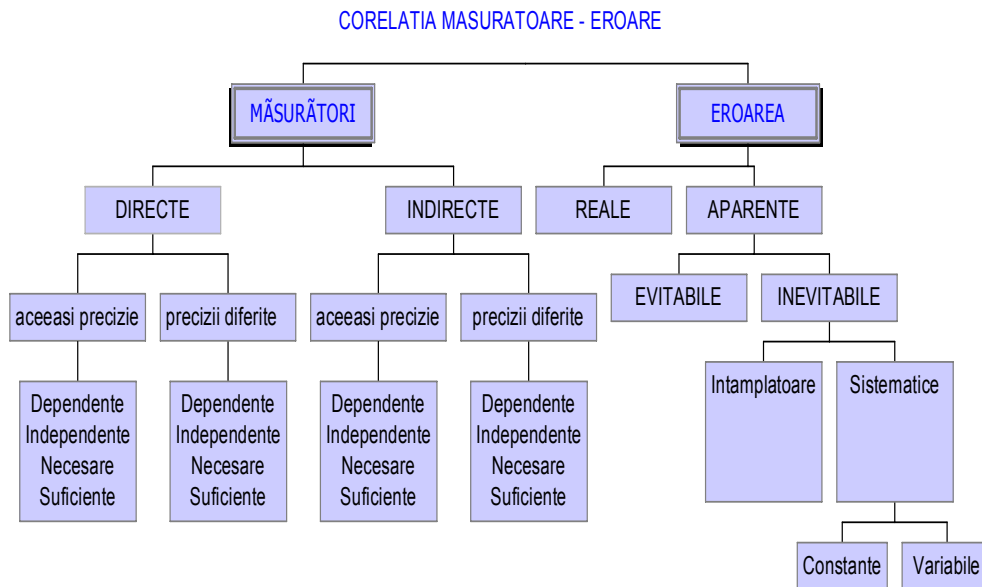


Fig. 3.1. Corelația măsurătoare – eroare [21]

3.1.3. Concepte statistice în prelucrarea măsurătorilor

Se definește noțiunea de probabilitate matematică a unei întâmplări, raportul dintre numărul cazurilor favorabile și numărul cazurilor posibile producerii aceleiași întâmplări sau:

$$p = \frac{\text{nr.cazurifavorabile}}{\text{nr.cazuriposibile}} \quad (3.1)$$

Dacă numărul cazurilor favorabile este mai mic decât numărul celor posibile avem de-a face cu o probabilitate simplă. Dacă numărul de cazuri favorabile este egal cu numărul de cazuri posibile, avem o certitudine matematică sau probabilitate maximă. Probabilitatea minimă va fi atunci când numărul de cazuri favorabile este egal cu zero. În această situație putem afirma că este vorba de o incertitudine matematică.

Obiectivul cercetării statistice îl constituie o mulțime de elemente având caracteristici comune, mulțime numită *populație statistică*.

O submulțime a acesteia, asupra căreia se fac analizele statistice reprezintă *selecția*. Datele măsurate într-o selecție permit să se stabilească o *estimație* a caracteristicii studiate, adică o valoare nici absolut exactă, nici absolut sigură, ci doar "foarte probabilă".

Elementele unei mulțimi statistice pot fi caracterizate printr-o serie de indicatori cantitativi și calitativi. Numărul acestor indicatori trebuie judicios ales, pentru că un număr prea mic, generalizează prea mult fenomenul ales, iar un număr prea mare complică mult calculele.

În urma unor măsurători repetate asupra unei caracteristici se obțin valori diferite ale acesteia datorită caracterului întâmplător (aleator) pe care îl are caracteristica respectivă în cadrul populației.

Pentru studiul matematic al fenomenelor cu caracter întâmplător, se introduce noțiunea de *variabilă aleatoare*, adică o variabilă care în cadrul unei experiențe poate primi oricare dintre valorile posibile, specifice experienței respective. Variabilele aleatoare pot fi *discrete*, adică pot lua doar anumite valori, sau *continue*, adică pot lua orice valoare într-un interval finit sau infinit (de exemplu, rezultatul măsurării unei lungimi).

3.1.3.1. Repartiții de frecvențe

Diferitele valori ale caracteristicii măsurate au frecvențe diferite, adică unele apar de mai multe ori decât altele. Pentru a putea compara selecții de volume diferite, se folosește noțiunea de frecvență relativă, adică raportul dintre numărul de apariții ale unei valori și numărul total de măsurători.

Fie x o variabilă aleatoare și x_1, x_2, \dots, x_n valorile pe care le poate lua aceasta, cu frecvențele relative f_1, f_2, \dots, f_n .

Mulțimea perechilor ordonate $(x_i, f_i), i=1, 2, \dots, n$ definește repartiția variabilei aleatoare x .

Dacă notăm cu F_i frecvența absolută a valorii x_i și cu N numărul total de măsurători (valoarea x_i apare de F_i ori în N experimente repetate), rezultă:

$$f_i = \frac{F_i}{N} \quad (3.2)$$

În cazul populațiilor discrete finite, probabilitatea unui eveniment este egală cu numărul cazurilor favorabile raportat la numărul total al cazurilor posibile.

În cazul unei variabile aleatoare continue, probabilitatea că aceasta să ia o anumită valoare este zero, deoarece numărul total de cazuri posibile este infinit.

3.1.3.2. Repartiția empirică a erorilor întâmplătoare

Deoarece colectivitatea generală include în sine o infinitate de măsurători, singura metodă eficientă de analiză a caracteristicilor mărimii fizice supuse măsurătorii este metoda selecției care constă în următoarele:

➤ Efectuându-se un număr de N măsurători asupra mărimii fizice x , se obțin rezultatele x_1, x_2, \dots, x_n . Gruparea acestor rezultate în funcție de valoarea caracteristicilor comune furnizează informații prețioase despre valoarea adevărată a mărimii fizice măsurate. Numărul de măsurători cu aceeași valoare a caracteristicii definește frecvența absolută, iar suma frecvențelor absolute pentru toate grupele studiate formează volumul selecției.

➤ De regulă, pentru a obține o precizie cât mai bună, asupra mărimii fizice considerate se execută mai multe serii de măsurători sau, mai multe selecții. Variațiile rezultatelor de la o selecție la alta se numesc fluctuații de selecție și formează obiectul prelucrării statistice a măsurătorilor.

➤ Deoarece sub forma lor brută rezultatele obținute din măsurători constituie o mulțime dezordonată de valori, pentru o mai ușură interpretare, acestea se reprezintă grafic. Există mai multe metode de reprezentare grafică a rezultatelor obținute din măsurători. Printre acestea se pot menționa histograma și poligonul de frecvențe. Pentru oricare din acestea, intervalul de variație a rezultatelor se împarte în intervale elementare de aceeași lungime, înregistrând numărul de valori corespunzătoare pentru fiecare astfel de interval. Pentru N rezultate obținute din măsurători se calculează diferența dintre termenul maxim și cel minim. Lungimea intervalului de grupare d se calculează cu ajutorul formulei lui Sturges :

$$d = \frac{\Delta_{\max} - \Delta_{\min}}{1 + 3.22 \lg N} \quad (3.3)$$

Deoarece în marea majoritate a cazurilor lungimea intervalului d este un număr zecimal, acesta se rotunjește la un număr întreg care se apropie cel mai mult de valoarea găsită.

3.1.3.3. Histograma

O formă des utilizată pentru reprezentarea grafică a repartiției frecvenței este histograma, care se construiește astfel:

- se grupează valorile variabilei în intervale (clase, (Δ_i, Δ_{i+1}));
- se înscriu pe abscisă limitele claselor și pe ordonată frecvențele (absolute sau relative) acestora (numărul de valori cuprinse în fiecare clasă);
- pentru fiecare înălțime se trece frecvența clasei.

Dacă F_i este frecvența absolută a clasei (Δ_i, Δ_{i+1}) , atunci repartiția acestor frecvențe poate fi reprezentată într-un sistem de axe rectangulare, în care un dreptunghi are ca bază clasa (Δ_i, Δ_{i+1}) , iar aria este proporțională cu frecvența absolută F_i . Dacă ariile dreptunghiurilor elementare sunt egale cu frecvențele relative, atunci aria totală a histogramei este egală cu unitatea.

În cazul în care frecvențele absolute sunt prea mari și deci incomod de reprezentat grafic, se trece la frecvențe relative care se calculează cu ajutorul relației :

$$f_i = \frac{F_i}{N} \quad (3.4)$$

$f(x)$ clasa (Δ_i, Δ_{i+1})

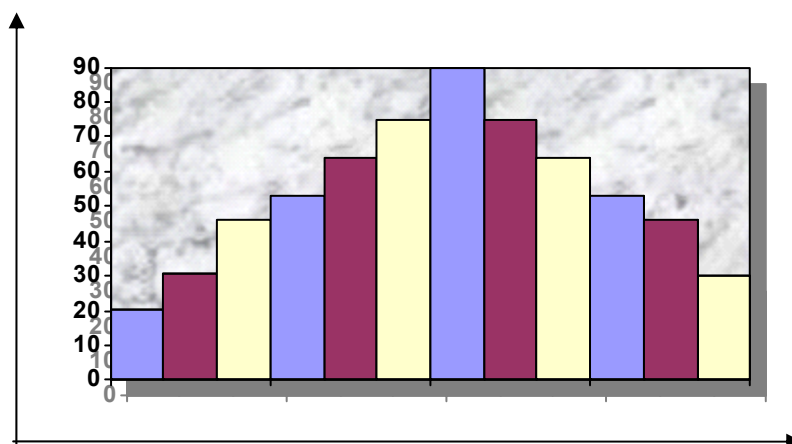


Fig. 3.2. Reprezentarea sub forma histogramei

În anumite situații, când intervalele (Δ_i, Δ_{i+1}) sunt mici și numeroase, histograma poate fi înlocuită cu o curbă de frecvență, care se trasează în așa fel încât porțiunile din dreptunghiurile elementare rămase în afara curbei să se compenseze cu cele cuprinse sub curbă, dar care se află în exteriorul histogramei.

3.1.4. Importanța teoriei erorilor de măsurare

Informațiile, care constituie baza concretă de date necesară rezolvării problemelor geodezice, fotogrammetrice și topografice, provin din observațiile efectuate asupra unor mărimi cu care se lucrează frecvent și care, în principal, sunt reprezentate de măsurătorile de unghiuri și distanțe. Calitatea informațiilor obținute din aceste măsurători este funcție directă de volumul observațiilor și de precizia instrumentelor de măsurat.

Se impune așadar, ca pornind de la scopul pentru care sunt efectuate măsurătorile să se stabilească valorile corespunzătoare ca mărime și precizie, luând în considerare aspectul economic referitor la volumul strict necesar și suficient al observațiilor care se impun. Teoria erorilor de măsurare sau teoria prelucrării măsurătorilor topo-geodezice intervine cu succes și rezolvă favorabil aceste aspecte.

Teoria erorilor de măsurare prezintă o importanță deosebită pentru practica măsurătorilor terestre, datorită volumului impresionant de observații ce trebuie executate, prelucrate și compensate în vederea obținerii valorilor lor celor mai probabile, ca și pentru evaluarea cât mai corectă și mai completă a preciziei. [5]

Cunoscându-se cât mai exact mărimile erorilor medii ale fiecărui argument măsurabil în parte, se poate determina eroarea medie a unei funcții de aceste argumente. În acest fel, se poate rezolva problema inversă a erorilor de măsurare, în cadrul căreia, față de o eroare maximă impusă apriori unei funcții ce urmează a se determina, se va stabili încă din faza de proiect, care trebuie să fie erorile maxime cu care se vor măsura pe teren argumentele componente. Aceasta oferă posibilitatea stabilirii preciziei optime de măsurare, cu avantaje economice importante. Astfel, la realizarea unei rețele de triangulație, necesară măsurătorilor topografice, a unei rețele de microtriangulație, necesară pentru urmărirea comportării unei construcții, studiul preciziei de determinare a poziției punctelor

rețelei se face încă din faza de proiectare, funcție de configurația rețelei și de precizia cu care se vor executa măsurătorile pe teren. Acest studiu va urmări ca erorile în poziția punctelor, să se încadreze în toleranțele impuse anticipat. La sfârșit, prin compararea erorilor post-compensate cu erorile stabilite anticipat, se va putea aprecia corectitudinea studiului realizat.

Studiul erorilor de măsurare prezintă o importanță cu totul deosebită în acele domenii ale măsurătorilor terestre (geodezie, fotogrammetrie, și topografie aplicată în construcții), în care exigențele impuse în privința preciziei sunt deosebit de ridicate. Se subliniază faptul că de fiecare dată în practica măsurătorilor terestre trebuie avută în vedere precizia optimă necesară. Aceasta deoarece o precizie exagerată produce cheltuieli inutile de forță de muncă, de mijloace materiale și de timp, iar o precizie insuficientă duce la o calitate slabă a rezultatelor obținute din măsurători.

Introducerea automatizării în prelucrarea observațiilor constituie un salt calitativ important, cu consecințe remarcabile și în domeniul măsurătorilor terestre, ca și în studiul erorilor de măsurare.

Teoria matematică a informației formulează legile generale ale comenzii, controlului și comunicațiilor și stabilește principiile de codificare, prelucrare, păstrare și transmitere a informației, asociindu-se cu tehnica de calcul automat. Această nouă direcție constituie o etapă superioară în dezvoltarea metodelor de prelucrare a rezultatelor obținute din măsurători.

3.2. Compensarea rețelelor de microtriangulație prin măsurători indirecte

Se numesc măsurători indirecte, acelea în care valorile mărimilor de măsurat se deduc prin calcule, din valorile mărimilor de măsurat se deduc prin calcule, din valorile unor mărimi măsurate direct, acestea fiind funcțional dependente între ele. [5]

Fie $M_1^0, M_2^0, \dots, M_n^0$, valorile medii ale unor mărimi determinate direct și X_1, X_2, \dots, X_h mărimile ce urmează a fi determinate indirect.

Presupunem că între mărimile fizice măsurate direct și mărimile de determinat, există următoarea relație:

$$M_i^0 + v_i = F_i(X_1, X_2, \dots, X_h), \quad i=1, 2, \dots, n \quad (3.5)$$

Pentru a măriți precizia cât și pentru depistarea eventualelor greșeli se consideră întotdeauna $n > h$.

Problema care se pune este ca din sistemul (3.5) să se deducă cele mai bune valori pentru X_1, X_2, \dots, X_h . Dacă mărimile măsurate direct M_i^0 nu ar fi afectate de erori atunci sistemul (3.5) s-ar scrie sub forma :

$$M_i^0 = F_i(X_1, X_2, \dots, X_h), \quad (i=1, 2, \dots, n, n > h.) \quad (3.6)$$

Acest sistem ar fi compatibil și rezolvabil în raport cu necunoscutele X_1, X_2, \dots, X_h .

În practică însă, toate măsurătorile sunt afectate în mod inerent de erori. Datorită acestor erori sistemul (3.5) este incompatibil, de aceea mărimilor măsurate trebuie să li se aplice niște corecții v_i , astfel ca sistemul să fie compatibil

Deci mărimile v_i reprezintă corecțiile ce trebuie aplicate mărimilor măsurate direct, pentru a fi satisfăcute toate ecuațiile sistemului (3.5) ce pot fi întocmite pentru rezolvarea unei anumite probleme.

3.2.1. Liniarizarea ecuațiilor

Deoarece funcțiile F_i din sistemul (3.5), în majoritatea cazurilor, sunt neliniare, compensarea este foarte greoaie. Pentru a ușura calculele de compensare, aceste ecuații se aproximează cu niște ecuații liniare, ce se obțin prin dezvoltare în serie Taylor, în vecinătatea valorilor X_i^0 apropiate de cele adevărate.

Valorile apropiate X_i^0 se cunosc fie dintr-o măsurătoare anterioară, fie prin rezolvarea sistemului în care se iau în calcul numai h ecuații, iar v_i se consideră egal cu zero.

Valorile probabile ale necunoscutelor vor fi :

$$X_i = X_i^0 + x_i, i=1,2,\dots,h \quad (3.7)$$

unde x_i sunt corecțiile ce urmează a fi determinate prin compensare.

Aceste corecții trebuie să fie suficient de mici, astfel ca în dezvoltarea în serie Taylor să se poată neglija termenii de ordinul II și mai mare.

$$M_i + v_i = F_i(X_1^0 + x_1, X_2^0 + x_2, \dots, X_h^0 + x_h) \quad (3.8)$$

$$\text{Corecția va fi : } v_i = F_i(X_1^0 + x_1, X_2^0 + x_2, \dots, X_h^0 + x_h) \quad (3.9)$$

Prin dezvoltare în serie Taylor și neglijând termenii de ordinul II și superiori obținem :

$$v_i \approx F_i(X_1^0, X_2^0, \dots, X_h^0) - M_i + \left(\frac{\partial F_i}{\partial X_1}\right)_0 \times x_1 + \left(\frac{\partial F_i}{\partial X_2}\right)_0 \times x_2 + \dots + \left(\frac{\partial F_i}{\partial X_h}\right)_0 \times x_h$$

$i=1,2,\dots,h$

Vom face următoarele notații :

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial F_i}{\partial X_1}\right)_0 &= a_i \\ \left(\frac{\partial F_i}{\partial X_2}\right)_0 &= b_i \end{aligned} \quad (3.10)$$

$$\left(\frac{\partial F_i}{\partial X_h}\right)_0 = h_i$$

$$F_i(X_1^0, X_2^0, \dots, X_h^0) - M_i = l_i$$

Cu aceste notații relația (4.4) devine :

$$a_i x_1 + b_i x_2 + \dots + h_i x_h + l_i = v_i \quad (3.11)$$

Relația (3.11) poartă denumirea de sistem liniar al ecuațiilor de corecții.

Putem să facem următoarele observații :

- fiecare măsurătoare generează câte o ecuație de corecție;

- din expresiile coeficienților și termenilor liberi se observă că mărimea măsurată direct M_i^0 intervine numai în termenul liber. Deci eroarea unei ecuații de corecție este egală cu eroarea termenului liber al acesteia.
- dacă mărimile măsurate direct sunt determinate cu aceeași precizie și ecuațiile sistemului liniar al corecțiilor vor fi de aceeași precizie;
- sistemul liniar nu poate fi multiplicat cu constante diferite deoarece ponderile se vor modifica în mod diferit, deci se înmulțește tot sistemul cu o constantă;
- sistemele ponderate pot fi reduse la sisteme neponderate prin înmulțirea fiecărei ecuații cu $\sqrt{p_i}$;
- din expresia termenului liber rezultă regula de calcul a acestuia și anume :
"termenul liber = valoarea calculată - valoarea măsurată"

3.2.2. Scrierea sistemului normal în cazul măsurătorilor indirecte de aceeași precizie

Dacă presupunem că toate ecuațiile au aceeași pondere, valorile cele mai probabile ale corecțiilor se deduc, utilizând metoda celor mai mici pătrate, adică

$$[vv] = \min, \text{ unde } v_i = a_i x_1 + b_i x_2 + \dots + h_i x_n + l_i.$$

$$[vv] = v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2 = (a_1 x_1 + b_1 x_2 + \dots + h_1 x_n)^2 + (a_2 x_1 + b_2 x_2 + \dots + h_2 x_n)^2 + \dots + (a_n x_1 + b_n x_2 + \dots + h_n x_n)^2 = \min. \quad (3.12)$$

Se observă că avem o funcție de necunoscute x_i :

$$[vv] = F_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (3.13)$$

Pentru a determina minimul acestei funcții de mai multe variabile, trebuie ca derivatele parțiale de ordinul I ale funcției în raport cu fiecare necunoscută trebuie să fie zero.

$$\left(\frac{\partial F}{\partial X_i} \right) = 0, \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (3.14)$$

Efectuând aceste derivate obținem :

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial F}{\partial X_1} \right) &= 2a_1 (a_1 x_1 + b_1 x_2 + \dots + h_1 x_n + l_1) + 2a_2 (a_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + h_2 x_n + l_2) + \dots + \\ &+ 2a_n (a_n x_1 + b_n x_2 + \dots + h_n x_n + l_n) = 0 \end{aligned} \quad (3.15)$$

sau $[av] = 0$

Analog se calculează și celelalte derivate parțiale, până la ultima care va fi :

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial F}{\partial X_h} \right) &= 2h_1 (a_1 x_1 + b_1 x_2 + \dots + h_1 x_n + l_1) + 2h_2 (a_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + h_2 x_n + l_2) + \dots + \\ &+ 2h_n (a_n x_1 + b_n x_2 + \dots + h_n x_n + l_n) = 0 \end{aligned} \quad (3.16)$$

sau $[hv] = 0$

Anularea acestor derivate ne determină punctele staționare ale funcției. Dacă efectuăm calculele în relațiile derivatelor parțiale și trecând la notațiile Gauss obținem :

$$\begin{aligned}
 [aa]x_1 + [ab]x_2 + \dots + [ah]x_h + [a] &= 0 \\
 [ab]x_1 + [bb]x_2 + \dots + [bh]x_h + [b] &= 0 \\
 \dots & \\
 [ah]x_1 + [hb]x_2 + \dots + [hh]x_h + [h] &= 0
 \end{aligned}
 \tag{3.17}$$

Acest sistem se numește *sistemul normal al corecțiilor*.

Deoarece matricea sistemului este simetrică, deci nesingulară, rezultă că sistemul are soluție unică.

Prin rezolvarea acestui sistem se determină corecțiile x_i care aplicate valorilor apropiate X_i^0 , $X_i = X_i^0 + x_i$ ne dă valoarea cea mai apropiată a necunoscutelor.

Tot cu ajutorul corecțiilor x_i din sistemul liniar se pot determina corecțiile v_i care vor fi aplicate mărimilor măsurate M_i^0 .

Calculul coeficienților și a termenilor liberi se face într-un tabel de forma:

Tabel 3.1. Cu calculul coeficienților și a termenilor liberi

Nr. Crt.	a_i	b_i	...	h_i	l_i	S_i	Control
1	a_1	b_1	...	h_1	l_1	S_1	$S_1 = a_1 + b_1 + \dots + h_1 + l_1$
2	a_2	b_2	...	h_2	l_2	S_2	$S_2 = a_2 + b_2 + \dots + h_2 + l_2$
.
.
.
n	a_n	b_n	...	h_n	l_n	S_n	$S_n = a_n + b_n + \dots + h_n + l_n$
[]	[a]	[b]	...	[h]	[l]	[S]	$\sum = [a] + [b] + \dots + [h] + [l]$

Tabelul 3.2. Coeficienții ecuațiilor normale

[aa]	[ab]	[ah]	[a]	[aS]	Control
	[bb]	[bh]	[b]	[bS]	
	
			[hh]	[h]	[hS]	
				[l]	[lS]	

În tabelul coeficienților ecuațiilor de corecție se fac sumele atât pe orizontală cât și pe verticală, iar sumele generale [S] și \sum trebuie să fie identice.

3.2.3. Rezolvarea sistemelor de ecuații normale

Metodele de rezolvare a sistemelor liniare se împarte în două grupe : metode exacte (de exemplu regula lui Cramer, metoda eliminării succesive a lui Gauss) și metode iterative. Unele sunt metode de bază, iar altele mai convenabile în cazuri speciale.

Rezolvarea sistemelor de ecuații normale prin metoda eliminării succesive a lui Gauss

Pentru simplitate se consideră un sistem normal de 3 ecuații :

$$[aa]x_1 + [ab]x_2 + [ac]x_3 + [al] = 0$$

$$[ab]x_1 + [bb]x_2 + [bc]x_3 + [bl] = 0$$

$$[ac]x_1 + [bc]x_2 + [cc]x_3 + [cl] = 0$$

(3.18)

Metoda de rezolvare constă din reducerea numărului de necunoscute prin eliminări successive.

Din prima ecuație a sistemului se scoate necunoscuta x_1 și se înlocuiește în celelalte două.

$$x_1 = -\frac{[ab]}{[aa]}x_2 - \frac{[ac]}{[aa]}x_3 - \frac{[al]}{[aa]}$$

$$[ab] \times \left(-\frac{[ab]}{[aa]}x_2 - \frac{[ac]}{[aa]}x_3 - \frac{[al]}{[aa]} \right) + [bb]x_2 + [bc]x_3 + [bl] = 0 \quad (3.19)$$

$$[ac] \times \left(-\frac{[ab]}{[aa]}x_2 - \frac{[ac]}{[aa]}x_3 - \frac{[al]}{[aa]} \right) + [bc]x_2 + [cc]x_3 + [cl] = 0$$

Eliminând parantezele avem :

$$x_1 = -\frac{[ab]}{[aa]}x_2 - \frac{[ac]}{[aa]}x_3 - \frac{[al]}{[aa]}$$

$$\left(-\frac{[ab]^2}{[aa]} + [bb] \right) x_2 + \left(-\frac{[ac] \times [ab]}{[aa]} + [bc] \right) x_3 + \left(-\frac{[al] \times [ab]}{[aa]} + [bl] \right) = 0 \quad (3.20)$$

$$\left(-\frac{[ac][ab]}{[aa]} + [bc] \right) x_2 + \left(-\frac{[ac]^2}{[aa]} + [cc] \right) x_3 + \left(-\frac{[al] \times [ac]}{[aa]} + [cl] \right) = 0$$

Se fac următoarele notații:

$$\begin{aligned}
 [bb] - \frac{[ab]^2}{[aa]} &= [bb.1] \\
 [bc] - \frac{[ac][ab]}{[aa]} &= [bc.1] \\
 [bl] - \frac{[al][ab]}{[aa]} &= [bl.1] \\
 [cc] - \frac{[ac]^2}{[aa]} &= [cc.1] \\
 [cl] - \frac{[al][ac]}{[aa]} &= [cl.1]
 \end{aligned} \tag{3.21}$$

Aceste expresii se numesc algoritmi Gauss de ordinul I. Înlocuind acești algoritmi în sistemului obținem :

$$\begin{aligned}
 [bb.1]x_2 + [bc.1]x_3 + [bl.1] &= 0 \\
 [bc.1]x_2 + [cc.1]x_3 + [cl.1] &= 0
 \end{aligned} \tag{3.22}$$

În mod analog se procedează succesiv, până se ajunge la o singură ecuație liniară cu o singură necunoscută , care se poate rezolva găsindu-se x_3 .

Se observă că prin eliminări succesive, sistemul a fost redus la o formă triunghiulară.

Pornind în ordine inversă, se determină și celelalte necunoscute. Toate calculele de eliminare cât și de determinare a necunoscutelor se fac într-un tabel numit schema Gauss.

Tabel 3.3. Schema Gauss pentru măsurătorile indirecte de aceeași precizie

	x_1	x_2	x_3	L	Suma	Control
(1)	[aa]	[ab]	[ac]	[a]	S_1	Nu este nevoie
(2)	-1	$-\frac{[ab]}{[aa]}$	$-\frac{[ac]}{[aa]}$	$-\frac{[a]}{[aa]}$	$-\frac{S_1}{[aa]}$	$-1 + \frac{[ab]}{[aa]} - \frac{[ac]}{[aa]} - \frac{[a]}{[aa]}$
(3)		[bb]	[bc]	[b]	S_2	Nu este nevoie
(4)		[bb1]	[bc1]	[b1]	$[S_2.1]$	$[bb1] + [bc1] + [b1]$
(5)		-1	$-\frac{[bc1]}{[bb1]}$	$-\frac{[b1]}{[bb1]}$	$-\frac{[S_2.1]}{[bb1]}$	$-1 - \frac{[bc1]}{[bb1]} - \frac{[b1]}{[bb1]}$
(6)			[cc]	[c]	S_3	Nu este nevoie
(7)			[cc2]	[c2]	$S_{3.2}$	$[cc2] + [c2]$
(8)			-1	$-\frac{[c2]}{[cc2]}$	$\frac{S_{3.2}}{[cc2]}$	$-1 - \frac{[c2]}{[cc2]}$

Modul de calcul în schema Gauss redusă este următorul:

- se înscriu coeficienții ecuațiilor normale în liniile :
 - pentru ecuația 1 în linia (1);
 - pentru ecuația 2 în linia (3);
 - pentru ecuația 3 în linia (6);

Dar sistemul este simetric și atunci este suficient să se scrie coeficienții de pe ultima diagonală și cei de deasupra.

- se împarte linia (1), cu coeficientul $[aa]$ luat cu semn schimbat și se obțin valorile din linia (2) care reprezintă prima ecuație eliminatorie;
 - pentru a obține linia (4), adică ecuația sistemului redus se procedează astfel se consideră **PIVOT** elementul din linia (2) coloana (2), adică $\left(-\frac{[ab]}{[aa]}\right)$;
 - acest pivot se înmulțește succesiv cu elementele din linia (1) și se adună acest produs cu coeficienții din linia (3);
- linia (5) se obține împărțind linia (4) cu $(bb.1)$ și rezultă astfel următoarea ecuație eliminatorie;
 - de această dată vom avea doi **PIVOȚI** și anume:
 - elementul din linia (2)-coloana (3) , adică $\left(-\frac{[ac]}{[aa]}\right)$;
 - elementul din linia (5)-coloana (3) , adică $\left(-\frac{[bc.1]}{[bb.1]}\right)$;
 - acești pivoți se înmulțesc succesiv cu elementele din linia de deasupra lor, iar aceste produse se adună și apoi se însumează cu elementele corespunzătoare din linia (6).

Exemplu:

$$[cc2] = -\frac{[ac]}{[aa]} \times [ac] - \frac{[bc1]}{bb1} \times [bc1] + [cc]$$

- linia (8) se obține din (7) împărțind-o pe aceasta cu $-[cc2]$;
- necunoscutele se deduc în următoarea ordine:
 - x_3 din linia (8) : $x_3 = -\frac{[cl2]}{[cc2]}$;
 - din linia (5) se deduce x_2 iar din linia (2) se determină x_1
- verificarea soluțiilor se poate face fie introducând valorile necunoscutelor în fiecare ecuație a sistemului, fie cu relația : $[(S-L)x_i] = -[L]$;

Relația se folosește doar pentru liniile ecuațiilor normale.

Concluzionând, putem spune ca etapele de calcul pentru rezolvarea sistemului normal prin metoda eliminărilor succesive Gauss sunt:

- întocmirea tabelului cu coeficienții ecuațiilor de corecție;
- întocmirea tabelului cu coeficienții ecuațiilor normale;
- întocmirea schemei gauss cu obținerea soluțiilor;
- verificarea soluțiilor.

În cazul măsurătorilor indirecte ponderate, procedeul de determinare al necunoscutelor este același iar schema Gauss , de rezolvare a sistemului normal are forma:

Tabel 3.4. Schema Gauss pentru măsurătorile indirecte ponderate

x_1	x_2	x_3	L	Q_{11}	Q_{22}	Q_{33}	Q_F	Suma	Control
[aa]	[ab]	[ac]	[al]	-1	0	0	f_1	S_1	-
-1	$-\frac{[ab]}{[aa]}$	$-\frac{[ac]}{[aa]}$	$-\frac{[al]}{[aa]}$	$\frac{1}{[aa]}$	0	0	$\frac{f_1}{[aa]}$	$-\frac{S_1}{[aa]}$	DA
	[bb]	[bc]	[bl]	0	-1	0	f_2	S_2	-
	[bb1]	[bc1]	[bl1]	$\frac{[ab]}{[aa]}$ =R	-1	0		$[S_{2,1}]$	DA
-1	$-\frac{[bc1]}{[bb1]}$	$-\frac{[bl1]}{[bb1]}$	$-\frac{R}{[bb1]}$	$-\frac{R}{[bb1]}$	$\frac{1}{[bb1]}$	0		$-\frac{[S_{2,1}]}{[bb1]}$	DA
	[cc]	[d]		0	0	-1	f_3	S_3	-
	[cc2]	[d2]	N		$\frac{[bc1]}{[bb1]}$ =M	-1	$[f_{3,2}]$	$S_{3,2}$	DA
-1	$-\frac{[d2]}{[cc2]}$	$-\frac{N}{[cc2]}$	$-\frac{M}{[cc2]}$	$-\frac{M}{[cc2]}$	$\frac{1}{[cc2]}$		$\frac{f_3}{[cc2]}$	$\frac{S_{3,2}}{[cc2]}$	DA

Controlul soluțiilor se face cu relația $[(S-Q-L)x_i] = -[L]$

Acest tabel se numește schema Gauss extinsă pentru rezolvarea sistemului normal.

Verificările principale care se fac la compensarea prin metoda măsurătorilor indirecte sunt :

1. *Liniarizarea ecuațiilor și stabilirea valorilor aproximative pentru necunoscute*

Controlul acestei etape se face prin verificarea principală a compensării care constă în determinarea în dublu mod a valorilor mărimilor compensate . Dacă condițiile de mai sus nu e îndeplinită rezultă că liniarizarea ecuațiilor după regula lui Taylor nu a fost făcută bine sau valorile aproximative nu au fost alese favorabi astfel încât termenii de ordinul II și superiori au valori care influențează compensarea. Deci, compensarea trebuie făcută din nou.

2. *Întocmirea ecuațiilor normale*

Verificarea se face cu ajutorul sumelor pe linii și coloane așa cum s-a arătat la etapa corespunzătoare.

3. *Rezolvarea sistemului normal*

Verificarea se face cu ajutorul sumelor pe rânduri direct în schema Gauss, iar în final cu relația unică.

4. *Calculul corecțiilor v_i*

Verificarea se face calculând în dublu mod (primul mod $[vv] = v_1^2 + v_2^2 + \dots$, iar al II lea mod e direct din Gauss $[vv] = [ll]$).

3.2.4. Utilizarea calcului matricial în teoria măsurătorilor indirecte

Teoria măsurătorilor indirecte a fost tratată de la particular la general, fiind dezvoltate măsurătorile indirecte de aceeași precizie și obținute prin generalizare măsurătorile indirecte de precizie diferită.

Pentru că scrierea relațiilor este mult mai simplă, vom dezvolta cazul general al măsurătorilor indirecte urmând ca măsurătorile indirecte de ponderi egale să derive din cazul general prin particularizare

Problemele ce se vor examina sunt cele cunoscute, deosebirea constând în soluționarea elegantă și rapidă a acestora. Relațiile matriciale ce se obțin au o formă simplă.

3.2.4.1. Ecuații de erori. Rezolvarea matricială a acestora.

Măsurătorile indirecte se caracterizează prin aceea că, conduc la sisteme de ecuații (ecuații de erori) la care numărul de necunoscute este mai mic decât numărul de ecuații.

Fie un astfel de sistem scris sub forma :

$$v_1 = a_1 x_1 + b_1 x_2 + \dots + h_1 x_n - l_1, \text{ cu ponderea } p_1 \quad (3.23)$$

$$v_2 = a_2 x_1 + b_2 x_2 + \dots + h_2 x_n - l_2, \text{ cu ponderea } p_2$$

.....

$$v_n = a_n x_1 + b_n x_2 + \dots + h_n x_n - l_n, \text{ cu ponderea } p_n$$

$n > h$

Matricial sistemul se poate scrie:

$$v = Ax \quad (3.24)$$

în care :

$$v = \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_n \end{pmatrix}; \quad x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix}; \quad l = \begin{pmatrix} l_1 \\ l_2 \\ \vdots \\ l_n \end{pmatrix} \quad (3.25)$$

$$A = \begin{pmatrix} a_1 & b_1 L h_1 \\ a_2 & b_2 L h_2 \\ \dots & \dots \\ a_n & b_n L h_n \end{pmatrix} \quad (3.26)$$

Notăm cu p matricea ponderilor care este o matrice diagonală de forma:

$$p = \begin{pmatrix} p_1 & \dots & \dots \\ \dots & p_2 & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & p_n \end{pmatrix} \quad (3.27)$$

Principiul micilor pătrate în scriere matricială este:

$$F = v' p v = \text{minim} \quad (3.28)$$

v' este transpusa matricei v din (3.25)

Înlocuind relația matricială (3.24) în (3.28) obținem:

$$\begin{aligned}
 F &= (x'A'-l') p (Ax-l) = \\
 &= (x'A'p-l'p) (Ax-l) = \\
 &= x'A'pAx - 2x'A'pl - l'pl = \min
 \end{aligned} \tag{3.29}$$

x' , A' , l' sunt transpusele matricilor din (3.24)

Condiția de minim a funcției din (3.29) este îndeplinită atunci când:

$$\frac{1}{2} \frac{\partial F}{\partial x} = 0 \tag{3.30}$$

sau, derivând funcția obținem:

$$A'pAx - A'pl = 0 \tag{3.31}$$

de unde:

$$x = (A'pA)^{-1} A'pl \tag{3.32}$$

Ecuția matricială (3.31) reprezintă sistemul ecuațiilor normale. Se observă că această ecuație conține matricea coeficienților necunoscutelor și matricea termenilor liberi.

Inmuștrind la stânga ecuația (3.31) cu inversa matricei coeficienților se obține relația (3.32) în care x este o matrice coloană ale cărei componente sunt tocmai necunoscutele sistemului (3.23).

3.2.4.2. Coeficienții de pondere. Mod de exprimare

Matricea x dată de relația (3.32) este o funcție directă de matricea l , ale cărei componente sunt mărimi măsurate direct și independente. În consecință se poate aplica următoarea relație, cunoscută din literatura de specialitate, și vom avea :

$$Q_{xx} = (A'pA)^{-1} A'pp^{-1} \left[(A'pA)^{-1} A'p \right]^{-1}$$

sau

$$Q_{xx} = (A'pA)^{-1} A'pp^{-1} pA (A'pA)^{-1} \tag{3.33}$$

cum însă

$$(A'pA)^{-1} (A'pA) = 1 \tag{3.34}$$

și rezultă $pp^{-1} = 1$

$$Q_{xx} = (A'pA)^{-1} \tag{3.35}$$

Se poate scrie și:

$$Q_{xx}^{-1} = A'pA \tag{3.36}$$

Q_{xx} -este matricea coeficienților de pondere, componentele căreia se obțin din relația (3.35)

3.2.4.3. Eroarea medie pătratică a unității de pondere

Se știe că, eroarea medie pătratică a unității de pondere este dată de formula:

$$m_0 = \pm \sqrt{\frac{pvv}{n-K}}$$

sau în scriere matricială :

$$m_0 = \pm \sqrt{\frac{v'pv}{n-K}} \quad (3.37)$$

Dar:

$$V = Ax - l$$

$$\text{și } v' = x'A' - l$$

și atunci:

$$v'pv = (x'A' - l)'p(Ax - l) = x'A'pAx - 2x'A'pl + l'pl \quad (3.38)$$

Din (3.32) și (3.36) rezultă:

$$x = Q_{xx}A'pl \quad (3.39)$$

și atunci

$$x' = l'pAQ_{xx} \quad (3.40)$$

Înlocuind relația (3.40) în (3.38) și ținând seama de (3.36) obținem:

$$v'pv = l'pAQ_{xx}Q_{xx}^{-1}A'pl + l'pl = l'pAQ_{xx}A'pl - 2l'pAQ_{xx}A'pl + l'pl = l'(p - pAQ_{xx}A'p)l \quad (3.41)$$

3.2.4.4. Expresia matricială a ponderii unei funcții de mărimi obținute indirect

Fie funcția:

$$F = f_0 + f_1x_1 + f_2x_2 + \dots + f_kx_k \quad (3.42)$$

În care:

x_1, x_2, \dots, x_k - sunt mărimi obținute prin măsurători indirecte;
 $f_0, f_1, f_2, \dots, f_k$ - coeficienți constanți.

Matricial funcția (3.42) se scrie:

$$F = f_0 + f'x \quad (3.43)$$

În care :

$$F' = (f_1, f_2, \dots, f_k)$$

Luând în considerare expresia (3.40) funcția din (3.43) se poate scrie:

$$F = f_0 + f'Q_{xx}A'pl \quad (3.44)$$

Se observă că funcția (3.44) realizează trecerea de la variabilele dependente x_1, x_2, \dots, x_k la variabilele independente l_1, l_2, \dots, l_n . Deci putem scrie:

$$Q_{FF} = f'Q_{xx}A'pp^{-1}pAQ_{xx}f \quad (3.45)$$

sau, conform relațiilor (3.36) și (3.34) rezultă:

$$Q_{FF} = f'Q_{xx}f \quad (3.46)$$

3.2.5. Evaluarea preciziei măsurătorilor utilizând elipsa erorilor

La măsurătorile de precizie, pe lângă valorile probabile ale mărimilor măsurate sau deduse indirect ne interesează și precizia acestora. Această problemă se pune deci și în cazul rețelelor geodezice.

Poziția planimetrică a unui punct în urma compensării depinde de doi parametri: X și Y , deci avem de-a face cu un sistem bidimensional de încredere care reprezintă o *elipsă*.

Erorile medii pătratice m_x și m_y calculate în urma compensării își schimbă însă valorile la o rotație a axelor de coordonate ceea ce produce o neuniformitate în aprecierea preciziei.

În acest caz este necesar să se construiască elipsa erorilor, care este independentă de sistemul de axe ales. Cu ajutorul elipsei erorilor putem determina erorile în poziția punctelor pentru orice direcție (deci și pentru direcția axelor de coordonate) cât și direcțiile pentru care erorile sunt maxime sau minime.

Semiaxele elipsei și unghiurile acestora cu axele de coordonate se pot determina cu ajutorul unui sistem rectangular u, v , rotit cu unghiul φ față de sistemul inițial XY .

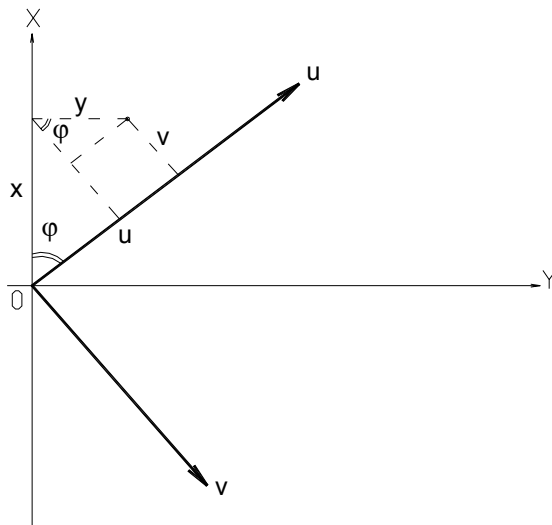


Fig. 3.3. Elementele elipsei erorilor

Coordonatele unui punct P în sistemul uv în funcție de coordonatele XY vor fi:

$$\begin{aligned} u &= X \cos \varphi + Y \sin \varphi \\ v &= -X \sin \varphi + Y \cos \varphi \end{aligned} \quad (3.47)$$

Se observă că u este o funcție liniară de X și Y , mărimi determinate indirect.

Pentru determinarea erorii lui u se aplică formula erorii unei funcții de mărimi determinate indirect. Se obține:

$$Q_{uu} = Q_{xx} \cos^2 \varphi + 2Q_{xy} \sin \varphi \cos \varphi + Q_{yy} \sin^2 \varphi \quad (3.48)$$

iar eroarea medie: $m_u = \pm m \sqrt{Q_{uu}}$

Valorile maxime sau minime ale funcției se obțin pentru $\frac{\partial Q_{uu}}{\partial \varphi} = 0$

Relația mai poate fi scrisă și sub forma:

$$Q_{uu} = \frac{Q_{xx} + Q_{yy}}{2} (\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi) + \frac{Q_{xx} - Q_{yy}}{2} (\cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi) + Q_{xy} \sin 2\varphi \quad (3.49)$$

$$Q_{uu} = \frac{Q_{xx} + Q_{yy}}{2} + \frac{Q_{xx} - Q_{yy}}{2} \cos 2\varphi + Q_{xy} \sin 2\varphi$$

Calculând derivata în raport cu φ se obține:

$$\frac{\partial Q_{uu}}{\partial \varphi} = -(Q_{xx} - Q_{yy}) \sin 2\varphi + 2Q_{xy} \cos 2\varphi = 0 \quad (3.50)$$

$$\text{de unde rezultă: } \operatorname{tg} 2\varphi = \frac{2Q_{xy}}{Q_{xx} - Q_{yy}} \quad (3.51)$$

Cele două direcții obținute sunt ortogonale: (φ) reprezintă unghiul format de axa Ox cu direcția semiaxe mari a elipsei; $(\varphi + \frac{\pi}{2})$ dă valoarea minimă, adică unghiul format de axa Ox cu semiaxa mică. Elipsa erorilor reprezintă un invariant al erorilor în poziția planimetrică a unui punct. Având construită elipsa erorilor într-un punct putem determina eroarea pe orice direcție pe cale grafică astfel:

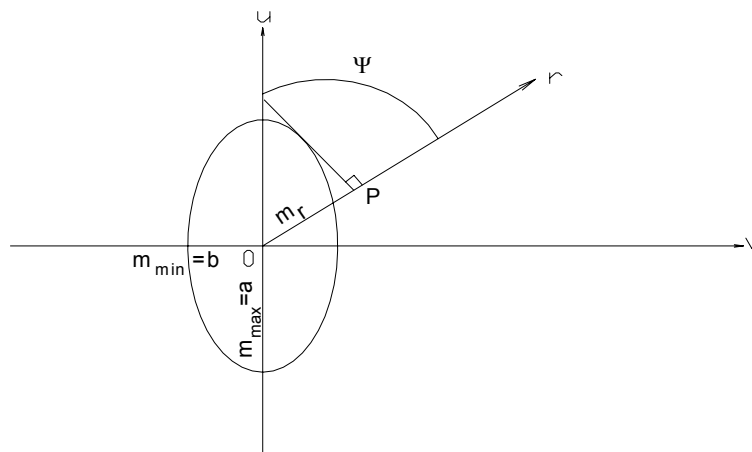


Fig. 3.4. Reprezentarea grafică a elipsei erorilor

Se coboară o perpendiculară pe direcția r tangentă la elipsă, mărimea erorii m_r fiind egală cu segmentul cuprins între centrul elipsei și piciorul perpendicularei (OP).

Analitic, acest segment are valoarea dată de:

$$\begin{aligned} m_r^2 &= a^2 \cos^2 j + b^2 \sin^2 j \\ m_r^2 &= m_{\max}^2 \cos^2 j + m_{\min}^2 \sin^2 j \end{aligned} \quad (3.52)$$

Un caz particular al acestei relații avem când:

$$\varphi = 0, \text{ rezultă } m_r = m_x$$

$$\varphi = 100, \text{ rezultă } m_r = m_y$$

adică proiecțiile elipsei pe direcția X și Y .

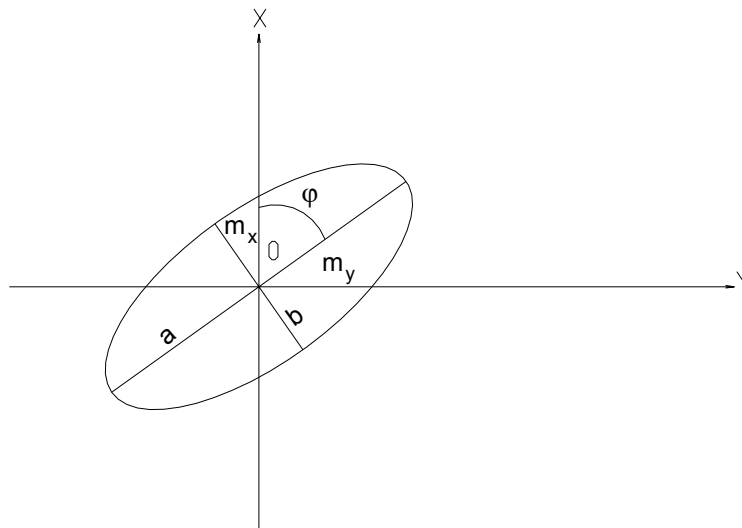


Fig. 3.5. Unghiul de rotație al elipsei erorilor

Forma generală a unei conice este dată de ecuația algebrică de gradul II:

$$f(xy) = a_{11}x^2 + 2a_{12}xy + a_{22}y^2 + 2a_{13}x + 2a_{23}y + a_{33} = 0 \quad (3.53)$$

Eroarea pe o direcție care face unghiul φ cu axele de coordonate s-a văzut că este:

$$Q_{uu} = Q_{xx} \cos^2 \varphi + 2Q_{xy} \sin \varphi \cos \varphi + Q_{yy} \sin^2 \varphi \quad (3.54)$$

Din comparația celor două relații rezultă:

$$\begin{aligned} x &= \cos \varphi \\ y &= \sin \varphi \end{aligned} \quad (3.55)$$

Invariantii ortogonali ai conice sunt:

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_{11}a_{12}a_{13} \\ a_{21}a_{22}a_{23} \\ a_{31}a_{32}a_{33} \end{vmatrix}; \quad \delta = \begin{vmatrix} a_{11}a_{12} \\ a_{21}a_{22} \end{vmatrix}, \quad \eta = a_{11} + a_{22} \quad (3.56)$$

În cazul exemplificat:

$$\Delta = \begin{vmatrix} Q_{xx} & Q_{xy} & 0 \\ Q_{xy} & Q_{yy} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \quad \delta = \begin{vmatrix} Q_{xx} & Q_{xy} \\ Q_{xy} & Q_{yy} \end{vmatrix} \quad \eta = Q_{xx} + Q_{yy} \quad (3.57)$$

Deoarece $Q_{xy} = Q_{yx}$ și $a_{13} = a_{23} = a_{33} = 0$

$$\text{se obține:} \quad \Delta = \delta = \begin{vmatrix} Q_{xx} & Q_{xy} \\ Q_{xy} & Q_{yy} \end{vmatrix} = Q_{xx}Q_{yy} - Q_{xy}^2 \quad (3.58)$$

$$\eta = Q_{xx} + Q_{yy}$$

$$\Delta \neq 0$$

$$\eta\delta < 0 \Rightarrow \text{elipsa reală}$$

Forma canonică a unei conice este:

$$S_1X^2 + S_2Y^2 - \frac{\Delta}{\delta} = 0 \quad (3.59)$$

unde S_1 și S_2 sunt valorile proprii obținute ca soluții ale ecuației caracteristice:

$$\begin{vmatrix} a_{11}-S & a_{12} \\ a_{21} & a_{22}-S \end{vmatrix} = 0 \quad \text{sau:} \quad S^2 - \eta S + \delta = 0 \quad (3.60)$$

Pentru cazul exemplificat avem următoarea ecuație:

$$S^2 - (Q_{xx} + Q_{yy})S + Q_{xx}Q_{yy} - Q_{xy}^2 = 0 \quad (3.61)$$

Această ecuație are soluțiile:

$$S_{1,2} = \frac{Q_{xx} + Q_{yy}}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(Q_{xx} + Q_{yy})^2 - 4(Q_{xx}Q_{yy} - Q_{xy}^2)}$$

$$S_{1,2} = \frac{Q_{xx} + Q_{yy}}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(Q_{xx} - Q_{yy})^2 + 4Q_{xy}^2} \quad (3.62)$$

S_1 reprezintă Q_{uu} maxim

S_2 reprezintă Q_{uu} minim

Relațiile de mai sus ne permit să determinăm semiaxele elipsei și anume:

$$a = \sigma_0 \sqrt{Q_{uu}(\max)} \quad (3.63)$$

$$b = \sigma_0 \sqrt{Q_{uu}(\min)}$$

Soluțiile ecuației $S^2 - (Q_{xx} + Q_{yy})S + Q_{xx}Q_{yy} - Q_{xy}^2 = 0$ sunt întotdeauna reale și pentru că $\Delta = \delta$, ecuația canonică se va scrie sub forma: $S_1X^2 + S_2Y^2 - 1 = 0$.

3.3. Compensarea rețelelor de microtriangulație prin măsurători condiționate

Măsurătorile condiționate sunt un caz particular de măsurători directe și se folosesc la compensarea rețelelor de triangulație, trilaterație, poligonometrie și nivelment.

În cazul acestor măsurători, se măsoară direct niște mărimi cu aceeași precizie sau ponderate, dar mărimile măsurate fiind independente trebuie să satisfacă una sau mai multe relații de condiție.

Fie n mărimi X_1, X_2, \dots, X_n ce urmează a fi determinate.

Pentru rezolvarea acestei probleme s-au făcut măsurători directe și s-au obținut rezultatele l_1, l_2, \dots, l_n .

Presupunem că cele n necunoscute trebuie să satisfacă r relații de condiție independente între ele (deci numărul mărimilor măsurate în plus este r).

$$f_i(X_1, X_2, \dots, X_n) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, r \quad (3.64)$$

Valorile măsurate direct l_1, l_2, \dots, l_n nu vor satisface riguros acest sistem:

$$f_i(l_1, l_2, \dots, l_n) = w_i, \quad i = 1, 2, \dots, r, \quad (3.65)$$

unde w_i sunt termenii liberi.

Deci trebuie găsite corecțiile v_i care aplicate mărimilor măsurate vor face să dispară micile discordanțe. În aceste condiții pentru a fi satisfăcut sistemul trebuie să avem :

$$X_i = l_i + v_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.66)$$

Vom face următoarele notații :

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial f_i}{\partial X_j} \right)_0 &= a_{ij} \\ \left(\frac{\partial f_i}{\partial X_j} \right)_0 &= b_{ij} \\ &\dots\dots\dots \\ \left(\frac{\partial f_i}{\partial X_j} \right)_0 &= r_{ij} \end{aligned} \quad (3.67)$$

Cu ajutorul notațiilor de mai sus putem să scriem sistemul liniar al ecuațiilor de condiție a corecțiilor.

$$\begin{aligned} a_{11}v_1 + a_{12}v_2 + \dots + a_{1n}v_n + w_1 &= 0 \\ b_{11}v_1 + b_{12}v_2 + \dots + b_{1n}v_n + w_2 &= 0 \\ &\dots\dots\dots \\ r_{11}v_1 + r_{12}v_2 + \dots + r_{1n}v_n + w_n &= 0 \end{aligned} \quad (3.68)$$

Pentru a rezolva această problemă vom folosi metoda celor mai mici pătrate, adică

$$\begin{aligned} [vv] &= \min \\ [pvv] &= \min \end{aligned} \quad (3.69)$$

Corecțiile v_i trebuie să satisfacă atât condiția de minim cât și sistemul liniar, deci avem de-a face cu o problemă de minim condiționat ce se rezolvă prin metoda multiplicatorilor Lagrange.

De exemplu, în cazul măsurătorilor condiționate de aceeași precizie, funcția Lagrange introdusă în acest scop are forma:

$$\begin{aligned} &v_{r+1}=x_1 \\ \text{Notăm: } &v_{r+2}=x_2 \\ &\dots\dots\dots \\ &v_n=x_h \end{aligned} \tag{3.77}$$

unde $h=n-r$.

Folosind aceste egalități vom forma un singur sistem de ecuații și anume:

$$\begin{aligned} &A_1x_1+B_1x_2+\dots+H_1x_h+L_1=v_1 \\ &A_2x_1+B_2x_2+\dots+H_2x_h+L_2=v_2 \\ &\dots\dots\dots \\ &A_nx_1+B_nx_2+\dots+H_nx_h+L_n=v_n \end{aligned} \tag{3.78}$$

În acest sistem coeficienții și termenii liberi sunt cunoscuți ca fiind 0 sau 1.

Sistemul de ecuații de erori se rezolvă utilizând teoria măsurătorilor indirecte. În acest sens putem scrie:

$$\begin{aligned} &[AA]x_1+[AB]x_2+\dots+[AH]x_h+[AL]=0 \\ &\quad +[BB]x_2+\dots+[BH]x_h+[BL]=0 \\ &\dots\dots\dots \\ &\quad +[HH]x_h+[HL]=0 \end{aligned} \tag{3.79}$$

Prin rezolvarea sistemului de ecuații normale se obțin necunoscutele x_1, x_2, \dots, x_h cu ajutorul cărora se pot calcula corecțiile v_i .

3.3.2. Explicarea matricială a măsurătorilor condiționate

Ecuații de erori. Expresia matricială a corecțiilor

S-a arătat, că măsurătorile directe cu condiții se caracterizează prin forma sistemului de ecuațiilor de erori la care numărul ecuațiilor este mai mic decât numărul necunoscutelor (corecțiilor). Fie în acest sens sistemul ecuațiilor de erori și notațiile:

$$v = \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \dots \\ v_n \end{pmatrix}; \quad \omega = \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \dots \\ \omega_n \end{pmatrix}; \quad B = \begin{pmatrix} a_1 & b_1 & \dots & r_1 \\ a_2 & b_2 & \dots & r_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_n & b_n & \dots & r_n \end{pmatrix} \tag{3.80}$$

Putem scrie sistemul ecuațiilor de erori în expresie matricială astfel:

$$B'v = \omega \tag{3.81}$$

Notăm, de asemenea, cu p matricea ponderilor corecțiilor și cu l' matricea mărimilor măsurate ($x_i = l_i$), elementele matricilor fiind :

$$p = \begin{pmatrix} p_1 & \dots & \dots \\ \dots & p_2 & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & p_n \end{pmatrix}; \quad l = \begin{pmatrix} l_1 \\ l_2 \\ \dots \\ l_n \end{pmatrix}; \tag{3.82}$$

Atașăm sistemului ecuațiilor de erori (3.81) condiția scrisă matricial astfel:

$$F = v'pv - K'(B'v - \omega) = \text{minim} \tag{3.83}$$

în care $K' = (K_1 K_2 \dots K_r)$ este matricea transpusă a corelatelor.

Funcția (3.83) se poate scrie:

$$F = v'pv - v'BK + K'\omega = \text{minim} \quad (3.84)$$

Valorile corecțiilor, pentru care este îndeplinită condiția (3.84) sunt soluțiile sistemului:

$$\frac{1}{2} \frac{\partial F}{\partial v_i} = 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.85)$$

Derivând obținem:

$$pv = BK$$

$$\text{sau } v = p^{-1}BK \quad (3.86)$$

Înlocuind ecuațiile (3.86) în sistemul (3.81) obținem:

$$B'p^{-1}BK = \omega \quad (3.87)$$

Notăm:

$$p^{-1} = Q = \begin{pmatrix} \frac{1}{p_1} & \dots & \dots \\ \dots & \frac{1}{p_2} & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \frac{1}{p_n} \end{pmatrix} \quad (3.88)$$

Și putem scrie:

$$B'Q BK = \omega \quad (3.89)$$

de unde:

$$K = (B'QB)^{-1}\omega \quad (3.90)$$

Sistemul (3.89) corespunde sistemului de ecuații normale. Ordinea de rezolvare este cea cunoscută, respectiv se calculează corelatele din relația matricială (3.90) și cu acestea valorile probabile ale corecțiilor cu (3.86).

3.4. Determinarea vectorului deplasării orizontale a construcției studiate

Metodele de bază folosite la determinarea vectorului deplasării construcției sunt metodele intersecțiilor unghiulare și liniare, simple și multiple, în principal aceleași ca cele folosite în geodezie și topografie, cu perfecționări de calcul potrivit specificului unor astfel de lucrări și caracterizate de o precizie superioară, atât în privința măsurătorilor cât și al metodelor folosite. În cazul metodei intersecției unghiulare înainte simple, problema constă în determinarea vectorului deplasării orizontale a punctelor de control, de pe construcție luată în studiu, în raport cu o bază fixă și unghiurile orizontale măsurate în punctele de stație, reprezentând capetele bazei, în ciclurile de observații inițial și actual.[24]

Mărimea vectorului deplasării orizontale poate fi obținut atât prin metoda clasică, prezentată anterior, cât și prin alte metode dintre care enumerăm câteva cum ar fi "metoda punctului apropiat cu segmente capabile" folosit de către Gr. Leoveanu, metoda dezvoltărilor în serie a diferențelor bipolare, folosită de Gh. Nistor, metoda diferențierii relațiilor de calcul a intersecției înainte, folosită de E. Popa. Prin aceste metode s-au realizat noi posibilități de calcul a deplasărilor, funcție directă de diferențele măsurate în diferite cicluri de observații. În continuare sunt prezentate câteva metode de determinare a vectorului deplasării orizontale a construcțiilor, metode elaborate de către Gh. Nistor.

3.4.1. Metodă de determinare a vectorului deplasării orizontale a construcției funcție directă de diferențele unghiurilor orizontale măsurate ciclic din capetele unei baze fixe

Determinarea vectorului deplasării orizontale a punctelor de control, fixate pe modele sau construcții la scară naturală, supusă la acțiunea diferitelor solicitări, se poate executa cu ajutorul măsurărilor geodezice efectuate din punctele de capăt ale unei baze de lungime fixă.

3.4.1.1. Stabilirea formulelor de calcul

Capetele bazei sunt punctele de stație A și B, materializate prin pilaștri de beton armat, amplasați în terenuri nedeformabile și în afara zonei de influență a construcției observate. Baza poate fi de sine stătătoare sau poate face parte din rețeaua de microtriangulație, în funcție de mărimea și importanța construcției.

Prin măsurări ciclice, efectuate în punctele de stație, A și B, asupra punctului de control, P, se determină componentele vectorului deplasării orizontale. În acest scop se alege un sistem de axe rectangulare astfel ca punctul de stație, A, să fie originea sistemului, iar axa Y să corespundă cu baza AB. Pentru determinarea poziției plane a punctului de control, P, de pe construcția luată în studiu, se măsoară, pe cale directă sau indirectă, lungimea bazei $AB = b$ și unghiurile orizontale α și β .

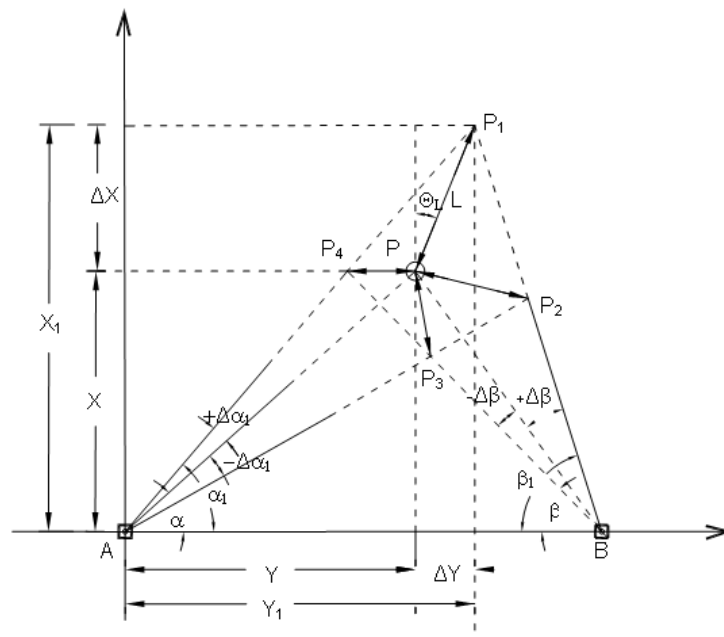


Fig. 3.6. Determinare a vectorului deplasării orizontale a construcției funcție directă de diferențele unghiurilor orizontale măsurate ciclic din capetele unei baze fixe

În ciclul inițial de observații, coordonatele bipolare ale punctului de control, P, sunt exprimate de relațiile :

$$X = \frac{btg\alpha tg\beta}{tg\alpha + tg\beta} \quad Y = \frac{btg\beta}{tg\alpha + tg\beta} \quad (3.91)$$

Datorită diferitelor solicitări, punctul de control P se deplasează împreună cu construcția, în plan orizontal, în unul din punctele P₁, P₂, P₃, sau P₄. În cazul deplasării punctului de control din poziția P în P₁, în ciclul actual de observații se măsoară unghiurile orizontale α_1 și β_1 . Deoarece s-a admis că baza rămâne fixă, coordonatele bipolare ale punctului deplasat, P₁, vor fi :

$$X_1 = \frac{btg\alpha_1 tg\beta_1}{tg\alpha_1 + tg\beta_1} \quad Y_1 = \frac{btg\alpha_1}{tg\alpha_1 + tg\beta_1} \quad (3.92)$$

Componentele vectorului deplasării orizontale a punctului de control, pe cele două axe, vor fi :

$$\Delta X = X_1 - X \quad \Delta Y = Y_1 - Y \quad (3.93)$$

Acest mod de determinare este foarte dificil. Din această cauză, plecându-se de la principiul folosit și de alți autori, de determinare a componentelor deplasării în funcție directă de diferențele unghiurilor orizontale, s-au exprimat unghiurile orizontale, măsurate în ciclul actual, în funcție de valorile măsurate în ciclul inițial :

$$\alpha_1 = \alpha + \Delta\alpha \quad \beta_1 = \beta + \Delta\beta \quad (3.94)$$

Componentele deplasării punctului de control, din poziția P în P₁, vor fi :

$$\Delta X = X_1 - X = \frac{btg(\alpha + \Delta\alpha)tg(\beta + \Delta\beta)}{tg(\alpha + \Delta\alpha) + tg(\beta + \Delta\beta)} - \frac{btg\alpha tg\beta}{tg\alpha + tg\beta} \quad (3.95)$$

$$\Delta Y = Y_1 - Y = \frac{btg(\beta + \Delta\beta)}{tg(\alpha + \Delta\alpha) + tg(\beta + \Delta\beta)} - \frac{btg\beta}{tg\alpha + tg\beta} \quad (3.96)$$

Deplasările orizontale ale construcțiilor fiind suficient de mici, înseamnă că și diferențele unghiulare $\Delta\alpha$ și $\Delta\beta$ sunt foarte mici; în relațiile de mai sus, tangentele sumelor de unghiuri se vor putea scrie sub forma :

$$tg(\alpha + \Delta\alpha) = \frac{tg\alpha + tg\Delta\alpha}{1 - tg\alpha tg\Delta\alpha} = \frac{tg\alpha + \frac{\Delta\alpha}{\rho}}{1 - tg\alpha \frac{\Delta\alpha}{\rho}} \quad (3.97)$$

Făcându-se înlocuirile, după o serie de transformări în care s-au neglijat termenii conținând creșterile de ordinul trei, formulele componentelor devin :

$$\Delta X = b \frac{A \frac{\Delta\alpha}{\rho} + B \frac{\Delta\beta}{\rho} + C \frac{\Delta\alpha}{\rho} \frac{\Delta\beta}{\rho}}{M + N \frac{\Delta\alpha}{\rho} + P \frac{\Delta\beta}{\rho} + Q \frac{\Delta\alpha}{\rho} \frac{\Delta\beta}{\rho}} \quad (3.98)$$

unde s-au notat cu :

$$A = tg^2\beta(1 + tg^2\alpha) = A_1 tg\beta \quad (3.99)$$

$$B = tg^2\alpha(1 + tg^2\beta) = B_1 tg\alpha$$

$$C = tg\alpha(1 + tg^2\beta) + tg\beta(1 + tg^2\alpha) = A_1 + B_1$$

$$M = Q = (tg\alpha + tg\beta)^2$$

$$N = P = tg\alpha(1 - tg\beta)^2 + tg\beta(1 - tg\alpha)^2$$

Analog se obține:

$$\Delta Y = b \frac{-A_1 \frac{\Delta \alpha}{\rho} + B_1 \frac{\Delta \beta}{\rho} + C_1 \frac{\Delta \alpha}{\rho} \frac{\Delta \beta}{\rho} - D_1 \frac{\Delta \beta^2}{\rho^2}}{M + N \frac{\Delta \alpha}{\rho} + P_1 \frac{\Delta \beta}{\rho} - Q_1 \frac{\Delta \alpha}{\rho} \frac{\Delta \beta}{\rho} - R_1 \frac{\Delta \beta^2}{\rho^2}} \quad (3.100)$$

unde s-au notat cu:

$$\begin{aligned} A_1 &= \operatorname{tg} \beta (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha) \\ B_1 &= \operatorname{tg} \alpha (1 + \operatorname{tg}^2 \beta) \\ C_1 &= 2 \operatorname{tg}^2 \beta - \operatorname{tg}^2 \alpha (1 - \operatorname{tg}^2 \beta) \\ D_1 &= \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta (1 + \operatorname{tg}^2 \beta) = B_1 \operatorname{tg} \beta \\ P_1 &= \operatorname{tg} \alpha (1 - 3 \operatorname{tg}^2 \beta) + \operatorname{tg} \beta (1 - 2 \operatorname{tg}^2 \alpha) - \operatorname{tg}^3 \beta \\ Q_1 &= \operatorname{tg}^2 \alpha (1 - \operatorname{tg} \beta) + \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta (3 - \operatorname{tg}^2 \beta) + 2 \operatorname{tg}^2 \beta \\ R_1 &= \operatorname{tg}^2 \beta (1 - \operatorname{tg}^2 \alpha) + \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta (1 + \operatorname{tg}^2 \beta) \end{aligned} \quad (3.101)$$

Formulele de calcul nu sunt practice, din care cauză, au fost dezvoltate în serie de Mac Laurin obținându-se:

$$\Delta X = b \left(\frac{A}{M} \frac{\Delta \alpha}{\rho} + \frac{B}{M} \frac{\Delta \beta}{\rho} + \frac{CM - BN - AP}{M^2} \frac{\Delta \alpha}{\rho} \frac{\Delta \beta}{\rho} - \frac{BP}{M^2} \frac{\Delta \beta^2}{\rho^2} \right) \quad (3.102)$$

$$\Delta Y = b \left(-\frac{A_1}{M} \frac{\Delta \alpha}{\rho} + \frac{B_1}{M} \frac{\Delta \beta}{\rho} + \frac{C_1 M - B_1 N - A_1 P_1}{M^2} \frac{\Delta \alpha}{\rho} \frac{\Delta \beta}{\rho} - \frac{B_1 P_1}{M^2} \frac{\Delta \beta^2}{\rho^2} \right) \quad (3.103)$$

În relațiile de mai sus, influența ultimilor doi termeni din paranteze este neglijabilă, din cauza micimii termenilor $\frac{\Delta \alpha}{\rho} \frac{\Delta \beta}{\rho}$ și $\frac{\Delta \beta^2}{\rho^2}$, astfel încât, pentru componentele deplasării se pot scrie relațiile:

$$\Delta X = \frac{bA}{\rho M} \Delta \alpha + \frac{bB}{\rho M} \Delta \beta, \quad (3.104)$$

$$\Delta Y = -\frac{bA_1}{\rho M} \Delta \alpha + \frac{bB_1}{\rho M} \Delta \beta \quad (3.105)$$

după care, înlocuindu-se A, B, A₁, B₁ și M cu valorile lor va rezulta:

$$\Delta X = \frac{b \operatorname{tg}^2 \beta (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha)}{\rho (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta)^2} \Delta \alpha + \frac{b \operatorname{tg}^2 \alpha (1 + \operatorname{tg}^2 \beta)}{\rho (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta)^2} \Delta \beta \quad (3.106)$$

Distribuția presiunilor de contact depinde de rigiditatea fundației, de natura

$$\Delta Y = -\frac{b \operatorname{tg} \beta (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha)}{\rho (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta)^2} \Delta \alpha + \frac{b \operatorname{tg}^2 \alpha (1 + \operatorname{tg}^2 \beta)}{\rho (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta)^2} \Delta \beta \quad (3.107)$$

Precizia impusă la determinarea prin măsuri a parametrilor construcției studiate a condus la înlocuirea în expresiile de mai sus, a funcției tangentă, cu funcțiile sinus și cosinus, obținându-se pentru componentele vectorului deplasării orizontale formulele:

$$\Delta X = \frac{b \sin^2 \beta}{\rho \sin^2(\alpha + \beta)} \Delta \alpha + \frac{b \sin^2 \alpha}{\rho \sin^2(\alpha + \beta)} \Delta \beta \quad (3.108)$$

$$\Delta Y = -\frac{b \sin \beta \cos \beta}{\rho \sin^2(\alpha + \beta)} \Delta \alpha + \frac{b \sin \alpha \cos \alpha}{\rho \sin^2(\alpha + \beta)} \Delta \beta \quad (3.109)$$

În relațiile de mai sus, făcându-se notațiile:

$$G = \frac{b}{\rho^{cc} \sin^2(\alpha + \beta)} \quad (3.110)$$

$$K_1 = G \sin \beta \cos \beta$$

$$L_1 = G \sin \alpha \cos \alpha$$

$$K_2 = G \sin^2 \beta$$

$$K_1 = G \sin \beta \cos \beta$$

$$L_2 = G \sin^2 \alpha$$

rezultă pentru componentele vectorului deplasării orizontale a punctului de control, din poziția inițială $P(\alpha, \beta)$, în poziția actuală $P_1(\alpha + \Delta\alpha, \beta + \Delta\beta)$, formulele definitive:

$$\Delta X = K_2 \Delta\alpha^{cc} + L_2 \Delta\beta^{cc} \quad (3.111)$$

$$\Delta Y = -K_1 \Delta\alpha^{cc} + L_1 \Delta\beta^{cc} \quad (3.112)$$

Aceste formule, de o deosebită simplitate, exprimă direct mărimile componentelor vectorului deplasării orizontale a punctului de control, de pe construcția observată, în funcție de diferențele dintre unghiurile orizontale măsurate în cele două cicluri de observații.

Relațiile au caracter de generalitate, fiind valabile pentru calculul componentelor deplasării punctului de control, P , în oricare din pozițiile P_1, P_2, P_3 sau P_4 , diferențele unghiulare intrând în calcul cu semnele respective. Mărimile K_1, L_1, K_2 și L_2 sunt calculate cu elementele măsurate în ciclul inițial și rămân constante pentru toate ciclurile de observații ulterioare. Elementele ce diferă de la un ciclu la altul sunt doar diferențele unghiulare $\Delta\alpha^{cc}$ și $\Delta\beta^{cc}$, ale căror mărimi se exprimă direct în secunde întrucât, în calculul constantelor a fost introdus și modul de transformare a gradelor în radiani

$$\rho^{cc} = 636620 \text{ sau } \rho'' = 206265$$

Mărimea vectorului deplasării orizontale a punctului de control, funcție de mărimile componentelor pe cele două axe, este:

$$L = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \quad (3.113)$$

Orientarea vectorului deplasării orizontale, față de axa X , este dată de relația :

$$\theta_L = \arctg \frac{\Delta Y}{\Delta X} \quad (3.114)$$

Metoda prezentată este mai rapidă chiar decât metoda grafică, având avantajul asigurării unei precizii proprii metodelor numerice.[24]

3.4.1.2. Evaluarea preciziei de determinare a vectorului deplasării orizontale prin metoda propusă

Componentele vectorului deplasării orizontale a construcției studiate sunt funcții de mărimile independente b, α și β , precum și de diferențele unghiulare $\Delta\alpha$ și $\Delta\beta$ care, pentru simplificare, se vor considera tot mărimi independente.[24]

Pentru calculul erorilor medii pătratice ale componentelor vectorului deplasării se folosește formula erorii medii pătratice a unei funcții. Astfel, se poate scrie

$$m_{\Delta x}^2 = \left[\frac{\partial(\Delta X)}{\partial b} \right]^2 m_b^2 + \left[\frac{\partial(\Delta X)}{\partial \alpha} \right]^2 \left(\frac{m_\alpha}{\rho} \right)^2 + \left[\frac{\partial(\Delta X)}{\partial \beta} \right]^2 \left(\frac{m_\beta}{\rho} \right)^2 + \left[\frac{\partial(\Delta X)}{\partial(\Delta \alpha)} \right]^2 \left(\frac{m_{\Delta \alpha}}{\rho} \right)^2 + \left[\frac{\partial(\Delta X)}{\partial(\Delta \beta)} \right]^2 \left(\frac{m_{\Delta \beta}}{\rho} \right)^2 \quad (3.115)$$

$$m_{\Delta y}^2 = \left[\frac{\partial(\Delta Y)}{\partial b} \right]^2 m_b^2 + \left[\frac{\partial(\Delta Y)}{\partial \alpha} \right]^2 \left(\frac{m_\alpha}{\rho} \right)^2 + \left[\frac{\partial(\Delta Y)}{\partial \beta} \right]^2 \left(\frac{m_\beta}{\rho} \right)^2 + \left[\frac{\partial(\Delta Y)}{\partial(\Delta \alpha)} \right]^2 \left(\frac{m_{\Delta \alpha}}{\rho} \right)^2 + \left[\frac{\partial(\Delta Y)}{\partial(\Delta \beta)} \right]^2 \left(\frac{m_{\Delta \beta}}{\rho} \right)^2 \quad (3.116)$$

Calculându-se derivatele parțiale și notându-se $\text{ctg}(\alpha+\beta) = \text{ctg}(200^\circ-\gamma) = -\text{ctg} \gamma$ se obțin formulele de calcul a erorilor medii pătratice ale componentelor vectorului deplasării orizontale:

$$m_{\Delta x}^2 = \Delta X^2 \left(\frac{m_b}{b} \right)^2 + (\Delta X \text{ctg} \gamma + L_1 \Delta \beta)^2 \left(\frac{m_\alpha}{\rho} \right)^2 + (\Delta X \text{ctg} \gamma + K_1 \Delta \alpha)^2 \left(\frac{m_\beta}{\rho} \right)^2 + K_2^2 m_{\Delta \alpha}^2 + L_2^2 m_{\Delta \beta}^2 \quad (3.117)$$

$$m_{\Delta y}^2 = \Delta Y^2 \left(\frac{m_b}{b} \right)^2 + \left[\Delta Y \text{ctg} \gamma + \left(\frac{G}{2} - L_2 \right) \Delta \beta \right]^2 \left(\frac{m_\alpha}{\rho} \right)^2 + \left[\Delta Y \text{ctg} \gamma - \left(\frac{G}{2} - K_2 \right) \Delta \alpha \right]^2 + K_1^2 m_{\Delta \alpha}^2 + L_1^2 m_{\Delta \beta}^2 \quad (3.118)$$

În relațiile obținute, mărimile $m_{\Delta \alpha}^2$ și $m_{\Delta \beta}^2$ nu se mai impart la ρ^2 deoarece acest termen este cuprins în calculul pătratelor constantelor, K_1^2, L_1^2, K_2^2 și L_2^2 .

Erorile medii pătratice ale componentelor vectorului deplasării, exprimate de formulele de mai sus, corespund cazului general, când precizia de măsurare a unghiurilor orizontale, în cele două cicluri de observații, este diferită astfel încât

$$m_\alpha \neq m_\beta \neq m_{\alpha 1} \neq m_{\beta 1} \quad (3.119)$$

erorile medii pătratice ale diferențelor unghiurilor fiind date de relațiile:

$$m_{\Delta \alpha} = \sqrt{m_\alpha^2 + m_{\alpha 1}^2} \quad m_{\Delta \beta} = \sqrt{m_\beta^2 + m_{\beta 1}^2} \quad (3.120)$$

Pentru cazul în care unghiurile orizontale s-au măsurat cu aceeași precizie, înseamnă că:

$$m_\alpha \approx m_\beta \approx m_{\alpha 1} \approx m_{\beta 1} \quad (3.121)$$

și

$$m_{\Delta \alpha} \approx m_{\Delta \beta} = m_\alpha \sqrt{2} \quad (3.122)$$

iar formulele ce exprimă erorile medii pătratice ale componentelor vectorului deplasării devin:

$$m_{\Delta x}^2 = \Delta X^2 \left(\frac{m_b}{b} \right)^2 + \left[(\Delta X \text{ctg} \gamma + L_1 \Delta \beta)^2 + (\Delta X \text{ctg} \gamma + K_1 \Delta \alpha)^2 \right] \left(\frac{m_\alpha}{\rho} \right)^2 + (K_2^2 + L_2^2) m_{\Delta \alpha}^2 \quad (3.123)$$

$$m_{\Delta y}^2 = \Delta Y^2 \left(\frac{m_b}{b} \right)^2 + \left\{ \left[\Delta Y \text{ctg} \gamma + \left(\frac{G}{2} - L_2 \right) \Delta \beta \right]^2 + \left[\Delta Y \text{ctg} \gamma - \left(\frac{G}{2} - K_2 \right) \Delta \alpha \right]^2 \right\} \left(\frac{m_\alpha}{\rho} \right)^2 + (K_1^2 + L_1^2) m_{\Delta \alpha}^2 \quad (3.124)$$

Indiferent de precizia de măsurare a unghiurilor orizontale eroarea medie pătratică a vectorului deplasării este dată de relația:

$$m_L = \sqrt{m_{\Delta x}^2 + m_{\Delta y}^2} \quad (3.125)$$

Deoarece, așa cum s-a mai arătat, mărimile K_1, L_1, K_2, L_2 sunt determinate cu elementele măsurate în ciclul inițial și rămân constante pentru toate ciclurile de

observații ulterioare, se va analiza mărimea erorii medii pătratice a vectorului deplasării construcției, funcție de mărimile măsurate $\Delta\alpha$ și $\Delta\beta$, celelalte mărimi considerându-se constante. În acest caz, mărimea erorii medii pătratice a vectorului deplasării orizontale va fi:

$$m_L^2 = \left[\frac{\partial L}{\partial(\Delta\alpha)} \right]^2 \left(\frac{m_{\Delta\alpha}}{\rho} \right)^2 + \left[\frac{\partial L}{\partial(\Delta\beta)} \right]^2 \left(\frac{m_{\Delta\beta}}{\rho} \right)^2 \quad (3.126)$$

iar după calculul derivatelor parțiale ale vectorului L, în raport cu variabilele $\Delta\alpha$ și $\Delta\beta$, pentru cazul în care $m_{\Delta\alpha} \neq m_{\Delta\beta}$, va rezulta:

$$m_L = \sqrt{\left(\frac{K_2\Delta X - K_1\Delta Y}{L} \right)^2 \left(\frac{m_{\Delta\alpha}}{\rho} \right)^2 + \left(\frac{L_2\Delta X - L_1\Delta Y}{L} \right)^2 \left(\frac{m_{\Delta\beta}}{\rho} \right)^2} \quad (3.127)$$

Când unghiurile orizontale s-au măsurat cu aceeași precizie înseamnă că $m_{\Delta\alpha} \approx m_{\Delta\beta}$, iar formula erorii medii pătratice a vectorului deplasării devine:

$$m_L = \frac{m_{\Delta\alpha}}{\rho L} \sqrt{\Delta X^2 (K_2^2 + L_2^2) + \Delta Y^2 (K_1^2 + L_1^2) - 2\Delta X\Delta Y (K_1K_2 + L_1L_2)} \quad (3.128)$$

Pentru analiza condițiilor optime de determinare a vectorului deplasării este necesară stabilirea dependenței erorii vectorului față de mărimea unghiului, γ sub care se intersectează dreptele de determinare.

Față de cazul general de determinare, se analizează cazul particular când unghiurile orizontale, ca și lungimile dreptelor de determinare, sunt aproximativ egale

$$\alpha \approx \beta, \quad d_1 \approx d_2 = d,$$

iar eroarea vectorului deplasării devine

$$m_L = \frac{m_{\Delta\alpha} b \sin \alpha}{\rho L \sin^2 2\alpha} \sqrt{2(\Delta X^2 \sin^2 \alpha + \Delta Y^2 \cos^2 \alpha)} \quad (3.129)$$

Pentru cazul particular analizat, rezultă următoarele relații evidente:

$$b = 2d \cos \alpha, \quad \alpha = 100 - \frac{\gamma}{2}, \text{ cu observația că } \gamma = [0, 200^\circ] \quad (3.130)$$

care, introduse în relația de mai sus va conduce la expresia erorii medii pătratice a vectorului în funcție de unghiul sub care se intersectează dreptele de determinare și de mărimea acestora.

$$m_L = \frac{m_{\Delta\alpha} d \sqrt{2}}{\rho L \sin \gamma} \sqrt{\Delta X^2 \cos^2 \frac{\gamma}{2} + \Delta Y^2 \sin^2 \frac{\gamma}{2}} \quad (3.131)$$

Analiza relației obținute arată că eroarea medie pătratică a vectorului deplasării este direct proporțională cu distanța de la punctele de stație la punctele de control și cu eroarea medie pătratică a diferențelor unghiulare și invers proporțională cu mărimea vectorului deplasării precum și cu sinusul unghiurilor sub care se intersectează dreptele de determinare.

La evaluarea preciziei rezultatelor trebuie calculate mărimile relative și absolute ale erorilor.

Utilizându-se formula de mai sus se obține pentru eroarea medie pătratică relativă expresia:

$$\frac{m_L}{d} = \frac{m_{\Delta\alpha} \sqrt{2}}{\rho L \sin \gamma} \sqrt{\Delta X^2 \cos^2 \frac{\gamma}{2} + \Delta Y^2 \sin^2 \frac{\gamma}{2}} \quad (3.132)$$

Eroarea medie pătratică absolută se obține prin exprimarea erorii vectorului deplasării orizontale a construcției în funcție de lungimea bazei fixe. Pentru aceasta se face în formula (3.92) substituția:

$$d = \frac{b}{2} \frac{1}{\sin \frac{\gamma}{2}} \quad (3.133)$$

obținând pentru eroarea medie pătratică absolută relația:

$$M_L = \frac{m_{\Delta\alpha} b}{\rho L \sqrt{2} \sin \gamma \sin \frac{\gamma}{2}} \sqrt{\Delta X^2 \cos^2 \frac{\gamma}{2} + \Delta Y^2 \sin^2 \frac{\gamma}{2}} \quad (3.134)$$

Cercetările efectuate au arătat că valorile obținute pentru eroarea medie pătratică a vectorului deplasării, fie funcție de erorile componentelor, fie direct cu relațiile de calcul prezentate mai sus, sunt sensibil egale. Aceasta demonstrează că precizia diferențelor unghiurilor și deci precizia măsurării unghiurilor orizontale, în toate ciclurile de observații, are influența cea mai mare asupra preciziei de determinare a vectorului deplasării. Se atrage atenția că, formulele de calcul au o mare importanță în stabilirea apriori a influenței pe care o va avea asupra rezultatelor, precizia de măsurare a tuturor elementelor liniare și unghiulare, cu scopul stabilirii anticipate a preciziei cu care va trebui să se măsoare fiecare element, astfel ca precizia vectorului deplasării să se încadreze în precizia cerută, pentru fiecare caz.

punct, ci și de presiunile din punctele învecinate, tasarea terenului nefiind una locală, ci una generalizată și deci, există și în afara suprafeței încărcate (fig. 3.14.).

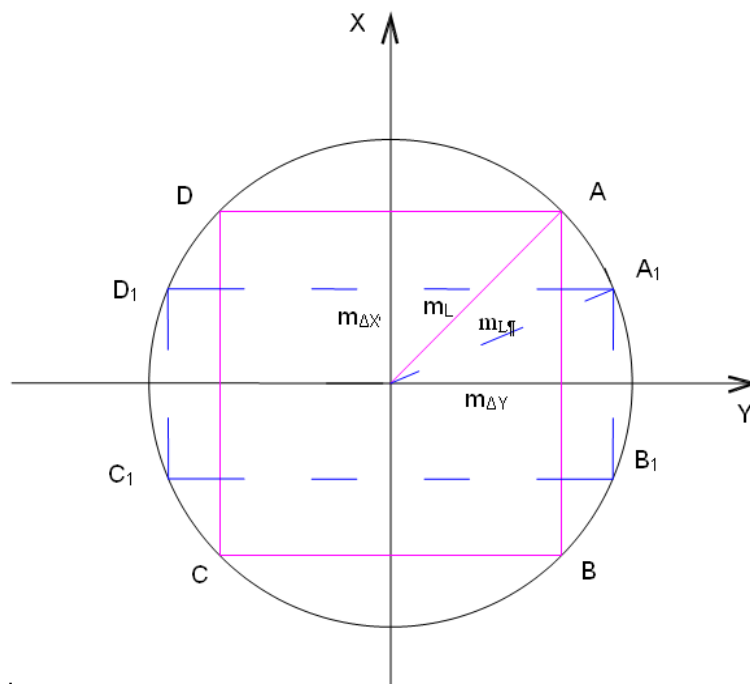


Fig. 3.7. Mărimile erorilor medii pătratice

Trebuie arătat că, mărimile erorilor medii pătratice, $m_{\Delta X}$ și $m_{\Delta Y}$ ale componentelor vectorului deplasării punctului de control, reprezintă abaterile vectorului determinat de direcțiile axelor de coordonate. În timp ce $m_{\Delta X}$ și $m_{\Delta Y}$ pot avea semnul plus sau minus, eroarea totală m_L este esențial pozitivă. În funcție de mărimea lui m_L este imposibil să se determine valorile abaterilor vectorului relativ și la alte direcții și să se studieze în ce direcție aceste abateri au valori maxime sau minime. Mărimea lui m_L furnizează limite prea largi pentru aprecierea vectorului deplasării construcției. Acest aspect se pune în evidență foarte clar când, pentru aceeași mărime a lui m_L , erorile $m_{\Delta X}$ și $m_{\Delta Y}$ diferă mult ca mărime. Astfel, descriindu-se un cerc în jurul punctului de control, P se construiește dreptunghiul ABCD care este determinat de erorile medii pătratice $m_{\Delta X}$ și $m_{\Delta Y}$. Dar dimensiunile laturilor acestui dreptunghi, deci și raportul mărimilor $m_{\Delta X}$ și $m_{\Delta Y}$, se pot schimba foarte mult, iar mărimea lui m_L rămâne aceeași.

Din cele arătate se poate trage concluzia că eroarea medie pătratică m_L nu poate caracteriza satisfăcător precizia în determinarea vectorului deplasării. O idee completă și clară asupra preciziei vectorului deplasării o dă elipsa erorilor. Mărimile semiaxelor și orientarea elipsei erorilor depinde de mărimea unghiului sub care se intersectează dreptele de determinare și de lungimile acestor drepte. În practică, elementele elipsei erorilor vectorului deplasării construcției, sunt exprimate de relațiile:

$$A = \frac{m_{\Delta\alpha}}{2p\sin\gamma} \left(\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + 2d_1d_2\sin\gamma} + \sqrt{d_1^2 + d_2^2 - 2d_1d_2\sin\gamma} \right)$$

$$B = \frac{m_{\Delta\alpha}}{2p\sin\gamma} \left(\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + 2d_1d_2\sin\gamma} - \sqrt{d_1^2 + d_2^2 - 2d_1d_2\sin\gamma} \right) \quad (3.135)$$

$$\operatorname{tg} 2\theta = \frac{\frac{\cos 2\alpha}{d_1^2} - \frac{\cos 2\beta}{d_2^2}}{\frac{\sin 2\alpha}{d_1^2} + \frac{\sin 2\beta}{d_2^2}}$$

Ultima ecuație are două rădăcini: 2θ și $2\theta \pm 200^\circ$, adică θ și $\theta \pm 100^\circ$, astfel că ele determină două direcții perpendiculare care vor corespunde celei mai mici abateri ale vectorului deplasării, respectiv axele principale ale elipsei erorilor

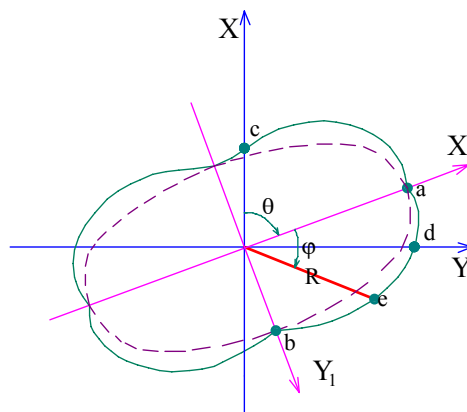


Fig. 3.8. Cele mai mici abateri ale vectorului deplasării, respectiv axele principale ale elipsei erorilor

Mai corect, trebuie spus că precizia vectorului deplasării este dată de curba pedală sau curba erorilor medii pătratice, care se definește ca locul geometric al picioarelor perpendicularelor duse din centrul elipsei pe tangentele la elipsă a cărei ecuație este:

$$R = \sqrt{A^2 \cos^2 \varphi + B^2 \sin^2 \varphi} \quad (3.136)$$

unde: φ - unghiul dintre semiaxa mare și raza vector R, luat în sens direct al acelor ceasornicului.

Pe baza construcției curbei pedală, se pot determina erorile medii pătratice ale vectorului deplasării, pe cele două axe, $m_{\Delta x}$ și $m_{\Delta y}$, prin măsurarea segmentelor

$$m_{\Delta x} = \overline{P-c} \quad m_{\Delta y} = \overline{P-d} \quad (3.137)$$

Pe aceeași figură s-au mai făcut notațiile:

$$A = \overline{P-a} \quad B = \overline{P-b} \quad R = \overline{P-e} \quad (3.138)$$

Pentru cazul simplificator în care $\alpha \approx \beta$, deci și $d_1 \approx d_2 = d$, relațiile elementelor elipsei erorilor (3.96), capătă forma:

$$A = \frac{m_{\Delta \alpha} d}{2\rho} \frac{1}{\sin \frac{\gamma}{2}} \quad (3.139)$$

$$B = \frac{m_{\Delta \alpha} d}{2\rho} \frac{1}{\cos \frac{\gamma}{2}}$$

$$\operatorname{tg} 2\theta = 0$$

Din ultima egalitate rezultă că $\theta_1 = 0^\circ$ și $\theta_2 = 100^\circ$. Se deduce că, în acest caz, axele elipsei erorilor coincid cu axele de coordonate. Efectuându-se raportul dintre pătratele semiaxelor elipsei erorilor se obține:

$$\frac{A^2}{B^2} = \frac{\cos^2 \frac{\gamma}{2}}{\sin^2 \frac{\gamma}{2}} = \operatorname{ctg}^2 \frac{\gamma}{2}, \text{ de unde } \frac{A}{B} = \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2} \quad (3.140)$$

Conform acestei relații, când $\gamma = 100^\circ$ raportul semiaxelor este egal cu unitatea și deci, $A = B$ elipsa erorilor degenerază într-un cerc al erorilor. Aceeași relație dă indicații asupra formei elipsei erorilor, astfel:

$$\text{-pentru } \gamma < 100^\circ \text{ rezultă că } A > B, \quad (3.141)$$

$$\text{-pentru } \gamma > 100^\circ \text{ rezultă că } A < B,$$

De asemenea, pentru valori ale unghiurilor γ , egale cu 60° și 120° , semiaxa mare este mai mare ca semiaxa mică de 1,73 ori, dar poziția elipsei este diferită. În primul caz, semiaxa mare este dirijată pe bisectoarea unghiului γ , iar al doilea, este paralelă cu baza de lungime fixă, AB.

Indicații asupra dimensiunilor elipsei erorilor sunt date fie de ponderea elipsei erorilor exprimată de relația:

$$P = \frac{1}{A^2 + B^2}, \quad (3.142)$$

fie de mărimea suprafeței elipsei erorilor, dată de formula:

$$S = \pi AB \quad (3.143)$$

Mărimea preciziei de determinare a vectorului deplasării construcției este direct proporțională cu mărimea ponderi și invers proporțională cu mărimea

suprafeței elipsei erorilor. Cu cât semiaxele elipsei erorilor sunt mai mici, cu atât suprafața va fi mai mică iar ponderea, și deci precizia, va fi mai mare.

La aprecierea preciziei vectorului deplasării se va avea în vedere atât valoarea relativă cât și valoarea absolută a suprafeței elipsei erorilor.

Suprafața elipsei erorilor se obține prin înlocuirea în relația (3.104) a valorilor semiaxelor reprezentate de (3.100):

$$S_e = \pi AB = \pi d^2 \frac{m_{\Delta\alpha}^2}{2\rho^2} \frac{1}{\sin\gamma} \quad (3.144)$$

Valoarea relativă a suprafeței elipsei erorilor în raport cu suprafața cercului de rază d , se exprimă prin relația:

$$\frac{S_e}{\pi d^2} = \frac{m_{\Delta\alpha}^2}{2\rho^2} \frac{1}{\sin\gamma} \quad (3.145)$$

Valoarea relativă a suprafeței elipsei erorilor se obține prin înlocuirea în relația (98) a mărimii d , exprimată de formula (3.94) .

$$S_e = \frac{\pi m_{\Delta\alpha}^2 b}{8\rho^2 \sin\gamma \sin^2 \frac{\gamma}{2}} \quad (3.146)$$

Cunoașterea elementelor elipsei erorilor (A , B , θ , P sau S_e) dă posibilitatea cunoașterii direcțiilor de-a lungul cărora erorile vectorului deplasării sunt maxime și minime și domeniul de eroare, permițând alegerea anticipată a poziției și lungimii bazei de observare astfel ca erorile să fie cele mai mici.[24]

3.4.2. Metodă de determinare a vectorului deplasării construcției prin intersecție unghiulară înainte, simplificată

Metoda analitică a intersecției înainte simplificată se bazează pe exprimarea necunoscutelor reprezentate de componentele vectorului deplasării ca funcții liniare de termenii liberi. Simplificarea, datorată lui T. Lazzarini, constă în egalarea cu zero a relațiilor de erori, fără a influența prea mult precizia de determinare a vectorului deplasării.

Exprimarea componentelor vectorului deplasării orizontale a construcției observate, funcție directă de diferențele unghiurilor orizontale măsurate în cele două cicluri de observații, se face prin relațiile de erori simplificate.

$$a_1 \Delta X + b_1 \Delta Y + \Delta\alpha^{cc} = 0 \quad (3.147)$$

$$a_2 \Delta X + b_2 \Delta Y + \Delta\beta^{cc} = 0$$

unde:

$$a_i = -\rho^{cc} \frac{\sin\theta_i}{d_i} \quad b_i = \rho^{cc} \frac{\cos\theta_i}{d_i} \quad (3.148)$$

$$\Delta\alpha^{cc} = \alpha_1 - \alpha \quad \Delta\beta^{cc} = \beta_1 - \beta$$

Prin rezolvarea sistemului de ecuații se obțin componentele vectorului deplasării

$$\Delta X = \frac{b_2 \Delta\alpha - b_1 \Delta\beta}{a_1 b_2 - a_2 b_1} \quad \Delta Y = \frac{a_1 \Delta\beta - a_2 \Delta\alpha}{a_1 b_2 - a_2 b_1} \quad (3.149)$$

După care se calculează mărimea vectorului deplasării și orientarea acestuia cu relațiile (3.113) și (3.115).

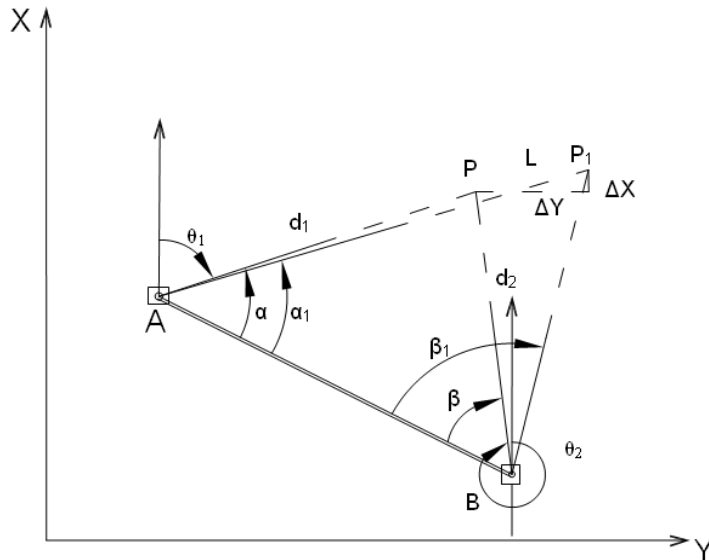


Fig. 3.9. Determinarea vectorului deplasării prin intersecție unghiulară înainte

3.4.3. Metodă de determinare a vectorului deplasării construcției prin intersecție unghiulară înapoi, simplificată

Este considerată ca cea mai utilă metodă de determinare a deplasării punctelor fixe, de stație și de referință, din rețeaua de microtriangulație, precum și a punctelor situate în zona terenurilor alunecătoare din regiunile muntoase și de pe malurile râurilor. Dar poate fi tot atât de utilă și la măsurarea vectorului deplasării construcțiilor mari, în special a podurilor, viaductelor etc. În acest caz, în punctul de control, P, situat pe construcție, se măsoară unghiurile orizontale α și β la intervale corespunzătoare ciclurilor de observație. Componentele vectorului deplasării orizontale se calculează pe cale analitică funcție directă de diferențele unghiurilor orizontale, din relațiile de erori simplificate.

$$A_1 \Delta X + B_1 \Delta Y + \Delta \alpha^{cc} = 0 \quad (3.150)$$

$$A_2 \Delta X + B_2 \Delta Y + \Delta \beta^{cc} = 0$$

unde:

$$A_1 = a_{PB} - a_{PA}, \quad B_1 = b_{PB} - b_{PA} \quad (3.150')$$

$$A_2 = a_{PC} - a_{PB}, \quad B_2 = b_{PC} - b_{PB}$$

$$\Delta \alpha^{cc} = \alpha_1 - \alpha, \quad \Delta \beta^{cc} = \beta_1 - \beta$$

Valorile coeficienților de direcție, a_{pi} și b_{pi} ($i = A, B, C$), se calculează fie cu ajutorul tabelelor, fie cu ajutorul formulelor (3.148).

Prin rezolvarea sistemului de ecuații (3.150) se obțin formulele de calcul ale componentelor vectorului deplasării construcției:

$$\Delta X = \frac{B_2 \Delta \alpha - B_1 \Delta \beta}{A_1 B_2 - A_2 B_1}, \quad \Delta Y = \frac{A_2 \Delta \alpha - A_1 \Delta \beta}{A_1 B_2 - A_2 B_1} \quad (3.151)$$

și funcție de acestea, se calculează mărimea și direcția vectorului deplasării.

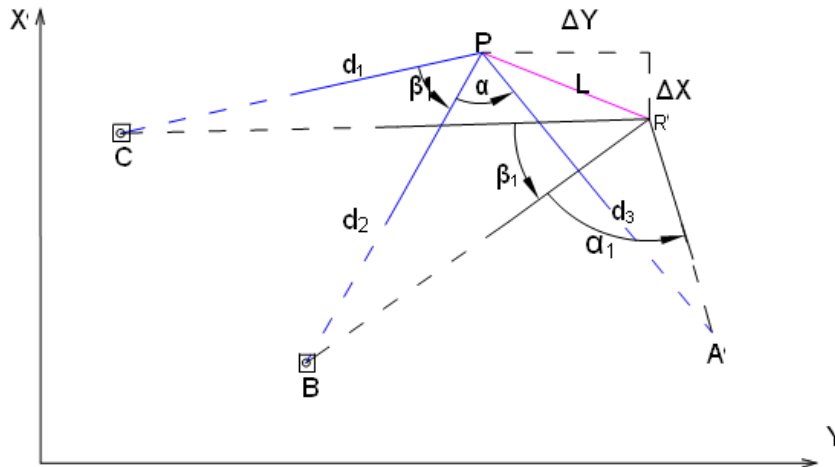


Fig. 3.10. Determinarea vectorului deplasării prin intersecție unghiulară înapoi

3.4.4. Metodă de determinare a vectorului deplasării orizontale a construcției prin măsurări indirecte ponderate tratate riguros prin metoda celor mai mici pătrate

La determinarea simultană a vectorului deplasării orizontale a punctelor de control, de pe construcția luată în studiu, în raport cu o serie de puncte fixe din rețeaua de microtriangulație, cea mai acceptabilă cale de urmat ar fi următoarea:

Cu coordonatele cunoscute ale punctelor din rețeaua de referință se compensează toate măsurătorile executate separat în fiecare ciclu de observații, obținându-se de fiecare dată coordonatele punctelor de control. Din analiza distribuției coordonatelor acestor puncte, obținute în fiecare ciclu de observații, se pot constata mărimile deplasărilor absolute, parțiale și totale. Acest mod de rezolvare a problemei propuse, acceptat în mod firesc și care duce la rezultate din cele mai bune, este însă extrem de anevoios, necesitând un volum important de calcule.

Deoarece o serie de elemente ale operației de tratare a măsurilor efectuate sunt comune tuturor ciclurilor de observații, în cele ce urmează se va expune o metodă de determinare a vectorului deplasării construcției funcție directă de elementele măsurate direct pe teren. Modul de tratare a măsurătorilor prin metoda celor mai mici pătrate a cuprins atât cazul măsurătorilor condiționate cât și a măsurătorilor indirecte. În ambele cazuri, prin tratarea riguroasă a măsurătorilor, se obțin cele mai probabile valori ale componentelor vectorului deplasării fiecărui punct de control și erorile medii pătratice ale acestora.

Datorită condițiilor dificile în care se realizează urmărirea comportării în timp a construcțiilor mari, supuse la diferite solicitări, din punctele fixe ale rețelei de microtriangulație, cea mai indicată metodă de trasare a măsurătorilor, rezultate în diferite cicluri de observații, este metoda măsurătorilor indirecte.

În cele ce urmează se reia, printr-o tratare modernizată, modul clasic de a concepe această problemă de teorie a lui T. Lazzarini. Se exprimă un algoritm general de calcul împreună cu modalitățile de evaluare ale preciziei și stabilire a condițiilor optime.

3.4.5. Stabilirea algoritmului general de calcul a vectorului deplasării orizontale a construcției

Se analizează determinarea vectorului deplasării construcției, simultan pentru un număr de N puncte de control, fixate pe construcția observată, dintr-un număr de puncte fixe, din rețeaua de microtriangulație, în funcție de n măsurători. [24]

În ciclul inițial de observații, pentru determinarea poziției punctelor de control $1, 2, \dots, N$, pe baza mărimilor $l_{oi} = (\theta_{o,i+1} - \theta_{o,1}) - \beta_{oi}$, $i = 1, 2, \dots, n$, unde $(\theta_{o,i+1} - \theta_{o,1})$ sunt unghiurile calculate din coordonatele provizorii, iar β_{oi} - unghiurile măsurate pe teren, se scrie sistemul relațiilor de erori, exprimat prin relația matriceală

$$A_{nk} X_{k1}^0 + L_{n1}^0 = V_{n1}^0, \text{ cu matricea pondere } P_{nn}^0 \quad (3.152)$$

În relația de mai sus s-a notat cu:

n - numărul unghiurilor orizontale măsurate și care este egal cu numărul relațiilor de erori;

k - numărul corecțiilor coordonatelor, egal cu numărul necunoscutelor ($k = 2N$)

A_{nk} - matricea coeficienților relațiilor de erori, unde $n > k$;

X_{ki}^0 - vectorul corecțiilor ce se vor aplica coordonatelor aproximative pentru obținerea coordonatelor compensate;

L_{n1}^0 - vectorul termenilor liberi ai relațiilor de erori;

V_{n1}^0 - vectorul corecțiilor de aplicat unghiurilor măsurate pentru a se obține unghiurile compensate.

Aceste matrici se pot scrie dezvoltat:

$$A_{nk} = \begin{bmatrix} a_1 b_1 \dots k_1 \\ a_2 b_2 \dots k_2 \\ \dots \\ a_n b_n \dots \dots \end{bmatrix}; \quad X_{k1}^0 = \begin{bmatrix} X_{11} - X_{01} \\ Y_{11} - Y_{01} \\ \dots \\ X_{1N} - X_{0N} \\ Y_{1N} - Y_{0N} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X_{01} \\ \Delta Y_{01} \\ \dots \\ \Delta X_{0N} \\ \Delta Y_{0N} \end{bmatrix}, \quad (3.153)$$

$$L_{n1}^0 = \begin{bmatrix} l_{01} \\ l_{02} \\ \dots \\ l_{0n} \end{bmatrix}; \quad V_{n1}^0 = \begin{bmatrix} v_{01} \\ v_{02} \\ \dots \\ v_{0n} \end{bmatrix}; \quad P_{nn}^0 = \begin{bmatrix} p_{01} 0 \dots 0 \\ 0 \dots p_{02} \dots \\ \dots \\ 0 \dots 0 \dots p_{0n} \end{bmatrix} \quad (3.154)$$

În ciclul actual de observații, relațiile de erori sunt exprimate de relația matriceală

$$A_{nk} X_{k1}^1 + L_{n1}^1 = V_{n1}^1, \text{ cu matricea pondere } P_{nn}^1 \quad (3.155)$$

unde matricea A_{nk} este identică cu cea din ciclul inițial, iar celelalte sunt:

$$X_{k1}^1 = \begin{bmatrix} X_{21} - X_{01} \\ Y_{21} - Y_{01} \\ \dots \\ X_{2N} - Y_{0N} \\ Y_{2N} - Y_{0n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X_{11} \\ \Delta Y_{11} \\ \dots \\ \Delta X_{1N} \\ \Delta Y_{1N} \end{bmatrix}; \quad L_{n1}^1 = \begin{bmatrix} l_{11} \\ l_{12} \\ \dots \\ l_{1n} \end{bmatrix} \quad (3.156)$$

$$V_{n1}^1 = \begin{bmatrix} v_{11} \\ v_{12} \\ \dots \\ v_{1n} \end{bmatrix} \quad P_{nn}^1 = \begin{bmatrix} p_{11} 0 \dots 0 \\ 0 p_{12} \dots \\ \dots \\ 0 0 \dots p_{1n} \end{bmatrix} \quad (3.157)$$

În relațiile (3.152) și (3.153) s-a notat cu :

X_{0j} ($j=1,2,\dots,k$) -coordonatele aproximative ale punctelor de control;

X_{ij} -coordonatele compensate corespunzătoare ciclului inițial;

X_{2j} -coordonatele compensate corespunzătoare ciclului actual.

Vectorul deplasării orizontale a construcției, rezultat între cele două cicluri de observații, va fi dat de relația:

$$X_{k1} = \begin{bmatrix} X_{21}-X_{11} \\ Y_{21}-Y_{11} \\ \dots \\ X_{2N}-X_{1N} \\ Y_{2n}-Y_{1N} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X_1 \\ \Delta Y_1 \\ \dots \\ \Delta X_N \\ \Delta Y_N \end{bmatrix} \quad (3.158)$$

Așa cum s-a arătat, acest mod de rezolvare presupune un volum mare de calcule, fiind complet neeconomic și deci nerecomandabil de aplicat, în special când numărul punctelor de control este mare.

Întrucât doar mărimea elementelor măsurate pe teren diferă de la un ciclu la altul, celelalte fiind comune, se va căuta exprimarea unei relații directe între mărimile componentelor deplasării orizontale a punctelor de control și variația în mărimea unghiurilor orizontale măsurate în punctele fixe ale rețelei de microtriangulație. In acest scop se procedează astfel:

Se scade relația (3.152) din relația (3.154)

$$A_{nk}(X_{k1}^1 - X_{k1}^0) + (L_{n1}^1 - L_{n1}^0) = (V_{n1}^1 - V_{n1}^0) \quad (3.159)$$

cum se mai poate scrie

$$A_{nk}X_{k1} + L_{n1} = V_{n1}, \text{ cu pondere } P_{nn} \quad (3.160)$$

unde matricea A_{nk} rămâne aceeași ca în relațiile (3.152) și (3.154), iar celelalte sunt:

$$X_{k1} = \begin{bmatrix} (X_{21}-X_{01})-(X_{11}-X_{01}) \\ (Y_{21}-Y_{01})-(Y_{11}-Y_{01}) \\ \dots \\ (X_{2N}-X_{0N})-(X_{1N}-X_{0N}) \\ (Y_{2n}-Y_{1N})-(Y_{1N}-Y_{0N}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X_{11}-\Delta X_{01} \\ \Delta Y_{11}-\Delta Y_{01} \\ \dots \\ \Delta X_{1N}-\Delta X_{0N} \\ \Delta Y_{1N}-\Delta Y_{0N} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X_1 \\ \Delta Y_1 \\ \dots \\ \Delta X_N \\ \Delta Y_N \end{bmatrix} \quad (3.161)$$

$$L_{n1} = L_{n1}^1 - L_{n1}^0 = \{(\theta_{0,i+1} - \theta_{0,i}) - \beta_{1i}\} - \{(\theta_{0,i+1} - \theta_{0,i}) - \beta_{0i}\} = \beta_{0i} - \beta_{1i} = \begin{bmatrix} l_{01} - l_{11} \\ l_{02} - l_{12} \\ \dots \\ l_{0n} - l_{1n} \end{bmatrix} = \Delta \beta_i = \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ \dots \\ l_n \end{bmatrix} \quad (3.162)$$

$$V_{n1} = V_{n1}^1 - V_{n1}^0 = \begin{bmatrix} V_{11} - V_{01} \\ V_{12} - V_{02} \\ \dots \\ V_{1n} - V_{0n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \dots \\ V_n \end{bmatrix} \quad (3.163)$$

În relația (3.160) matricea:

- X_{k1} - reprezintă vectorul componentelor deplasării orizontale a fiecărui punct de control;

- L_{n1} - vectorul termenilor liberi, ale cărui elemente sunt formate din diferențele dintre mărimile unghiurilor orizontale măsurate în ciclurile de observații inițial și actual;

- V_{n1} - vectorul corecțiilor de aplicat diferențelor provizorii dintre unghiurile orizontale pentru a se obține vectorul deplasării, în funcție directă de diferențele unghiurilor orizontale măsurate. Considerând pentru simplificare că mărimile diferențelor unghiulare l_i ($i = 1, 2, \dots, n$) sunt mărimi independente și că au erorile medii pătratice egale cu

$$m_i^2 = m_{0i}^2 + m_{1i}^2, \quad (3.164)$$

unde:

m_{0i} - eroarea medie pătratică a unghiului orizontal l_{0i} (β_{0i}) măsurat în ciclul inițial;

m_{1i} - eroarea medie pătratică a unghiului orizontal l_{1i} (β_{1i}) măsurat în ciclul actual,

matricea pondere a relației de deformație va fi:

$$P_{nn} = \begin{bmatrix} \frac{m_0^2}{m_{01}^2 + m_{11}^2} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \frac{m_0^2}{m_{02}^2 + m_{12}^2} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \frac{m_0^2}{m_{0n}^2 + m_{1n}^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{m_0^1}{m_1^2} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \frac{m_0^2}{m_2^2} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \frac{m_0^2}{m_n^2} \end{bmatrix} \quad (3.165)$$

unde m_0 - eroarea unității de pondere. Când precizia de măsurare a unghiurilor orizontale, în ambele cicluri de observații, este aceeași, erorile medii pătratice ale diferențelor unghiulare, l_i ($\Delta\beta_i$) sunt egale cu

$$m_i^2 = m_{0i}^2 + m_{1i}^2 = 2m_{0i}^2 = 2m_{\beta_i}^2 \quad (3.166)$$

iar matricea pondere a relației de deformație capătă forma

$$P_{nn} = \begin{bmatrix} \frac{m_0^2}{2m_1^2} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \frac{m_0^2}{2m_2^2} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \frac{m_0^2}{2m_n^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{m_0^2}{m_1^2} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \frac{m_0^2}{m_2^2} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \frac{m_0^2}{m_n^2} \end{bmatrix} \quad (3.167)$$

Determinarea vectorului deplasării construcției se face sub condiția:

$$V^T P V = \min. \quad (3.168)$$

care, pentru cazul cercetat, se va exprima prin:

$$V^T P V = X^T A^T P A X + 2X^T A^T P L + L^T P L = \min \quad (3.169)$$

Condiția de minim va fi îndeplinită prin anularea derivatelor parțiale

$$\frac{1}{2} \frac{\partial(V^T P V)}{\partial(X)} = A^T P A X + A^T P L = 0 \quad (3.170)$$

Sau

$$A_{kn}^T P_{nn} A_{nk} X_{k1} + A_{kn}^T P_{nn} L_{n1} = 0 \quad (3.171)$$

Ecuatia matricială obținută corespunde sistemului de ecuații normale ale componentelor vectorului deplasării orizontale. Notându-se produsul

$$N_{kk} = A_{kn}^T P_{nn} A_{nk} \quad (3.172)$$

matricea N_{kk} fiind matricea coeficienților ecuațiilor normale, care scrisă dezvoltat este

$$N_{kk} = \begin{bmatrix} [paa][pab] \dots [pah] \\ [pab][pbb] \dots [pbh] \\ [pah][pbh] \dots [phh] \end{bmatrix} \quad (3.173)$$

ecuația (3.171) se poate scrie:

$$N_{kk} X_{k1} + A_{kn}^T P_{nn} L_{n1} = 0 \quad (3.174)$$

Prin înmulțirea la stânga a ecuației matriciale (3.174) cu inversa matricei N_{kk} se obține vectorul deplasărilor (necunoscutelor)

$$X_{k1} = -N_{kk}^{-1} A_{kn}^T P_{nn} L_{n1} \quad (3.175)$$

Inversa matricei coeficienților ecuațiilor normale este matricea coeficienților de pondere notată cu

$$Q_{kk} = N_{kk}^{-1} = \begin{bmatrix} Q_{11} & Q_{12} \dots Q_{1K} \\ Q_{21} & Q_{22} \dots Q_{2K} \\ \dots & \dots \\ Q_{K1} & Q_{K2} \dots Q_{KK} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q_{X1X1} & Q_{X1Y1} & \dots & Q_{X1XN} & Q_{X1YN} \\ Q_{X1Y1} & Q_{Y1Y1} & \dots & Q_{Y1XN} & Q_{Y1YN} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ Q_{X1XN} & Q_{Y1YN} & \dots & Q_{XNXN} & Q_{XNYN} \\ Q_{X1YN} & Q_{Y1YN} & \dots & Q_{XNYN} & Q_{YNYN} \end{bmatrix} \quad (3.176)$$

În relația (3.156) făcându-se notația

$$Z_{kn} = Q_{kk} A_{kn}^T P_{nn} \quad \dots \dots \dots (3.177)$$

sau dezvoltat

$$Z_{kn} = \begin{bmatrix} Q_{11} & Q_{12} & \dots & Q_{1K} \\ Q_{21} & Q_{22} & \dots & Q_{2K} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Q_{K1} & Q_{K2} & \dots & Q_{KK} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & \dots & a_n \\ b_1 & b_2 & \dots & b_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ h_1 & h_2 & \dots & h_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & p_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & p_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_n \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{k1} & z_{k2} & \dots & z_{kn} \end{bmatrix} \quad (3.178)$$

se va obține pentru vectorul deplasării orizontale a construcției relația finală

$$X_{k1} = -Z_{kn} L_{n1} \quad (3.179)$$

sau scrisă dezvoltat

$$\begin{bmatrix} \Delta X_1 \\ \Delta Y_1 \\ \dots \\ \Delta X_N \\ \Delta Y_N \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_n \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{k1} & z_{k2} & \dots & z_{kn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ \dots \\ l_n \end{bmatrix} \quad (3.180)$$

Relația (3.164) îndeplinește condiția impusă de exprimare a vectorului deplasării construcției în funcție directă de elementele măsurate, adică funcție de diferențele unghiurilor orizontale măsurate în cele două cicluri de observații.

La determinarea componentelor vectorului deplasării orizontale a punctelor de control, corespunzătoare mai multor cicluri de observații succesive, prin păstrarea preciziei de măsurare a unghiurilor orizontale în toate ciclurile de observații, matricea Z_{kn} va rămâne constantă. În acest fel, vectorul deplasării corespunzător fiecărui ciclu de observații, se va obține prin înmulțirea matricei de mărime constantă, Z_{kn} , cu vectorul termenilor liberi, L_{n1} , ale cărui elemente se obține direct ca diferență a unghiurilor orizontale măsurate în ciclul inițial și respectiv, în ciclul actual. Când aceste diferențe se obțin din măsurările a două cicluri succesive vor rezulta deplasările parțiale, iar când diferențele vor rezulta din măsurările ciclurilor inițial și final, vor rezulta deplasările totale.[24]

Vectorul deplasării orizontale a fiecărui punct de control se va calcula pe baza componentelor de-alungul celor două axe. Astfel se obține

$$L_{N,1} = L_{\frac{k}{2},1} = \begin{bmatrix} L_1 \\ L_2 \\ \dots \\ L_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{\Delta X_1^2 + \Delta Y_1^2} \\ \sqrt{\Delta X_2^2 + \Delta Y_2^2} \\ \dots \\ \sqrt{\Delta X_N^2 + \Delta Y_N^2} \end{bmatrix} \quad (3.181)$$

Pe baza aceluiași elemente se calculează orientările vectorilor deplasării

$$\theta_{N,1} = \theta_{\frac{k}{2},1} = \begin{bmatrix} \theta_{L1} \\ \theta_{L2} \\ \dots \\ \theta_{LN} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{arc tg } \Delta Y_1 / \Delta X_1 \\ \text{arc tg } \Delta Y_2 / \Delta X_2 \\ \dots \\ \text{arc tg } \Delta Y_N / \Delta X_N \end{bmatrix} \quad (3.182)$$

În acest fel, problema propusă a fost rezolvată.

Algoritmul propus permite obținerea rapidă a vectorului deplasării orizontale a construcției studiate funcție directă de elementele măsurate pe teren. Prin tratarea prin metoda celor mai mici pătrate, mărimile deplasărilor sunt cele mai probabile.

Cu algoritmul prezentat, calculul se poate efectua în întregime la mașina electronică sau se poate calcula la mașina electronică doar matricea constantă, Z_{kn} , iar vectorul deplasării, X_{k1} , se va obține pentru fiecare ciclu de observații, direct pe teren cu ajutorul unui minicalculator sau a unei mașini manuale de calcul.

Trebuie arătat că, chiar în condițiile în care precizia de măsurare a unghiurilor orizontale, în diferite cicluri de observații, diferă cu puțin, se poate păstra constantă matricea de pondere, P_{nn} , și deci matricea Z_{kn} , având-se în vedere că variațiile ponderilor cu 10% ... 15% determină modificări nesemnificative în rezultatele compensării. De asemenea, în cazul determinării vectorului deplasării nu este necesar a se calcula mărimile compensate ale diferențelor unghiulare.

Dacă elementele matricei pondere se schimbă prea mult datorită unor precizii sensibil diferite, se poate recalcula matricea pondere și deci matricea constantă, Z_{kn} .

Algoritmul general de calcul a vectorului deplasării orizontale a construcției observate, prin măsurători indirecte ponderate, prezintă un caracter de amplă generalizare fiind variabil pentru diferite metode de determinare cum ar fi: metoda intersecției multiple înainte, metoda intersecției multiple înapoi, metoda grupului de puncte. Pentru fiecare caz în parte, stabilirea coeficienților de direcție se poate face prin metodele cunoscute din geodezie.

Precizia determinării vectorului deplasării se poate mări prin suplimentarea măsurărilor unghiulare cu măsurări liniare și compensarea lor concomitentă. În acest fel, în relațiile de deformații vor intra atât relațiile de unghiuri cât și relații de distanțe.

Dacă între două puncte de control, 1 și 2, se măsoară distanța după diferențierea relației

$$D_{12}^2 = (X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2$$

va rezulta

$$dD_{12} = \frac{X_2 - X_1}{D_{12}} dX_2 + \frac{Y_2 - Y_1}{D_{12}} dY_2 - \frac{X_2 - X_1}{D_{12}} dX_1 - \frac{Y_2 - Y_1}{D_{12}} dY_1 \quad (3.183)$$

Pe baza relației de mai sus, se scrie relația de deformație corespunzătoare acestei distanțe.

$$-\cos \theta_{12} \Delta X_1 - \sin \theta_{12} \Delta Y_1 + \cos \theta_{12} \Delta X_2 + \sin \theta_{12} \Delta Y_2 - l_{12} = v_{12} \quad (3.184)$$

cu ponderea

$$P_{12} = \frac{m_0^2}{m_{D_{12}^0}^2 + m_{D_{12}^1}^2} \approx \frac{m_0^2}{2m_{D_{12}^0}^2} \quad (3.185)$$

unde: $m_{D_{12}^0}^0$ și $m_{D_{12}^1}^1$ - erorile medii pătratice de măsurare a distanțelor în cele două cicluri de observații.

În relația (3.166) termenul liber este egal cu diferența distanțelor dintre punctele 1 și 2.

$$l_{12} = D_{12}^1 - D_{12}^0 \quad (3.186)$$

unde: D_{12}^1 și D_{12}^0 sunt distanțe măsurate în ciclurile de observații, actual și inițial.

Numărul de relații de distanțe, de forma (3.184), va fi egal cu numărul de distanțe măsurate între punctele de control, de pe construcția supusă observației.

3.4.6. Evaluarea preciziei de determinare a vectorului deplasării orizontale a construcției studiate

La evaluarea preciziei este necesar a se calcula următoarele elemente: eroarea unității de pondere, erorile medii pătratice ale componentelor deplasării, erorile medii pătratice ale vectorilor deplasării, eroarea medie pătratică a unei funcții de elemente compensate, semiaxele și orientările elipselor erorilor. [24]

Eroarea medie pătratică a unității de pondere, reprezentând eroarea medie pătratică a diferenței unghiurilor orizontale măsurate în două cicluri de observații, este dată de relația:

$$m_0 = \pm \sqrt{\frac{V^T P V}{n-k}} \quad (3.187)$$

unde:

$$V^T P V = V_{1n}^T P_{nn} V_{n1} = L_{1n}^T P_{nn} L_{n1} + X_{1k}^T A_{kn}^T P_{nn} L_{n1} \quad (3.188)$$

Mărimea acestei erori caracterizează condițiile de măsurare, adică precizia rezultatelor măsurării.

În funcție de eroarea unității de pondere se pot determina valorile post-compensare a erorii medii pătratice a unui unghi orizontal

$$m_{\beta} = \pm \frac{m_0}{\sqrt{2}} \quad (3.189)$$

și eroarea medie pătratică a unei direcții

$$(m_{\beta}) = \pm \frac{m_0}{2} \quad (3.190)$$

Deoarece erorile medii pătratice ale componentelor deplasării sunt funcții de erorile termenilor liberi, pentru evaluarea preciziei se exprimă vectorul deplasării printr-o funcție liniară de termenii liberi ai relațiilor de deformații.

Eroarea medie pătratică a unei funcții de n variabile aleatoare este

$$M_x^2 = \left[\frac{\partial(X)}{\partial(L)} \right] m_0^2 \left[\frac{\partial(X)}{\partial(L)} \right]^T \quad (3.191)$$

Prin derivarea relației (3.179) în raport cu variabilele aleatoare ce compun vectorul termenilor liberi, rezultă matricea

$$M_x^2 = Z_{kn} m_0^2 Z_{nk}^T \quad (3.192)$$

de unde, după mai multe transformări, se obține

$$\frac{M_x^2}{m_0^2} = Z_{kn} P^{-1} Z_{nk}^T = Q_{kk} = \frac{1}{P_X} \quad (3.193)$$

Evaluarea preciziei vectorului deplasării se face cu ajutorul matricei

$$M_x^2 = m_0^2 Q_{kk} \quad (3.194)$$

care dezvoltat se prezintă sub forma

$$M_x^2 = m_0^2 \begin{bmatrix} Q_{X1X1} & Q_{X1Y1} & \dots & Q_{X1XN} & Q_{X1YN} \\ Q_{X1Y1} & Q_{Y1Y1} & \dots & Q_{Y1YN} & \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ Q_{X1XN} & Q_{Y1YN} & \dots & Q_{XNXN} & Q_{XNYN} \\ Q_{X1YN} & Q_{Y1YN} & \dots & Q_{XNYN} & Q_{YNYN} \end{bmatrix} \quad (3.195)$$

Erorile medii pătratice ale componentelor vectorului deplasării orizontale a punctului de control j ($j = 1, 2, \dots, N$), sunt exprimate de relațiile

$$m_{\Delta x_j} = \pm m_0 \sqrt{Q_{X1X1}} \quad m_{\Delta y_j} = \pm m_0 \sqrt{Q_{Y1Y1}} \quad (3.196)$$

iar eroarea medie pătratică a vectorului deplasării va fi

$$m_{L_j} = \sqrt{m_{\Delta x_j}^2 + m_{\Delta y_j}^2} = m_0 \sqrt{Q_{XjXj} + Q_{YjYj}} \quad (3.197)$$

Deoarece erorile medii pătratice nu caracterizează mulțumitor precizia de determinare a vectorului deplasării se face calculul elementelor elipselor erorilor medii pătratice, cu ajutorul matricei (3.179), folosindu-se formulele:

- pentru semiaxele elipsei erorilor

$$A_j = \pm m_0 \sqrt{\frac{1}{2} (Q_{X1X1} + Q_{Y1Y1} + q_j)} \quad B_j = \pm m_0 \sqrt{\frac{1}{2} (Q_{X1X1} + Q_{Y1Y1} - q_j)} \quad (3.198)$$

$$\text{unde } q_j = \sqrt{(Q_{XjXj} - Q_{YjYj})^2 + 4Q_{XjYj}^2} \quad \dots \dots \dots (3.199)$$

- pentru orientările, θ_j și $\theta_j + 100^g$, ale semiaxelor elipsei erorilor

$$\text{tg } 2\theta_j = \frac{2Q_{XjYj}}{Q_{XjXj} - Q_{YjYj}} \quad (3.200)$$

Pentru posibilitatea oferită calculării imediate a erorilor medii pătratice ale componentelor deplasării orizontale pe direcțiile axelor de coordonate ($m_{\Delta X}, m_{\Delta Y}$) și a erorii medii pătratice a vectorului deplasării (m_L), cât și a direcțiilor (θ și $\theta+100^\circ$) de-alungul cărora erorile vectorului deplasării sunt maxime (A) și respectiv minime (B), matricea M_x^2 permite alegerea unei soluții optime de mai multe soluții posibile, studiate anticipat în scopul urmăririi comportării în timp a unei construcții.

Uneori este importantă cunoașterea erorii medii pătratice a unei funcții de elemente compensate

$$\Phi = F_{1k}^T X_{k1} \quad (3.201)$$

unde: Φ - un număr; $F_{1k} = [f_1 f_2 L f_k]$ - matricea linie a derivatelor parțiale;

X_{k1} - matricea coloană a elementelor compensate (vectorul deplasării)

Se înlocuiește în expresia (3.200) vectorul deplasării cu expresia dată de (3.194) obținându-se expresia funcției

$$\Phi = -F_{1k}^T Z_{kn} L_{n1} \quad (3.202)$$

Aplicându-se formula inversei ponderii unei funcții

$$\frac{1}{P_\Phi} \left[\frac{\partial(\Phi)}{\partial(L)} \right] P^{-1} \left[\frac{\partial(\Phi)}{\partial(L)} \right]^T \quad (3.203)$$

se calculează derivatele funcției în raport cu variabilele aleatoare L, ca funcție de funcție

$$\frac{\partial(\Phi)}{\partial(L)} = \frac{\partial(\Phi)}{\partial(X)} \frac{\partial(X)}{\partial(L)} = -F_{1k}^T Z_{kn} \quad (3.204)$$

de unde, după mai multe transformări, va rezulta pentru eroarea medie pătratică a funcției de mărimile compensate, expresia

$$m_\Phi^2 = m_0^2 F_{1k}^T Q_{kk} F_{k1} \quad (3.205)$$

4.ANALIZA FACTORILOR ȘI A PARAMETRILOR CARE INFLUENȚEAZĂ STABILITATEA CONSTRUCȚIILOR

Construcțiile în general sunt bunuri imobile realizate de om, în scopul adăpostirii și desfășurării activităților și a vieții, cu luarea în considerare a mediului în care acestea se desfășoară și a factorilor naturali care acționează asupra construcțiilor.

Urmărirea construcțiilor speciale se poate face după criterii obiective, ținând seama de riscul potențial pe care construcția îl reprezintă atât în sine, cât și pentru mediul înconjurător.

În acest sens concepția și alcătuirea construcțiilor este determinată în general de următorii factori:

- natura și factorii de mediu care exercită asupra construcțiilor acțiuni mecanice, fizice, chimice și biologice. gradul de asigurare seismică;
- factori de risc uman, ecologic, economic (risc pentru populația din zonă și pentru ocupanții construcției, risc ecologic asupra mediului, valoarea economică a construcției, valoarea culturală și istorică, valoarea construcțiilor și investițiilor din zonă);
- alți factori care influențează riscul prezentat de construcție (grad de asigurare la incendii a clădirii și a zonei construite, starea sistemelor de avertizare și alarmare, calitatea sistemelor de limitare a efectelor accidentelor, ventilarea construcțiilor subterane, evacuarea apelor din infiltrații, poluarea biologică, sisteme de evacuare a oamenilor și bunurilor); factori cu influență asupra gradului de confort (asigurarea confortului climatic, protecție la zgomot și vibrații etc).

4.1. Influența factorilor atmosferici asupra stabilității construcțiilor înalte

În cazul construcțiilor înalte (peste 40-50 m) se fac determinări prin amplasarea mărcilor de tasare-observație la diferite nivele intermediare pentru reprezentarea cât mai fidelă a comportării construcției respective. Repetând măsurătorile și calculele în mod analog la anumite intervale în timp stabilite și raportându-le la mărimile obținute din măsurătorile inițiale, se obține mărimea creșterilor înclinărilor, cu care se poate stabili și viteza acestor deformații.

La construcțiile suple și înalte, trebuie ținut cont însă că acestea sunt puternic influențate de condițiile atmosferice ca: iradierea neuniformă și cu intensitate diferită de către soare sau influența vântului, care pot influența în mod substanțial interpretările măsurătorilor geodezice.

4.1.1. Influența radiațiilor solare asupra construcțiilor înalte

Datorită încălzirii neuniforme a diferitelor părți ale unei construcții expuse spre soare, aceasta suferă o rotire în plan orizontal, în sens opus rotirii pământului în jurul axei sale. Mișcarea diurnă a construcției, urmărește un traseu eliptic, în funcție de latitudinea geografică și înălțimea construcției. Din punct de vedere teoretic traseul diurn se apropie de o dreaptă la ecuator și devine un cerc la poli.

Rotirile care se produc în plan orizontal se pot determina prin metode topogeodezice, urmărindu-se mărcile amplasate pe construcție la diferite înălțimi și la diferite ore din zi. Cunoașterea răsucirilor în plan orizontal datorită influenței razelor solare asupra construcției, prezintă interes pentru interpretarea corectă a măsurătorilor, ele de regulă neconstituind un pericol privind stabilitatea și siguranța în exploatare, deși pot atinge pentru turnuri de beton armat la înălțimea de 200m valori până la 20-25 cm pe direcția est-vest și 10-15 cm pe direcția nord-sud.

Diagrama mișcării diurne a centrului unui turn cu o structură din beton armat și a unei mărci de observație de pe anvelopa acestuia, funcție de temperatură și ora locală se poate reprezenta conform figurilor următoare. Urmărind mai multe zile succesive rotirea în plan a construcției se ajunge la o formă de spirală, turnul nerevenind la poziția zilei precedente. Acest lucru se poate constata prin măsurători care se execută pe o durată de mai multe zile, toate însă la aceeași oră. Pe baza observațiilor efectuate se poate urmări mișcarea centrului turnului pe o durată de 30 zile, toate rezultatele putând fi cuprinse din punct de vedere grafic într-o elipsă.

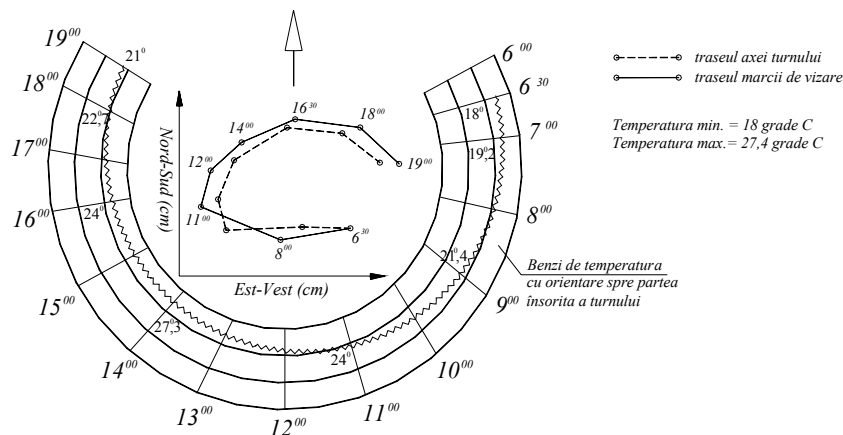


Figura 4.1. Mișcarea diurnă a unui turn din beton armat

Această constatare ne arată în mod evident, că rezultatele măsurătorilor din diferite perioade, sunt comparabile doar în anumite limite, recomandându-se compararea măsurătorilor care au fost realizate în aceleași condiții sub aspect termic ca de exemplu: ciclurile de vară între ele și ciclurile de iarnă între ele.

De asemenea, trebuie luat în considerare faptul că această mișcare nu este uniformă pentru intervale mai mari de timp, ca putând fi considerată uniformă doar pentru intervale de 3 – 5 minute. Acest lucru este de interes pentru măsurătorile

topo-geodezice, întrucât măsurătorile de durată (cu mai multe serii) nu îmbunătățesc cu nimic rezultatul, datorită vitezei de rotire a construcției de aproximativ 2-3 mm/5 minute la o însoțire puternică.

Pentru efectuarea observațiilor azimutale la construcțiile înalte, se recomandă intervalul orar 6-8 dimineața în perioada de vară, perioadă când mișcările zilei precedente s-au amortizat, iar cele ale zilei în curs încă nu s-au declanșat.

4.1.2. Influența vânturilor asupra construcțiilor înalte

Vibrațiile și oscilațiile construcțiilor înalte sunt generate în special de factori naturali cum sunt vântul și seismele, care în anumite cazuri pot duce la deteriorarea acestora sau chiar distrugerea completă. Seismele au o perioadă de apariție destul de rară, ani sau chiar zeci de ani, și nu influențează practic măsurătorile topo-geodezice ciclice.

Influența vânturilor însă, reprezintă o problemă mult mai interesantă și cu efect direct asupra măsurătorilor geodezice.

În apropierea suprafeței terestre (până la altitudinea de 600-800 m), relevant pentru construcții, vântul apare ca un strat turbulent, a cărui rafale constituie practic solicitări ale acestora.

Pe baza analizei spectrelor energiei a vitezei vântului orizontal, s-au definit 2 domenii clare în care spectrele prezintă valori maxime.

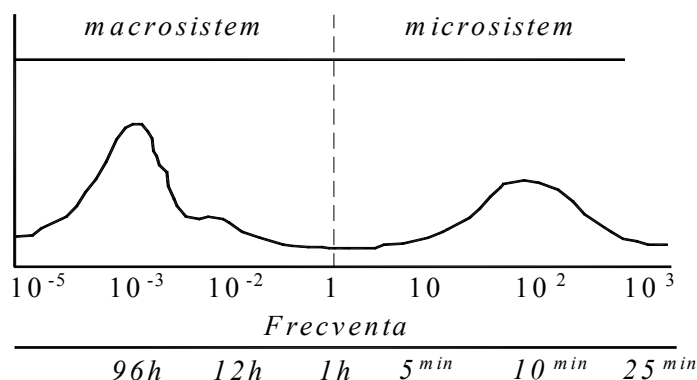


Figura 4.2. Spectrul de energie al mișcării eoliene

Pentru studiul dinamicii construcțiilor sunt interesante doar frecvențele mai mari de 10-3 Hz, iar frecvențele $f > 1-1,5$ Hz nu sunt relevante pentru factorul de solicitare vânt.

Procedeele pentru măsurarea deformațiilor induse de vânt trebuie să cuprindă în special banda de frecvență $0,003 < f < 1,5$ Hz. Acest domeniu de frecvență nu poate fi acoperit de metode de măsurare topo-geodezice clasice, acestea desfășurându-se pe perioade lungi de timp și nu pot surprinde cel mai bine influența vânturilor asupra construcțiilor.

La construcțiile înalte și suple rafalele de vânt pot duce la fenomenul de rezonanță, când frecvența proprie a construcției coincide cu frecvența de excitație, fenomen deosebit de perturbator. La construcții cu profil circular, mai apare

suplimentar fenomenul de formare a unor curenți turbionari care generează oscilații laterale ale construcției față de direcția vântului, acest fenomen fiind numit efectul Karman.

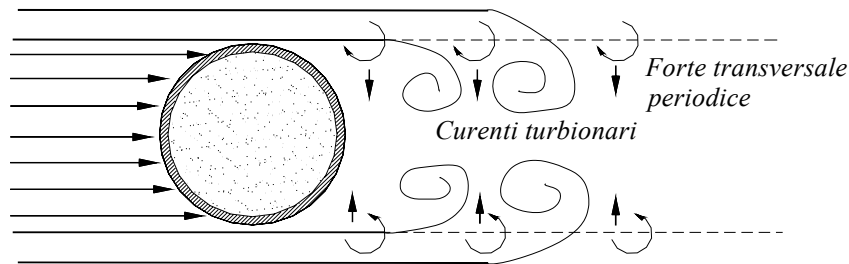


Figura 4.3. Solicitățile produse de vânt la turnurile înalte – efectul Karman

Când viteza vântului este redusă, oscilațiile laterale ale construcției sunt puternice, raportul dintre aceste oscilații și oscilațiile pe direcția predominantă a vântului fiind aproximativ egală cu 5:1. Când viteza vântului crește, datorită autoreglării traseului Karman a curenților de aer, apare din nou o creștere însemnată a efectului de rezonanță pe direcția vântului, după ce vibrațiile laterale s-au stins. Aceste informații sunt foarte importante pentru specialistul în măsurători topo-geodezice, care poate să-și pregătească sesiunea de lucru și programul de realizare a observațiilor.

4.2. Factori care acționează asupra construcțiilor hidrotehnice

4.2.1. Acțiunea apei

Apa este un factor de solicitare specific construcțiilor hidrotehnice care acționează cu ponderea cea mai mare, pe o gamă largă de intensități, durate și forme de manifestare. Fizic sau chimic, static sau dinamic, apa solicită construcțiile hidrotehnice nu numai când, depășind anumite niveluri de solicitare destabilizează construcțiile și determină fenomene de cedare, de la incidente la accidente și distrugerii, ci și în perioadele de comportare normală.[29]

Acțiunea mecanică a apei se manifestă sub formă de presiune hidrostatică și hidrodinamică. Presiunea hidrostatică este exercitată asupra acelor părți ale construcțiilor hidrotehnice cu care se găsește în contact apa în repaus. Aceasta reprezintă de cele mai multe ori principala solicitare, mărimea ei determinând forma, dimensiunile și alcătuirea unei construcții. Presiunea hidrodinamică este exercitată de apa în mișcare asupra elementelor cu care se găsește în contact. Acțiuni dinamice se întâlnesc la funcționarea stăvilor mobile, a descărcătorilor de diverse tipuri, a camerelor de echilibru, a conductelor și a galeriilor forțate, a centralelor, a canalelor și a galeriilor de fugă. Apele care se infiltrează prin baraje sau terenul de fundație al acestora, valurile, ca și suprapresiunile provocate de undele seismice, exercită de asemenea acțiuni dinamice.

Acțiunea fizică a apei, mai ales a celei în mișcare, se manifestă prin erodarea suprafețelor cu care vine în contact, prin spălarea și degradarea betoanelor, prin antrenarea particulelor componente ale materialelor necorozive, prin degradarea terenurilor de fundație. O serie de măsuri constructive, uneori destul de costisitoare, vin în întâmpinarea acestor fenomene, prin mărirea durabilității betoanelor, prin consolidarea terenurilor sau prin drenarea lor.

Acțiunea chimică este exercitată de apele agresive acumulate în lacuri, care parcurg apoi întreaga schemă de amenajare, sau de apele exterioare care își croiesc drum spre elementele constructive ale ansamblului unei uzine hidroelectrice. Degradarea betonului ca urmare a efectului de coroziune poate fi provocată de diferite substanțe cum ar fi apa cu durtate redusă, apa cu dioxid de carbon, săruri de amoniu, săruri de magneziu, soluții de sulfși solubili, soluții de acizi organici, grăsimi uleiuri etc.[29]

Acțiunea biologică a apei asupra betonului și asupra altor materiale de construcții, cum ar fi metalul și lemnul, este exercitată prin intermediul algelor, bacteriilor, ciupercilor și mușchilor. Coroziunea se produce fie din secrețiilor lor cu caracter acid, fie din cauza produselor lor de descompunere.

Principalele moduri prin care este potențată acțiunea destabilizatoare a apei sunt următoarele :

- *Producerea de niveluri de retenție, care depășesc capacitatea ansablului construcție – teren de a prelua solicitările generate de aceste niveluri*

Acestea pot compromite construcția în următoarele situații :

- dimensionarea și execuția necorespunzătoare a construcțiilor prin soluțiile constructive adoptate, omiterea unor solicitări, nerespectarea condițiilor tehnice de execuție, etc.
- estimarea eronată a caracteristicilor terenului de fundație la stabilirea soluțiilor adoptate, astfel că fundația nu poate face față solicitărilor la care este supusă realizarea de niveluri superioare celor luate în considerare în calcule prin evaluarea eronată a debitelor excepționale, funcționarea necorespunzătoare a evacuatoarelor, apariția de unde artificiale (cum ar fi cele provocate de ruperea în amonte a unor construcții care realizează retenții), nivelul relației siguranță-risc care a stat la baza dimensionării construcției etc.

Fenomene de cedare provocate de creșterea nivelului se pot produce în două moduri :

- prin creșterea presiunii hidrostactice asupra construcțiilor și potențarea fenomenelor negative din fundații
 - prin deversarea construcției, în special în cazul gărzilor necorespunzătoare.
- *Producerea de infiltrații în fundații sau în corpul construcțiilor, care generează fenomene piezometrice de categoria subpresiunilor pe talpa uvrajelor, pe falii și fisuri sau de categoria presiunilor interstițiale, care le depășesc pe cele avute în vedere la proiectarea construcțiilor.*
- Aceste solicitări pot produce fenomene de cedare în ansamblul construcție – teren, în situații ca următoarele :
- soluționarea necorespunzătoare a sistemului de etanșare drenare al construcției sau fundației ;
 - producerea de niveluri majorate, cu sau fără deversarea construcțiilor, care generează suprasolicitări sub raortul infiltrațiilor;
 - deteriorarea în timp a sistemului de etanșare și drenare.

- *Crearea de condiții de curgere defavorabile pe circuitele hidraulice închise sau deschise.* Fenomene de cedare pot fi cauzate de următorii factori :
 - vitezele reale, mai mari decât cele avute în vedere la proiectarea construcțiilor;
 - forma necorespunzătoare a conturului de curgere, atât ca soluție adoptată cât și ca execuție.
- *Producere de eroziuni pe suprafețele neconstruite funcție de caracteristicile granulometrice și coezive ale terenului, de forma suprafeței și forța motrice pe care o conferă apelor debitul și panta acestora.* Fenomenului i se asociază întotdeauna transportul și depunerea materialului erodat.

Modificările morfologice produse de eroziuni și depuneri devin surse de cedări în situații ca următoarele :

- subaprecierea problemei eroziunii și transportului de aluviuni și flotați, în bazinele de recepție ale râurilor (cum ar fi exploatarea necorespunzătoare a masei lemnoase din bazin, extinderea suprafețelor expuse eroziunii, etc.);
- soluționarea defectuoasă a fundațiilor construcțiilor, în raport cu dinamica modificărilor morfologice;
- rezolvarea necorelată a volumelor acumulate cu durata de existență a construcțiilor, cu folosințele amenajărilor și dinamica aluviunilor;
- exploatări care au urmărit efecte imediate, neglijând exploatarea de lungă durată.

Modificarea caracteristicilor fizico-mecanice ale materialelor. Prezența apei ca factor de solicitare al construcțiilor hidrotehnice, modifică uneori caracteristicile fizico-mecanice ale materialelor din corpul construcțiilor și din fundații.

Faza lichidă, preexistentă în pământuri și în unele materiale de construcții, odată cu punerea sub sarcină își modifică proporția și structura în funcție de :

- starea de porozitate și coeziune a materialelor
- mărimea și durata presiunii apei capacitatea construcției și respectiv a fundației de a evacua apa care se infiltrează

În cazul materialelor cu porozitate redusă, dar mai ales cu coeziune mare sau a materialelor cu caracter monolit, așa cum sunt rocile stâncoase și betoanele, punerea sub sarcină, practic nu modifică caracteristicile fizico-mecanice, dacă nu intervin produse chimice.

În cazul rocilor semistâncoase și mai ales moi, cât și în cazul formațiunilor și materialelor fine, pulverulente sau slab coezive, așa cum sunt nisipurile presate, gresiile slab coezive, marnele argilo-nisipoase, argilo-nisipurile, balasturile argiloase, etc., sub acțiunea presiunii apei, se poate produce o reducere a caracteristicilor intrinseci (coeziunea și frecarea) ale materialelor din corpul construcțiilor, din fundații și din zona afectată de amenajare.

Rezultă că realizarea de construcții hidrotehnice în terenuri susceptibile de modificări ale caracteristicilor fizico-mecanice poate declanșa forme de cedare în situații ca următoarele :

- sistemele de fundare, de etanșare și drenaj nu reușesc să evite sau cel puțin să limiteze efectele modificărilor hidrogeologice induse de amenajare
- în fundații există formațiuni care conțin sare sau gips și care prin dizolvare, pot conduce la tasări sau alunecări
- formațiunile argilo-nisipoase, argilo-marnoase, marno-nisipoase etc. prin înmuiere favorizează tasări, refulări sau alunecări.

Modificarea regimului hidrogeologic din versanții lacurilor de acumulare constituie o situație mai dificilă, executarea de lucrări care să evite afectarea

caracteristicilor fizico-mecanice, de regulă nefiind posibilă și unde acest aspect poate fi asociat cu :

- stratificații sau accidente tectonice cu formații slabe pe planurile de fisurație, susceptibile de ași modifica caracteristicile fizico-mecanice, de orientare aproximativ conformă cu versanții
- pătrunderea apei meteorice pe planurile menționate și crearea de condiții pentru acțiunea apei sub formă de presiune interstițială sau hidrostatică variații mari și bruște ale nivelurilor în acumulare.

4.2.2. Acțiunea termicității

Termicitatea acționează singură sau împreună cu celelalte solicitări și mai ales împreună cu apa, efectele lor însumându-se.

Termicitatea poate induce forme de cedare mai mult sau mai puțin periculoase, în oricare din stadiile de existență ale construcțiilor, în condițiile în care zona amplasamentului se caracterizează prin temperaturi absolute mari și mai ales dacă acestea au variații mari, bruște și frecvente, situație mai puțin întâlnită în țara noastră.

Fenomene negative la construcții hidrotehnice din solicitări termice se pot produce în situații de genul celor de mai jos :

- Adoptarea de soluții constructive și dimensionări fără a ține seama de eforturile induse de termicitate. Termicitatea afestează în special construcțiile din beton și metalice și mai ales pe cele, la care deplasările sunt împiedicate (baraje arcuite)
- Folosirea de materiale cu coeficienți de dilatație ridicați sau care au rezistențe reduse la solicitări de tensiune sau compresiune, pe care le induce variația stării de termicitate.
Folosirea de tehnologii și materiale neadecvate la execuția betoanelor, precum : lipsa de preocupare pentru folosirea de cimenturi cu căldură de hidratare redusă și cu dozaje reduse, lipsa de preocupare pentru răcirea agregatelor betoanelor puse în operă etc. Astfel în corpul barajelor din beton se pot produce frecvent fisurări datorită degajării căldurii interne de hidratare, din timpul întăririi betoanelor masive. Tehnologiile moderne de execuție elimină în cea mai mare măsură apariția fisurilor datorate fenomenelor termice, prin utilizarea cimenturilor cu căldură moderată de hidratare, reducerea dozajelor, răcirea artificială a betoanelor. Acest gen de fisuri, chiar dacă nu sunt grave, prin poziția și extinderea lor, pot afecta calitatea și siguranța lucrărilor, mai ales prin asociere cu acțiunea apei.
- Diferențele de stări termice produse de variația temperaturii mediului ambiant între betoanele de la suprafață și cele situate în adâncime pot produce contracții diferențiate, care conduc la fisurarea betoanelor. La barajul Fontana (SUA) cu înălțime de 146 m, după 30 de ani de exploatare fără incidente, a fost găsită o fisură de 6 mm în galeria de drenaj, care a fost atribuită căldurii solare, unei reacții alcaline în masa betonului, precum și unei încălziri progresive a corpului barajului. Barajul a fost consolidat prin pretensionare, iar fisura a fost injectată. Un incident asemănător, datorat în parte unui șoc termic, a survenit la barajul Porțile de Fier I.
- Asociată cu acțiunea apei, termicitatea are uneori ca efect deteriorarea superficială a betoanelor cu modificarea caracteristicilor elastice și prin aceasta reducerea secțiunilor active.

4.2.3. Acțiunea seismelor

Construcțiile hidrotehnice sunt supuse solicitărilor seismice generate de mișcări de relativă adâncime ale scoarței pământului și de mișcări de reechilibrări ce au loc în partea superficială a scoarței, induse de marile lacuri de acumulare. Construcțiile hidrotehnice sunt solicitate, de asemenea, de fenomene vibratorii, comparabile într-o oarecare măsură cu cele seismice, fenomene datorate funcționării evacuatoarelor, acțiunii valurilor, exploatărilor din carierele din zonă, etc.

Solicitările seismice, comparate cu celelalte forme de solicitări la care sunt supuse construcțiile hidrotehnice, prezintă o serie de particularități de o deosebită importanță :

- sunt bruște, dezvoltând gradienti mari de solicitări și deformații, cu forme de cedare care de regulă, sunt de asemenea bruște
- au caracteristici (intensitate, frecvență, direcție de acționare etc.) de mare variabilitate în timp și spațiu
- acționează asupra ansamblului constituit din construcție și fundație, cât și asupra tuturor încărcărilor (apă, mecanisme, sedimente etc.), cu excepția temperaturii.

Cutremurele naturale sunt efectul vibrațiilor produse de energia degajată în timpul erupțiilor vulcanice, sau de deplasările plăcilor tectonice, care prin alunecări și prăbușiri în lungul faliilor, eliberează instantaneu energie, care se propagă prin unde seismice.

Cutremurele artificiale denumite și induse care se manifestă în zonele în care au fost realizate mari lacuri de acumulare, constituie o problemă căreia i se acordă o atenție deosebită pe plan mondial, dată fiind creșterea continuă a numărului de baraje înalte și acumulări mari de apă, a căror avariere implică riscuri deosebite.

În general, s-a observat o activitate seismică mai deosebită poate apărea în zona unor lacuri cu adâncimi de peste 100 m și cu volume acumulate mai mari de 10 milioane m³. Înălțimea coloanei de apă este un factor mai important decât volumul de apă al acumulării. Seismicitatea indusă este independentă de activitatea seismică naturală.[29]

Caracteristic activității seismice induse de acumulări este faptul că focarele cutremurelor sunt situate la adâncimi mici și se găsesc în imediata apropiere a acumulării. S-a observat o corelație între frecvența șocurilor seismice și regimul nivelurilor apei în lacuri (viteza de ridicare și de coborâre a nivelului, mărimea coloanei de apă și durata menținerii nivelului maxim).

În stadiul actual de cunoaștere a mecanismului de producere a seismelor provocate de lacuri de acumulare, se admit drept cauze posibile următoarele :

Pe baza metodelor de calcul antiseismic cunoscute, Comitetul pentru cutremure de pământ de pe lângă Comisia Internațională a Marilor Baraje a elaborat în 1973, o serie de recomandări provizorii pentru calculul antiseismic al barajelor, din care pot fi menționate următoarele :

- obligativitatea calculelor antiseismice la toate barajele, deoarece s-a constatat că în zona cu slabă activitate seismică înaintea construirii unor baraje, ulterior s-au produs seisme puternice, care pot fi atribuite seismicității induse de lacurile create de baraje
- folosirea metodei statice de calcul la acțiunea seismelor pentru barajele de mică înălțime, barajele mari verificându-se după metode dinamice
- îmbunătățirea metodelor actuale de calcul, în direcția cunoașterii caracteristicilor dinamice ale materialelor din corpul și fundația barajelor, a

caracteristicilor undelor seismice, a influenței geologiei și morfologiei amplasamentului.

În țara noastră, în funcție de caracteristicile seismice observate (magnitudinea și energia cutremurelor, alcătuirea geologică a scoarței pământului, atenuarea sau scelerarea undelor seismice, efectele seismelor care au avut loc pe teritoriul țării noastre) a fost întocmită o hartă seismică a României, hartă care face o macrozonare a teritoriului țării. Gradul de protecție antiseismică a barajelor și a construcțiilor hidrotehnice în general, se stabilește pe baza încadrării seismice a amplasamentului, ținându-se seama de de clasa de importanță pentru construcțiile de importanță deosebită, sporind cu o unitate gradul stabilit prin macrozonare. În mod curent măsurile de protecție antiseismică pot duce la o creștere cu 2-6% a costurilor construcțiilor și chiar peste, în condiții speciale.

Principalele etape, ale dimensionării la cutremur a construcțiilor hidrotehnice și barajelor în special, prezentate succint, sun următoarele :

- Alegerea coeficientului de seismicitate pe bază de normative sau pe bază de studii în cazuri deosebite, în funcție de : seismicitatea amplasamentului, clasa de importanță și înălțimea construcției, volumul acumulării. De asemenea, se alege direcția de aplicare a excitației seismice, repartiția coeficientului de seismicitate pe înălțimea construcției etc.
- Stabilirea caracteristicilor seismului de calcul și de verificare a construcției
- Alegerea ipotezelor și modelelor de calcul considerând :comportarea în regim static și dinamic a structurii construcției, disiparea energiei seismice, nesincronismul acțiunii seismice, interacțiunea construcție- fundație toate sectoarele ei de bază.
- Analiza rezultatelor obținute privind stabilitatea generală și stările de eforturi ale obiectului calculat cu prevederile normelor pentru tipul și clasa de importanță a construcției, cât și cu rezultatul la calculul pentru solicitările normale

De regulă construcțiile hidrotehnice sunt dimensionate la seism prin metode statice și pseudodinamice și sunt verificate prin metode dinamice. Metoda statică adoptă ipoteze simplificatoare ceea ce îndepărtează modelul de calcul de fenomenul real. Metodele dinamice țin seamă de faptul că structurile nu se comportă rigid ci elastic. În metode dinamice propriu-zisă răspunsul structurii se determină în funcție de timp, în concordanță cu accelerograma cutremurului, care trebuie însă estimată într-un mod cât mai exact. Una dintre metodele dinamice, care se bazează pe calculul deformațiilor remanente produse de seisme, are în vedere că forțele de inerție, respectiv accelerațiile, variază în timp, atât ca mărime cât și ca direcție, ceea ce modifică fundamental efectele finale ale solicitărilor. Metode permite reproducerea mai fidelă, prin calcule, a fenomenelor naturale observate, atât calitativ, cât și din punct de vedere al ordinului de mărime al efectelor, conducând la dimensionări mai economice.

În problema bunei comportări a construcției la solicitări seismice, trebuie avut în vedere faptul că practica a pus în evidență deosebita importanță a alcătuirii generale a construcției, a modului în care se rezolvă relația construcție – teren, a gradului de armonizare a părților constituente ale construcției.[29]

4.2.4. Acțiunea distructivă deliberată a omului

Distrugerile deliberate de construcții hidrotehnice au, în mod obișnuit, un caracter de solicitare dinamică. Aceste distrugereri au loc în situații cu totul speciale, precum :

- În caz de conflicte armate, când se urmărește, pe de o parte ca inamicul să nu beneficieze de avantajele construcțiilor, iar pe de alta să producă pagube mari prin distrugerea lor – cazul barajelor de retenție, care prin rupere produc inundații în zonele din aval. Înaintea și în cursul celui de-al doilea război mondial, în țările beligerante au fost efectuate studii speciale pe modele, privind comportarea barajelor la acțiunea bombelor, precum și în vederea determinării modului de bombardare optim, cu scopul obținerii de distrugereri maxime în aval.
- În caz de sabotaje, când se urmărește producerea de pagube sau compromiterea adversarilor
- În condiții în care se consideră că unele construcții au devenit un pericol pentru zona în care au fost amplasate sau că trebuie refăcute. Deteriorarea progresivă a betonului și fundațiilor barajului Matiliza (California – SUA) a făcut ca exploatarea lui să devină dificilă, conducând în final la decizia distrugerii lui.

Datorită masivității construcțiilor hidrotehnice, distrugerea lor se face cu explozivi, al căror efect dinamic este comparabil cu seismele și fenomenele vibratorii. Datorită dificultăților de corelare între gradul de distrugere ce se urmărește și cantitatea de exploziv folosită, se poate întâmpla ca efectul să fie mai mare decât cel dorit sau dimpotrivă.

4.2.5. Alte tipuri de solicitări

În afară de solicitările menționate anterior, construcțiile hidrotehnice pot fi supuse și unei serii de solicitări, de mai mică importanță sau de frecvență mai redusă, ca acțiunea faunei, florei, poluanților atmosferici, exploziilor de gaze, acțiunii unor factori climaterici, acțiunii procesului de îmbătrânire, ca rezultată a acțiunii tuturor factorilor menționați, dar și ca produs al proceselor ce au loc în structura materialelor.[29]

Animalele rozătoare care sapă galerii în pământ au provocat deteriorări prin afuiere la câteva baraje mici din pământ, dar nu au creat dificultăți la barajele mari, deoarece galeriile săpate nu pătrund la mare adâncime. Cărțițele, șobolanii și vidrele sapă galerii pentru culcuș sau pentru trecere dintrun bief în altul, necesitând astfel controale periodice, în zonele unde există asemenea rozătoare.

Solicitările menționate pot acționa separat asupra ansamblului construcției-teren, dar situațiile în care ele să nu se conjuge și în care prezența apei să lipsească sunt foarte rare. Fie că lucrează izolat sau concomitent, acestea determină diverse forme de cedare.

5. STUDII TOPO-GEODEZICE PRIVIND URMĂRIREA DEPLASĂRILOR ȘI DEFORMAȚIILOR LA UNELE CONSTRUCȚII SPECIALE – BARAJUL POIANA MĂRULUI , DEPOZITUL DE ZGURĂ ȘI CENUȘĂ UTVIN ȘI TURNURILE DE RĂCIRE –

Urmărirea comportării în timp a construcțiilor se desfășoară pe toată perioada de viață a construcției începând cu execuția ei și este o activitate sistematică de culegere și valorificare (prin următoarele modalități: interpretare, avertizare sau alarmare, prevenirea avariilor etc.) a informațiilor rezultate din observare și măsurători asupra unor fenomene și mărimi ce caracterizează proprietățile construcțiilor în procesul de interacțiune cu mediul ambiant și tehnologic.

Proprietățile de comportament, ca și fenomenele și mărimile ce le caracterizează, se aleg pentru fiecare construcție în parte, astfel încât cu ajutorul unor criterii de apreciere și al unor condiții de calitate legate de destinația construcției, să permită aprecierea aptitudinii ei pentru exploatare, respectiv a realizării calităților care o fac să corespundă cerințelor proprietarilor și/sau utilizatorilor.

Existența unor construcții importante în țara noastră cum ar fi : baraje, poduri, silozuri, furnale, coșuri de fum, turnuri de răcire, clădiri înalte etc atrag după ele unele deformații, care pot apărea în timpul execuției, cât și după terminarea lor. Economicitatea și siguranța sunt cele două elemente fundamentale de care se ține seama la proiectarea, execuția și exploatarea a acestor construcții. În funcție de scopul urmărit și de importanța construcției măsurătorile și observațiile ce se efectuează periodic au o extindere mai mare sau mai mică.

De asemenea aceste măsurători permit stabilirea unui coeficient real de siguranță a lucrării atât pentru securitatea publică cât și în ceea ce privește problema economică. Există o strânsă corelare între verificările prin calcule a rezistenței construcțiilor speciale de tipul barajelor, podurilor, viaductelor, tunelurilor etc, în secțiunile caracteristice care sunt confruntate cu rezultatele încercărilor pe modele sau pe tronsoane probă și apoi sunt urmate de exploatarea acestora, de observații la unele aparate de măsurare instalate special atât în corpul construcției cât și în exteriorul ei.

Pentru urmărirea atentă a evoluției fenomenului de comportare a elementelor de construcții supuse solicitării experimentale sau de exploatare, este necesară obținerea unui volum mare de date, într-un timp relativ scurt.

Numeroasele aparate și dispozitive realizate în ultimul timp, urmăresc perfecționarea procedeelelor de determinare a acestor deplasări, în sensul adaptării acestora la anumite condiții de măsurare impuse de anumite genuri de construcții, sau adaptarea lor la anumite tipuri de deplasări care interesează în cadrul problemei

complexe de cercetare a construcțiilor, urmărind în acelaș timp și obținerea unei precizii de măsurare corespunzătoare.

➤ În prezent, urmărirea comportării în timp a construcțiilor a depășit cadrul îngust al întreținerii curente și a căpătat un caracter științific, având ca scop studierea și verificarea în exploatare a soluțiilor cele mai adecvate, care să satisfacă pe deplin exigențele impuse de economia națională în dezvoltare .

➤ Monitorizarea și controlul stării construcțiilor industriale și hidroenergetice presupune configurarea unui sistem care realizează achiziția parametrilor geometrici și mecanici, crearea bazelor de date, precum și analiza și predicția. Realizarea acestor sisteme de monitorizare conduc la implementarea unor proceduri automate de sesizare și diagnoză a defectelor structurale, asigurând eliminarea subiectivismului operatorului uman din cadrul inspecțiilor construcțiilor, păstrarea unei evidențe pe perioade îndelungate de timp, precum și depistarea defectelor survenite prin analize comparative.

➤ Pornind de la aceste considerente, cercetarea abordată în cadrul acestui capitol, evidențiază contribuția măsurătorilor topografice și tehnologiilor geodezice moderne la urmărirea comportării în timp a construcțiilor de o importanță deosebită: barajul Poiana Mărului – județul Caraș Severin și clădirile aferente S.C. COLTERM S.A. Timișoara/secția CET Sud – turnurile de răcire și depozitul de zgură Utvin, cu prezentarea comportării acestora pe parcusul ultimilor ani din punct de vedere al deplasărilor verticale și orizontale, determinate pe baza ciclurilor de măsurători pe care le-am efectuat asupra obiectivelor amintite.

5.1. Studii topo-geodezice privind urmărirea deplasărilor și deformațiilor la barajul Poiana Mărului

Amenajarea hidroenergetică Bistra-Poiana Mărului-Ruieni-Poiana Ruscă își are începuturile la sfârșitul deceniului VII, începutul deceniului VIII al secolului XX, când încep primele prospecțiuni geologice și primele proiecte de amenajare. Această amenajare prevede amenajarea în scopuri energetice și complexe a apelor bazinului hidrografic superior al Timișului. Întreaga amenajare este situată în județul Caraș-Severin, amonte de municipiul Caransebeș și este compusa din trei amenajări distincte.

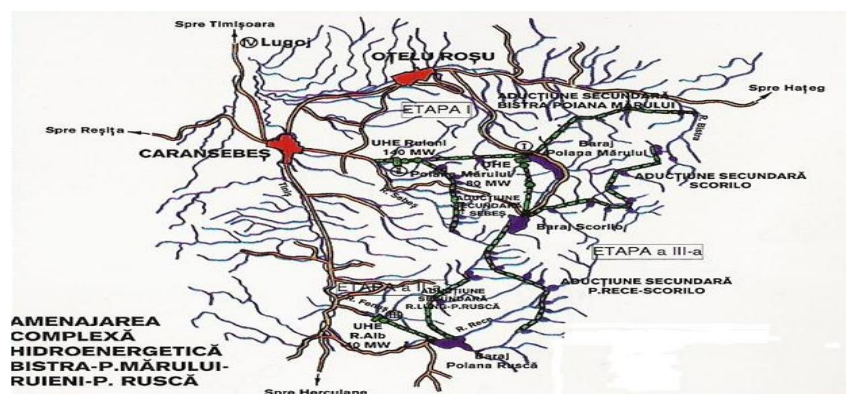


Fig. 5.1. Schema amenajării hidroenergetice Bistra-Poiana Mărului-Ruieni-Poiana Ruscă

Barajul Poiana Mărului, construit în anul 1991, este un baraj din anrocamente cu miez de argilă și are următoarele caracteristici principale:

□	înălțimea	125,50 m.;
□	lungimea la coronament	407,00 m.;
□	lățimea la coronament	10,00 m.;
□	lățimea maximă la bază	487,00 m.;
□	cota coronamentului	625,00 mdM.;
□	volum anrocamente	4,18 mil. m ³ ;
□	volum argilă	0,62 mil. m ³ ;
□	volum filtre	0,35 mil. m ³ .

Barajul este adus la cota finală și realizează o retenție de cca. 96,20 mil. m³ pe o lungime a lacului de aproximativ 8 km., având un NNR = 620,00 mdM.



Fig. 5.2. Imagine satelitară cu Barajul Poiana Mărului

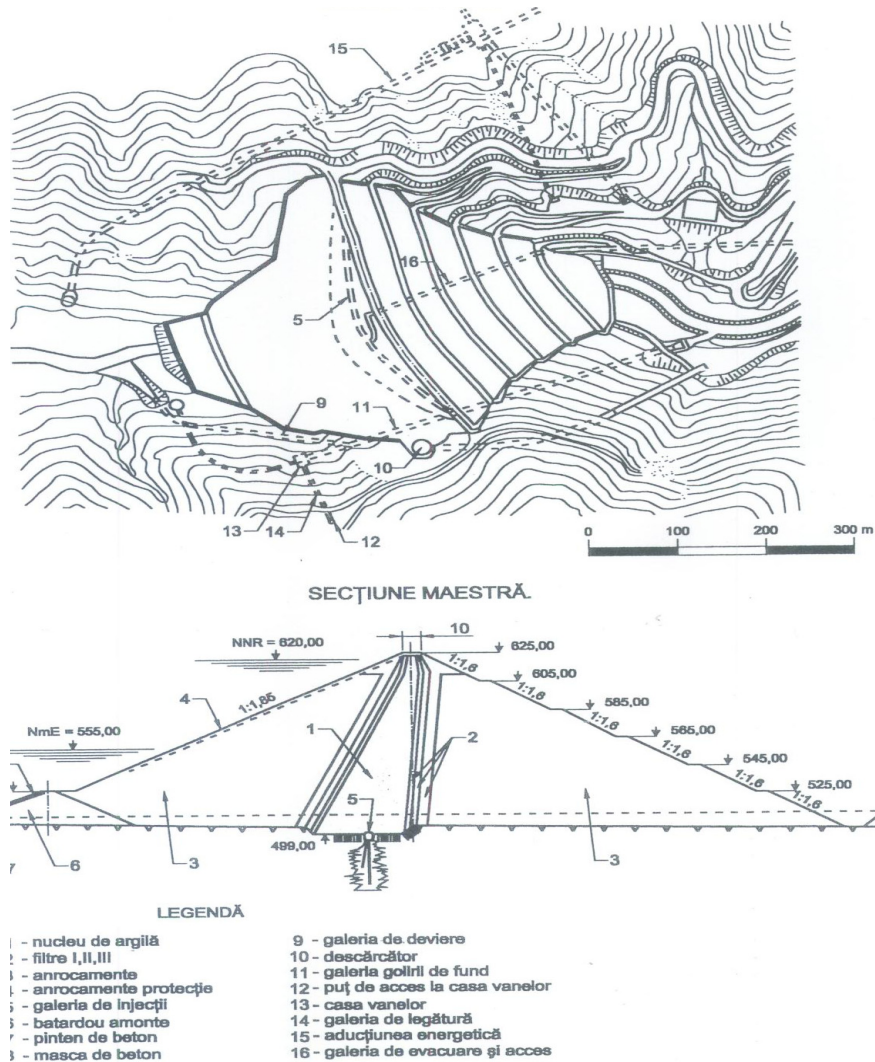


Fig. 5.3. Barajul Poiana Mărului – vedere în plan

Amplasamentul barajului a fost practic impus de zona restrînsă a cheilor, fiind delimitat aval de cotul râului și schimbarea de orientare a versantului drept, iar în amonte de lărgirea accentuată a văii. Pantele versanților au fost relativ uniforme, avînd valori de cca 38". Prezența rocilor meta-morfice stîncoase pe întreaga suprafață a cuvetei, precum și versanții cu pante line, acoperiți cu un strat de deluviu nu prea gros, conferă întregii acumulări, stabilitate bună și o etanșeitate deplină.

Măsurătorile topo-geodezice efectuate la barajul Poiana Mărului au drept scop determinarea deplasărilor orizontale și verticale ale reperilor de urmărire materializați pe bermele acestuia. Deplasările se obțin prin diferență între coordonatele, respectiv cotele determinate în tranșa inițială de măsurători și aceleași elemente determinate în tranșa actuală.

Urmărirea comportării în timp a Barajului de la Poiana Mărului a început în anul 1991, în timpul construcției acestuia. Rețeaua de nivelment și de microtriangulație: este alcătuită din 39 reperi ficși, 6 pilaștri de microtriangulație și 6 reperi fundamentali de nivelment.

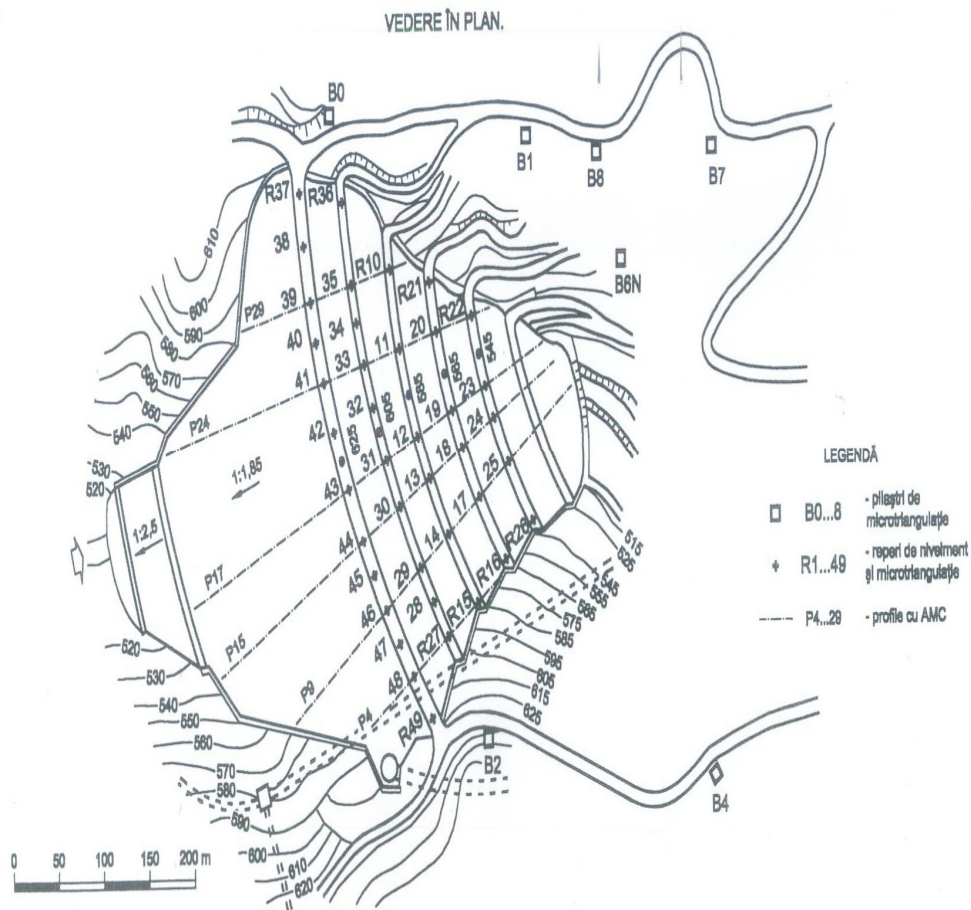


Fig. 5.4. Schița rețelei de microtriangulație și nivelment -Barajul Poiana Mărului

Măsurătorile topografice în rețeaua de microtriangulație respectiv în cea nivelitică au fost efectuate în perioada 14.06-19.06.2010. În timpul efectuării măsurătorilor cota apei în lac a variat între 615,35m și 616,35m, temperatura mediului înconjurător a variat între 11 și 25°C. Condițiile atmosferice au fost, în general bune, asigurând condiții de lucru bune.

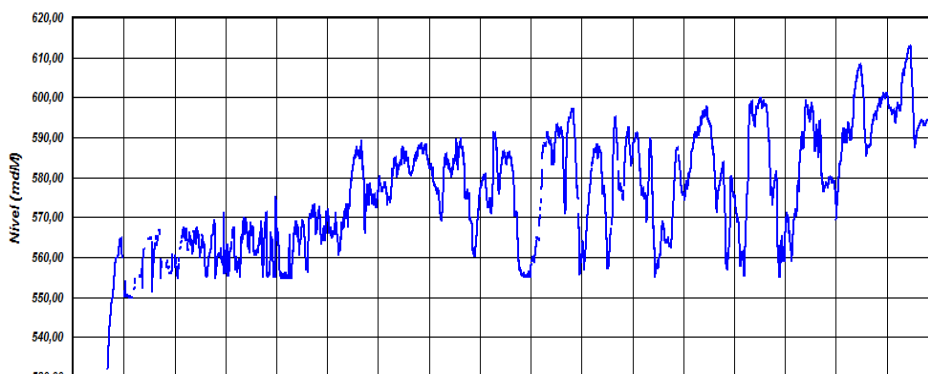


Fig. 5.5. Cota apei în lac pe perioada ianuarie 1995-iunie 2010

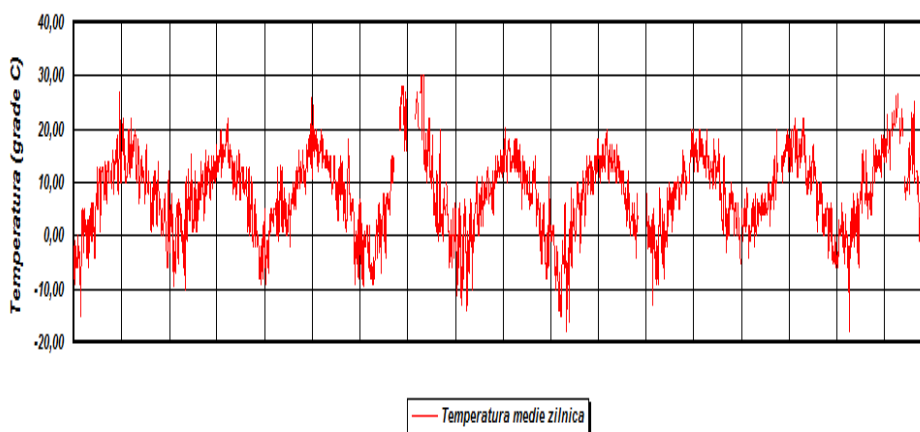


Fig. 5.6. Temperatura mediului înconjurător pe perioada ianuarie 1995-iunie 2010

Măsurătorile în rețeaua de microtriangulație s-au făcut cu o stație totală Leica TCR 1201+ care are precizia de măsurare de 1^{cc} . Instalarea aparatului pe capul pilastrului s-a făcut prin centrare mecanică (forțată) cu ajutorul unui dispozitiv cu nucă de centrare. Pe reperii de urmărire au fost instalate dispozitive de vizare vopsite în culori contrast, alb-roșu, pentru a fi vizate cu ușurință.

Metoda de măsurare a unghiurilor în rețeaua de urmărire planimetrică a barajului a fost metoda seriilor, efectuându-se două serii complete. În triunghiurile formate neînchiderile rezultate nu depășesc 20^{cc} , corespunzător rețelelor de ordinul II de precizie, rețele folosite pentru urmărirea barajelor de anrocamente.

Măsurătorile au fost prelucrate pe calculator cu ajutorul unui program specializat, numit APORT 2000.

Rezultatele obținute în urma prelucrării acestor măsurători le-am evidențiat prin reprezentarea grafică a evoluției deplasărilor pe orizontală față de tranșa de bază a tuturor reperilor din rețeaua de microtriangulație.

Deplasările maxime determinate pentru reperii de urmărire au fost de -289.3 mm pe axa X – reper R14 și -491.5 mm pentru axa Y – reper R19. Aceste deplasări sunt calculate față de tranșa de bază. Fața de tranșa anterioară deplasările sunt mult mai mici. Astfel reperul R14 s-a deplasat pe axa X (unde a înregistrat deplasarea maximă) cu 3.8 mm, iar reperul R19 s-a deplasat pe axa Y cu -8.6 mm.

Deplasarea maximă față de tranșa anterioară a înregistrat-o reperul R16, de -21.9 mm, pentru axa X și de -34.8 mm, pe axa Y.

Tabelul 5.1. Rezultatul deplasărilor pe orizontală a reperilor din rețeaua de microtriangulație față de tranșa de bază

Numar pilastru/ reper	DEPLASARI ORIZONTALE - BARAJ POIANA MARULUI											
	TRANSA DE BAZA		Noiembrie 2007		Aprilie 2008		Octombrie 2008		Noiembrie 2009		Iunie 2010	
	X (m)	Y (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔX (mm)	ΔY (mm)
B1	314.7	338.9	7.42	0.83	-	-	-	-	-	-	-	-
B4	785.4	318.2	-6.14	8.70	3.15	1.69	-20.4	7.9	-	-	-20.7	10.0
B5	670.1	527.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B6	506.8	229.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B7	412.8	180.3	4.93	1.67	3.36	0.89	10.3	5.7	-	-	10.6	4.2
B8	365.4	279.2	-	-	-	-	4.4	-3.4	-2.4	-8.8	4.2	-5.2
B6N	428.8	273.1	-	-	-	-	-	-	-4.3	-3.7	-	-
R26	553.8	429.5	-43.81	-56.72	-38.97	-59.24	-64.6	-81.1	-55.9	-68.1	-71.1	-83.9
R25	514.6	439.2	-9.81	-41.87	-11.72	-43.61	-28.0	-67.3	-22.2	-52.1	-32.4	-68.6
R24	488.6	445.3	5.00	-0.70	5.01	-7.61	-9.9	-32.6	-8.6	-21.2	-13.8	-38.6
R23	459.3	449.6	-8.00	-107.63	-0.52	-96.29	-10.5	-120.0	-9.4	-98.7	-11.2	-119.5
R22	422.7	447.8	-0.58	-200.35	4.21	-193.82	0.0	-209.0	-8.7	-197.0	0.2	-211.7
R16	566.1	467.7	-55.40	-47.83	-40.81	-38.78	-74.3	-71.6	-63.3	-48.9	-85.2	-83.7
R17	524.0	477.4	-153.31	-318.83	-150.80	-321.37	-166.4	-340.6	-160.8	-327.7	-171.4	-341.5
R18	485.0	486.1	-98.90	-412.85	-91.93	-413.26	-99.5	-431.7	-106.0	-425.2	-103.1	-431.4
R19	459.6	489.6	15.26	-467.74	17.49	-472.04	-	-	11.5	-462.9	15.2	-491.5
R20	429.7	487.9	109.73	-412.48	111.53	-415.08	102.0	-432.9	103.4	-425.2	99.4	-432.1
R21	389.5	483.5	10.27	2.42	18.34	3.75	11.2	-10.7	3.7	-1.3	9.9	-15.5
R15	571.6	505.1	-175.86	-127.38	-173.19	-123.76	-185.3	-142.6	-183.4	-123.9	-185.4	-141.9
R14	523.2	517.0	-281.50	-286.56	-275.06	-291.10	-283.1	-305.7	-293.1	-299.9	-289.3	-305.6
R13	478.0	525.4	-65.08	-331.23	-63.36	-336.79	-69.2	-355.3	-75.6	-356.7	-71.2	-355.3
R12	439.1	526.9	147.30	-378.76	154.00	-387.94	145.5	-407.1	140.3	-405.6	146.4	-409.9
R11	397.1	521.3	239.39	-309.75	241.99	-311.77	238.2	-327.5	230.4	-322.1	238.9	-330.9
R10	360.7	516.0	134.83	-156.18	142.02	-156.50	137.6	-168.2	131.4	-159.3	134.4	-167.0
R27	604.0	537.3	-104.67	-49.77	-124.77	-94.87	-119.9	-68.1	-110.7	-59.6	-102.5	-42.2
R28	572.1	544.4	-167.90	-93.55	-170.15	-103.79	-194.4	-138.9	-191.5	-125.2	-184.3	-118.3
R29	541.2	551.9	-151.22	-61.17	-144.55	-66.33	-164.7	-83.0	-172.4	-86.6	-167.3	-84.3
R30	509.5	538.8	-95.95	-89.03	-97.07	-106.26	-101.0	-120.6	-110.8	-128.3	-104.2	-119.3
R31	478.2	564.2	-16.95	-111.32	-10.01	-115.21	-24.3	-132.7	-32.6	-151.2	-23.8	-151.8
R32	446.3	565.2	56.01	-111.46	63.41	-124.64	50.8	-147.6	47.0	-152.9	45.7	-130.7
R33	415.0	562.7	105.21	-123.65	106.66	-135.73	99.5	-154.8	93.0	-157.2	97.2	-157.7
R34	382.5	559.0	128.22	-138.49	135.43	-142.29	125.7	-163.6	121.1	-162.7	124.1	-161.0
R35	351.4	555.4	114.80	-121.58	125.02	-128.64	119.3	-137.1	110.7	-134.5	122.4	-142.0
R36	313.5	550.6	84.88	-71.79	101.88	-81.20	105.0	-85.1	78.2	-80.9	93.9	-88.5
R37	606.1	575.8	-13.38	13.47	-16.88	18.90	-28.5	21.9	-39.9	35.6	-31.1	24.0
R38	550.0	589.6	-9.39	2.33	-9.18	3.39	-16.8	-1.7	-27.7	3.4	-18.8	-0.7
R39	521.4	596.6	-7.19	3.63	-5.72	-2.25	-13.2	-7.8	-23.6	-1.1	-14.8	-8.1
R40	492.9	601.7	5.80	2.28	6.65	3.37	-6.5	-5.4	-12.6	-2.4	-7.1	-7.6
R41	469.7	604.1	8.16	0.43	9.20	-1.34	2.7	-17.4	-7.9	-13.8	-3.4	-18.1
R42	450.8	604.7	5.77	2.91	7.38	3.54	-3.5	-7.3	-8.5	0.3	-8.2	-4.2
R43	431.7	604.1	7.95	-1.87	41.74	-2.62	33.3	-11.7	-1.9	-5.7	25.7	-7.8
R44	410.2	601.8	10.35	10.08	18.56	8.87	11.5	0.9	5.4	16.3	6.9	-0.6
R45	328.5	598.4	15.91	5.66	20.11	7.79	17.2	0.4	15.0	13.2	15.3	1.6
R46	357.4	595.4	22.22	11.61	31.15	6.36	-	-	22.1	16.4	30.3	9.6
R47	324.7	591.2	10.66	10.68	23.19	10.15	23.0	-1.4	18.4	4.2	15.5	3.0
R48	285.5	586.5	8.31	4.33	18.40	3.71	11.8	0.4	8.2	11.6	3.8	2.6



Diagrama 1 - Evoluția deplasărilor orizontale a reperilor R48-R47-R46- R45-R44-R43- R42-R41-R40- R39-R38-R37



Diagrama 2 - Evoluția deplasărilor orizontale a reperilor R36-R35-R34-R33-R32-R31-R30-R29-R28- R27

164 Studii topo-geodezice privind urmărirea construcțiilor speciale – 5

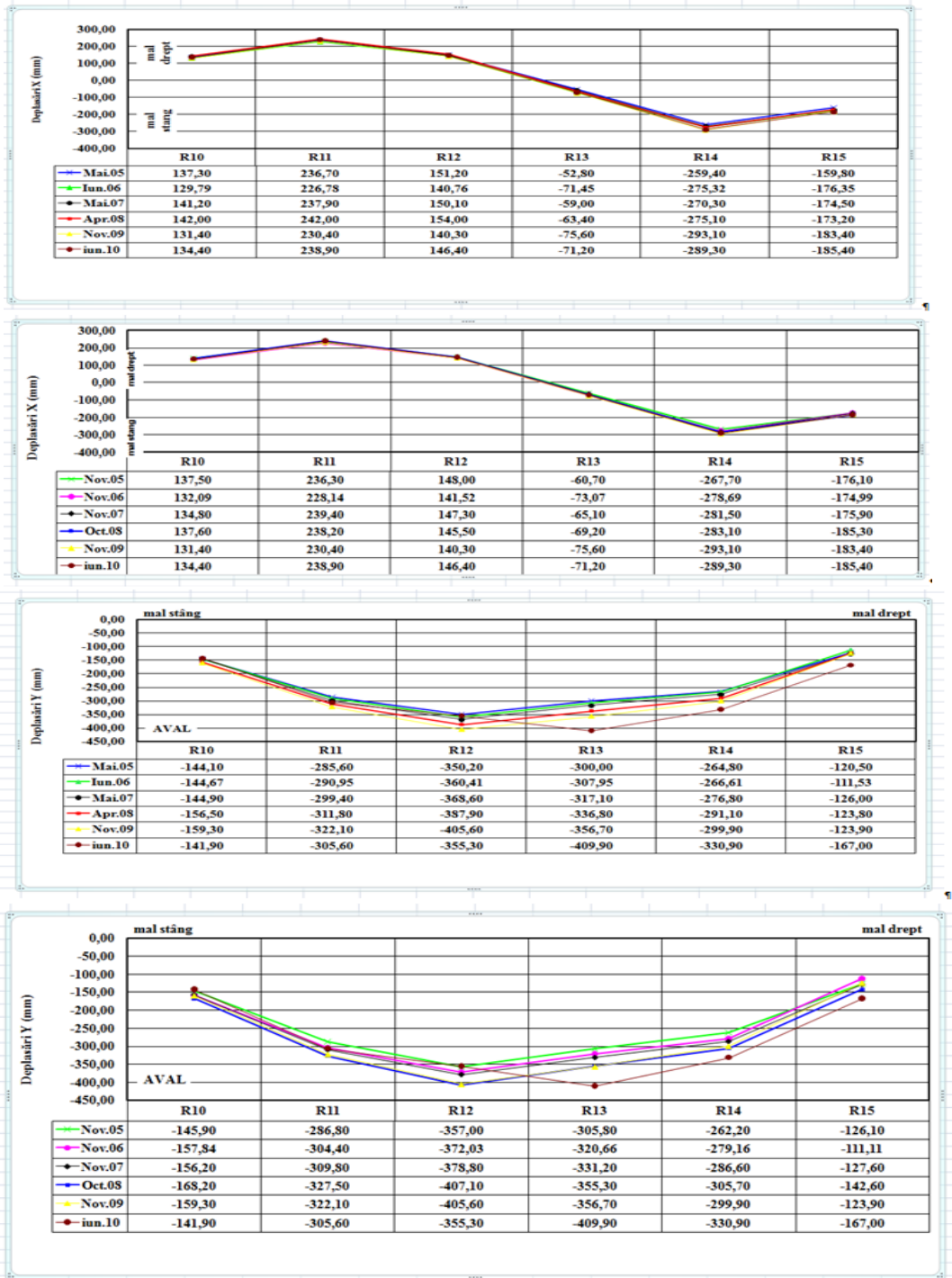


Diagrama 3 - Evoluția deplasărilor orizontale a reperilor R10-R11-R12-R13-R14-R15

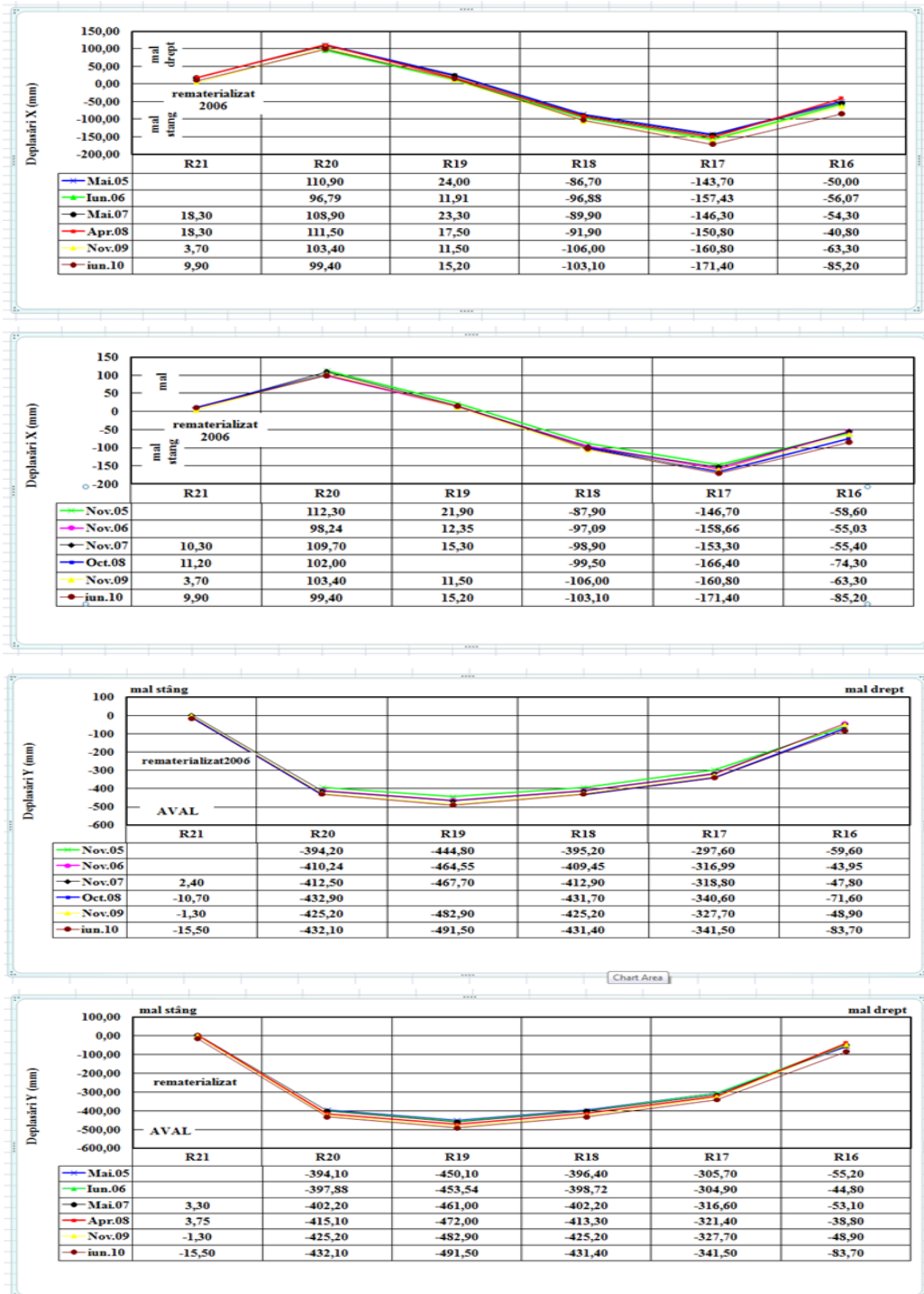


Diagrama 4 - Evoluția deplasărilor orizontale a reperilor R21-R20-R19-R18-R17-R16

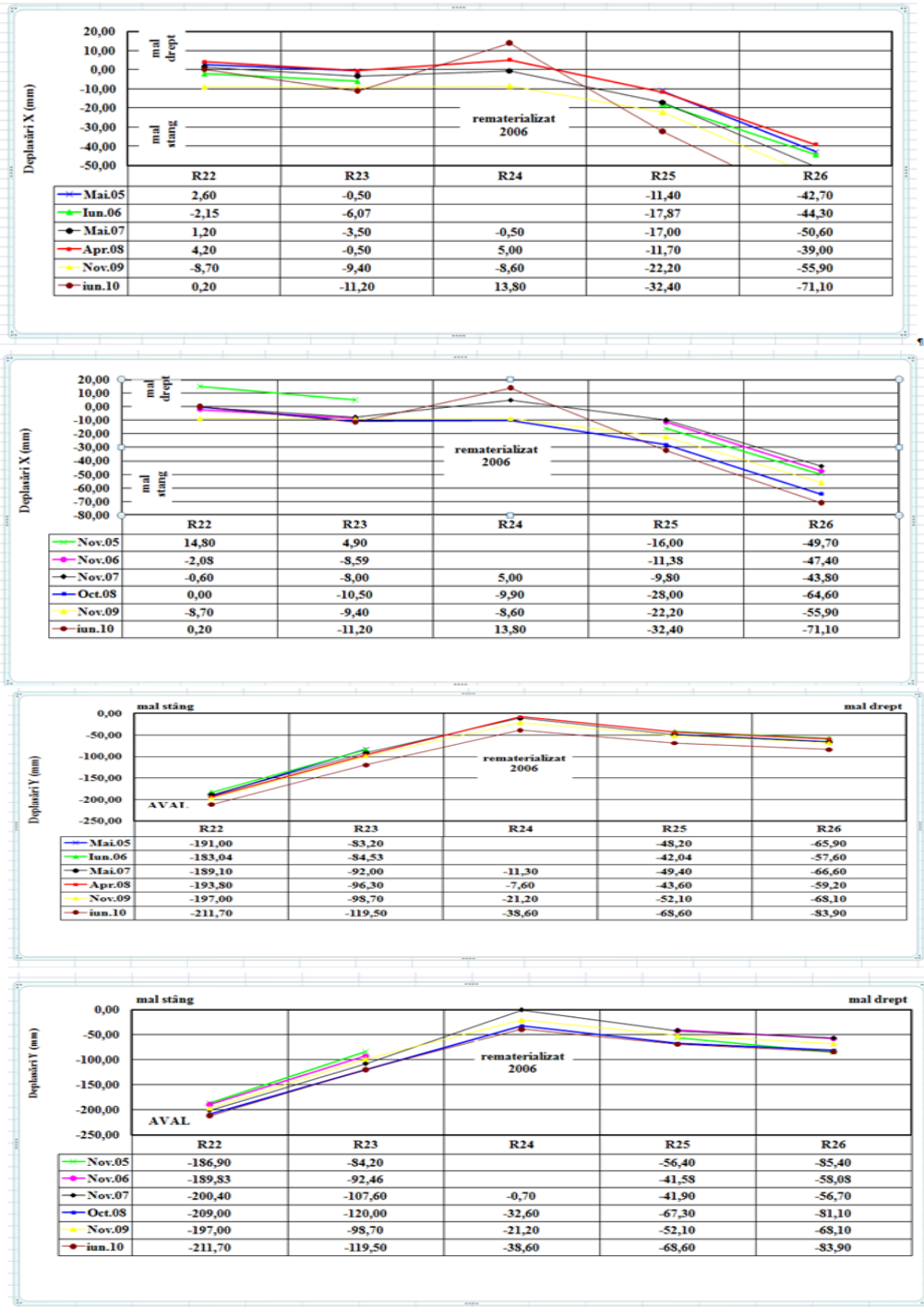


Diagrama 5 - Evoluția deplasărilor orizontale a reperilor R22-R23-R24-R25-R26

Rețeaua nivelitică de urmărire a construcțiilor de la amenajarea hidroenergetică Poiana Mărului este formată din 39 reperi de urmărire, amplasați pe coronamentul respectiv bermele aval ale barajului, 5 reperi de nivelment fiksi, amplasați pe bermele de la cotele 605, 585, 565, 545 și 525 m. Pentru măsurătorile efectuate asupra reperilor de la coronament au fost folosiți reperii de nivelment de pe berma de la cota 605m. Casa barajistului este urmărită nivelitic cu ajutorul a patru reperi încastrați în clădire raportat la un reper de nivelment montat în stâncă.

Măsurătorile în rețeaua nivelitică au fost efectuate cu un instrument de nivelment de tip Leica DNA 03, care asigură o precizie de 0.3 mm pe un Km de dublu nivelment. Citirile au fost efectuate pe o miră de invar cu cod de bare. Metoda folosită pentru compensarea măsurătorilor a fost aceea a drumuirii de nivelment sprijinită la capete sau închisă pe punctul de plecare, în funcție de condițiile din teren.

Precizia de determinare a tasărilor punctelor din rețeaua nivelitică este de 0.25 mm, iar deplasarea maximă s-a înregistrat la reperul RN3-13 ca fiind de -845.9 mm, față de tranșa de bază. Față de tranșa anterioară tasarea maximă a fost înregistrată la reperul RN1-24 și este de -71.5 mm. Reperul R13 la care s-a constatat deplasarea maximă față de tranșa de bază, s-a tasat față de tranșa anterioară cu 23.8 mm(tabelul 5.2).

Tabelul 5.2. Evoluția tasării reperilor din rețeaua de nivelment

DEPLASARI VERTICALE – BARAJ POIANA MĂRULUI (mm)								
DENUMIRE CONȘTRUCȚIE	NUMAR REPER	Tranșa baza	Mai-07	Nov-07	Apr-08	Oct-08	Noi-09	Iun-10
BARAJ MARU BERMA 545m	RN545D	546.464	-	-	-	-	-	-
	RN545S	539.197	-	-	-	-	-	-
	RN1-22	545.757	-86.5	-87.55	-88.99	-88.8	-85.3	-89.1
	RN1-23	545.531	-146.5	148.35	150.15	-151.1	148.6	154.2
	RN1-24	545.489	-75.3	-77.15	-79.24	-80.0	-11.6	-83.0
	RN1-25	545.656	-105.7	107.05	108.28	-108.7	104.9	110.5
	RN1-26	545.797	-32.2	-32.60	-33.03	-32.6	-26.6	-31.3
	FH1	545.815	-72.3	-72.60	-72.09	-71.4	-65.4	-72.6
	FH3	546.798	-25.8	-26.00	-25.20	-24.8	-17.2	-22.1
BARAJ MARU BERMA 565m	RN565D	565.992	-	-	-	-	4.2	-
	RN2-16	565.162	-39.7	-40.00	-40.98	-41.5	-38.2	43.1
	RN2-17	565.243	-218.4	220.60	223.50	-226.0	226.4	233.0
	RN2-18	565.024	-343.2	346.45	350.69	-354.4	356.6	361.6
	RN2-19	565.255	-355.2	358.65	362.94	-366.7	369.0	374.7
	RN2-20	565.128	-264.1	266.60	270.05	-272.7	273.0	277.9
	RN2-21	565.532	-52.1	-52.65	-54.03	-54.4	-7.6	-53.0
BARAJ MARU BERMA 585m	RN585MS	590.854	-	-	-	-	-14.8	-
	RN3-10	585.872	-141.2	140.60	141.56	-142.1	185.9	151.7
	RN3-11	585.455	-476.7	479.25	482.44	-487.0	535.2	506.4
	RN3-12	585.470	-727.5	733.00	737.26	-745.5	769.7	772.6
	RN3-13	585.439	-798.8	804.65	809.19	-817.9	869.6	845.9
	RN3-14	585.609	-631.9	636.45	639.77	-647.4	696.4	671.1

168 Studii topo-geodezice privind urmărirea construcțiilor speciale – 5

	RN3-15	585.800	-145.6	-	-	-147.5	-	-
	FH11	587.670	55.4	56.90	58.30	58.9	17.5	53.8
	FH2	586.644	-129.9	-	-	-127.4	-	-
				128.85	127.05		167.0	131.4
BARAJ MARU BERMA 605m	RN605MS	604.701	-	-	-	-	-	-
	RN4-36	605.879	-99.2	100.23	102.34	-104.1	-76.7	105.7
	RN4-35	605.164	-234.8	239.42	244.02	-250.7	259.7	266.5
	RN4-34	604.914	-329.1	337.15	343.12	-354.1	367.2	382.4
	RN4-33	604.897	-411.2	420.79	427.29	-440.2	455.6	473.3
	RN4-32	604.988	-460.3	470.23	476.78	-490.0	506.2	525.0
	RN4-31	604.746	-468.7	478.22	484.93	-497.5	514.2	530.2
	RN4-30	604.800	-446.9	456.71	463.58	-476.4	493.5	511.1
	RN4-29	604.972	-369.0	377.45	383.69	-395.0	410.7	424.6
	RN4-28	604.923	-226.1	231.28	235.79	-242.9	254.5	262.2
	RN4-27	605.239	-65.4	-66.52	-67.37	-68.7	-74.5	-70.7
	RN605MD	607.435	-	-	-	-	-	-
	FH12	605.273	0.8	0.71	0.83	0.4	0.9	4.2
	FH13	605.446	-58.0	-58.01	-57.91	-57.7	-62.6	-57.1
BARAJ MARU CORONAMENT 625m	RN605MS	604.701	-	-	-	-	-	-
	RN5-37	625.254	-26.6	-33.10	-40.25	-48.2	-23.7	-69.9
	RN5-38	625.709	-47.3	-60.80	-72.53	-88.6	-71.0	125.4
	RN5-39	625.989	-50.4	-64.70	-77.47	-93.3	-76.9	131.6
	RN5-40	625.909	-58.8	-74.50	-88.22	-104.5	-87.1	140.5
	RN5-41	625.979	-54.2	-68.75	-81.69	-97.0	-78.9	132.3
	RN5-42	626.019	-59.4	-75.30	-91.27	-112.1	102.7	157.7
	RN5-43	625.981	-57.6	-73.25	-88.82	-109.4	100.6	157.1
	RN5-44	625.791	-58.9	-75.35	-89.75	-109.9	-99.9	154.8
	RN5-45	625.664	-53.1	-68.40	-81.92	-99.8	-87.6	141.2
	RN5-46	625.450	-37.5	-47.55	-55.71	-67.3	-47.2	-95.7
	RN5-47	625.272	-20.9	-26.00	-29.87	-35.2	-9.5	-49.6
	RN5-48	625.175	-4.1	-4.75	-4.40	-4.9	26.7	-5.6
	RN605MD	607.435	-	-	-	-	-	-

5.1 – Studii topo-geodezice privind Depozitul de zgură Utvin 169

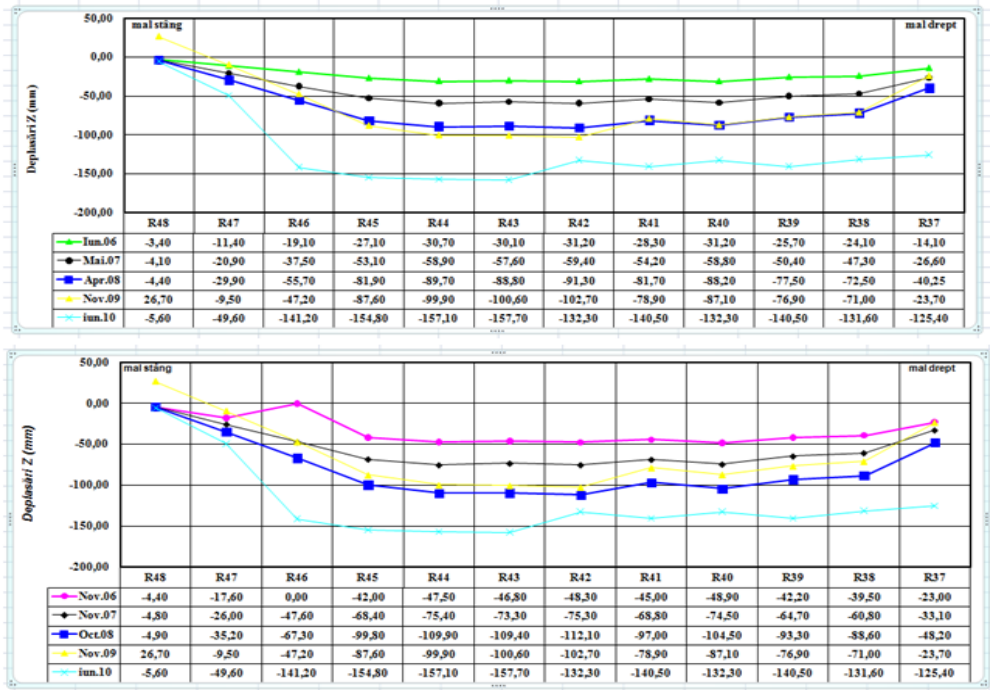


Diagrama 6 - Evoluția deplasărilor pe verticală a reperilor R48-R47-R46- R45-R44-R43- R42-R41-R40- R39-R38-R37



Diagrama 7 - Evoluția deplasărilor pe verticală a reperilor R36-R35-R34-R33-R32-R31-R30-R29-R28- R27

170 Studii topo-geodezice privind urmărirea construcțiilor speciale – 5

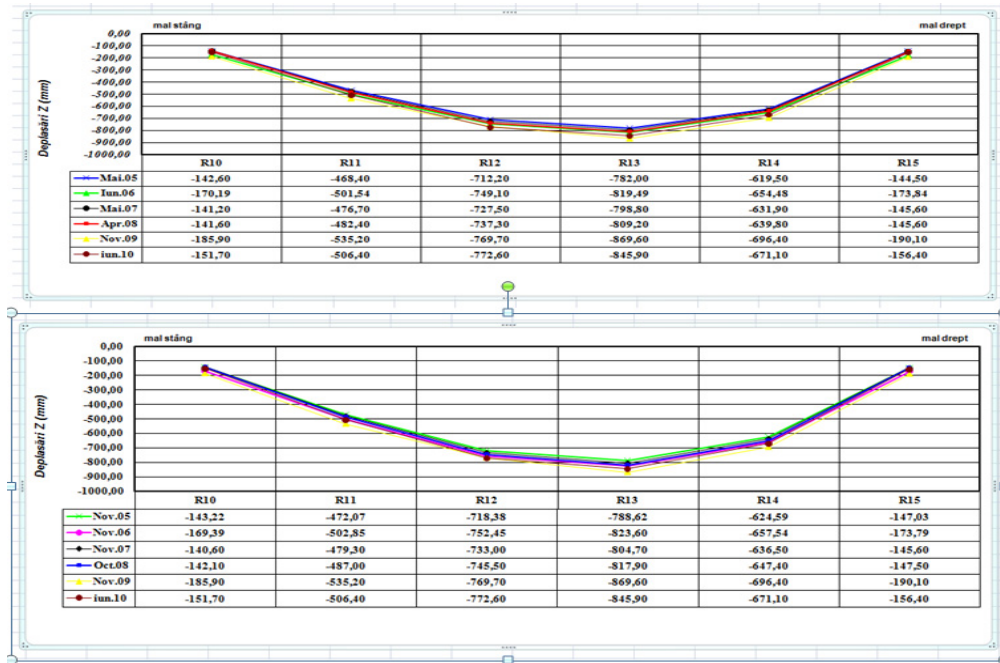


Diagrama 8- Evoluția deplasărilor pe verticală a reperilor R10-R11-R12-R13-R14-R15



Diagrama 9 - Evoluția deplasărilor pe verticală a reperilor R21-R20-R19-R18-R17-R16

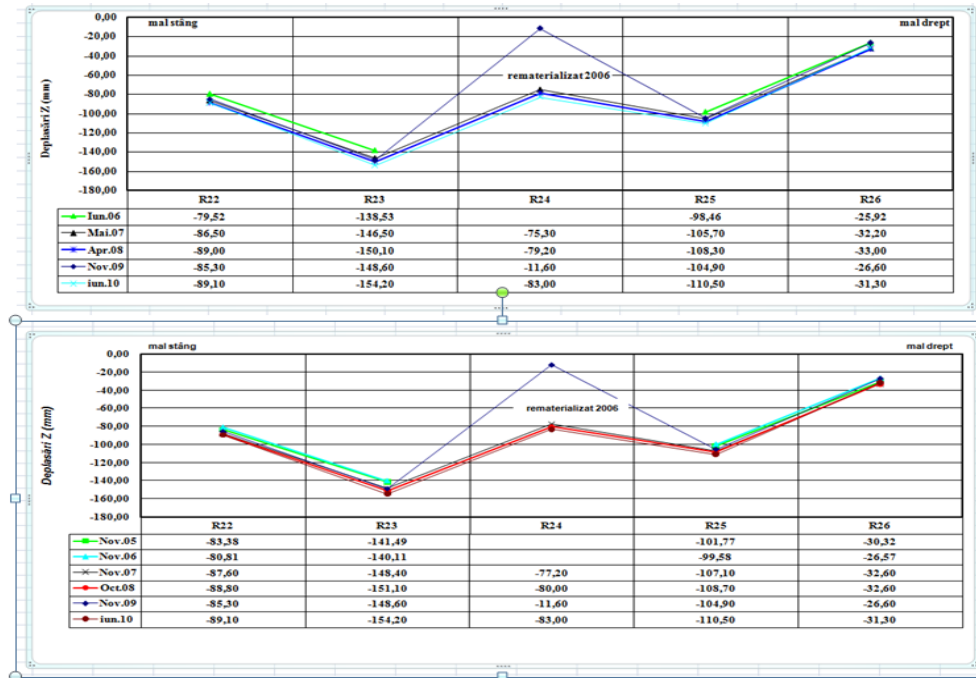


Diagrama 10 - Evoluția deplasărilor pe verticală a reperilor R22-R23-R24-R25-R26

În final evaluarea preciziei măsurărilor executate și a rezultatelor obținute le-am evidențiat prin reprezentarea elementelor elipselor erorilor, pentru toți reperii rețelei de urmărire.

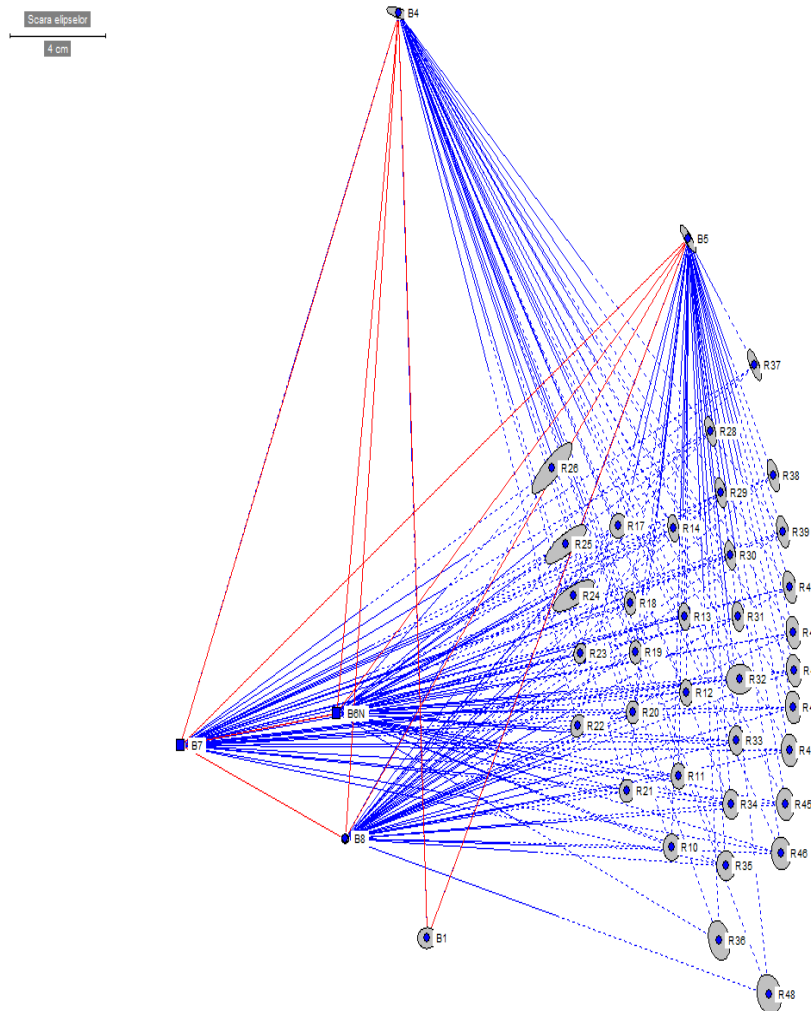


Fig. 5.7. Elipsele erorilor

În concluzie, analizând valorile deplasărilor reperilor de urmărire, comparativ cu tranșa anterioară, atât în plan orizontal cât și în plan vertical, putem spune că acestea sunt relativ mici și se încadrează între limite normale de deplasare, pentru un baraj de anrocamente.

5.2. Studii topo-geodezice privind urmărirea deplasărilor și deformațiilor la Depozitul de zgură și cenușă Utvin

Depozitul de zgură și cenușă de la Utvin este un depozit de șes, realizat prin îndiguirea unei suprafețe orizontale de teren cu diguri de contur și diguri de compartimentare în interiorul cărora se deversează amestecul hidraulic de zgură și cenușă formându-se un iaz de decantare.

Lucrările de execuție la depozitul de zgură și cenușă au fost începute în anul 1982 de Energoconstrucția București Sucursala Timișoara cu darea în funcțiune a primei capacități a depozitului în anul 1985.

Digurile de bază și de compartimentare au fost realizate din pământ local extras din incinta depozitului pe o înălțime de aproximativ 4,0 m.

Supraînălțarea nr.I s-a făcut înspre amonte cu diguri având $H = 3,5$ m (de la cota depunerilor) înspre (interior) formate din miez de zgură și cenușă placate cu pământ local și pământ vegetal.

După punerea în funcțiune, în martie 2002, a instalației de preparare șlam dens, șlamul dens produs a fost utilizat atât la realizarea digurilor de la supraînălțarea II aferentă compartimentului I cât și la acoperirea suprafețelor compartimentelor II și III pentru prevenirea spulberării de către vânt a depunerilor de zgură și cenușă în sistem clasic.

Etape de execuție:

- Fundație + Bază (cotele: 83,30m – 83,70m pentru terenul de fundare și 87,50m – pentru cota coronament a digului de bază);
- decaparea stratului vegetal;
- saltele drenante (50 cm grosime, din balast);
- dig de bază ($H = 4$ m, lățimea coronamentului de 5,5 m și taluzele de 1:3 în exterior și 1:2,5 în interior) din material argilos scos din interiorul depozitului din gropi de împrumut cu adâncimea maximă de 1,5 m;
- platformă de circulație (3,5 m lățime și 25 cm grosime din balast pentru depozitul de bază și din geotextil, refuz de ciur și balast pentru supraînălțarea nr.2);
- dig de compartimentare - s-a executat din material local și are coronamentul de 4,0 m și taluzele de 1:2,5.
- digurile de compartimentare (au fost înglobate în zgura și cenușa depusă).

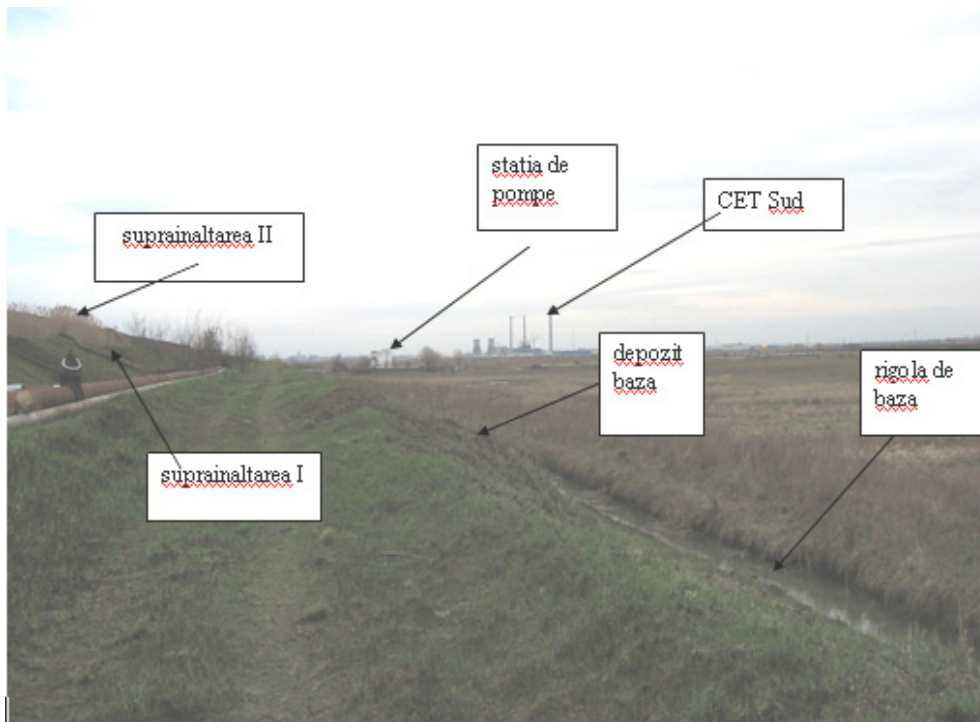


Fig. 5.8. Depozitul de zgură și cenușă Utvin

Supraînălțarea Nr.1 între cotele 87,50m și 90,50m :

- * diguri executate din miez de zgură și cenușă placată cu pământ local și cu pământ vegetal ($H = 3,5\text{ m}$, $b = 4\text{ m}$; $B = 25\text{ m}$ – cu taluzele având panta de 1:3 atât înspre interior cât și înspre exterior).
- * drum de întreținere (3,5 m lățime și 25 cm grosime din balast).
- * digurile de contur au prevăzute la bază pe treimea exterioară o saltea drenantă din balast 0 – 70 mm (digurile de compartimentare nu au prevăzută salteaua drenantă iar placarea miezului de zgură și cenușă se face numai cu pământ local (argilos)).

Supraînălțarea Nr.2 între cotele 90,50m și 93,50m :

- - diguri din zgură și cenușă depusă cu noua tehnologie de transport în fluid dens ($b = 4\text{ m}$; $B = 18\text{ m}$; $H = 3,5\text{ m}$).
- - placare cu pământ vegetal a părții exterioare a digului; partea interioară nu se plachează la faza de execuție, ci numai la faza de umplere finală;
- - drum de acces și întreținere de 3,5 m lățime și 25 cm grosime din balast.

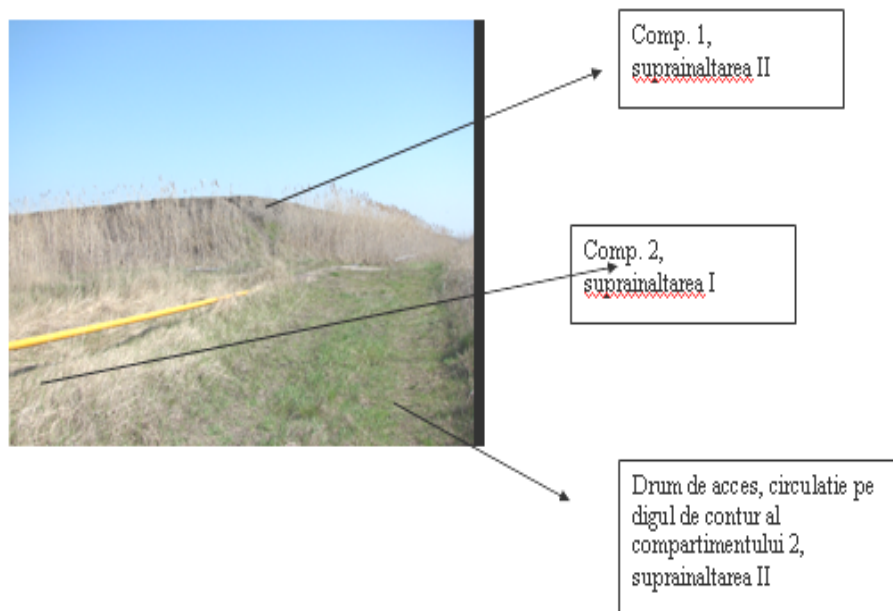


Fig. 5.9. Suprainălțarea I și II de la depozitul de zgură și cenușă Utvin

Depozitare zgură și cenușă provenită din arderea cărbunelui în capacitățile de producție instalate ale secției CET Sud (2 buc CAF de 100Gcal/h și 3 CA de 100 t/h). Centrala CET Sud funcționează max. 6 luni pe an.

Lucrările de etansare și drenaj

Depozitul este amplasat pe un strat argilos de 3,5 m – 6,5 m grosime ce are permeabilitatea medie de $k = 0,05 \text{ m/zi}$ ($5,7 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$).

În conformitate cu proiectul întocmit în anul 1981 suprafața depozitului de zgură și cenușă a fost decapată în întregime de stratul vegetal iar peste stratul de bază argilos rămas s-a executat drenajul general al depozitului astfel:

- La piciorul amonte al digului de bază s-a executat pe tot conturul un drenaj format dintr-un tub de beton perforat Dn 200 mm înconjurat de un filtru invers format din balast (15-30 mm), pietriș (7-15 mm) și nisip (1-7 mm) fiecare strat având 20 cm grosime. Pentru urmărirea funcționării drenajului pe zone pe acest drenaj s-au prevăzut cămine de vizitare.
- Evacuarea apelor drenate se face printr-o conductă de beton Dn 300 mm în rigola ce înconjoară depozitul de zgură și cenușă.
- În interiorul depozitului la 65 m de drenajul de la piciorul digului s-a executat un drenaj general sub formă de saltea drenantă având 30 m lățime din balast 0-70 mm având în interior casete fără balast de 12 x 12 m.
- De la această saltea drenantă evacuarea apelor drenate se face prin bretele drenante și pentru evacuare având aspectul de filtru invers cu următoarea configurație:
- Zonă de transport formată dintr-un strat de 30÷60 cm de piatră spartă 15-70 mm peste care s-a prevăzut un filtru invers format din pietriș 7-15 mm și nisip 0,3-7 mm.

- Bretelele drenate sunt legate la drenajul de la baza digului pe tot conturul depozitului.
 - Lățimea acestor bretele drenante este de 3,5 m.
- Măsurătorile efectuate ulterior asupra calității apelor subterane au demonstrat că această soluție a avut un efect satisfăcător asupra menținerii calității apelor subterane din zonă.

Situația hidrologică

Depozitul de zgură și cenușă UTVIN este un depozit de șes amplasat într-o zonă ce nu este influențată de nici o curgere de apă importantă. La Nord la o distanță de aproximativ 2 km curge canalul Bega care este un curs de apă regularizat iar la Sud de depozit la o distanță de aproximativ 500 m se găsește pârâul Nivelda care în momentul de față are rolul unui canal de desecare.

În aceste condiții nu avem unde de viitură iar apele de precipitații sau cele provenite din topirea zăpezilor sunt colectate prin puțurile decantoare (de pe suprafața depozitului) și prin rigola ce înconjoară depozitul fiind dirijate prin intermediul stației de pompe recirculare la CET Sud Timișoara.

Situația geologică

În conformitate cu studiul geotehnic întocmit, la data proiectării construcției, amplasamentul depozitului de zgură și cenușă este situat pe un bloc geologic format din:

- strat general de sol în grosime de 0,4÷0,8 m;
- strat de pământuri argiloase pe alocuri măloase 3,0÷5,0 m;
- în adâncime nisipuri fine, grosiere, pe alocuri prăfoase argiloase cu intercalații argiloase de diferite grosimi.

Conform studiului întocmit, caracteristicile geotehnice mai importante întâlnite în amplasamentele construcțiilor au fost următoarele:

- argilele de sub pământul vegetal (din suprafață)
- umiditatea naturală $W = 23\%$
- indicele de consistență $I_c = 0,72$
- unghiul de frecare interioară – în condiții naturale $\phi = 90^\circ 20'$ și în condiții de tăiere pe probe inundate $\phi = 60^\circ 30'$
- coeziunea – în condiții naturale $c = 0,40 \text{ daN/cm}^2$
- în condiții de tăiere pe probe inundate $c = 0,25 \text{ daN/cm}^2$

Argilele intercalate în masa nisipoasă din bază

- umiditatea naturală $W = 22,8\%$
- indicele de consistență $I_c = 0,67$

Pentru digul de bază de contur pe baza studiului întocmit de Catedra de Drumuri, Fundații și Instalații în construcții au fost stabilite următoarele caracteristici fizico – chimice:

- densitatea argilei : $1,92 \div 2,02 \text{ g/cm}^3$
- porozitatea $n \% = 38 - 41\%$
- umiditatea $W = 20,3 - 22,5 \%$
- unghiul de frecare $\phi = 14 - 19\%$
- coeziunea specifică $c = 0,6 - 0,8 \text{ daN/cm}^2$
- permeabilitatea $k = 5 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$

Caracteristicile geotehnice ale umpluturilor de cenușă din depozit sunt:

- densitatea medie: $1,2 \text{ g/cm}^3$
- greutatea volumică a granulelor $\gamma = 19,40 \text{ KN/m}^3$
- permeabilitatea $K = 5,5 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$
- unghiul de frecare $\phi_{med} = 32^\circ$
- coeziunea $c_{med} = 0,32 \text{ daN/cm}^2$

- porozitatea $n = 65-70\%$
- Forajele adânci au pus în evidență o succesiune alternantă de strate argiloase și strate nisipoase după cum urmează:
- 0 – 4,7 m strat argilos;
 - 4,7 – 8,7 – strat nisipos;
 - 8,7 – 11,3 – strat argilos;
 - 11,3 – 14,8 – strat nisipos;
 - 14,8 – 16,4 – strat argilos;
 - 16,4 – 19,6 – strat nisipos;
 - 19,6 – 23 – strat argilos.

În stratele argiloase predomină argila dar pe alocuri apar și prafuri.

Compoziția granulometrică a stratelor nisipoase variază pe verticală și pe orizontală între nisipuri argiloase sau prăfoase și nisipuri diferite cu pietriș mărunț. Partea superioară a primului strat nisipos este constituită de regulă, din nisip argilos.

Stratele nisipoase de pe amplasamentul depozitului sunt acvifere, apa subterană cantonând în toate aceste straturi.

Se poate vorbi de existența în amplasamentul depozitului, până la adâncimea de aproximativ 30 m, a unui complex acvifer așezat pe un strat de bază argilos și limitat la partea superioară de un tavan de asemeni argilos.

Complexul acvifer cuprinde în general patru orizonturi menționate anterior.

Primul orizont este constituit în general din nisip pe lângă care apare des nisipul argilos.

Acest orizont este continuu bine individualizat fiind separat de celelalte orizonturi.

Următoarele două orizonturi sunt constituite din nisip argilos și frecvent nisip.

Aceste orizonturi sunt în general separate între ele dar au și zone în care sunt unite dar și zone în care lipsesc fiind înlocuite cu argilă.

Ultimul orizont este întâlnit la peste 20 m și este constituit din nisip diferit – pare a fi continuu și separat de orizonturile acvifere superioare.

Tavanul complexului acvifer este constituit din stratul argilos de 3,0 – 6,6 m de la suprafața terenului iar talpa complexului reprezintă un strat argilos întâlnit la adâncimi de peste 27 m.

Caracteristicile hidrogeologice ale complexului acvifer sunt următoarele:

- - coeficientul de filtrație $k = 8 - 46 \text{ m/zi}$
 $km = 31 \text{ m/zi}$
- - debitul specific $q = 0,85 - 5,64 \text{ l/sm}$
- - raza de influență specifică $r = 28,3 - 67,8 \text{ m/m}$
 $rm = 54,4 \text{ m/m}$

Pentru tavanul acvifer $k = 0,05 \text{ m/zi}$ ($5,7 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$).

Apa subterană saturează toate stratele întâlnite în foraje.

Sursele de alimentare cu apă sunt precipitațiile și cursurile de apă din regiune (canalul Bega și râul Timiș).

Nivelul apei subterane este ușor ascensional și atinge în general un nivel mai mic de 2m adâncime.

Direcția de scurgere a apei subterane este în general EST – VEST iar panta hidrolică variază între valorile 0,42 și 3,75%.

Captările de apă din zonă se găsesc la distanță mai mare de 1,5 km și sunt în principal apele din fântâni din satul UTVIN.

Seismicitatea zonei:

- zonă de macroseismicitate grad 7
- coeficient seismic $K_s = 0,16$
- coeficientul seismic global $c = 0,05$

În conformitate cu P 100-1/2006:

- o zonare seismică D
- o coeficientul accelerației seismice $a_g = 0,16g$
- o perioada de colț $T_c = 0.7$ sec.

Urmărirea comportării în timp a construcției depozitului de zgură și cenușă Utvin, se desfășoară în conformitate cu prevederile O.U.G. 244/2000, Legea nr. 10/1995, P 130/1999 și alte prevederi legislative în vigoare.

Parametrii definitorii pentru urmărirea comportării în timp a construcțiilor sunt:

- o tasare – deplasare (constituie parametrul care arată răspunsul construcției (digurilor) pe timpul exploatarei, sub efectul sarcinilor și factorilor care acționează asupra sa);
- o curba de infiltrație (constituie factorul determinant în asigurarea stabilității depozitului de zgură și cenușă).
- o protecția mediului (definește asigurarea protecției pânzei freatice și solului împotriva infiltrațiilor apei din depozit și asigurarea protecției atmosferei (implicit a solului și persoanelor, împotriva spulberării și antrenării părților fine din zgura și cenușa depozitată).

Conform prevederilor legislației în vigoare, efectuarea urmării speciale a construcțiilor nu substituie executarea urmării curente.

Limitele de atenție, avertizare și alarmare pentru depozitul de zgură și cenușă valorile sunt diferențiate în funcție de înălțimea digurilor, respectiv:

Tabelul 5.3 Valorile parametrilor de urmărire

Nr. crt.	Parametru urmărit	Înălțime dig H (m)	Limita de atenție (cm)	Limita de alarmă (cm)
1	Tasare	3.5	10.5	17.5
2	Tasare	4.5	13.5	22.5
3	Tasare	5.5	16.5	27.5

Măsurătorile pentru urmărirea deplasărilor absolute în plan și a mișcărilor pe verticală s-au efectuat pe punctele rețelei existente, constituite din:

- o Reperii ficși: RF1, RF2, RF3 situați în afara amplasamentului depozitului.
- o Borne (reperi mobili de tasare – deplasare): 20 de reperi pe digurile de bază (M1 – M20); 24 de reperi pe digurile de supraînălțare I (BT1 – BT24) și 10 reperi pe supraînălțarea II, compartimentul I (proiectate).



Fig. 5.10. Reper de urmărire

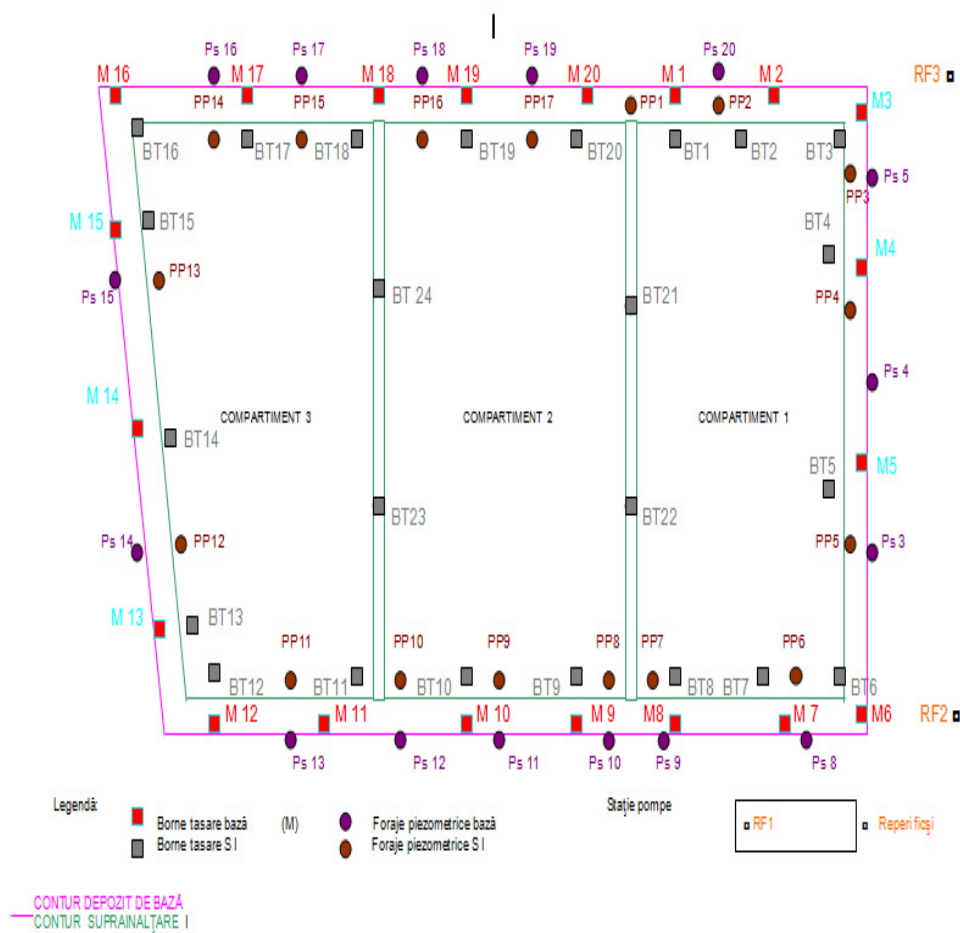


Fig. 5.11. Rețeaua de urmărire de la depozitul de zgură

La măsurătorile din depozitul de zgură și cenușă s-a folosit stația totală Leica 1200, din seria profesională, iar pentru nivelmentul geometric s-a folosit nivela electronică Leica DNA 03 cu mire de invar codate. Temperatura în timpul măsurătorilor a fost de +15°C dimineața și de +25°C la prânz.

Pentru prelucrarea și compensarea măsurătorilor s-a utilizat un soft specializat în prelucrarea automată a datelor ce oferă rezultate foarte precise, Leica Geo Office Combined.

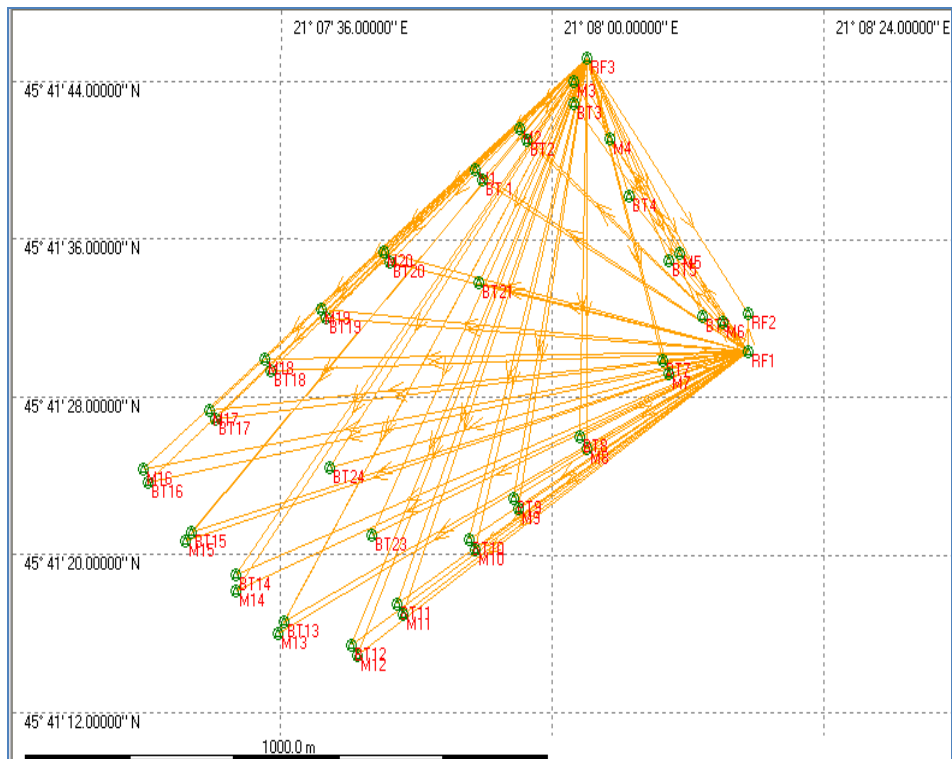


Fig. 5.12. Schița rețelei de urmărire de la depozitul de zgură în etapa de compensare

Analizând valorile măsurate față de cota tranșei "zero" și comparându-le cu valoarea de atenție și valoarea de alarmă, rezultă că acestea se încadrează în valori normale din punct de vedere al fenomenului de tasare - deplasare. Eventualele discordanțe, se înscriu în marja de eroare a măsurătorilor.

Tabelul 5.4 Deplasările pe orizontală a reperilor din rețeaua de urmărire față de tranșa zero

Borna Reper fix	Coordonate tranșa "0"		Tranșa II 2009		Tranșa I 2010	
	X (m)	Y (m)	Δx (mm)	Δy (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)
RF2	473110.762	199447.986	Fix	Fix	Fix	Fix
RF1	473052.329	199447.001	Fix	Fix	Fix	Fix
RF3	473525.705	199159.262	Fix	Fix	Fix	Fix
BT1	473343.779	198950.997	2.3	-1.4	-17.1	-9.6
BT2	473402.149	199038.467	-0.1	-1.2	-26.9	-16.4
BT3	473455.923	199130.796	5.9	-3.9	-19.7	-7.4
BT4	473306.504	199230.584	-9.3	-6.4	-24.0	-2.4
BT5	473200.457	199301.625	-3.5	3.4	-55.9	-29.5
BT6	473110.155	199362.076	-11.3	-8	-96.2	-34.9
BT7	473044.614	199281.231	0.9	-4.4	-14.4	-3.7
BT8	472934.060	199118.330	-4.2	-5.6	-21.0	-4.1
BT9	472842.684	198986.075	-0.1	-6	-12.8	-2.4
BT10	472783.594	198898.199	-1	-5.5	-20.4	-5.8
BT11	472689.633	198756.744	-1.7	-7.1	-8.9	2.3

5.2 – Studii topo-geodezice privind Depozitului de zgură Utvin 181

BT12	472628.811	198665.477	-3.7	-0.6	-21.7	-4.0
BT13	472670.282	198539.912	-0.1	2.9	-12.8	-5.4
BT14	472748.887	198451.786	1.9	7.1	-17.5	-13.3
BT15	472820.788	198370.103	1.4	-3.5	-27.8	-7.2
BT16	472902.285	198290.431	-15.1	-2.9	-20.6	-11.4
BT17	472993.581	198423.293	-11.5	5.6	-10.6	-15.0
BT18	473066.209	198531.643	-9.6	-3	-22.0	-2.4
BT19	473142.003	198642.789	-8.5	9.5	-14.4	-15.3
BT20	473223.626	198768.513	-5.9	0.9	-18.3	-11.8
BT21	473184.789	198935.670	-3.2	-5.5	-25.6	-6.0
BT23	472797.876	198712.325	-2.3	-5.3	-15.6	7.9
BT24	472908.940	198638.962	-11.6	-8	-11.6	-19.0
M1	473362.072	198939.178	28.2	-12.3	-7.3	-25.7
M2	473420.458	199026.995	-15.5	-6.6	-23.9	-23.1
M3	473490.903	199133.901	-3.6	5.7	-23.1	-0.1
M4	473397.542	199197.446	-2.8	8.5	-34.8	21.0
M5	473210.779	199322.830	-7.3	3.0	-7.3	3.0
M6	473099.179	199400.538	-7.2	2.5	-8.5	-7.2
M7	473024.864	199292.169	-5.4	-1.4	-12.1	0.0
M8	472915.617	199130.322	-9.6	1.4	-3.9	0.6
M9	472825.977	198996.086	-9.7	-0.6	-7.8	4.8
M10	472766.534	198910.746	-11.3	8.4	-4.9	8.2
M11	472672.443	198768.278	-25.3	9.6	-15.8	-1.6
M12	472611.542	198676.833	-19.5	5.3	-12.0	15.3
M13	472654.644	198525.973	-8.2	1.5	0.1	-3.3
M14	472722.877	198449.359	-14.9	-20.7	-14.6	-3.3
M15	472805.980	198356.100	-11.4	-24.1	-20.4	5.5
M16	472923.413	198283.075	0.1	-9.8	-12.3	-6.4
M17	473009.580	198412.842	-7.7	-2.2	-26.6	-24.8
M18	473083.118	198521.745	4.3	-12.9	-6.2	-13.5
M19	473156.782	198633.122	11.8	-1.8	-16.6	-14.1
M20	473240.499	198756.861	16.5	-12.7	-17.7	-4.0

Tabelul 5.5. Deplasările pe verticală a reperilor din rețeaua de urmărire față de tranșa zero-BERMA 1

Reper	Cotă tranșa zero	Tasare tranșa 2007	Cotă tasare tranșa 2007	Tasare tranșa 2008	Cotă tasare tranșa 2008	Tasare tranșa 2009	Cotă tasare tranșa 2009	Tasare tranșa 2010	Cotă tasare tranșa 2010	Dif.2010/2009
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
M1	87.446	-0.013	87.433	-0.022	87.424	0.031	87.415	-0.026	87.420	-0.005
M2	87.525	-0.027	87.498	-0.032	87.493	0.038	87.487	-0.020	87.505	-0.018
M3	87.076	-0.003	87.073	-0.030	87.046	0.043	87.033	-0.041	87.035	-0.002
M4	88.235	-0.014	88.220	-0.025	88.209	0.034	88.201	-0.029	88.206	-0.004
M5	87.227	-0.008	87.550	-0.017	87.541	-0.012	87.539	-0.006	87.550	-0.011
M6	87.891	-0.009	87.882	-0.012	87.880	0.012	87.879	-0.018	87.873	0.006
M7	88.219	-0.005	88.215	-0.011	88.208	0,012	88.207	-0.018	88.201	0.006
M8	87.884	-0.010	87.875	-0.013	87.872	0.015	87.869	-0.016	87.868	0.001
M9	87.944	-0.017	87.927	-0.018	87.926	0.020	87.924	-0.016	87.928	-0.004
M10	87.883	-0.014	87.869	-0.025	87.858	0.034	87.849	-0.037	87.846	0.003
M11	87.617	-0.030	87.588	-0.040	87.578	0.045	87.572	-0.046	87.571	0.001
M12	87.848	-0.020	87.828	-0.027	87.821	0.028	87.820	-0.028	87.820	0.000
M13	88.042	-0.027	88.014	-0.033	88.008	0.044	87.999	-0.037	88.005	-0.007
M14	87.594	-0.030	87.564	-0.033	87.651	0.032	87.562	-0.027	87.567	-0.005
M15	87.668	-0.021	87.647	-0.033	87.635	0.037	87.631	-0.028	87.640	-0.009
M16	87.099	-0.020	87.079	-0.026	87.073	0.030	87.069	-0.017	87.083	-0.013
M17	87.538	-0.017	87.521	-0.026	87.512	0.029	87.509	-0.020	87.518	-0.009
M18	87.717	-0.018	87.700	-0.029	87.689	0.030	87.687	-0.037	87.680	0.006
M19	88.511	-0.020	88.491	-0.028	88.483	0.031	88.480	-0.055	88.456	0.024
M20	87.586	-0.030	87.556	-0.038	87.549	0.043	87.543	-0.053	87.533	0.011

Tabelul 5.6. Deplasările pe verticală a reperilor din rețeaua de urmărire față de tranșa zero-BERMA 2

Reper	Cotă tranșa zero	Tasare tranșa 2007	Cotă tasare tranșa 2007	Tasare tranșa 2008	Cotă tasare tranșa 2008	Tasare tranșa 2009	Cotă tasare tranșa 2009	Tasare tranșa 2010	Cotă tasare tranșa 2010	Dif.2010/2009
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
BT1	90.450	-0.050	90.400	-0.049	90.401	0,0577	90.392	-0.063	90.3868	-0.005
BT2	90.395	-0.030	90.365	-0.029	90.367	0,0354	90.360	-0.043	90.3517	-0.008
BT3	90.400	-0.015	90.385	-0.015	90.384	0,0163	90.384	-0.021	90.3784	-0.006
BT4	90.993	-0.028	90.665	-0.032	90.661	0,0061	90.657	-0.049	90.6438	-0.013
BT5	90.798	-0.027	90.771	-0.030	90.768	0,0388	90.759	-0.048	90.7501	-0.009
BT6	90.697	-0.016	90.682	-0.019	90.679	0,0190	90.678	-0.023	90.6737	-0.004
BT7	90.808	-0.030	90.778	-0.035	90.773	0,0418	90.766	-0.054	90.7538	-0.012
BT8	90.387	-0.001	90.386	-0.006	90.381	0,0116	90.375	-0.022	90.3648	-0.010
BT9	90.450	-0.032	90.418	-0.032	90.419	0,0319	90.418	-0.034	90.4159	-0.002
BT10	90.423	-0.039	90.384	-0.036	90.387	0,0373	90.386	-0.039	90.3840	-0.002
BT11	90.842	-0.084	90.758	-0.084	90.757	0,0781	90.764	-0.087	90.7548	-0.009
BT12	90.911	-0.066	90.846	-0.063	90.848	0,0633	90.848	-0.069	90.8424	-0.006
BT13	91.026	-0.065	90.960	-0.063	90.963	0,0665	90.960	-0.074	90.9523	-0.008
BT14	91.065	-0.059	91.006	-0.058	91.008	0,0594	91.006	-0.083	90.9820	-0.024
BT15	90.778	-0.046	90.732	-0.044	90.735	0,0426	90.735	-0.059	90.7191	-0.016
BT16	90.919	-0.065	90.855	-0.062	90.857	0,0617	90.857	-0.081	90.8377	-0.019
BT17	90.709	-0.043	90.665	-0.042	90.667	0,0423	90.667	-0.057	90.6518	-0.015
BT18	90.898	-0.056	90.842	-0.056	90.842	0,0543	90.844	-0.066	90.8320	-0.012
BT19	90.898	-0.003	90.895	-0.002	90.896	-0,0006	90.898	-0.003	90.8955	-0.004
BT20	90.610	-0.042	90.567	-0.041	90.569	0,0386	90.571	-0.039	90.571	0.000
BT21	90.376	-0.014	90.362	-0.013	90.363	0,0281	90.348	-0.034	90.342	-0.006
BT22	90.508	-0.026	90.482	-0.025	90.483	0,0000	acoperită	-	-	-
BT23	91.081	-0.003	91.078	-0.003	91.078	0,0037	91.077	-0.010	91.071	-0.006
BT24	91.008	-0.004	91.004	-0.004	91.004	0,0100	90.998	-0.014	90.993	-0.005

5.3. Studii topo-geodezice privind urmărirea deplasărilor și deformațiilor la turnurile de răcire– S.C. COLTERM SA Timișoara/secția CET SUD

Turnurile de răcire cu tiraj natural, în contracurent, având suprafața irigată de 2000 mp. și o înălțime totală de 70 m, echipate cu 7 rânduri de rulouri Ø 16 din polietilenă. Acestea sunt construcțiile aferente incintei S.C. COLTERM SA TIMIȘOARA/secția CET SUD.



Fig. 5.13. Imagine satelitară cu incinta CET Sud Timișoara



Fig. 5.14. Turnurile de răcire - CET Sud Timișoara

Dimensionarea circuitului hidro s-a făcut, luând în considerare următoarele:

- în regim de vară:
- debit total: 13600 – 17400 mc/h pe turn;
- interval de răcire: 11° C;
- temperatura apei răcite: 33° C;
- temperatura aerului exterior pe termometrul umed: 20° C;
- umiditatea relativă: 54%;
- În regim de iarnă:
- debit total: 16000 – 17000 m³/h pe turn;
- interval de răcire: cca. 10° C;

Proiectul de execuție a cuprins următoarele părți:

a. Consolidarea terenului:

Apare ca fiind necesară din concluziile studiului geotehnic, elaborat de ISPH și a unei Note tehnice întocmite de specialiști din cadrul Facultății de construcții - Catedra de drumuri și fundații din cadrul IPTV Timișoara, pornind de la observația că straturile de nisip pe care urmează a fi fondate cele două construcții sunt lichifiabile, în condițiile de intensitate seismică de grad 7.

Consolidarea se realizează cu ajutorul coloanelor de balast Ø 325 mm, introduse prin vibropresare la 6 m adâncime, amplasate în nodurile unei rețele triunghiulare echilaterale, cu latura de 750 mm sau 1000 mm.

Se obține astfel o îndesare a nisipului și o capacitate portantă de 2,7 daN/cm².

b. Terasamentele:

Săpătura pentru infrastructura turnurilor se face în etape, sub protecția a două rețele inelare de filtre aciculare, pentru coborârea apei freactice. Săpătura se va realiza mecanizat și parțial manual. Umpluturile vor fi realizate manual.

c. Fundația inelară:

Având și rol de perete al bazinului colector, fundația inelară are secțiunea constantă. Ea transmite sarcinile date de suprastructura terenului, printr-o talpă din beton armat de 2,9 m lățime.

La betonare se înglobează piese metalice pentru legături la apă caldă și golire. Se prevăd canale de legătură cu căminul de racord și căminul vanelor de golire.

Interiorul bazinului colector (inclusiv radiatorul) se hidroizolează cu o emulsie de bitum – latex.

d. Structura exterioară – prefabricată:

Stâlpii înclinați care susțin coșul de tiraj și grinda inelară de la marginea inferioară a pânzei hiperbolice sunt realizate în variantă „elemente prefabricate” din beton armat.

Fereastra de acces a aerului este înaltă de 4,70 m.

e. Structura exterioară – pânză hiperbolică:

Coșul de tiraj al turnurilor este de fapt o pânză subțire din beton armat, în formă de hiperboloid de rotație.

Grosimea pânzei variază între 46 cm la grinda inelară și 14 cm între cotele 25,00 și 67,50 m.

Marginea superioară – coronamentul e o centură monolită cu spațiu de circulație.

La cota 40, s-a prevăzut o pasarelă metalică circulară. La cotele ±0,00 m, + 40,00 m, + 70,00 m, s-au prevăzut balustrade metalice.

f. Sistemul interior – betoane:

Structura interioară de rezistență care susține sistemul de răcire, este alcătuită din: stâlpi și fundații pahar, precum și din grinzi pe două direcții și grătare (elemente din beton armat prefabricat).

Radierul bazinului colector este realizat din beton armat monolit.

g. Sistemul interior – umplutură:

Apa caldă este adusă în turnuri prin două conducte Dn 1200 mm, care se ramifică prin intermediul a 6 fire Dn 800 mm care se ridică la cota + 7,00 m.

Distribuția principală este realizată din tuburi ROPAFS Dn 800 mm; din acestea, apa caldă trece în tuburi de PVC Ø 140x6,7 și este împrăștiată în sus prin dispozitive speciale, amplasate la nodurile unei rețele rectangulare, cu latura de cca. 0,90 sau 1,0 m.

Sistemul de răcire este alcătuit din 7 rânduri de rulouri Ø 16 cm din polietilenă, montate pe o plasă de relon întinsă pe grătare.

Funcționarea pe timp friguros, fără pericolul înghețării apei la nivelul umpluturii, ar fi fost asigurată printr-o perdea de apă caldă, creată prin pulverizarea apei dintr-un jghab inelar exterior. La temperaturi foarte scăzute ale aerului, apa pulverizată îngheață, formându-se o perdea de gheață aproape pe toată înălțimea ferestrei de acces a aerului, diminuând corespunzător tirajul, respectiv pericolul de îngheț la interior. Perdeaua de gheață se formează între muchiile interioare ale obloanelor fixe, montate pe contur, pentru dirijarea aerului la intrarea în turnul de răcire.

Pe amplasamentul turnurilor de răcire, conform studiului geotehnic elaborat de ISPH, se găsește următoarea stratificație naturală:

- între: 0 – 0,30 m – sol vegetal;
- 0,30 – 1,50 m – argilă prăfoasă (strat A);
- 1,50 – 3,50 m – nisip argilos fin (strat B);
- 3,40 – 4,50 m – argilă prăfoasă (strat C);
- 4,50 – 11 m – nisip cu pietriș (strat D);
- mai jos de 11 m – argilă cenușie plastică și vâscoasă (strat E).

Nivel apă subterană: 1,8 m adâncime.

Stratul de nisip B, precum și partea superioară a stratului de nisip D, sunt lichifiabile în condiții seismice (grad 7 – 8).

În urma investigațiilor făcute s-a recomandat ca turnurile de răcire să fie fondate direct pe teren îmbunătățit cu coloane de balast, dublu vibropresate, până în stratul D. Cu ajutorul lor nu se obține compactarea întregului strat lichifiabil, dar se creează un strat nelichifiabil suficient de gros, care să împiedice refularea nisipului lichifiat din adâncime.

Prin îmbunătățirea terenului de fundare cu coloanele de balast se obține o presiune convențională $p_{conv.} = 2,7 \text{ daN/cm}^2$ (corespunzător încărcării de calcul în gruparea fundamentală), pentru o lățime de 0,6 – 1,0 m la adâncimea de fundare $d=1,0-2,0 \text{ m}$.

Lucrările de consolidarea terenului se desfășoară astfel:

- decaparea stratului vegetal și realizarea unei săpături generale, până la cota 86,30 mdMB (cota platformei de lucru a utilajelor);
- coloanele de balast se realizează cu utilaje de vibropresare, pe o adâncime de 6,0 m, cu tuburi de inventar, cu Ø 325 mm, coloanele fiind amplasate în vârful unei rețele de triunghiuri echilaterale cu latura de 2,3d, adică 0,75 m. Coloanele se realizează:
- prin scăderea porozității nisipului de la 49 – 50% la 34 – 35%, deci o îndesare $ID = 0,7$. Se introduc astfel $2,58 \text{ m}^3$ balast la o suprafață de 1 mp. compactată. Pentru o compactare bună, se recomandă ca balastul să aibe un grad ridicat de neuniformitate ($Un \geq 7$).

Pentru zona centrală, se prevede îmbunătățirea terenului de fundație cu aceleași coloane de balast, amplasate la 1 m între axele lor.

Măsurătorile de tasare care s-au realizat pentru urmărirea celor două turnuri de răcire s-au efectuat cu ajutorul nivelei electronice Leica DNA 03 cu mire de invar codate. Temperatura în timpul măsurătorilor a fost de +15°C dimineața și de +25°C la prânz. În teren s-a efectuat nivelment geometric dus-intors și în circuitul închis, între reperii de bază RF2, RF5, RF6, RF7, RF10, RF13 și RF14 pentru a se determina stabilitatea acestora.



Fig. 5.15. Reper de bază – CET Sud Timișoara



Fig. 5.16. Reper aflat la baza turnurile de răcire - CET Sud Timișoara

Pentru prelucrarea și compensarea măsurătorilor s-a utilizat un soft specializat în prelucrarea automată a datelor ce oferă rezultate foarte precise , Leica Geo Office Combined.

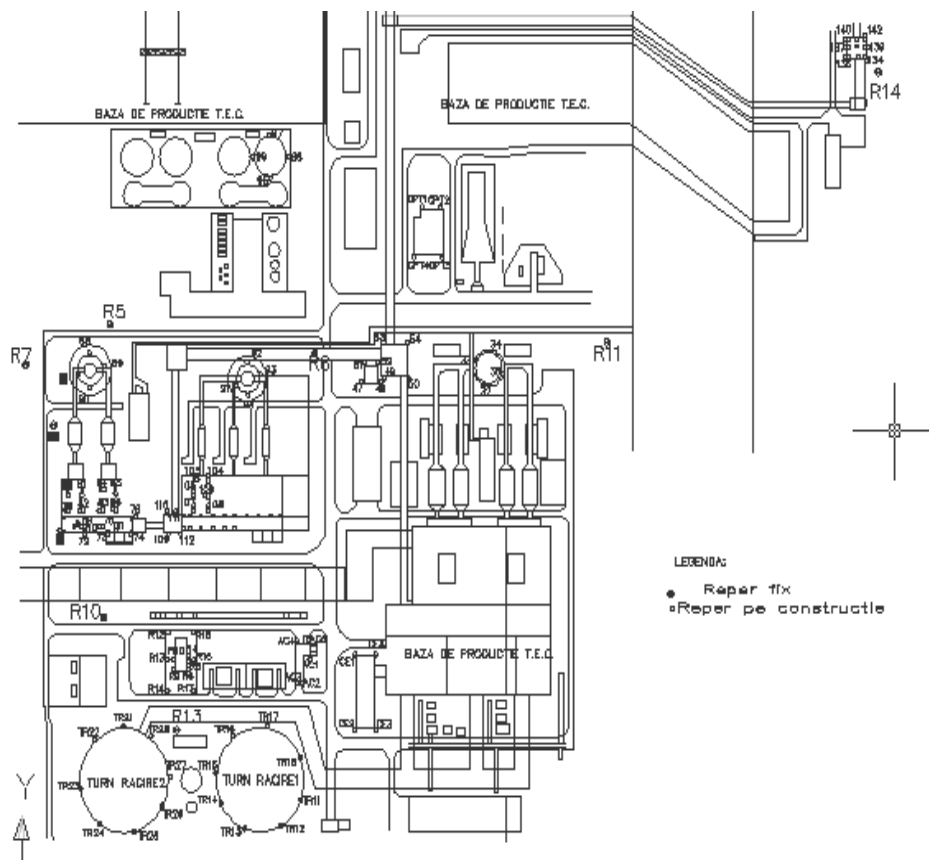


Fig. 5.17. Schița amplasării reperilor de urmărire din cadrul incintei CET Sud Timișoara

Tabelul 5.7. Deplasările pe verticală a reperilor din rețeaua de urmărire față de tranșa zero

Nume punct vechi	Nume punct nou	Cotă tranșa zero	Tasare tranșa 2007	Cotă Tasare tranșa 2007	Tasare tranșa 2008	Cotă Tasare tranșa 2008	Tasare tranșa 2009	Cotă Tasare tranșa 2009	Tasare tranșa 2010	Cotă Tasare tranșa 2010
		m	m	m	m	m	m	m	m	m
Turn răcire nr.1										
TR11	TR18	88.029	0.009	88.037	0.008	88.036	0.011	88.040	0.010	88.038
TR12	TR11	88.048	0.017	88.065	0.018	88.066	0.021	88.069	0.020	88.068
TR13	TR12	88.028	-0.002	88.026	-0.020	88.008	-0.017	88.011	-0.018	88.010
TR14	TR13	88.012	-0.001	88.012	-0.001	88.011	0.003	88.015	0.001	88.013
TR15	TR14	88.008	0.019	88.026	0.017	88.024	0.020	88.028	0.019	88.026
TR16	TR15	88.067	-0.021	88.046	-0.023	88.044	-0.020	88.047	-0.020	88.047
TR17	TR16	88.038	-0.011	88.028	-0.001	88.037	-0.010	88.028	-0.011	88.027
TR18	TR17	88.006	-0.002	88.003	-0.004	88.002	0.000	88.005	Blocat	Blocat
Turn răcire nr.2										
TR21	TR28	88.082	-0.000	88.082	-0.002	88.080	0.002	88.084	0.001	88.084
TR22	TR21	87.994	0.001	87.995	-0.001	87.993	0.003	87.997	0.003	87.997
TR23	TR22	88.037	0.002	88.039	-0.000	88.037	0.004	88.041	0.005	88.042
TR24	TR23	87.968	0.002	87.969	0.001	87.968	0.004	87.971	0.005	87.972
TR25	TR24	88.085	0.002	88.086	0.000	88.085	0.004	88.088	0.004	88.089
TR26	TR25	88.082	-0.000	88.082	-0.002	88.080	0.002	88.083	0.002	88.083
TR27	TR26	87.984	0.001	87.985	-0.001	87.983	0.003	87.987	0.002	87.987
TR28	TR27	87.997	-0.002	87.995	-0.004	87.994	0.000	87.997	0.000	87.997

Analizând valorile măsurate față de cota tranșei "zero" se poate concluziona că turnul de răcire 1 prezintă o tasare de ± 0.020 mm, așa cum se va putea observa în tabelul 5.6.

Pentru a confirma posibilitatea de urmărire în timp a construcțiilor înalte s-a efectuat o analiză a tasării turnului de răcire cu ajutorul tehnologiilor de scanare laser terestră.

Scanările la turnul de răcire s-au realizat folosind sistemul de scanare laser ScanStation C10, produs de firma Leica. Acesta este un sistem de scanare terestră,

care se utilizează în regim static de măsurare, ce poate fi folosit la o gamă mare de lucrări în topografia inginerască.



Fig. 5.18. Sistemul de scanare ScanStation C10

Instrumentul utilizează pentru măsurarea distanțelor principiul măsurării timpului, pentru măsurarea unghiurilor principiul cu oglinzi oscilante și are un câmp de scanare de 360° în plan orizontal și vertical.

Metodele utilizate de stația de scanare sunt caracterizate prin:

- densitate foarte mare a punctelor măsurate – rezultă o copie identică a obiectului scanat punct cu punct;
- colectarea rapidă a datelor;
- măsurători la distanțe mari, efectuate fără ajutorul suprafețelor reflectorizante;
- vizualizarea în trei dimensiuni a modelului rezultat.

Scanările la Turnul de răcire s-au realizat sub forma unei drumuirii închise pe reperul RN11, utilizându-se trei prisme de vizare de formă circulară tip Leica.



Fig. 5.19. Prismă de scanare pe baston cu treped de fixare

Scanările s-au realizat la rezoluția de 5 cm la 50 m, cu scanarea fină a țintelor care sunt așezate pe baston cu trepied de fixare, la rezoluția de 2 mm la 50 m. S-a ales modul de scanare "target all" ce presupune scanare la 360° atât în plan orizontal cât și vertical.

În urma scănării s-a obținut un fișier cu nor de puncte în sistem local de coordonate. Acest fișier conține poziția 3D a punctelor, numele stației din care s-a făcut scanarea, denumirea punctelor în care s-au amplasat țintele, precum și poziția sistemului de coordonate.



Fig. 5.20. Norul de puncte rezultat în urma scănării

Postprocesarea datelor obținute în urma măsurărilor cu sistemul de scanare ScanStation C10 s-a realizat cu softul Cyclone v 6.0. Dacă rezultatele obținute în urma registrării corespund, din punct de vedere geometric și le considerăm acceptabile, adică abaterile rezultate se încadrează în precizia solicitată, rezultă norul de puncte sub formă brută, într-un sistem unic de coordonate.

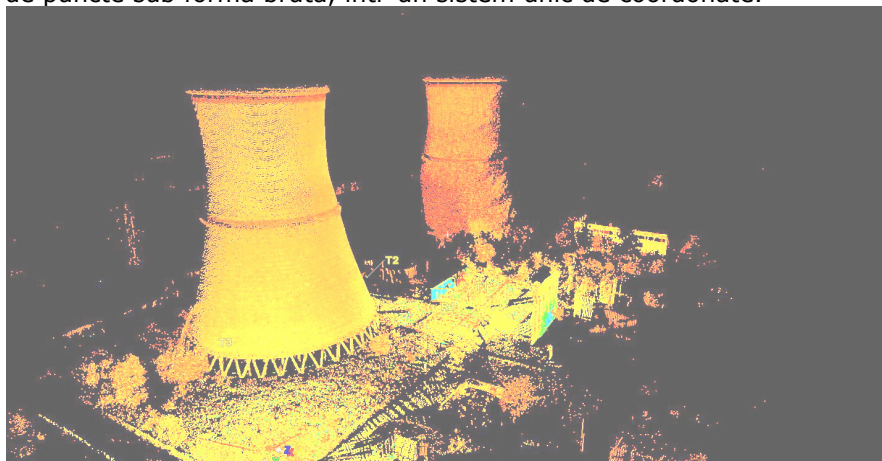


Fig. 5.21. Norul de puncte rezultat în urma registrării

Următoarea operație în cadrul procesului de postprocesare este filtrarea datelor rezultate, care presupune eliminarea punctelor care nu fac obiectul ariei de scanate, îndepărtarea punctelor care conțin zgomote generate de influența reflecției slabe de pe suprafața scanată, obstacole sau persoane în scanare, rezoluția de scanare, etc.

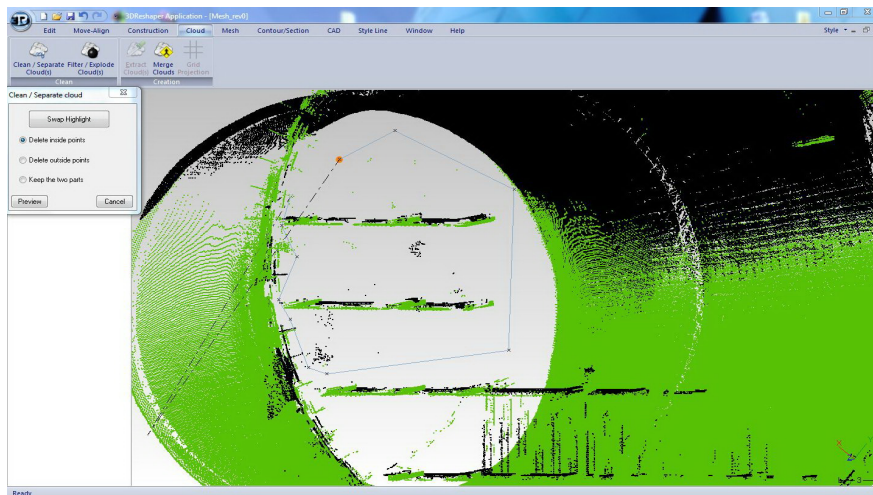


Fig. 5.22. Curățarea norului de puncte prin trasarea unui contur

Este recomandat ca punctele preluate în plus de instrument să fie eliminate manual de către operator, acesta putând să le identifice ușor, prin analiza ariei scanate. Operațiunea de eliminare din densitatea punctelor se poate face cu cele cinci noduri implementate standard în comanda "Point cloud density": fără reducere, reducere minimă, reducere medie, reducere înaltă și reducere foarte înaltă.

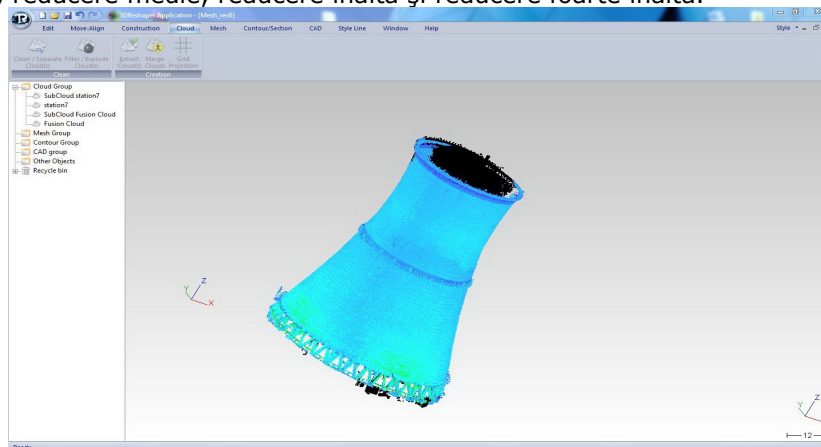


Fig. 5.23. Curățarea norului de puncte prin trasarea unui contur

După aceste operații de filtrare și setare se va trece la modelarea datelor pentru obținerea geo-modelării 3D a turnului de răcire 1. Pentru această operațiune se va crea o meshă în vederea realizării 3D a obiectivului scanat.

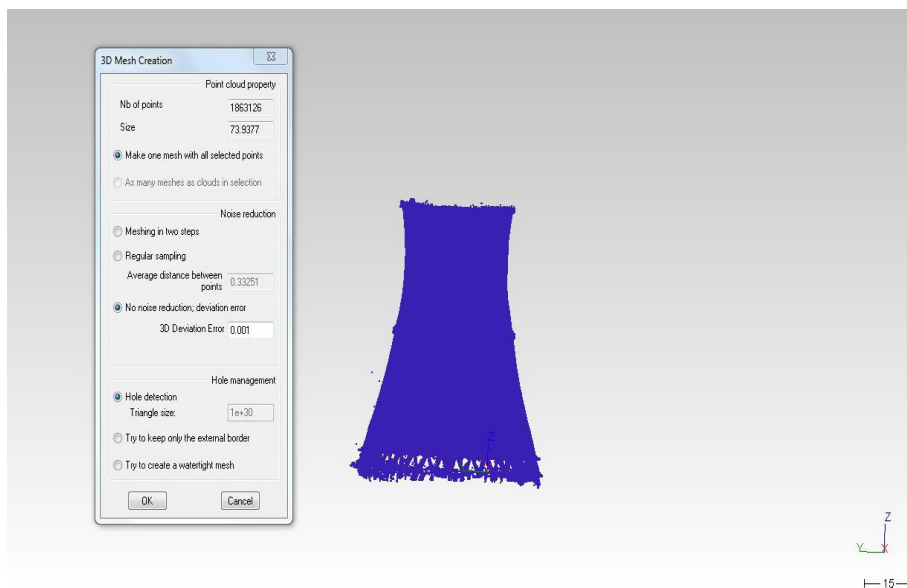


Fig. 5.24. Setarea opțiunilor pentru crearea mesh-ei turnului de răcire 1



Fig. 5.25. Modelul 3D al turnului de răcire 1

Pe baza modelului 3D al turnului de răcire și a unui plan de referință se poate calcula volumul Turnului de răcire1, precum și calculul diferențelor între suprafețe măsurate la momente de timp diferite.

194 Studii topo-geodezice privind urmărirea construcțiilor speciale – 5

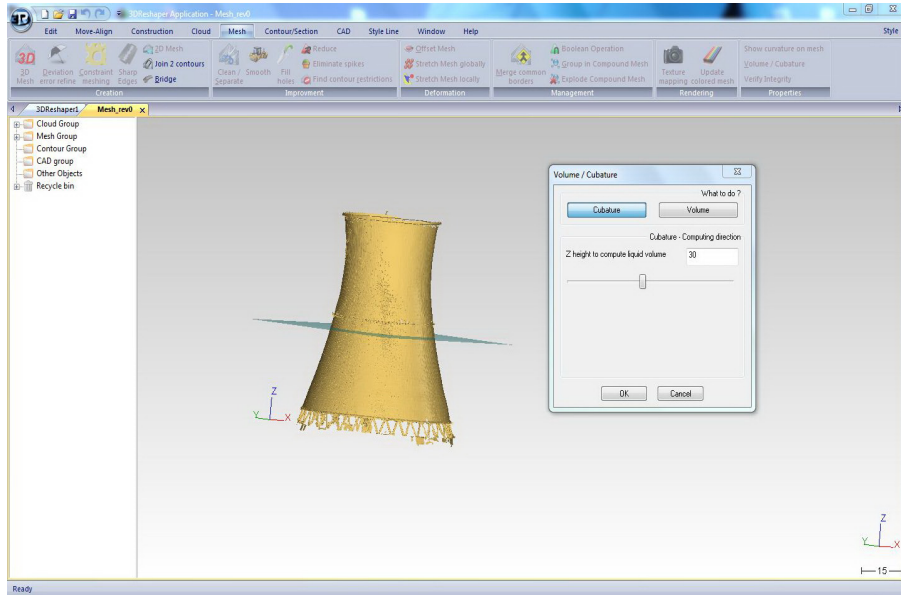


Fig. 5.26. Setarea planului de referință pentru calculul volumetric

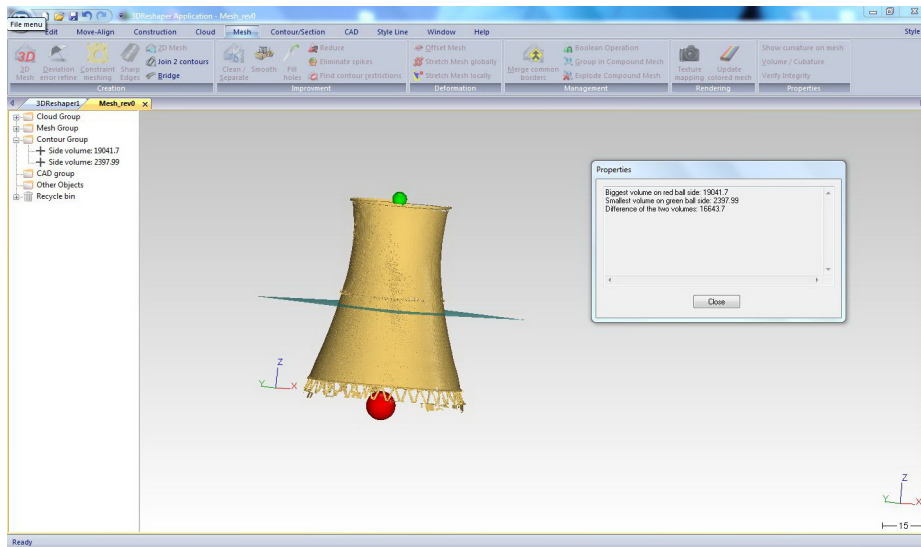


Fig. 5.27. Returnarea valorilor volumetrice

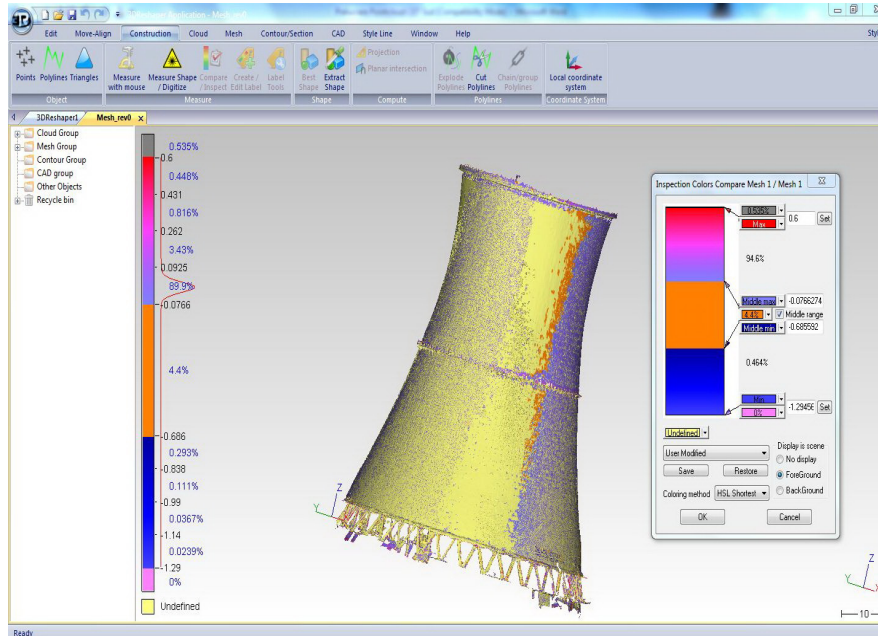


Fig. 5.28. Analiza deformației turnului de răcire1 folosind măsurători la momente de timp diferite

Pe baza celor prezentate putem concluziona că tehnologia de scanare laser terestră reprezintă o adevărată revoluție în domeniul geodeziei și fotogrammetriei. Această tehnologie permite rezolvarea sarcinilor care prin metodele clasice ar presupune costuri exagerate sau ar fi irealizabile.

6.OBSERVAȚII, CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE

6.1. Observații și concluzii finale

Unul dintre obiectivele esențiale ale urmăririi comportării în timp a construcțiilor (baraje, poduri, silozuri, furnale, coșuri de fum, turnuri de răcire, clădiri înalte, etc.) este acela de reducere a riscurilor pe care le prezintă atingerea stărilor de limită, care ar implica pierderea capacității lor de a satisface condițiile de exploatare, fie generarea unor pericole pentru oameni și bunurile materiale deservite. Sesizarea în timp a unor tendințe de pierdere a siguranței în exploatare este posibilă prin efectuarea de observații și măsurători sistematice asupra parametrilor considerați caracteristici prin răspunsul construcției la solicitările exterioare, cum sunt de exemplu deformațiile și deplasările elementelor structurale.

Aplicarea metodelor topo-geodezice moderne la studiul comportării diferitelor tipuri de construcții reprezintă o condiție esențială în evidențierea reală a evoluției în timp a unui element al construcției sau a întregii structuri ca ansamblu.

Măsurarea, prelucrarea, calcularea și reprezentarea tasărilor, deplasărilor orizontale sau a înclinărilor construcțiilor înalte, poate fi făcută azi cu ajutorul tehnologiilor topo-geodezice moderne, automatizate, care asociate cu aplicarea corectă a unor metode specifice, conferă garanția unei evidențieri corecte a fenomenelor de instabilitate a clădirilor.

Producerea unor tasări sau deplasări orizontale uniforme, ce implică variația verticală sau în plan al întregului ansamblu, nu reprezintă un semnal de alarmă pentru stabilitatea clădirii, decât atunci când valorile observate pe baza măsurătorilor ciclice, egalează sau depășesc valoarea tasărilor probabile calculate apriori, depășirile semnificative constituind un semnal de alarmă atât pentru constructor cât și pentru specialistul în măsurătorile topo-geodezice.

În ceea ce privește asigurarea funcțiilor pentru care a fost proiectată o construcție, fie că este o clădire de locuit, socială sau o construcție industrială, asocierea unui program de urmărire a tasărilor este imperios necesară pentru garantarea unei funcționări optime și îndelungate în timp a ansamblului respectiv.

Materialul bibliografic studiat, dar și realitatea practică relevă faptul, că aplicarea metodelor topo-geodezice moderne la studiul comportării construcțiilor industriale se realizează prin interdependența mai multor domenii ale măsurătorilor terestre, cât și legătura acestora cu alte științe inginerești.

Astfel, pe baza studiului realizat și a rezultatelor concrete obținute în diferitele etape ale cercetării, am constatat că alegerea unei metode corecte și a tehnologiei corespunzătoare, reprezintă certitudinea unei interpretări corecte a valorilor măsurate și prelucrate ulterior pe baza algoritmilor de calcul bazate pe conceptele de prelucrare a observațiilor din teoria erorilor de măsurare.

Există situații, când aceste metode se pot combina între ele, funcție de comportarea obiectivului studiat, astfel creîndu-se o legătură între măsurătorile unghiulare și cele liniare care, în final vor genera valoarea absolută a deplasării sau deformației construcțiilor respective, aspect urmărit și de autoarea tezei pe parcursul cercetărilor efectuate.

Pe baza evaluărilor teoretice efectuate în cazul temei propuse, am realizat o corelație între cauzele ce produc fenomenele de instabilitate care contribuie la deformarea construcțiilor și necesitatea aplicării metodelor topo-geodezice moderne pentru determinarea acestora.

În ceea ce privește analiza măsurătorilor topo-geodezice efectuate în urmărirea *barajului Poiana Mărului – județul Caraș Severin și a turnului de răcire nr.1 din cadrul incintei CET Sud Timișoara și a depozitul de zgură Utvin*, aceasta indică următoarele:

➤ **Barajul Poiana Mărului**

- deplasările maxime determinate pentru reperii de urmărire au fost de -289.3 mm pe axa X – reper R14 și -491.5 mm pentru axa Y – reper R19. Aceste deplasări sunt calculate față de tranșa de bază. Fața de tranșa anterioară deplasările sunt mult mai mici. Astfel reperul R14 s-a deplasat pe axa X (unde a înregistrat deplasarea maximă) cu 3.8 mm, iar reperul R19 s-a deplasat pe axa Y cu -8.6 mm. Deplasarea maximă față de tranșa anterioară a înregistrat-o reperul R16, de -21.9 mm, pentru axa X și de -34.8 mm, pe axa Y.

- Precizia de determinare a tasărilor punctelor din rețeaua nivelitică este de 0.25 mm, iar deplasarea maximă s-a înregistrat la reperul RN3-13 ca fiind de

- -845.9 mm, față de tranșa de bază. Față de tranșa anterioară tasarea maximă a fost înregistrată la reperul RN1-24 și este de -71.5 mm. Reperul R13 la care s-a constatat deplasarea maximă față de tranșa de bază, s-a tasat față de tranșa anterioară cu 23.8 mm.

➤ **Turnul de răcire nr.1 - CET SUD Timișoara**

- **deplasări verticale:** față de tranșa inițială se observă o tendință de tasare a acestui turn cu ± 0.020 mm. Această deplasare pe verticală a turnului a fost monitorizată folosind și scanarea terestră cu ajutorul scannerului Leica.



Fig. 6.1. Modelul 3D scanat al turnului de răcire nr.1

- **Depozitul de zgură Utvin**
- **Deplasări orizontale și verticale:** Măsurătorile s-au efectuat pe punctele rețelei existente, constituite din trei reperi fundamentali, RF1, RF2, RF3 ca și pe reperi mobili din depozitul Utvin. Față de tranșa inițială se observă că cei 20 de reperi din Berma 1 și cei 21 din Berma 2, comparându-le cu valoarea de atenție și valoarea de alarmă, se încadrează în valori normale din punct de vedere al fenomenului de tasare - deplasare.

Pe baza ciclurilor de măsurători executate la cele trei obiective urmărite, în acest context prezint următoarele concluzii:

- ✓ urmărirea și evaluarea corectă a valorilor reale ale tasărilor și deplasărilor orizontale, cât și a înclinărilor construcțiilor înalte sau suple, reprezintă o problemă de topografie inginerescă de importanță tehnică deosebită, dar și economică prin posibilitatea evidențierii unor situații deosebite care ar duce în timp la costuri de întreținere și exploatare ridicate ;
- ✓ cu ajutorul noilor metode și tehnologii geodezice cu grad înalt de automatizare, domeniul observării comportamentului construcțiilor supuse diferiților factori perturbatori, devine o ramură de maximă actualitate cu aplicabilitate la diferite tipuri de construcții civile, industriale sau de lucrări de artă deosebite ;
- ✓ astfel, problema măsurării și reprezentării tasărilor construcțiilor, a deplasărilor liniare orizontale și a înclinațiilor diferitelor obiective, impune în continuare studii și cercetări interdisciplinare, creînd legături între știința măsurătorilor terestre și ingineria civilă;
- ✓ este și cazul cercetărilor mele, care nu se încheie odată cu finalizarea și susținerea tezei de doctorat ci, va continua pe baza unor contracte existente cu autoritățile în drept;
- ✓ sustenabilitatea și eficiența funcțională a obiectivelor evaluate depinde în mare măsură de precizia determinărilor atât din punct de vedere al tehnologiilor folosite dar și a metodelor de măsurare și procesare a datelor. În acest sens este de evidențiat sistemul de scanare laser pe care l-am folosit la monitorizarea Turnului de răcire nr.1;
- ✓ în urma rezultatelor obținute doresc să menționez câteva particularități și avantaje ale acestui sistem de scanare laser terestru:
 - numărul de puncte achiziționate într-un interval de timp scurt este foarte mare, acest lucru ajutând la interpretarea corectă a obiectelor scanate;
 - sistemul de scanare laser terestru, permite realizarea de fotografii de înaltă rezoluție care pot fi referențiate și utilizate ca suport pentru analiza datelor și prelucrarea de texturi la modelare;
 - datorită evidentelor avantaje ale scanării laser, cum ar fi: măsurătoarea fără a fi necesar vreun contact direct, precizia înaltă, distanța mare de acțiune, achiziția rapidă a informațiilor, etc. tot mai multe domenii încep să adopte această tehnologie;
 - softurile de prelucrare a măsurătorilor rezultate în urma scanării au în componență mai multe metode de compensare și registrație, dând posibilitatea utilizatorului de a alege metoda adecvată de prelucrare în funcție de caracteristicile construcției monitorizate. Rapoartele cu rezultatele obținute pot fi analizate, comparate și evaluate pentru realizarea de statistici;

- datorită complexității mecanismelor, care sunt transformate ca și reprezentări bidimensionale, scanarea laser a condus la un management 3D complet al sitului ;
- ✓ analiza realizării construcțiilor speciale trebuie să includă și o bună cunoaștere a factorilor caracteristici de mediu din zona de amplasament, dar pentru a optimiza soluțiile de proiectare studiarea modelelor comportamentale furnizate de băncile de date devine o condiție obligatorie. În constituirea acestor bănci de date principalele informații sunt furnizate de activitatea topo-geodezică care trebuie să coordoneze întregul proces de monitorizare a urmării comportării structurilor la acțiunea factorilor de mediu și de exploatare;
- ✓ datorită avântului pe care la înregistrat domeniul ingineriei civile s-a pus tot mai mult problema perfecționării tehnologiilor topo-geodezice pentru a putea face față evoluției tehnico-economice;
- ✓ se poate afirma că deplasările măsurate prin metode topografice în mai multe cicluri de măsurători indică o stabilitate a barajului în plan orizontal, în timp ce în plan vertical tasările continuă, însă cu o rată mai scăzută față de cele anterioare, fiind însă încadrate în limitele normale prevăzute de normativele în vigoare (P130-1999) și conforme cu prognoza inițială ;
- ✓ analizând valorile măsurate la Depozitul de zgură și cenușă de la Utvin am constatat că față de măsurătoarea "zero", valorile obținute în urma ciclurilor de măsurători efectuate în 2009 și 2010 se încadrează în valori normale din punctul de vedere al fenomenului de tasare – deplasare specifice acestei construcții ;
- ✓ în cazul Turnului de răcire nr 1 am observat că în urma măsurătorilor efectuate cu cele două tehnologii topo-geodezice moderne și anume nivela digitală și scanner-ul laser terestru au loc tasări ale terenului de fundare conducând la înclinarea construcției .

Datorită importanței supravegherii în timp a construcțiilor pentru punerea în evidență a deformațiilor, alegerea intervalului de măsurare precum și tipul măsurătorilor efectuate reprezintă unul din cele mai importante etape, de ele depinzând acuratețea punerii în evidență a deformațiilor.

6.2. Contribuții personale

În urma cercetărilor din cadrul prezentei teze de doctorat, pe baza măsurătorilor efectuate în mai multe cicluri de observații, a prelucrării datelor și a încadrării acestora în normativele tehnice în vigoare, cât și pe baza concluziilor rezultate în etapele de evaluare prezint în continuare câteva contribuții semnificative aduse de autoarea temei luate în studiu:

- sinteza metodelor topo-geodezice utilizate pentru urmărirea comportării în timp, cu exemplificarea metodelor aplicate la determinarea deplasărilor orizontale, deplasărilor verticale (tasărilor) și înclinărilor construcțiilor înalte cu alegerea metodelor optime specifice acestor categorii de lucrări;
- sinteza metodelor de compensare și prelucrare a observațiilor topo-geodezice și exemplificarea acestora atât prin metoda măsurătorilor condiționate cât și indirecte;
- sinteza prelucrărilor statistice pentru observațiile topo-geodezice efectuate și schematizarea elementelor de evaluare a preciziilor;
- sinteza tehnologiilor topo-geodezice moderne , cu asimilarea și testarea în practică a sistemului de scanare laser;
- adaptarea conceptelor teoretice la studii și analize efectuate asupra obiectivelor urmărite: barajul Poiana Mărului și clădirile aferente S.C.

- COLTERM S.A. Timișoara- Turnul de răcire nr.1 și Depozitul de zgură și cenușă Utvin;
- crearea unui program de urmărire specială a comportării în timp a construcțiilor observate pe baza ciclurilor de măsurare executate de către autoare și pornind de la tehnologiile de ultimă oră utilizate;
 - crearea unui flux tehnologic complet pornind de la măsurarea, inventarierea, stocarea, prelucrarea și managementul tuturor datelor măsurate pe baza unor programe de compensare a măsurătorilor topo-geodezice;
 - în cadrul acestui flux am făcut reprezentarea datelor obținute prin crearea unor diagrame de urmărire a tasărilor mărcilor amplasate pe obiectivele studiate evidențind astfel zonele supuse riscului ;de asemenea, în cadrul cercetării efectuate am realizat și prelucrări statistice evidențind valorile absolute ale tasărilor precum și modelarea 3D a acestora;
 - propunerea de către autoare a unor programe de cercetare și monitorizare a datelor provenite de la inginerii constructori corelate cu studiul topografic de urmărire (concretizate prin contracte);
 - analiza posibilităților de urmărire a stabilității construcțiilor industriale cu ajutorul tehnologiilor laser și a senzorilor de monitorizare și propuneri concrete de aplicabilitate în situații speciale .

Având în vedere toate aceste considerente, apreciez că determinarea prognozei reale în timp a acestui fenomen de monitorizare a construcțiilor speciale poate face ca investițiile în aceste domenii să fie realizate în mod constant și cu eficiență maximă.

ANEXE
PRELUCRAREA ȘI COMPENSAREA
MĂSURĂTORILOR LA CONSTRUCȚIILE
HIDROTEHNICE ȘI ENERGETICE
- BARAJUL POIANA MĂRULUI ȘI
S.C. COLTERM SA TIMIȘOARA/secția CET SUD
- DEPOZITUL DE ZGURĂ ȘI CENUȘĂ UTVIN
ȘI TURNURILE DE RĂCIRE-

PRELUCRAREA ȘI COMPENSAREA REȚELEI DE
MICROTRIANGULAȚIE BARAJUL POIANA MĂRULUI

Data raport: 11-AUG-2010, ora 21:33:29

Obiectiv: Comp planim BP Marului Iunie 2010

Folder: C:\Program APORT\Calculc Aport\BP Marului Iunie 2010

COMPENSARE ETAPA IN PLAN

Etapa: Iunie_2010

Compensare planimetrie in bloc

Retea constransa

Prelucrare retea completa

PUNCTE ÎN REȚEA

Nr.crt Denumire punct	X [m]	Y [m]	Tip
1 B4	785.3940	318.1750	NOU
2 B5	670.0890	527.7320	FIX
3 B6N	428.7540	273.0610	FIX
4 B7	412.7630	160.2600	NOU
5 B8	365.3680	279.2040	NOU
6 R10	360.6920	515.9680	NOU
7 R11	397.0850	521.2760	NOU
8 R12	439.0790	526.9030	NOU
9 R13	477.9910	525.3880	NOU
10 R14	523.1780	517.0400	NOU
11 R15	571.6320	505.0920	NOU
12 R16	566.1300	467.7320	NOU
13 R17	524.0100	477.4290	NOU
14 R18	485.0270	486.1490	NOU
15 R20	429.6660	487.8500	NOU
16 R21	389.5550	483.2740	NOU
17 R22	422.6790	447.8020	NOU
18 R23	459.2990	449.5980	NOU
19 R24	488.5050	445.1730	NOU
20 R25	514.6220	439.1630	NOU

21	R26	553.8310	429.5480	NOU
22	R27	603.9580	537.2890	NOU
23	R28	572.0920	544.3520	NOU
24	R29	541.1810	551.8540	NOU
25	R30	509.5160	558.7720	NOU
26	R31	478.2080	564.1860	NOU
27	R32	446.3480	565.1970	NOU
28	R33	414.9730	562.7410	NOU
29	R34	382.5480	558.9580	NOU
30	R35	351.3500	555.3810	NOU

MASURATORI INCLUSE ÎN COMPENSARE
DIRECTII MASURATE - Toleranta = 100 sec

Statia: B6N [1]

B4	B5	R26	R16	R27	R15
0.000000	43.698200	49.060800	52.870600	54.724400	56.869400
R28	R24	R30	R23	R31	R32
61.064900	70.714900	74.463800	81.076700	81.274500	88.145800
R12	R20	R33	R11	R34	R21
89.358200	91.686800	94.993800	100.016200	102.166500	103.721500
R35	R10	R47	B7		
109.005300	109.357800	112.096500	283.027400		

Statia: B8 [1]

B4	R26	B5	R16	R25	R27
0.000000	36.970800	37.664600	42.108200	46.305600	46.614500
R15	R37	R17	R28	R24	R14
47.006100	50.704300	51.121400	51.964600	53.469200	56.830000
R29	R38	R18	R23	R30	R39
57.666000	59.951700	60.700600	62.020200	63.809500	65.022400
R13	B7				
66.774800	318.251300				

Statia: B7 [1]

B4	B5	R26	R27	R16	R37
0.000000	35.589200	43.765900	44.613800	45.032500	46.759200
R15	R28	R25	R17	R29	R38
47.014300	49.467000	52.190700	53.014500	54.327600	54.790100
R24	R39	R40	R31	R23	B6N
57.940600	58.949300	63.050500	64.255100	64.327800	65.519800
R41	R42	R32	R43	R22	R44
66.354600	69.045700	69.203900	71.759500	72.285600	74.844900
R45	R47	R48	B8		
78.864600	87.303200	92.948400	98.623600		

Statia: B4 [1]

B8	B6N	B7	R14	R13	R12
8.686500	10.806700	28.315100	361.566600	365.092000	368.306200
R18	R11	R20	R21	R39	R40
370.411200	372.141200	374.516400	377.639600	351.107000	353.783600
R41	R42	R43	R31	R44	R32
355.944700	357.710000	359.509500	359.826200	361.587100	362.722900

R45	R33	R34	R47	R35	R48
364.104400	365.655300	368.507200	368.726500	370.961300	371.433300
R36	R10	R22			
373.667800	375.059500	380.976200			

Statia: B5 [1]

B8	B6N	B7	R37	R38	R39
12.455300	20.609500	30.008200	327.907500	338.631300	341.303100
R40	R41	R42	R43	R44	R48
343.719700	345.732600	347.408100	349.159000	351.230900	359.249000
R45	R30	R29	R48	R33	R34
353.562100	356.795200	357.176900	359.249000	360.251800	362.044100
R35	R36	R12	R13	R11	R10
363.415900	364.844700	369.239800	369.792500	370.481900	371.353200
R14	R21	R20	R18	R22	R17
373.646000	378.907900	379.479100	383.103100	388.841000	390.121000
R23					
391.527100					

NUMAR DE MASURATORI / PUNCT

30/B4		34/B5		25/B6N		32/B7		23/B8
3/R10		3/R11		3/R12		3/R13		3/R14
3/R15		3/R16		3/R17		3/R18		3/R20
3/R21		3/R22		4/R23		3/R24		2/R25
3/R26		3/R27		3/R28		3/R29		3/R30
3/R31		3/R32		3/R33		3/R34		3/R35
2/R36		3/R37		3/R38		4/R39		3/R40
3/R41		3/R42		3/R43		3/R44		3/R45
3/R47		4/R48						

REZUMAT CONDITII DE PRELUCRARE

Masuratori:

Statii directii orizontale: 5

Directii orizontale: 128

Distante: 0

Necunoscute:

dx, dy: 80

dw: 5

dm: 0

Retea constransa

*** Depasiri tolerante ***

Statia B6N ; Vizele extreme: R28 si R11

Statia B8 ; Vizele extreme: R29 si R18

Statia B7 ; Vizele extreme: R29 si R32

Statia B4 ; Vizele extreme: R14 si R43

Statia B5 ; Vizele extreme: R18 si R45

REZULTATE COMPENSARE

Ab.standard medie (precizie retea): 2.20 mm.

INVENTAR DE COORDONATE

Punct		Coordonate provizorii		Cor. [mm]		Coordonate compensate	
		Ab.st. [mm]		Axe el. [mm]		Or.el. [grd]	
B4		785.3940		-20.66		785.3733	
		318.1750		10.00		318.1850	
						1.05	
						0.82	
						20.13	

B5			670.0890	PUNCT	FIX	
			527.7320			
B6N			428.7540	PUNCT	FIX	
			273.0610			
B7	412.7630	10.55	412.7735	0.31	0.99	93.84
	160.2600	4.17	160.2642	0.99	0.30	
B8	365.3680	4.23	365.3722	0.47	0.95	95.90
	279.2040	-5.19	279.1988	0.95	0.46	
R10	360.6920	134.40	360.8264	0.87	1.01	145.29
	515.9680	-166.97	515.8010	0.90	0.74	
R11	397.0850	238.93	397.3239	0.80	0.86	149.03
	521.2760	-330.93	520.9451	0.81	0.74	
R12	439.0790	146.35	439.2254	0.79	0.79	195.12
	526.9030	-409.88	526.4931	0.69	0.69	
R13	477.9910	-71.21	477.9198	0.90	0.90	11.00
	525.3880	-355.26	525.0327	0.57	0.56	
R14	523.1780	-289.34	522.8887	0.93	0.94	10.06
	517.0400	-305.58	516.7344	0.46	0.44	
R15	571.6320	-185.41	571.4466	2.49	4.35	62.22
	505.0920	-141.91	504.9501	3.62	0.65	
R16	566.1300	-85.20	566.0448	2.18	3.51	58.53
	467.7320	-83.71	467.6483	2.82	0.58	
R17	524.0100	-171.44	523.8386	1.04	1.19	35.06
	477.4290	-341.46	477.0875	0.72	0.42	
R18	485.0270	-103.10	484.9239	0.86	0.91	27.16
	486.1490	-431.42	485.7176	0.60	0.52	
R20	429.6660	99.42	429.7654	0.67	0.73	73.94
	487.8500	-432.09	487.4179	0.72	0.66	
R21	389.5550	9.93	389.5649	0.69	0.83	122.44
	483.2740	-15.53	483.2585	0.81	0.67	
R22	422.6790	0.23	422.6792	0.83	0.90	39.92
	447.8020	-211.68	447.5903	0.77	0.70	
R23	459.2990	-11.22	459.2878	0.57	0.92	68.90
	449.5980	-119.46	449.4785	0.83	0.41	
R24	488.5050	-13.76	488.4912	1.06	2.39	73.07
	445.1730	-38.63	445.1344	2.18	0.45	
R25	514.6220	-32.44	514.5896	1.61	2.73	61.98
	439.1630	-68.62	439.0944	2.28	0.60	
R26	553.8310	-71.05	553.7600	1.82	2.75	55.24
	429.5480	-83.85	429.4641	2.12	0.50	
R27	603.9580	-102.45	603.8555	3.24	5.51	60.72
	537.2890	-42.21	537.2468	4.51	0.75	
R28	572.0920	-184.31	571.9077	2.78	5.35	66.25
	544.3520	-118.33	544.2337	4.63	0.73	
R29	541.1810	-167.32	541.0137	0.90	0.91	194.57
	551.8540	-84.27	551.7697	0.42	0.41	
R30	509.5160	-104.19	509.4118	0.79	0.79	199.45
	558.7720	-119.25	558.6528	0.51	0.51	
R31	478.2080	-23.78	478.1842	0.80	1.40	100.68
	564.1860	-151.77	564.0342	1.40	0.80	
R32	446.3480	45.73	446.3937	0.81	1.51	105.42

R33	565.1970	-150.69	565.0463	1.51	0.80	
	414.9730	97.16	415.0702	0.92	0.97	167.45
	562.7410	-157.69	562.5833	0.80	0.74	
R34	382.5480	124.05	382.6721	0.96	1.06	157.62
	558.9580	-161.03	558.7970	0.89	0.78	
R35	351.3500	122.35	351.4724	1.03	1.18	153.73
	555.3810	-141.98	555.2390	0.99	0.80	
R36	313.5120	93.89	313.6059	4.53	4.60	188.27
	550.5500	-88.47	550.4615	1.30	1.00	
R37	606.1070	-31.13	606.0759	0.80	0.98	159.40
	575.7560	24.00	575.7800	0.62	0.26	
R38	549.9740	-18.77	549.9552	0.88	0.95	171.23
	589.5800	-0.71	589.5793	0.57	0.43	
R39	521.3860	-14.84	521.3712	0.88	0.94	172.28
	596.5700	-8.14	596.5619	0.61	0.51	
R40	492.8950	-7.10	492.8879	1.25	1.36	171.03
	601.7220	-7.59	601.7144	0.80	0.59	
R41	469.7240	-3.42	469.7206	1.28	1.38	171.72
	604.0600	-18.14	604.0419	0.84	0.65	
R42	450.8080	-8.22	450.7998	1.30	1.40	172.22
	604.7070	-4.15	604.7028	0.87	0.70	
R43	431.7220	25.68	431.7477	1.33	1.42	172.67
	604.1040	-7.78	604.0962	0.90	0.74	
R44	410.2320	6.88	410.2389	1.36	1.44	173.15
	601.7560	-0.60	601.7554	0.93	0.79	
R45	382.5324	15.25	382.5476	1.40	1.49	173.23
	598.3708	1.59	598.3724	0.99	0.85	
R47	324.7490	15.52	324.7645	1.24	2.33	125.18
	591.2440	3.01	591.2470	2.18	0.92	
R48	285.5340	3.75	285.5377	1.63	1.69	180.09
	586.4670	2.57	586.4696	1.01	0.91	

MASURATORI COMPENSATE

Directii orizontale

Statie | Punct vizat | Directie masurata | Cor. [sec.] | Directie compensata | Orientare

	B6N				
B4	0.000000	-1.67	399.999833	8.010025	
B5	43.698200	1.47	43.698347	51.712122	
R26	49.060800	-1.06	49.060694	57.096691	
R16	52.870600	0.15	52.870615	60.864276	
R27	54.724400	1.38	54.724538	62.744945	
R15	56.869400	-0.98	56.869302	64.870994	
R28	61.064900	1.32	61.065032	69.064687	
R24	70.714900	-0.61	70.714839	78.744488	
R30	74.463800	0.39	74.463839	82.445903	
R23	81.076700	0.70	81.076770	89.103631	
R31	81.274500	0.36	81.274536	89.263602	
R32	88.145800	-0.45	88.145755	96.143739	
R12	89.358200	0.58	89.358258	97.428817	
R20	91.686800	-0.25	91.686775	99.732481	

R33	94.993800	-0.44	94.993756	103.003318
R11	100.016200	0.41	100.016241	108.057814
R34	102.166500	0.17	102.166517	110.185851
R21	103.721500	-0.34	103.721466	111.749555
R35	109.005300	-0.46	109.005254	117.043258
R10	109.357800	-0.47	109.357753	117.359216
R47	112.096500	-0.54	112.096446	120.114487
B7	283.027400	0.34	283.027434	291.032069

* Corectia maxima la viza spre B4

B8				
B4	0.000000	-2.42	399.999758	5.916818
R26	36.970800	0.61	36.970861	42.929999
B5	37.664600	-2.24	37.664376	43.590710
R16	42.108200	-0.08	42.108192	48.019003
R25	46.305600	0.00	46.305600	52.278289
R27	46.614500	-0.65	46.614435	52.547833
R15	47.006100	0.44	47.006144	52.934349
R37	50.704300	1.04	50.704404	56.625471
R17	51.121400	1.05	51.121505	57.037585
R28	51.964600	-0.50	51.964550	57.883482
R24	53.469200	0.14	53.469214	59.429719
R14	56.830000	0.82	56.830082	62.767841
R29	57.666000	-1.15	57.665885	63.566429
R38	59.951700	1.24	59.951824	65.876447
R18	60.700600	-0.67	60.700533	66.598019
R23	62.020200	0.27	62.020227	67.989907
R30	63.809500	-0.43	63.809457	69.710712
R39	65.022400	1.08	65.022508	70.946457
R13	66.774800	0.30	66.774830	72.762799
B7	318.251300	1.15	318.251415	324.109096

* Corectia maxima la viza spre B4

B7				
B4	0.000000	4.87	0.000487	25.519285
B5	35.589200	0.03	35.589203	61.109778
R26	43.765900	0.89	43.765989	69.303948
R27	44.613800	-1.07	44.613693	70.139883
R16	45.032500	-0.13	45.032487	70.545744
R37	46.759200	-1.28	46.759072	72.275437
R15	47.014300	0.84	47.014384	72.523452
R28	49.467000	-1.18	49.466882	74.975705
R25	52.190700	-0.00	52.190700	77.726711
R17	53.014500	-0.95	53.014405	78.516547
R29	54.327600	1.37	54.327737	79.823488
R38	54.790100	-1.57	54.789943	80.308177
R24	57.940600	0.79	57.940679	83.469878
R39	58.949300	-1.76	58.949124	84.467213
R40	63.050500	-0.31	63.050469	88.570616
R31	64.255100	-0.50	64.255050	89.756133
R23	64.327800	-1.45	64.327655	89.853477
B6N	65.519800	-0.08	65.519792	91.032069
R41	66.354600	-0.61	66.354539	91.870446

R42	69.045700	0.58	69.045758	94.563417
R32	69.203900	0.62	69.203962	94.711273
R43	71.759500	0.15	71.759515	97.280766
R22	72.285600	-0.50	72.285550	97.809185
R44	74.844900	0.41	74.844941	100.363322
R45	78.864600	0.62	78.864662	104.385856
R47	87.303200	0.63	87.303263	112.824931
R48	92.948400	-0.26	92.948374	118.468291
B8	98.623600	-0.15	98.623585	124.109096

* Corectia maxima la viza spre B4

B4				
B8	8.686500	-1.03	8.686397	205.916818
B6N	10.806700	-0.40	10.806660	208.010025
B7	28.315100	-1.44	28.314956	225.519285
R14	361.566600	-1.13	361.566487	158.736056
R13	365.092000	-0.66	365.091934	162.312420
R12	368.306200	-1.78	368.306022	165.522765
R18	370.411200	1.06	370.411306	167.599510
R11	372.141200	-1.48	372.141052	169.363663
R20	374.516400	0.80	374.516480	171.697308
R21	377.639600	1.31	377.639731	174.861069
R39	351.107000	0.82	351.107082	148.314274
R40	353.783600	0.74	353.783674	150.990614
R41	355.944700	1.55	355.944855	153.147831
R42	357.710000	-1.54	357.709846	154.914959
R43	359.509500	-0.41	359.509459	156.716164
R31	359.826200	0.00	359.826200	157.021628
R44	361.587100	-1.16	361.586984	158.792575
R32	362.722900	0.02	362.722902	159.923873
R45	364.104400	-1.83	364.104217	161.311509
R33	365.655300	1.52	365.655452	162.858098
R34	368.507200	-0.63	368.507137	165.707139
R47	368.726500	0.13	368.726513	165.934070
R35	370.961300	1.80	370.961480	168.158431
R48	371.433300	0.83	371.433383	168.640022
R36	373.667800	-0.00	373.667800	170.870393
R10	375.059500	1.87	375.059687	172.279939
R22	380.976200	1.04	380.976304	178.155821

* Corectia maxima la viza spre R10

B5				
B8	12.455300	1.29	12.455429	243.590710
B6N	20.609500	0.88	20.609588	251.712122
B7	30.008200	-1.14	30.008086	261.109778
R37	327.907500	0.05	327.907505	159.021841
R38	338.631300	0.11	338.631311	169.733338
R39	341.303100	-0.19	341.303081	172.406410
R40	343.719700	-0.30	343.719670	174.820427
R41	345.732600	-0.66	345.732534	176.828247
R42	347.408100	0.68	347.408168	178.507544
R43	349.159000	0.19	349.159019	180.259222
R44	351.230900	0.55	351.230955	182.331246

R48	359.249000	-0.15	359.248985	190.351157
R45	353.562100	0.90	353.562190	184.664242
R30	356.795200	-0.04	356.795196	187.897827
R29	357.176900	-0.12	357.176888	188.297947
R48	359.249000	-0.15	359.248985	190.351157
R33	360.251800	-0.72	360.251728	191.348715
R34	362.044100	0.31	362.044131	193.130640
R35	363.415900	-0.89	363.415811	194.487211
R36	364.844700	-0.00	364.844700	195.932044
R12	369.239800	0.89	369.239889	200.326257
R13	369.792500	0.37	369.792537	200.876704
R11	370.481900	0.76	370.481976	201.601580
R10	371.353200	-0.97	371.353103	202.489324
R14	373.646000	0.64	373.646064	204.680365
R21	378.907900	-0.73	378.907827	210.031757
R20	379.479100	-0.45	379.479055	210.519672
R18	383.103100	-0.79	383.103021	214.219806
R22	388.841000	-0.71	388.840929	219.901222
R17	390.121000	0.27	390.121027	221.266671
R23	391.527100	0.13	391.527113	222.613184

* Corectia maxima la viza spre B8

* Corectia maxima pe directii (4.9 sec) in statia B7

Data raport: 11-AUG-2010, ora 21:33:29

Obiectiv: Comp planim BP Marului Iunie 2010

Folder: C:\Program APORT\Calculare Aport\BP Marului Iunie 2010

COMPENSARE ETAPA IN PLAN

Etapa: Iunie_2010

Compensare planimetrie de sprijin

Retea libera

Prelucrare retea de sprijin (treapta 1)

PUNCTE ÎN REȚEA

Nr. crt	Denumire punct	X [m]	Y [m]	Tip
1	B4	785.3940	318.1750	NOU
2	B5	670.0890	527.7320	NOU
3	B6N	428.7540	273.0610	NOU
4	B7	412.7630	160.2600	NOU
5	B8	365.3680	279.2040	NOU

MASURATORI INCLUSE ÎN COMPENSARE

DIRECTII MASURATE

Toleranta = 100 sec

Statia: B6N [1]

B4	B5	B7		
0.000000	43.698200	283.027400		

Statia: B8 [1]

B4	B5	B7		
0.000000	37.664600	318.251300		

Statia: B7 [1]

B4	B5	B6N	B8		
0.000000	35.589200	65.519800	98.623600		

Statia: B4 [1]						
B8	B6N	B7				
8.686500	10.806700	28.315100				
Statia: B5 [1]						
B8	B6N	B7				
12.455300	20.609500	30.008200				
NUMAR DE MASURATORI / PUNCT						
6/B4	6/B5	6/B6N	8/B7	6/B8		
REZUMAT CONDITII DE PRELUCRARE						
Masuratori:						
Statii directii orizontale: 5						
Directii orizontale: 16						
Distante: 0						
Necunoscute:						
dx, dy: 10						
dw: 5						
dm: 0						
Retea libera; defect: 4						
REZULTATE COMPENSARE						
Ab.standard medie (precizie retea): 2.30 mm.						
INVENTAR DE COORDONATE						
Punct	Coordonate provizorii	Cor. [mm]	Coordonate compensate	Ab.st. [mm]		
Axe el. [mm] Or.el. [grd]						
B4	785.3940	-5.90	785.3881	3.24	3.31	12.64
	318.1750	3.41	318.1784	0.83	0.53	
B5	670.0890	8.20	670.0972	2.35	3.36	51.37
	527.7320	-0.01	527.7320	2.45	0.53	
B6N	428.7540	-4.01	428.7500	0.44	1.20	96.49
	273.0610	-0.04	273.0610	1.20	0.43	
B7	412.7630	3.25	412.7663	0.53	0.84	130.64
	160.2600	0.42	160.2604	0.77	0.40	
B8	365.3680	-1.54	365.3665	0.46	1.00	120.77
	279.2040	-3.77	279.2002	0.96	0.35	

MASURATORI COMPENSATE						
Directii orizontale						
Statie	Punct vizat	Directie masurata	Cor. [sec.]	Directie compensata		
Orientare						
	B6N					
B4	0.000000	-1.73	399.999827	8.010337		
B5	43.698200	1.05	43.698305	51.712152		
B7	283.027400	0.68	283.027468	291.032507		
* Corectia maxima la viza spre B4						
	B8					
B4	0.000000	-0.30	399.999970	5.889729		
B5	37.664600	-1.31	37.664469	43.556414		
B7	318.251300	1.61	318.251461	324.138086		

* Corectia maxima la viza spre B7			
B7			
B4	0.000000	2.16	0.000216 25.518221
B5	35.589200	0.01	35.589201 61.109454
B6N	65.519800	-0.41	65.519759 91.032507
B8	98.623600	-1.76	98.623424 124.138086
* Corectia maxima la viza spre B4			
B4			
B8	8.686500	1.11	8.686611 205.889729
B6N	10.806700	0.96	10.806796 208.010337
B7	28.315100	-2.07	28.314893 225.518221
* Corectia maxima la viza spre B7			
B5			
B8	12.455300	0.56	12.455356 243.556414
B6N	20.609500	0.20	20.609520 251.712152
B7	30.008200	-0.76	30.008124 261.109454
* Corectia maxima la viza spre B7			
* Corectia maxima pe directii (2.2 sec) in statia B7			

PRELUCRAREA ȘI COMPENSAREA REȚELEI DE NIVELMENT BARAJUL POIANA MĂRULUI

Data raport: 13-AUG-2010, ora 15:41:23
 Obiectiv: bpm NIV IUN 2010
 Folder: C:\Program APORT\Calculare Aport\2010\BPMaru\BPM_niv_4
 COMPENSARE ETAPA NIVELMENT
 Etapa: IUN_2010
 Compensare nivelment în bloc
 Rețea constransa

Prelucrare rețea completa							
Nr. crt	Denumire punct	H [m]	Tip	Nr. crt	Denumire punct	H [m]	Tip
1	RN545S	539.1974	FIX	2	RN22	545.7570	NOU
3	RN23	545.5310	NOU	4	RN24	545.4890	NOU
5	RN25	545.6560	NOU	6	RN26	545.7970	NOU
7	FH1	545.8150	NOU	8	FH3	546.7980	NOU
9	RN565D	565.9916	FIX	10	RN16	565.1620	NOU
11	RN17	565.2430	NOU	12	RN18	565.0240	NOU
13	RN19	565.2550	NOU	14	RN20	565.1280	NOU
15	RN21	565.5320	NOU	16	RN585S	590.8540	FIX
17	RN10	585.8720	NOU	18	RN11	585.4550	NOU
19	RN12	585.4700	NOU	20	RN13	585.4390	NOU
21	RN14	585.6090	NOU	22	RN15	585.8000	NOU
23	FH11	587.6698	NOU	24	FH2	586.6440	NOU
25	RN36	605.8790	NOU	26	RN35	605.1640	NOU
27	RN34	604.9140	NOU	28	RN33	604.8970	NOU
29	RN32	604.9880	NOU	30	RN31	604.7460	NOU
31	RN30	604.8000	NOU	32	RN29	604.9720	NOU
33	RN28	604.9230	NOU	34	RN27	605.2390	NOU
35	RN605D	607.4345	FIX	36	FH12	605.2730	NOU

37	FH13	605.4460 NOU	38	RNC1	628.0936 FIX
39	RN37	625.2544 NOU	40	RN38	625.7091 NOU
41	RN39	625.9887 NOU	42	RN40	625.9085 NOU
43	RN41	625.9790 NOU	44	RN42	626.0185 NOU
45	RN43	625.9806 NOU	46	RN44	625.7906 NOU
47	RN45	625.6638 NOU	48	RN46	625.4502 NOU
49	RN47	625.2717 NOU	50	RN48	625.1751 NOU
51	RN1	626.2920 NOU	52	RN2	625.9720 NOU
53	RN3	625.8550 NOU	54	RN4	625.9880 NOU

DIFERENȚE DE NIVEL MĂSURATE

De la	La	Val.mas.	De la	La	Val.mas.
RN4	RNC1	2.1041	RN3	RN4	0.1335
RN2	RN3	-0.1186	RN1	RN2	-0.3234
RNC1	RN1	-1.7956	RN605D	RN48	17.7350
RN37	RN605D	-17.7500	RN38	RN37	-0.3992
RN39	RN38	-0.2734	RN40	RN39	0.0891
RN41	RN40	-0.0786	RN42	RN41	-0.0142
RN43	RN42	0.0373	RN44	RN43	0.1877
RN45	RN44	0.1132	RN46	RN45	0.1681
RN47	RN46	0.1324	RN48	RN47	0.0526
FH12	RN605D	2.1570	RN36	FH12	-0.4961
RN35	RN36	0.8758	RN34	RN35	0.3659
RN33	RN34	0.1079	RN32	RN33	-0.0394
RN31	RN32	0.2472	RN30	RN31	-0.0731
RN29	RN30	-0.2585	RN28	RN29	-0.1134
RN27	RN28	-0.5075	FH13	RN27	-0.2206
RN605D	FH13	-2.0456	FH2	RN585S	4.3414
RN15	FH2	0.8689	RN14	RN15	0.7057
RN13	RN14	0.3448	RN12	RN13	-0.1042
RN11	RN12	-0.2513	RN10	RN11	-0.7717
FH11	RN10	-2.0032	RN585S	FH11	-3.1304
RN545S	FH3	7.5785	FH1	RN545S	-6.5450
RN22	FH1	0.0745	RN23	RN22	0.2911
RN24	RN23	-0.0292	RN25	RN24	-0.1396
RN26	RN25	-0.2202	FH3	RN26	-1.0102
RN565D	RN16	-0.8720	RN16	RN565D	0.8728
RN16	RN17	-0.1088	RN17	RN16	0.1089
RN17	RN18	-0.3475	RN18	RN17	0.3477
RN18	RN19	0.2179	RN19	RN18	-0.2180
RN19	RN20	-0.0301	RN20	RN19	0.0303
RN20	RN21	0.6289	RN21	RN20	-0.6288
RN20	RN21	0.6289	RN21	RN20	-0.6288

NUMAR DE MASURATORI / PUNCT

2/RN545S	2/RN22	2/RN23	2/RN24	2/RN25
2/RN26	2/FH1	2/FH3	2/RN565D	4/RN16
4/RN17	4/RN18	4/RN19	4/RN20	2/RN21
2/RN585S	2/RN10	2/RN11	2/RN12	2/RN13
2/RN14	2/RN15	2/FH11	2/FH2	2/RN36
2/RN35	2/RN34	2/RN33	2/RN32	2/RN31
2/RN30	2/RN29	2/RN28	2/RN27	4/RN605D
2/FH12	2/FH13	2/RNC1	2/RN37	2/RN38
2/RN39	2/RN40	2/RN41	2/RN42	2/RN43
2/RN44	2/RN45	2/RN46	2/RN47	2/RN48
2/RN1	2/RN2	2/RN3	2/RN4	

REZUMAT CONDITII DE PRELUCRARE

Masuratori:

Diferențe de nivel: 60

Necunoscute:

dh: 49

Rețea constransa

REZULTATE COMPENSARE

Ab.standard medie (precizie rețea): 0.25 mm

INVENTAR DE COTE

Nr. crt	Denumire punct	Tip	H prov [m]	Cor. [mm]	H comp [m]	Ab.st. [mm]
1	RN545S	FIX			539.1974	
2	RN22	NOU	545.7570	-89.10	545.6679	0.20
3	RN23	NOU	545.5310	-154.19	545.3768	0.21
4	RN24	NOU	545.4890	-83.03	545.4060	0.22
5	RN25	NOU	545.6560	-110.46	545.5455	0.23
6	RN26	NOU	545.7970	-31.30	545.7657	0.24
7	FH1	NOU	545.8150	-72.60	545.7424	0.18
8	FH3	NOU	546.7980	-22.08	546.7759	0.24
9	RN565D	FIX			565.9916	
10	RN16	NOU	565.1620	-43.14	565.1189	0.11
11	RN17	NOU	565.2430	-232.99	565.0100	0.13
12	RN18	NOU	565.0240	-361.59	564.6624	0.15
13	RN19	NOU	565.2550	-374.65	564.8804	0.17
14	RN20	NOU	565.1280	-277.85	564.8501	0.19
15	RN21	NOU	565.5320	-53.00	565.4790	0.21
16	RN585S	FIX			590.8540	
17	RN10	NOU	585.8720	-151.65	585.7203	0.18
18	RN11	NOU	585.4550	-506.36	584.9486	0.20
19	RN12	NOU	585.4700	-772.64	584.6974	0.21
20	RN13	NOU	585.4390	-845.85	584.5932	0.22
21	RN14	NOU	585.6090	-671.08	584.9379	0.23
22	RN15	NOU	585.8000	-156.36	585.6436	0.24
23	FH11	NOU	587.6698	53.76	587.7236	0.15
24	FH2	NOU	586.6440	-131.42	586.5126	0.24
25	RN36	NOU	605.8790	-105.69	605.7733	0.27
26	RN35	NOU	605.1640	-266.53	604.8975	0.27
27	RN34	NOU	604.9140	-382.40	604.5316	0.26
28	RN33	NOU	604.8970	-473.31	604.4237	0.26
29	RN32	NOU	604.9880	-524.99	604.4630	0.25
30	RN31	NOU	604.7460	-530.17	604.2158	0.24
31	RN30	NOU	604.8000	-511.07	604.2889	0.22
32	RN29	NOU	604.9720	-424.58	604.5474	0.20
33	RN28	NOU	604.9230	-262.22	604.6608	0.18
34	RN27	NOU	605.2390	-70.70	605.1683	0.15
35	RN605D	FIX			607.4345	
36	FH12	NOU	605.2730	4.18	605.2772	0.27
37	FH13	NOU	605.4460	-57.09	605.3889	0.11
38	RNC1	FIX			628.0936	
39	RN37	NOU	625.2544	-69.89	625.1845	0.32
40	RN38	NOU	625.7091	-125.42	625.5837	0.33
41	RN39	NOU	625.9887	-131.58	625.8571	0.34
42	RN40	NOU	625.9085	-140.45	625.7680	0.34
43	RN41	NOU	625.9790	-132.32	625.8467	0.35
44	RN42	NOU	626.0185	-157.67	625.8608	0.36
45	RN43	NOU	625.9806	-157.11	625.8235	0.36
46	RN44	NOU	625.7906	-154.83	625.6358	0.36

47	RN45	NOU	625.6638	-141.19		625.5226	0.37
48	RN46	NOU	625.4502	-95.73		625.3545	0.37
49	RN47	NOU	625.2717	-49.62		625.2221	0.37
50	RN48	NOU	625.1751	-5.58		625.1695	0.37
51	RN1	NOU	626.2920	5.96		626.2980	0.11
52	RN2	NOU	625.9720	2.60		625.9746	0.17
53	RN3	NOU	625.8550	0.99		625.8560	0.21
54	RN4	NOU	625.9880	1.48		625.9895	0.21

MASURATORI

DE	LA	LA	Dif.niv. măsurată	Cor. [mm]	Dif.niv. compensată
	RN4	RNC1	2.1041	-0.00	2.1041
	RN3	RN4	0.1335	-0.00	0.1335
	RN2	RN3	-0.1186	-0.00	-0.1186
	RN1	RN2	-0.3234	-0.00	-0.3234
	RNC1	RN1	-1.7956	-0.00	-1.7956
	RN605D	RN48	17.7350	0.02	17.7350
	RN37	RN605D	-17.7500	0.01	-17.7500
	RN38	RN37	-0.3992	0.00	-0.3992
	RN39	RN38	-0.2734	0.00	-0.2734
	RN40	RN39	0.0891	0.00	0.0891
	RN41	RN40	-0.0786	0.00	-0.0786
	RN42	RN41	-0.0142	0.00	-0.0141
	RN43	RN42	0.0373	0.00	0.0373
	RN44	RN43	0.1877	0.00	0.1877
	RN45	RN44	0.1132	0.00	0.1132
	RN46	RN45	0.1681	0.00	0.1681
	RN47	RN46	0.1324	0.00	0.1324
	RN48	RN47	0.0526	0.00	0.0526
	FH12	RN605D	2.1570	0.32	2.1573
	RN36	FH12	-0.4961	0.03	-0.4961
	RN35	RN36	0.8758	0.03	0.8758
	RN34	RN35	0.3659	0.03	0.3659
	RN33	RN34	0.1079	0.03	0.1079
	RN32	RN33	-0.0394	0.03	-0.0393
	RN31	RN32	0.2472	0.03	0.2472
	RN30	RN31	-0.0731	0.03	-0.0731
	RN29	RN30	-0.2585	0.03	-0.2585
	RN28	RN29	-0.1134	0.03	-0.1134
	RN27	RN28	-0.5075	0.03	-0.5075
	FH13	RN27	-0.2206	0.03	-0.2206
	RN605D	FH13	-2.0456	0.03	-2.0456
	FH2	RN585S	4.3414	-0.00	4.3414
	RN15	FH2	0.8689	-0.00	0.8689
	RN14	RN15	0.7057	-0.00	0.7057
	RN13	RN14	0.3448	-0.00	0.3448
	RN12	RN13	-0.1042	-0.00	-0.1042
	RN11	RN12	-0.2513	-0.00	-0.2513
	RN10	RN11	-0.7717	-0.00	-0.7717
	FH11	RN10	-2.0032	-0.00	-2.0032
	RN585S	FH11	-3.1304	-0.00	-3.1304
	RN545S	FH3	7.5785	0.00	7.5785
	FH1	RN545S	-6.5450	0.00	-6.5450
	RN22	FH1	0.0745	0.00	0.0745
	RN23	RN22	0.2911	0.00	0.2911
	RN24	RN23	-0.0292	0.00	-0.0292
	RN25	RN24	-0.1396	0.00	-0.1396

RN26	RN25		-0.2202		0.00		-0.2202
FH3	RN26		-1.0102		0.00		-1.0102
RN565D	RN16		-0.8720		-0.74		-0.8727
RN16	RN565D		0.8728		-0.08		0.8727
RN16	RN17		-0.1088		-0.06		-0.1089
RN17	RN16		0.1089		-0.06		0.1089
RN17	RN18		-0.3475		-0.10		-0.3476
RN18	RN17		0.3477		-0.10		0.3476
RN18	RN19		0.2179		0.07		0.2179
RN19	RN18		-0.2180		0.07		-0.2179
RN19	RN20		-0.0301		-0.08		-0.0302
RN20	RN19		0.0303		-0.08		0.0302
RN20	RN21		0.6289		-0.03		0.6289
RN21	RN20		-0.6288		-0.03		-0.6288

PRELUCRAREA ȘI COMPENSAREA REȚELEI DE NIVELMENT DEPOZITUL DE ZGURĂ ȘI CENUȘĂ

ANEXA 9						
Level Summary						
NIV_UTVIN						
VERIFICARE REPERI						
Project name:			NIV_UTVIN			
Date created:			05/04/2009 08:51:25			
Application software:			LEICA Geo Office 4.0			
LINE00001 DUS						
Line length:			577.29671 m			
Method:			BF			
Start point id:			RF.1			
Number of stations:			10			
Date/time:			04/29/2009 09:01:50			
Number of observations:			20			
Processing Parameters						
Adjustment method:			by distance			
Processed with Staff Corrections:			No			
Height difference:			-0.12106 m			
Tolerance		Permitted [m]	Actual [m]	Accepted		
Misclosure		0.00580	-0.00106			
Height error per station		0.00050	-0.00011			
Distance balance		10.00000	-0.04353			
Points						
Point Id	Epoch	Height [m]	Corr [m]	Delta Hgt. [m]	Point Class	Sd. Hgt. [m]

RF.1	04/29/2009 09:01:50	83.92200	-	-	Control	-
RF.2	04/29/2009 10:02:23	83.82683	0.00011	-0.09517	Measured	0.00005
1	04/29/2009 09:06:06	84.03748	0.00024	0.21065	Measured	0.00014
2	04/29/2009 09:08:15	84.24047	0.00035	0.20299	Measured	0.00018
3	04/29/2009 09:10:37	84.29690	0.00046	0.05643	Measured	0.00028
4	04/29/2009 09:12:27	83.86414	0.00057	-0.43276	Measured	0.00015
5	04/29/2009 09:14:20	83.81892	0.00068	-0.04521	Measured	0.00022
6	04/29/2009 09:16:28	84.23215	0.00080	0.41322	Measured	0.00008
7	04/29/2009 09:18:27	84.48504	0.00091	0.25289	Measured	0.00020
8	04/29/2009 09:20:21	84.44209	0.00101	-0.04295	Measured	0.00019
RF.3	04/29/2009 09:23:29	83.80200	-	-0.64009	Control	-

ANEXA 9**Level Summary****NIV_UTVIN****VERIFICARE REPERI**

Project name:	NIV_UTVIN
Date created:	05/04/2009 08:51:25
Application software:	LEICA Geo Office 4.0

LINE00002 INTORS

Line length:	576.47367 m
Method:	BF
Start point id:	RF.3 L.3
Number of stations:	10
Date/time:	04/29/2009 09:27:40
Number of observations:	20

Processing Parameters

Adjustment method:	by distance
Processed with Staff Corrections:	No
Height difference:	0.12081 m

Tolerance	Permitted [m]	Actual [m]	Accepted
Misclosure	0.00580	0.00081	
Height error per station	0.00050	0.00008	

Distance balance	10.00000	-0.40474	
------------------	----------	----------	--

Points

Point Id	Epoch	Height [m]	Corr [m]	Delta Hgt. [m]	Point Class	Sd. Hgt. [m]
RF.3 L.3	04/29/2009 09:27:40	83.80200	-	-	Control	-
9	04/29/2009 09:28:02	84.44223	-0.00004	0.64023	Measured	0.00006
10	04/29/2009 09:29:57	84.58879	-0.00013	0.14656	Measured	0.00022
11	04/29/2009 09:32:29	84.08447	-0.00021	- 0.50432	Measured	0.00021
12	04/29/2009 09:35:17	83.86461	-0.00030	- 0.21987	Measured	0.00024
13	04/29/2009 09:37:23	83.88066	-0.00039	0.01606	Measured	0.00011
14	04/29/2009 09:40:57	84.19633	-0.00048	0.31567	Measured	0.00020
15	04/29/2009 09:43:33	84.33786	-0.00056	0.14153	Measured	0.00027
16	04/29/2009 09:46:34	83.84428	-0.00065	- 0.49358	Measured	0.00018
RF.2 L3	04/29/2009 09:51:40	83.82667	-0.00073	- 0.01761	Measured	0.00012
RF.1 L3	04/29/2009 09:56:22	83.92200	-	0.09533	Control	-

ANEXA 10**Level Summary****NIV_UTVIN****VERIFICARE MARCI**

Project name:	NIV_UTVIN
Date created:	05/04/2009 08:51:25
Application software:	LEICA Geo Office 4.0

LINE0000 3

Line length:	3040.70756 m
Method:	BF
Start point id:	RF.1 L4
Number of stations:	64
Date/time:	04/29/2009 11:06:26
Number of observations:	128

Processing Parameters

Adjustment method:	by distance		
Processed with Staff Corrections:	No		
Height difference:	3.96079 m		
Tolerance	Permitted [m]	Actual [m]	Accepted
Misclosure	0.01072	0.00353	

Height error per station	0.00050	0.00006	
Distance balance	10.00000	-0.83074	

Points

Point Id	Epoch	Height [m]	Corr [m]	Delta Hgt. [m]	Point Class	Sd. Hgt. [m]
RF.1 L4	04/29/2009 10:06:26	83.92200	-	-	Control	-
17	04/29/2009 10:08:02	84.51380	-0.00003	0.59180	Measured	0.00008
18	04/29/2009 10:15:20	85.59077	-0.00005	1.07696	Measured	0.00003
19	04/29/2009 10:18:58	86.63568	-0.00006	1.04492	Measured	0.00001
20	04/29/2009 10:30:18	87.28535	-0.00007	0.64967	Measured	0.00002
M6	04/29/2009 10:33:03	87.87918	-0.00009	0.59383	Measured	0.00001
M6 J	04/29/2009 10:36:26	87.75510	-	-0.12408	Measured	0.00024
21	04/29/2009 10:37:47	87.31909	-0.00016	-0.43601	Measured	0.00016
PS 3	04/29/2009 10:40:13	87.75892	-	0.43983	Measured	0.00021
22	04/29/2009 10:41:36	87.33935	-0.00022	-0.41957	Measured	0.00039
PS 3 BUN	04/29/2009 10:44:54	87.75218	-	0.41283	Measured	0.00008
M5	04/29/2009 10:45:48	87.53868	-0.00025	-0.21349	Measured	0.00008
M5 J	04/29/2009 10:48:42	87.41056	-	-0.12812	Measured	0.00003
23	04/29/2009 10:51:00	88.32740	-0.00028	0.91684	Measured	0.00009
24	04/29/2009 10:56:59	87.29723	-0.00031	-1.03017	Measured	0.00035
25	04/29/2009 10:59:19	87.22444	-0.00037	-0.07279	Measured	0.00042
PS 4	04/29/2009 11:01:49	87.62135	-	0.39691	Measured	0.00006
26	04/29/2009 11:04:19	87.20224	-0.00043	-0.41911	Measured	0.00013
27	04/29/2009 11:07:57	88.27451	-0.00046	1.07226	Measured	0.00006
M4	04/29/2009 11:10:35	88.20138	-0.00051	-0.07313	Measured	0.00016
M5 J	04/29/2009 11:13:14	88.07358	-	-0.12781	Measured	0.00013
M4 J1	04/29/2009 11:14:52	88.07310	-	-0.00047	Measured	0.00027
28	04/29/2009 11:16:31	87.41049	-0.00057	-0.66261	Measured	0.00015

PS 5	04/29/2009 12:22:00	87.79096	-	0.38047	Measured	0.00016
M3	04/29/2009 11:22:50	87.03289	-0.00064	-0.75807	Measured	0.00019
M3 J	04/29/2009 11:25:10	86.89903	-	-0.13386	Measured	0.00020
29	04/29/2009 11:26:38	86.87579	-0.00071	-0.02324	Measured	0.00020
M2	04/29/2009 11:29:34	87.48711	-0.00079	0.61133	Measured	0.00028
M2 J	04/29/2009 11:32:37	87.35526	-	-0.13186	Measured	0.00010
PS 20	04/29/2009 11:34:10	87.78561	-	0.43035	Measured	0.00010
30	04/29/2009 11:38:44	88.15878	-0.00082	0.37318	Measured	0.00011
PUT	04/29/2009 11:41:27	87.99924	-	-0.15955	Measured	0.00017
31	04/29/2009 11:42:54	87.20594	-0.00087	-0.79330	Measured	0.00040
M1	04/29/2009 11:45:56	87.41520	-0.00091	0.20926	Measured	0.00008
M1 J	04/29/2009 11:48:09	87.29457	-	-0.12063	Measured	0.00025
PS 19	04/29/2009 11:48:59	87.38621	-	0.09165	Measured	0.00016
32	04/29/2009 11:50:30	87.31910	-0.00098	-0.06711	Measured	0.00021
33	04/29/2009 11:53:08	87.33114	-0.00106	0.01204	Measured	0.00040
PS 18	04/29/2009 11:55:48	87.54215	-	0.21102	Measured	0.00007
34	04/29/2009 11:56:38	87.32265	-0.00113	-0.21951	Measured	0.00011
M20	04/29/2009 11:58:51	87.54323	-0.00117	0.22058	Measured	0.00004
M20 J	04/29/2009 12:00:59	87.40643	-	-0.13679	Measured	0.00030
35	04/29/2009 12:02:33	87.23950	-0.00123	-0.16693	Measured	0.00021
PS 17	04/29/2009 12:04:45	87.42827	-	0.18877	Measured	0.00014
36	04/29/2009 12:06:54	87.18552	-0.00130	-0.24274	Measured	0.00013
M19	04/29/2009 12:13:52	88.47992	-0.00134	1.29440	Measured	0.00010
M19 J	04/29/2009 13:16:57	88.35047	-	-0.12945	Measured	0.00011
37	04/29/2009 12:19:00	87.77906	-0.00139	-0.57141	Measured	0.00020
PS 16	04/29/2009	87.78472	-	0.00566	Measured	0.00020

	12:21:20					
38	04/29/2009 12:23:24	87.45801	-0.00146	-0.32671	Measured	0.00022
M18	04/29/2009 12:27:09	87.68673	-0.00150	0.22872	Measured	0.00028
M18 J	04/29/2009 12:30:43	87.56279	-	-0.12394	Measured	0.00015
39	04/29/2009 12:33:30	87.17321	-0.00154	-0.38958	Measured	0.00015
PS 15	04/29/2009 12:35:58	87.14450	-	-0.02871	Measured	0.00026
40	04/29/2009 12:38:13	87.06548	-0.00162	-0.07902	Measured	0.00026
M17	04/29/2009 12:42:56	87.50918	-0.00166	0.44370	Measured	0.00052
M17 J	04/29/2009 12:46:08	87.39977	-	-0.10941	Measured	0.00045
41	04/29/2009 12:48:05	86.82858	-0.00175	-0.57119	Measured	0.00044
PS 14	04/29/2009 12:50:33	87.11336	-	0.28478	Measured	0.00012
42	04/29/2009 12:52:48	86.87469	-0.00182	-0.23867	Measured	0.00010
M16	04/29/2009 12:56:14	87.06920	-0.00184	0.19451	Measured	0.00008
M16 J	04/29/2009 12:59:02	86.94901	-	-0.12019	Measured	0.00029
43	04/29/2009 13:00:01	87.06095	-0.00192	0.11194	Measured	0.00033
PS 13	04/29/2009 13:02:31	87.44147	-	0.38053	Measured	0.00025
44	04/29/2009 13:04:34	87.41751	-0.00198	-0.02397	Measured	0.00035
M15	04/29/2009 13:08:18	87.63102	-0.00203	0.21351	Measured	0.00013
M15 J	04/29/2009 13:10:51	87.49378	-	-0.13723	Measured	0.00019
45	04/29/2009 13:12:13	87.29961	-0.00210	-0.19417	Measured	0.00011
M14	04/29/2009 13:16:35	87.56194	-0.00218	0.26233	Measured	0.00038
M14 J	04/29/2009 13:20:40	87.43554	-	-0.12640	Measured	0.00048
PS 12	04/29/2009 13:21:32	87.47709	-	0.04154	Measured	0.00043
46	04/29/2009 13:23:56	87.34250	-0.00225	-0.13458	Measured	0.00053
M13	04/29/2009 13:27:26	87.99848	-0.00230	0.65597	Measured	0.00042
M13 J	04/29/2009 13:30:26	87.87037	-	-0.12811	Measured	0.00034

47	04/29/2009 13:37:55	87.50041	-0.00236	-0.36996	Measured	0.00036
48	04/29/2009 13:41:06	87.37695	-0.00243	-0.12345	Measured	0.00027
49	04/29/2009 13:44:11	87.47633	-0.00247	0.09938	Measured	0.00018
M12	04/29/2009 13:47:21	87.82041	-0.00251	0.34408	Measured	0.00021
M12 J	04/29/2009 13:50:37	87.69359	-	-0.12682	Measured	0.00013
PS 11	04/29/2009 13:51:33	87.75261	-	0.05901	Measured	0.00047
50	04/29/2009 13:52:56	87.48491	-0.00258	-0.26770	Measured	0.00109
M11	04/29/2009 13:56:19	87.57201	-0.00264	0.08710	Measured	0.00008
M11 J	04/29/2009 13:59:12	87.44009	-	-0.13192	Measured	0.00031
51	04/29/2009 14:00:09	87.44356	-0.00271	0.00347	Measured	0.00036
PS 10	04/29/2009 14:02:57	87.76886	-	0.32529	Measured	0.00012
52	04/29/2009 14:05:49	87.49014	-0.00278	-0.27872	Measured	0.00014
M10	04/29/2009 14:11:00	87.84925	-0.00284	0.35910	Measured	0.00022
M10 J	04/29/2009 15:13:56	87.71908	-	-0.13016	Measured	0.00007
PS 9	04/29/2009 14:14:43	87.37486	-	-0.34422	Measured	0.00010
53	04/29/2009 14:15:59	87.08289	-0.00291	-0.29197	Measured	0.00008
M9	04/29/2009 14:19:51	87.92374	-0.00296	0.84085	Measured	0.00009
M9 J	04/29/2009 14:22:24	87.79620	-	-0.12754	Measured	0.00062
54	04/29/2009 14:24:50	87.36270	-0.00303	-0.43350	Measured	0.00060
55	04/29/2009 14:27:44	87.51565	-0.00310	0.15295	Measured	0.00016
M8	04/29/2009 14:31:52	87.86904	-0.00315	0.35339	Measured	0.00009
M8 J	04/29/2009 14:34:41	87.73371	-	-0.13533	Measured	0.00014
56	04/29/2009 14:36:07	87.49422	-0.00322	-0.23949	Measured	0.00046
57	04/29/2009 14:38:56	87.25512	-0.00329	-0.23910	Measured	0.00030
PS 8	04/29/2009 14:41:18	87.93994	-	0.68482	Measured	0.00007

58	04/29/2009 14:43:00	87.97804	-0.00334	0.03810	Measured	0.00012
M7	04/29/2009 14:47:32	88.20722	-0.00338	0.22918	Measured	0.00015
M7 J	04/29/2009 14:50:27	88.08693	-	-0.12029	Measured	0.00009
59	04/29/2009 14:51:22	87.49240	-0.00345	-0.59454	Measured	0.00024
PUT GALBEN	04/29/2009 14:56:18	87.80848	-	0.31608	Measured	0.00025
M6 RETUR	04/29/2009 14:57:34	87.87926	-	0.07078	Control	-

ANEXA 11
Level Summary
NIV_UTVIN

VERIFICARE MARCI

Project name:	NIV_UTVIN
Date created:	05/04/2009 08:51:25
Application software:	LEICA Geo Office 4.0

LINE0000 4

Line length:	2997.77700 m
Method:	BF
Start point id:	M6 L5
Number of stations:	65
Date/time:	04/30/2009 09:09:27
Number of observations:	130

Processing Parameters

Adjustment method:	by distance
Processed with Staff Corrections:	No
Height difference:	2.88205 m

Tolerance	Permitted [m]	Actual [m]	Accepted
Misclosure	0.01066	-0.00358	
Height error per station	0.00050	-0.00006	
Distance balance	10.00000	-0.09446	

Points

Point Id	Epoch	Height [m]	Corr [m]	Delta Hgt. [m]	Point Class	Sd. Hgt. [m]
M6 L5	04/30/2009 08:09:27	87.87926	-	-	Control	-
1	04/30/2009 08:09:53	87.60495	0.00006	-0.27431	Measured	0.00024
2	04/30/2009 08:12:29	87.86199	0.00013	0.25704	Measured	0.00018
M7 L5	04/30/2009 08:15:29	88.20727	0.00016	0.34528	Measured	0.00004
3	04/30/2009	89.10598	0.00019	0.89871	Measured	0.00002

	08:22:06					
4	04/30/2009 08:25:24	89.80832	0.00020	0.70234	Measured	0.00001
BT 7	04/30/2009 08:29:26	90.76620	0.00022	0.95788	Measured	0.00003
BT7	04/30/2009 08:34:09	90.51301	-	-0.25319	Measured	0.00006
5	04/30/2009 08:36:19	89.80833	0.00024	-0.70468	Measured	0.00004
6	04/30/2009 08:39:00	90.29423	0.00029	0.48590	Measured	0.00018
PP 7	04/30/2009 09:41:54	91.27360	-	0.97937	Measured	0.00020
7	04/30/2009 08:43:50	90.41874	0.00036	-0.85485	Measured	0.00029
8	04/30/2009 08:47:19	90.14260	0.00043	-0.27614	Measured	0.00025
BT 8	04/30/2009 08:50:39	90.37541	0.00046	0.23280	Measured	0.00006
BT8 J	04/30/2009 08:53:53	90.24745	-	-0.12795	Measured	0.00015
PP8	04/30/2009 08:54:46	90.98055	-	0.73310	Measured	0.00021
9	04/30/2009 08:56:23	89.80811	0.00053	-1.17245	Measured	0.00016
10	04/30/2009 08:58:34	90.15852	0.00060	0.35042	Measured	0.00030
BT 9	04/30/2009 09:03:26	90.41807	0.00065	0.25954	Measured	0.00014
BT9 J	04/30/2009 09:06:05	90.19361	-	-0.22445	Measured	0.00086
PP 9	04/30/2009 09:07:08	90.96363	-	0.77002	Measured	0.00076
11	04/30/2009 09:08:30	90.32776	0.00072	-0.63587	Measured	0.00077
BT 10	04/30/2009 09:11:48	90.38566	0.00078	0.05790	Measured	0.00018
BT 10 J	04/30/2009 09:14:20	90.14577	-	-0.23990	Measured	0.00014
12	04/30/2009 09:15:45	90.32201	0.00085	0.17624	Measured	0.00011
PP 10	04/30/2009 09:18:20	91.03992	-	0.71791	Measured	0.00032
13	04/30/2009 09:19:48	90.57451	0.00092	-0.46541	Measured	0.00032
BT 11	04/30/2009 10:23:35	90.76391	0.00098	0.18940	Measured	0.00081
BT 11 J	04/30/2009 09:26:53	90.54145	-	-0.22246	Measured	0.00029
PP 11	04/30/2009	91.56798	-	1.02652	Measured	0.00010

	09:27:45					
14	04/30/2009 09:29:13	90.82076	0.00105	-0.74721	Measured	0.00011
BT 12	04/30/2009 09:32:09	90.84768	0.00112	0.02692	Measured	0.00011
BT 12 J	04/30/2009 10:34:50	90.62075	-	-0.22694	Measured	0.00010
15	04/30/2009 09:35:43	90.49250	0.00119	-0.12825	Measured	0.00023
16	04/30/2009 09:40:10	90.67670	0.00126	0.18421	Measured	0.00189
BT 13	04/30/2009 09:43:22	90.95954	0.00130	0.28283	Measured	0.00002
BT 13 J	04/30/2009 09:46:09	90.72834	-	-0.23120	Measured	0.00045
PP 12	04/30/2009 09:47:00	91.29216	-	0.56382	Measured	0.00019
17	04/30/2009 09:49:46	90.72365	0.00137	-0.56851	Measured	0.00086
18	04/30/2009 09:53:42	90.84823	0.00144	0.12458	Measured	0.00033
BT 14	04/30/2009 09:56:14	91.00558	0.00145	0.15736	Measured	0.00002
BT 14 J	04/30/2009 09:58:23	90.77691	-	-0.22867	Measured	0.00001
19	04/30/2009 09:59:09	90.84821	0.00145	0.07130	Measured	0.00001
20	04/30/2009 10:02:35	90.49370	0.00153	-0.35451	Measured	0.00034
BT 15	04/30/2009 10:06:19	90.73540	0.00158	0.24171	Measured	0.00026
BT 15 J	04/30/2009 10:08:59	90.49261	-	-0.24280	Measured	0.00019
21	04/30/2009 10:10:36	90.15081	0.00166	-0.34180	Measured	0.00022
PP 13	04/30/2009 10:14:21	90.72785	-	0.57704	Measured	0.00017
BT 16	04/30/2009 10:15:14	90.85733	0.00172	0.12948	Measured	0.00021
BT 16 J	04/30/2009 11:17:41	90.62689	-	-0.23044	Measured	0.00020
22	04/30/2009 10:19:11	90.48341	0.00179	-0.14348	Measured	0.00019
23	04/30/2009 10:23:39	90.50716	0.00186	0.02375	Measured	0.00021
BT 17	04/30/2009 10:27:40	90.66667	0.00191	0.15951	Measured	0.00028
BT 17 J	04/30/2009 10:30:29	90.43854	-	-0.22813	Measured	0.00016
24	04/30/2009	90.89908	0.00198	0.46054	Measured	0.00022

	10:32:07					
PP 15	04/30/2009 10:36:10	90.97037	-	0.07129	Measured	0.00051
25	04/30/2009 10:38:51	90.50213	0.00205	-0.46824	Measured	0.00052
BT 18	04/30/2009 10:41:34	90.84368	0.00207	0.34155	Measured	0.00001
BT 18 J	04/30/2009 10:44:08	90.62330	-	-0.22039	Measured	0.00007
26	04/30/2009 10:45:04	90.65224	0.00213	0.02894	Measured	0.00015
PP 16	04/30/2009 10:47:56	91.31815	-	0.66592	Measured	0.00008
27	04/30/2009 11:50:08	90.66987	0.00220	-0.64829	Measured	0.00008
BT 19	04/30/2009 10:53:09	90.89857	0.00223	0.22870	Measured	0.00005
BT 19 J	04/30/2009 10:58:19	90.58914	-	-0.30942	Measured	0.00020
28	04/30/2009 10:59:27	90.30840	0.00227	-0.28075	Measured	0.00025
PP 17	04/30/2009 11:01:24	90.88276	-	0.57436	Measured	0.00024
29	04/30/2009 11:03:12	90.22300	0.00234	-0.65976	Measured	0.00024
BT 20	04/30/2009 11:06:50	90.57143	0.00242	0.34843	Measured	0.00029
BT 20 J	04/30/2009 11:09:30	90.35215	-	-0.21927	Measured	0.00007
30	04/30/2009 11:11:19	90.48846	0.00247	0.13631	Measured	0.00021
PP 18	04/30/2009 11:14:55	90.57097	-	0.08250	Measured	0.00026
31	04/30/2009 11:16:17	90.02735	0.00254	-0.54362	Measured	0.00034
32	04/30/2009 11:19:55	90.35692	0.00261	0.32957	Measured	0.00049
BT 1	04/30/2009 11:25:24	90.39226	0.00268	0.03535	Measured	0.00041
PP 1	04/30/2009 12:27:55	90.80970	-	0.41744	Measured	0.00058
BT 1 J	04/30/2009 11:28:46	90.19632	-	-0.61338	Measured	0.00042
33	04/30/2009 11:29:54	90.08516	0.00275	-0.11116	Measured	0.00035
BT 2	04/30/2009 11:33:03	90.35957	0.00281	0.27441	Measured	0.00029
BT 2 J	04/30/2009 11:35:32	90.12725	-	-0.23232	Measured	0.00025
PP 2	04/30/2009	90.83572	-	0.70847	Measured	0.00033

	11:36:27					
34	04/30/2009 11:38:34	90.27984	0.00287	-0.55588	Measured	0.00043
BT 3	04/30/2009 11:45:59	90.38373	0.00293	0.10389	Measured	0.00020
PP 3	04/30/2009 11:48:59	91.17713	-	0.79340	Measured	0.00012
BT 3 J	04/30/2009 11:50:00	90.19671	-	-0.98042	Measured	0.00014
35	04/30/2009 11:51:26	90.14881	0.00300	-0.04790	Measured	0.00019
36	04/30/2009 11:54:16	90.25779	0.00307	0.10898	Measured	0.00014
37	04/30/2009 11:58:04	90.39249	0.00313	0.13470	Measured	0.00021
BT 4	04/30/2009 12:01:14	90.65691	0.00315	0.26442	Measured	0.00004
BT 4 J	04/30/2009 12:03:59	90.44499	-	-0.21192	Measured	0.00042
PP 4	04/30/2009 12:05:00	91.10982	-	0.66482	Measured	0.00042
38	04/30/2009 12:06:36	90.52661	0.00317	-0.58321	Measured	0.00042
39	04/30/2009 12:09:30	90.47497	0.00324	-0.05164	Measured	0.00050
BT 5	04/30/2009 12:17:24	90.75923	0.00330	0.28427	Measured	0.00028
BT 5 J	04/30/2009 12:20:14	90.56864	-	-0.19059	Measured	0.00060
40	04/30/2009 12:21:03	90.63396	0.00337	0.06532	Measured	0.00016
41	04/30/2009 12:23:50	90.32192	0.00343	-0.31204	Measured	0.00018
BT 6	04/30/2009 12:27:32	90.67803	0.00344	0.35611	Measured	0.00004
BT 6 J	04/30/2009 12:29:58	90.46090	-	-0.21714	Measured	0.00066
42	04/30/2009 12:31:41	90.37088	0.00350	-0.09002	Measured	0.00066
PP 6	04/30/2009 12:34:10	90.94800	-	0.57712	Measured	0.00027
43	04/30/2009 12:35:51	90.34289	0.00357	-0.60511	Measured	0.00044
BT 7 RETUR	04/30/2009 12:39:16	90.76489	-	0.42200	Control	-

ANEXA 12						
Level Summary						
NIV_UTVIN						
VERIFICARE MARCI						
Project name:			NIV_UTVIN			
Date created:			05/04/2009 08:51:25			
Application software:			LEICA Geo Office 4.0			
LINE0000 5						
Line length:			576.99314 m			
Method:			BF			
Start point id:			BT 8 L6			
Number of stations:			11			
Date/time:			04/30/2009 12:46:58			
Number of observations:			22			
Processing Parameters						
Adjustment method:			by distance			
Processed with Staff Corrections:			No			
Height difference:			0.19614 m			
Tolerance		Permitted [m]	Actual [m]	Accepted		
Misclosure		0.00580	0.00012			
Height error per station		0.00050	0.00001			
Distance balance		10.00000	-1.27113			
Points						
Point Id	Epoch	Height [m]	Corr [m]	Delta Hgt. [m]	Point Class	Sd. Hgt. [m]
BT 8 L6	04/30/2009 12:46:58	90.37541	-	-	Control	-
44	04/30/2009 12:48:04	90.02805	0.00045	-0.34736	Measured	0.00011
45	04/30/2009 12:50:31	90.37109	0.00044	0.34303	Measured	0.00006
46	04/30/2009 12:52:57	90.36773	0.00042	-0.00335	Measured	0.00016
47	04/30/2009 12:55:14	90.09173	0.00041	-0.27601	Measured	0.00019
48	04/30/2009 12:57:51	90.06500	0.00040	-0.02673	Measured	0.00021
BT 21	04/30/2009 13:02:19	90.34833	0.00039	0.28333	Measured	0.00009
BT 21 J	04/30/2009 13:04:42	90.10867	-	-0.23966	Measured	0.00017
49	04/30/2009 13:05:41	90.01893	0.00038	-0.08974	Measured	0.00017
50	04/30/2009 13:08:48	90.19985	0.00037	0.18092	Measured	0.00021
51	04/30/2009 13:12:54	90.29864	0.00036	0.09879	Measured	0.00022

52	04/30/2009 13:15:41	90.07568	0.00035	-0.22296	Measured	0.00020
BT 20 L6	04/30/2009 13:19:54	90.57143	-	0.49575	Control	-

ANEXA 13
Level Summary
NIV_UTVIN

Project Information	
Project name:	NIV_UTVIN
Date created:	05/04/2009 08:51:25
Application software:	LEICA Geo Office 4.0

LINE0000 6	
Line length:	445.95630 m
Method:	BF
Start point id:	BT 18 L7
Number of stations:	9
Date/time:	04/30/2009 13:29:44
Number of observations:	18

Processing Parameters			
Adjustment method:	by distance		
Processed with Staff Corrections:	No		
Height difference:	-0.08122 m		
Tolerance	Permitted [m]	Actual [m]	Accepted
Misclosure	0.00534	-0.00145	
Height error per station	0.00050	-0.00016	
Distance balance	10.00000	0.97111	

Points						
Point Id	Epoch	Height [m]	Corr [m]	Delta Hgt. [m]	Point Class	Sd. Hgt. [m]
BT 18 L7	04/30/2009 13:29:44	90.84368	-	-	Control	-
53	04/30/2009 13:31:04	90.44590	0.00223	-0.39778	Measured	0.00039
54	04/30/2009 13:36:57	90.58745	0.00244	0.14155	Measured	0.00020
55	04/30/2009 13:42:02	90.73313	0.00256	0.14569	Measured	0.00011
BT 24	04/30/2009 13:45:08	91.00067	0.00269	0.26753	Measured	0.00012
BT 24 J	04/30/2009 13:47:26	90.87544	-	-0.12523	Measured	0.00032
56	04/30/2009 13:48:19	90.91247	0.00287	0.03703	Measured	0.00025
57	04/30/2009 13:51:02	90.88166	0.00302	-0.03081	Measured	0.00024

BT 23	04/30/2009 13:53:49	91.07727	0.00312	0.19561	Measured	0.00015
BT 23 J	04/30/2009 13:57:07	90.86622	-	-0.21105	Measured	0.00079
58	04/30/2009 13:58:13	90.65434	0.00332	-0.21188	Measured	0.00058
BT 11 L7	04/30/2009 14:01:44	90.76391	-	0.10957	Control	-

ANEXA 13
Level Summary
NIV_CET_SUD

VERIFICARE REPERI MOBILI

Project name:	NIV_CET_SUD
Date created:	04/29/2009 13:13:10
Application software:	LEICA Geo Office 4.0

LINE00001

Line length:	394.35160 m
Method:	BF
Start point id:	RN6
Number of stations:	11
Date/time:	05/15/2009 07:34:08
Number of observations:	22

Processing Parameters

Adjustment method:	by distance		
Processed with Staff Corrections:	Yes		
Height difference:	0.00003 m		
Tolerance	Permitted [m]	Actual [m]	Accepted
Misclosure	0.00514	0.00003	
Height error per station	0.00050	0.00000	
Distance balance	10.00000	-0.35454	

Points

Point Id	Epoch	Height [m]	Corr [m]	Delta Hgt. [m]	Point Class	Sd. Hgt. [m]
RN6	05/15/2009 07:34:08	88.35330	-	-	Control	-
1	05/15/2009 07:35:08	88.09553	0.00000	-0.25777	Measured	0.00003
2	05/15/2009 07:38:24	88.03235	-0.00001	-0.06318	Measured	0.00002
3	05/15/2009 07:41:10	88.36085	-0.00001	0.32850	Measured	0.00004
R98	05/15/2009 07:46:50	89.17390	-	0.81305	Measured	0.00001
4	05/15/2009 07:49:05	88.52276	-0.00001	-0.65114	Measured	0.00001

R95	05/15/2009 07:52:02	89.22169	-	0.69893	Measured	0.00002
R96	05/15/2009 07:52:54	89.21210	-	-0.00958	Measured	0.00002
5	05/15/2009 07:54:33	88.09941	-0.00001	-1.11269	Measured	0.00003
R97	05/15/2009 07:59:21	89.20102	-0.00002	1.10161	Measured	0.00002
6	05/15/2009 08:03:02	88.09940	-0.00002	-1.10162	Measured	0.00004
7	05/15/2009 08:05:27	88.13079	-0.00002	0.03138	Measured	0.00003
8	05/15/2009 08:09:03	88.13677	-0.00002	0.00599	Measured	0.00013
9	05/15/2009 08:15:36	88.30066	-0.00003	0.16389	Measured	0.00002
RN6	05/15/2009 08:18:01	88.35330	-	0.05264	Control	-

**PRELUCRAREA ȘI COMPENSAREA REȚELEI DE NIVELMENT
TURNURILE DE RĂCIRE - S.C.COLTERM S.A TIMISOARA/secția
CET SUD**

ANEXA 3			
Level Summary			
NIV_CET SUD			
TURNURI DE RACIRE			
Project name:	NIV_CET SUD		
Date created:	05/14/2009 20:00:58		
Application software:	LEICA Geo Office 4.0		
LINE 5			
Line length:	131.27583 m		
Method:	BF		
Start point id:	RN13		
Number of stations:	6		
Date/time:	04/24/2009 10:12:11		
Number of observations:	12		
Processing Parameters			
Adjustment method:	by distance		
Processed with Staff Corrections:	No		
Height difference:	0.00025 m		
Tolerance	Permitted [m]	Actual [m]	Accepted

Misclosure	0.00381	0.00024	
Height error per station	0.00050	0.00004	
Distance balance	10.00000	-1.12852	

Points

Point Id	Epoch	Height [m]	Corr [m]	Delta Hgt. [m]	Point Class	Sd. Hgt. [m]
RN13	04/24/2009 10:12:11	87.38248	-	-	Control	-
17	04/24/2009 10:13:36	88.15158	-0.00005	0.76910	Measured	0.00003
R12	04/24/2009 10:19:53	88.43278	-	0.28120	Measured	0.00001
R15	04/24/2009 11:21:08	88.41038	-	-0.02240	Measured	0.00001
R6.1	04/24/2009 10:35:09	88.48383	-	0.07346	Measured	0.00001
R9.1	04/24/2009 10:36:59	88.45801	-	-0.02582	Measured	0.00001
18	04/24/2009 10:39:09	88.15485	-0.00007	-0.30316	Measured	0.00001
R6	04/24/2009 10:41:09	88.46043	-	0.30558	Measured	0.00001
R5	04/24/2009 10:41:50	88.45612	-	-0.00432	Measured	0.00000
R13	04/24/2009 10:42:47	88.39174	-	-0.06438	Measured	0.00001
R4	04/24/2009 10:43:20	88.48761	-	0.09587	Measured	0.00000
R4.1	04/24/2009 10:47:57	88.75464	-	0.26703	Measured	0.00000
R14	04/24/2009 10:49:05	88.41272	-0.00011	-0.34192	Measured	0.00002
R4.2	04/24/2009 10:52:36	88.61047	-	0.19776	Measured	0.00001
R17	04/24/2009 11:53:35	88.40509	-	-0.20538	Measured	0.00001
R16	04/24/2009 10:54:50	88.41543	-0.00015	0.01034	Measured	0.00001
R9.2	04/24/2009 10:57:31	88.76150	-	0.34607	Measured	0.00002
R9.3	04/24/2009 10:58:36	88.47720	-	-0.28431	Measured	0.00002
19	04/24/2009 11:00:30	88.15195	-0.00019	-0.32524	Measured	0.00003
R13	04/24/2009 11:02:25	87.38248	-	-0.76947	Control	-

ANEXA 4
Level Summary
NIV_CET SUD

TURNURI DE RACIRE

Project name:	NIV_CET SUD
Date created:	05/14/2009 20:00:58
Application software:	LEICA Geo Office 4.0

LINE 6

Line length:	332.98975 m
Method:	BF
Start point id:	RN13
Number of stations:	9
Date/time:	04/24/2009 11:37:45
Number of observations:	18

Processing Parameters

Adjustment method:	by distance		
Processed with Staff Corrections:	No		
Height difference:	0.44146 m		
Tolerance	Permitted [m]	Actual [m]	Accepted
Misclosure	0.00489	-0.00106	
Height error per station	0.00050	-0.00012	
Distance balance	10.00000	0.55439	

Points

Point Id	Epoch	Height [m]	Corr [m]	Delta Hgt. [m]	Point Class	Sd. Hgt. [m]
RN13	04/24/2009 11:37:45	87.38248	-	-	Control	-
1	04/24/2009 11:39:21	86.99028	0.00016	-0.39219	Measured	0.00017
TR27	04/24/2009 11:41:25	87.99728	-	1.00700	Measured	0.00010
TR26	04/24/2009 11:42:55	87.98704	-	-0.01024	Measured	0.00014
2	04/24/2009 11:43:48	86.85892	0.00027	-1.12812	Measured	0.00022
TR25	04/24/2009 11:46:12	88.08331	-	1.22439	Measured	0.00005
3	04/24/2009 11:48:42	87.48812	0.00037	-0.59519	Measured	0.00009
4	04/24/2009 11:51:51	87.76400	0.00041	0.27588	Measured	0.00002
TR24	04/24/2009 11:54:13	88.08815	-	0.32415	Measured	0.00003
5	04/24/2009 11:56:52	87.56361	0.00046	-0.52454	Measured	0.00002
TR23	04/24/2009 11:59:44	87.97136	-	0.40775	Measured	0.00012

6	04/24/2009 12:01:58	87.35927	0.00065	-0.61209	Measured	0.00013
TR22	04/24/2009 12:04:10	88.04070	-	0.68143	Measured	0.00011
TR21	04/24/2009 12:07:59	87.99666	-	-0.04404	Measured	0.00007
7	04/24/2009 12:09:24	86.85820	0.00075	-1.13846	Measured	0.00010
TR28	04/24/2009 12:11:00	88.08393	-	1.22574	Measured	0.00010
8	04/24/2009 12:13:33	87.78593	0.00090	-0.29801	Measured	0.00019
RN10	04/24/2009 12:20:35	87.82500	-	0.03907	Control	-

ANEXA 7	
Level Summary	
NIV_CET SUD	

VERIFICARE REPERI

Project name:	NIV_CET SUD
Date created:	05/14/2009 20:00:58
Application software:	LEICA Geo Office 4.0

LINE 4

Line length:	619.74998 m
Method:	BF
Start point id:	RN13
Number of stations:	17
Date/time:	04/24/2009 08:31:59
Number of observations:	34

Processing Parameters

Adjustment method:	by distance
Processed with Staff Corrections:	No
Height difference:	-0.00022 m

Tolerance	Permitted [m]	Actual [m]	Accepted
Misclosure	0.00594	-0.00022	
Height error per station	0.00050	-0.00001	
Distance balance	10.00000	0.35544	

Points

Point Id	Epoch	Height [m]	Corr [m]	Delta Hgt. [m]	Point Class	Sd. Hgt. [m]
RN13	04/24/2009 08:31:59	87.38248	-	-	Control	-
TR15	04/24/2009 08:32:42	88.04702	-	0.66455	Measured	0.00003

TR16	04/24/2009 08:34:43	88.02785	-	-0.01917	Measured	0.00004
1	04/24/2009 08:35:35	87.81528	0.00002	-0.21257	Measured	0.00006
AC2	04/24/2009 08:39:28	88.21800	-	0.40272	Measured	0.00005
AC3	04/24/2009 08:40:17	88.27184	-	0.05384	Measured	0.00006
2	04/24/2009 08:41:17	87.89423	0.00004	-0.37761	Measured	0.00005
AC4	04/24/2009 08:43:43	88.32958	-	0.43535	Measured	0.00004
AC5	04/24/2009 08:44:49	88.43560	-	0.10602	Measured	0.00004
3	04/24/2009 08:46:13	88.03709	0.00005	-0.39851	Measured	0.00006
AC1	04/24/2009 08:49:08	88.21957	-	0.18248	Measured	0.00009
4	04/24/2009 08:51:17	88.43823	0.00007	0.21866	Measured	0.00008
CE1	04/24/2009 08:58:11	89.46606	-	1.02784	Measured	0.00001
5	04/24/2009 08:59:48	89.20393	0.00008	-0.26213	Measured	0.00003
CE4	04/24/2009 09:04:00	89.41270	-	0.20877	Measured	0.00003
6	04/24/2009 09:06:28	89.17190	0.00009	-0.24080	Measured	0.00004
7	04/24/2009 09:09:08	89.17803	0.00010	0.00613	Measured	0.00001
CE3	04/24/2009 09:11:47	89.33966	-	0.16163	Measured	0.00002
8	04/24/2009 09:14:59	89.00877	0.00011	-0.33089	Measured	0.00004
CE2	04/24/2009 09:17:20	89.42767	-	0.41890	Measured	0.00004
CE2.1	04/24/2009 09:19:24	89.42761	-	-0.00006	Measured	0.00004
9	04/24/2009 09:20:30	87.90861	0.00012	-1.51900	Measured	0.00008
TR17	04/24/2009 09:28:32	88.00493	-	0.09632	Measured	0.00006
10	04/24/2009 09:32:50	87.52219	0.00014	-0.48274	Measured	0.00010
TR17.1	04/24/2009 09:34:36	88.00509	-	0.48289	Measured	0.00004
TR18	04/24/2009 09:37:19	88.03974	-	0.03465	Measured	0.00004
11	04/24/2009 09:39:09	87.97528	0.00015	-0.06446	Measured	0.00004
12	04/24/2009	87.78743	0.00017	-0.18785	Measured	0.00004

	09:43:22					
TR11	04/24/2009 10:46:05	88.06899	-	0.28156	Measured	0.00006
13	04/24/2009 09:49:11	87.77916	0.00018	-0.28983	Measured	0.00006
TR12	04/24/2009 09:51:51	88.01101	-	0.23185	Measured	0.00006
14	04/24/2009 09:53:08	87.49816	0.00019	-0.51284	Measured	0.00006
TR13	04/24/2009 10:55:11	88.01476	-	0.51660	Measured	0.00004
15	04/24/2009 09:56:55	87.30082	0.00020	-0.71394	Measured	0.00001
16	04/24/2009 10:04:14	87.60691	0.00021	0.30609	Measured	0.00005
TR14	04/24/2009 10:08:32	88.02774	-	0.42083	Measured	0.00005
RN13	04/24/2009 10:09:22	87.38248	-	- 0.64526	Control	-

ANEXA 8
Level Summary
NIV_CET_SUD

VERIFICARE REPERI

Project name:	NIV_CET_SUD
Date created:	04/29/2009 13:13:10
Application software:	LEICA Geo Office 4.0

LINE 3

Line length:	1228.02784 m
Method:	BF
Start point id:	RN14
Number of stations:	20
Date/time:	04/23/2009 13:33:17
Number of observations:	40

Processing Parameters

Adjustment method:	by distance		
Processed with Staff Corrections:	Yes		
Height difference:	0.08351 m		
Tolerance	Permitted [m]	Actual [m]	Accepted
Misclosure	0.00754	-0.00246	
Height error per station	0.00050	-0.00012	
Distance balance	10.00000	-0.88683	

Points

Point Id	Epoch	Height [m]	Corr [m]	Delta Hgt. [m]	Point Class	Sd. Hgt. [m]
RN14	04/23/2009 13:33:17	87.7332	-	-	Control	-

1	04/23/2009 13:34:36	87.66896	0.00011	-0.07007	Measured	0.00013
2	04/23/2009 13:36:46	87.66138	0.00025	-0.00758	Measured	0.00018
3	04/23/2009 13:40:09	87.51127	0.00041	-0.15011	Measured	0.00037
4	04/23/2009 13:44:24	87.60476	0.00055	0.09349	Measured	0.00005
5	04/23/2009 13:47:18	87.74465	0.00069	0.13988	Measured	0.00018
6	04/23/2009 13:50:11	88.07073	0.00083	0.32608	Measured	0.00008
7	04/23/2009 13:52:31	88.25887	0.00099	0.18815	Measured	0.00009
8	04/23/2009 13:55:35	88.38858	0.00116	0.12971	Measured	0.00022
CPT1	04/23/2009 13:58:44	88.17880	-	-0.20978	Measured	0.00026
CPT2	04/23/2009 13:59:17	88.17870	-	-0.00010	Measured	0.00019
9	04/23/2009 13:59:54	88.18739	0.00130	0.00869	Measured	0.00020
CPT3	04/23/2009 14:01:52	88.19321	-	0.00583	Measured	0.00009
10	04/23/2009 14:08:19	88.09177	0.00140	-0.10145	Measured	0.00017
11	04/23/2009 14:13:31	88.71512	0.00149	0.62336	Measured	0.00006
RN6.1	04/23/2009 14:17:17	88.35327	0.00157	-0.36185	Measured	0.00006
12	04/23/2009 14:20:28	88.85448	0.00168	0.50121	Measured	0.00012
13	04/23/2009 14:27:16	88.67401	0.00178	-0.18046	Measured	0.00007
14	04/23/2009 14:29:26	88.02621	0.00190	-0.64780	Measured	0.00016
15	04/23/2009 14:33:26	87.79023	0.00205	-0.23599	Measured	0.00023
AC2	04/23/2009 14:40:32	88.21787	-	0.42764	Measured	0.00005
AC3	04/23/2009 14:41:37	88.27171	-	0.05384	Measured	0.00004
16	04/23/2009 14:43:11	87.82623	0.00214	-0.44548	Measured	0.00007
RN13.1	04/23/2009 14:47:48	87.38226	0.00221	-0.44397	Measured	0.00006
17	04/23/2009 14:50:42	87.85447	0.00234	0.47221	Measured	0.00017
RN10	04/23/2009 14:54:18	87.82500	-	-0.02947	Control	-

BIBLIOGRAFIE

1. Atudorei, M. – *Măsurători geodezice prin unde*, Institutul de Construcții București, 1981
2. Boș, N., Iacobescu, O. – *Topografie modernă*, Editura C.H. Beck, București, 2007
3. Bălă, A. C., GRECEA, C., Brebu, F. M., David, V., Bota, C. I.- *Monitoring Mining Dumps Models to Determinate with Environmental Protection*, BENA Conference, ISBN - 978-606-554-210-5 ISBN - 978-606-554-212-9, Timisoara, 2010
4. Bălă, A. C., Grecea, C., Brebu, F. M., David, V., Bota, C. I. - *Monitoring Mining Dumps Models to Determinate with Environmental Protection*, BENA Conference, ISBN - 978-606-554-210-5 ISBN - 978-606-554-212-9, Timisoara, 2010
5. Brebu, F. M.- *Teoria prelucrării măsurătorilor topogeodezice- Îndrumător de lucrări practice*, Editura Solness, Timișoara, 2009
6. Brebu, F. M., Bota C. I.- *Monitoring of Industrial Buildings in relation with the requirements of urban development*, Analele Universității din Oradea, Fascicula Construcții și Instalații Hidroedilitare Vol.XII-2, ISSN 1454-4067, Oradea, 2010
7. Brebu, F. M., Marin, M., Bălă, A.C.- *Monitoring of the Building Energz in Connection with the Requirements of the Sustainable Urban Development and of the Environmental Protection*, BENA Conference, ISBN - 978-606-554-210-5 ISBN - 978-606-554-212-9, Timisoara, 2010
8. Coșarcă, C. – *Topografie inginerească*, Editura Matrix Rom, București, 2003
9. Coșarcă, C. – *Sisteme de măsurare în industrie*, Editura Conspress, București, 2009
10. Cristescu, N. – *Topografie inginerească*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1978
11. V. Doandș – *Topografie generală și inginerească*, Editura Politehnica, 2000
12. V. Doandș – *Topografie aplicată*, Editura Politehnica, 2005
13. Ghițău, D. – *Prelucrarea măsurătorilor geodezice*, Editura TOPOEXIM, București, 2009
14. Grecea, C., Arcereanu, G. – *Instrumente topografice pentru cadastru*, Universitatea Politehnica din Timișoara, 1995
15. Grecea, C. – *Geodezie*, Editura Mirton, Timișoara, 2005
16. Haida, V., Marin M. – *Geotehnică*, Universitatea Tehnică Timișoara, 1994
17. Haida, V., Marin M., Mirea, M. – *Mecanica pământurilor*, Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 2004
18. Ingensant, M., Kyle, S. – *Modern survey technics*, Leica Heerbrugg, 1994
19. Jackson, P. – *Instruments Wild measures optiques*, Wild Heerbrugg, 1994
20. Moldoveanu, C. – *Geodezie*, Editura Matrix Rom, București, 2002
21. Mușat, C-tin Cosmin, *Teoria prelucrării măsurătorilor topo-geodezice*, Aplicații practice, Editura Politehnica Timișoara, 2006
22. Neamțu, M. – *Complemente de topografie inginerească*, Institutul de Construcții București, 1973
23. Neamțu, M. – *Instrumente topografice și geodezice*, Editura Tehnică București, 1982

24. Neamțu, M., Onose, D., Neuner, J. – *Măsurarea topografică a deplasărilor și deformațiilor construcțiilor*, Institutul de Construcții București, 1988
25. Nistor, Gh. – *Geodezie aplicată la studiul construcțiilor*, Editura Gh. Asachi, Iași, 1993
26. Ortelecan, M., Pop, N. – *Metode topografice de urmărire a construcțiilor și terenurilor*, Editura Academic Prese, Cluj Napoca, 2006
27. Peltzer, H. – *Criteria for the reliability and geodetic networks*, Budapest, 1979
28. Plăcișteanu, I. – *Teoria erorilor de măsurare*, București, 1980
29. Priscu, R.- *Construcții Hidrotehnice, Volumul I-II*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1974
30. Ursea, V. – *Topografie aplicată în construcții*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1974
31. Willian, I. – *Surveying for Construction, 4th edition*, MCGraw-Hill Book Company Europe, England, 1995
32. Wolf, H. – *Geometrie Connections and Re-Orientation of Three – Dimensional Triangulation Nets*, Bulletin Geodesique, 68,1963
33. *** - Normativ I.N.C.E.R.C. – *Normativ pentru determinarea tasărilor construcțiilor civile și industriale prin metode topografice C.61-64*
34. *** - STAS 2745 – 69 – *Urmărirea tasării construcțiilor prin metode topografice*
- 35.*** - *Perfecționarea metodelor de lucru și a tehnologiilor în topografia inginerească*, București, 1979
36. *** *Măsurători terestre – fundamente, volumul I, II, III*, Facultatea de Geodezie București, Editura Matrix Rom, București, 2002
- 37.*** *Manualul inginerului geodez, volumul I, II,III*, Editura Tehnică București, 1974
38. *** www.leica-geosystems.com
39. *** www.trimble-navigation.com
40. S.C. ISPH S.A.