

UTILIZAREA TEHNOLOGIILOR GEODEZICE MODERNE PENTRU MONITORIZAREA, PRELUCRAREA ȘI ANALIZA UNOR ALUNECĂRI DE TEREN ȘI CONSTRUCȚII DIN PĂMÂNT ARMAT

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

Ing. Clara – Beatrice Vîlceanu

Conducător științific:
Referenți științifici:

prof.univ.dr.ing. Marin Marin
prof.univ.dr. Athanasios Styliadis
prof.univ.dr.ing. Dumitru Onose
conf.univ.dr.ing. Carmen Grecea

Ziua susținerii tezei: **24 februarie 2014**

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- | | |
|------------------------|---|
| 1. Automatică | 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații |
| 2. Chimie | 8. Inginerie Industrială |
| 3. Energetică | 9. Inginerie Mecanică |
| 4. Ingineria Chimică | 10. Știința Calculatoarelor |
| 5. Inginerie Civilă | 11. Știința și Ingineria Materialelor |
| 6. Inginerie Electrică | |

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, 2014

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

Teza de doctorat a fost elaborată pe parcursul activității mele în cadrul Departamentului de Căi de Comunicații Terestre, Fundații și Cadastru al Universității „Politehnica” din Timișoara.

Adresez respectuoase mulțumiri conducătorului de doctorat, Prof.dr.ing. Marin Marin pentru îndrumarea sa competentă pe tot parcursul perioadei de pregătire a tezei de doctorat.

Mulțumiri deosebite se cuvin doamnei profesor, Conf.dr.ing. Carmen Grecea pentru amabilitatea de a mă îndruma, observațiile constructive oferite, cât și pentru tot sprijinul oferit în redactarea tezei.

Mulțumesc întregului colectiv de profesori din cadrul Departamentului de Căi de Comunicații Terestre, Fundații și Cadastru pentru sprijinul, sfaturile competente oferite și asigurarea unor materiale utile, care mi-au fost de un real ajutor, facilitând astfel pregătirea mea profesională.

Doresc să exprim mulțumirile mele Domnilor profesori referenți ai tezei de doctorat care au avut răbdarea și amabilitatea de a recenza în profunzime teza și de a recomanda susținerea publică a acesteia.

De asemenea, adresez mulțumirile mele firmei „SC Black Light SRL” pentru susținerea acordată în campaniile de măsurători efectuate și bunăvoința de a-mi pune la dispoziție tehnologia performantă necesară realizării studiilor de caz.

Calde mulțumiri se cuvin prietenilor și colegilor mei care mi-au fost alături cu sfaturi, cuvinte de încurajare și nu numai.

Și nu în ultimul rând, țin să mulțumesc părinților mei, pentru educația primită, pentru încurajările și susținerea permanentă. Deși doar mama se poate bucura de această realizare profesională, am certitudinea că tatăl meu ar fi mândru într-o mai mare măsură.

Timișoara, ianuarie 2014

Clara – Beatrice Vlceanu

VÎLCEANU, CLARA – BEATRICE

Utilizarea tehnologiilor geodezice moderne pentru monitorizarea, prelucrarea și analiza unor alunecări de teren și construcții din pământ armat

Teze de doctorat ale UPT, Seria 5, Nr. 113, Editura Politehnica, 2014, 334 pag., 290 figuri, 24 tabele.

ISSN: 1842-581X

ISBN: 978-606-554-754-4

Cuvinte cheie: hazarduri naturale, alunecări de teren, construcții din pământ armat, modelul 3D, metode geodezice, GPS, scanare. Rezumat,

Administrarea din ce în ce mai responsabilă a teritoriului în scopul asigurării dezvoltării durabile presupune o analiză a riscurilor privind producerea unor accidente naturale, cum ar fi alunecările de teren, cutremure, inundații etc. Plecând de la aceste considerente, este evidentă nevoia de monitorizare continuă, prin procedee geodezice specifice, a zonelor afectate de alunecări de teren, pe baza cărora se poate evidenția în mod real evoluția în timp a fenomenului și se pot face prognoze care să conducă, în final, la diminuarea distrugerilor materiale și a pierderilor de vieți omenești.

Elementele novatoare aduse de prezenta lucrare constau în propunerea unei metodologii de lucru care cuprinde metode și tehnologii complementare din domeniul ingineriei geodezice și geotehnice, ce poate fi folosită la evaluarea și monitorizarea proceselor generatoare de risc la alunecare. Totodată, se vor demonstra capacitățile programelor specializate de procesare a datelor cu caracter 3D, de a genera rezultate reale în privința calculelor volumetrice.

CUPRINS

1. Introducere	11
1.1. Importanța și necesitatea studierii temei pentru ingineria geodezică și geotehnică	11
1.2. Obiective științifice propuse în cadrul temei alese	12
1.3. Structura tezei de doctorat	13
2. Hazardurile și impactul socio-economic asupra activității umane	15
2.1. Aspecte privind situația hazardurilor	15
2.1.1. Particularități ale hazardurilor în România	27
2.2. Hazardul-vulnerabilitate, risc, măsuri de combatere	30
2.2.1. Vulnerabilitatea	30
2.2.2. Riscul	31
2.3. Discuții	34
3. Analiza generală a fenomenelor de alunecare de teren	35
3.1. Elementele și fazele unei alunecări de teren.....	35
3.1.1. Definiția și descrierea elementelor specifice alunecărilor de teren	35
3.1.2. Fazele unei alunecări de teren	37
3.2. Criterii de clasificare a alunecărilor de teren.....	38
3.2.1. Forma și adâncimea suprafeței de alunecare	38
3.2.2. Sensul de deplasare a frontului de desprindere.....	39
3.2.3. Viteza de deplasare a masei alunecate	40
3.2.4. Natura rocii afectată de alunecare	44
3.2.5. Orientarea suprafeței de alunecare față de stratificația rocilor	44
3.2.6. Starea fizică a rocilor din masa alunecată	45
3.2.7. Gradul de stabilizare a alunecării de teren	45
3.3. Formațiunile geologice supuse fenomenelor de alunecare	46
3.4. Cauzele principale ale producerii alunecărilor de teren	48
3.4.1. Considerații generale asupra coeficientului de siguranță și stabilitate sau factorul de stabilitate	49
3.4.2. Modificarea pantei versanților și a stării interioare de eforturi.....	49
3.4.2.1. Eroziunea bazei versanților și a taluzurilor	51
3.4.2.2. Săpăturile executate la baza versanților sau pe versanți	52
3.4.2.3. Încărcarea versanților	52
3.4.3. Modificarea umidității rocilor din corpul versanților și taluzurilor	53
3.4.3.1. Precipitațiile atmosferice	53
3.4.3.2. Ridicarea nivelului apelor subterane	54
3.4.3.3. Efectul alterării rocilor	55
3.4.4. Acțiunea mecanică a apei din versanți și taluzuri	57
3.4.4.1. Acțiunea înghețului	57
3.4.4.2. Presiunea apei din pori și fisuri	58
3.4.5. Acțiunea hidrodinamică a apei	58
3.4.5.1. Presiunea de filtrare a apei subterane	59
3.4.6. Modificarea unor proprietăți fizico-mecanice ale rocilor din corpul versanților și taluzurilor	59
3.4.7. Rolul solicitărilor dinamice în producerea alunecărilor de teren	59
3.4.7.1. Tixotropia rocilor	60
3.4.7.2. Șocuri seismice	60
3.4.7.3. Vibrațiile locale produse de explozii, trafic rutier sau feroviar, fundații de mașini	62

6 Cuprins

3.5. Parametrii geotehnici specifici pentru caracterizarea comportării masivelor de pământ.....	62
3.5.1. Caracteristicile fizice ale pământurilor	62
3.5.2. Proprietățile mecanice ale pământurilor	66
3.6. Cercetarea masivelor de pământ	68
3.6.1. Prospeccțiuni prin sondaje și foraje	68
3.6.2. Prospeccțiuni prin sondaje de penetrare.....	70
3.6.3. Discuții asupra cercetării masivelor de pământ	74
4. Metode geodezice utilizate la monitorizarea alunecărilor de teren	76
4.1. Metode geodezice de măsurare a deplasărilor orizontale.....	76
4.1.1. Metoda microtriangulației	76
4.1.2. Metoda aliniamentelor	79
4.1.2.1. Metoda observării aliniamentelor intersectate	80
4.1.3. Metoda poligonometrică	80
4.2. Metode geodezice de măsurare a deplasărilor și deformațiilor verticale	85
4.2.1. Marcarea punctelor rețelelor de nivelment utilizate la urmărirea deformațiilor... ..	86
4.2.2. Materializarea reperilor de control.....	86
4.2.3. Metoda nivelmentului geometric de înaltă precizie	89
4.2.3.1. Proiectarea rețelelor de nivelment geometric pentru determinarea tasărilor... ..	91
4.2.3.2. Stabilirea poziției mărcilor pe obiectivul supus observațiilor periodice	100
4.2.4. Metoda nivelmentului trigonometric de precizie	100
4.2.5. Utilizarea nivelmentului hidrostatic în determinarea deplasărilor construcțiilor masive	106
4.2.6. Erorile întâlnite în nivelmentul geometric pentru determinarea tasărilor și modul de eliminare a acestora	107
4.2.6.1. Neorizantalitatea liniei de vizare a lunetei instrumentului	107
4.2.6.2. Neaplicarea corecției de sfericitate, refracție și temperatură	108
4.2.6.3. Neverticalitatea mirei și excentricitatea benzii de invar față de axa reperului	108
4.3. Modelul Digital al Terenului (MDT)	110
4.3.1. Avantajele utilizării modelelor 3D	110
4.3.2. Aplicabilitatea modelelor digitale ale terenului	111
4.3.3. Istoric	113
4.3.4. Clasificarea modelelor digitale	114
4.3.5. Metode de realizare a modelului digital al terenului	117
4.3.6. Procesarea datelor pentru crearea MDT	119
4.3.7. Situația actuală pe plan internațional și național privind Modelele Digitale ale Terenului	120
4.4. Cartarea alunecărilor de teren.....	122
4.5. Discuții	128
5. Tendințe privind monitorizarea alunecărilor de teren prin metode geodezice moderne în scopul măririi siguranței în exploatare	130
5.1. Importanța conceptului de monitorizare în geodezie și geotehnică	130
5.2. Platforme de monitorizare	132
5.2.1. Stația totală.....	132
5.2.2. Tehnologia GPS	134
5.2.3. Fotogrammetria	136
5.2.4. Teledetecția satelitară	138
5.2.4.1. Tehnologia InSAR	140
5.2.4.4. Tehnologia LiDAR.....	141
5.2.5. Scanarea laser terestră	143
5.2.6. Sisteme Informatice Geografice.....	146

5.2.6.1. Clasificarea analizelor	151
5.2.6.2. Exemple de analize complexe	153
5.2.6.3. Hărți și analize tematice	155
5.3. Situația actuală pe plan internațional	157
5.3.1. Monitorizarea alunecărilor de teren pe continentul American	157
5.3.1.1. Canada.....	157
5.3.2. Monitorizarea alunecărilor de teren pe continentul Asiatic	161
5.3.2.1. China	161
5.3.3. Monitorizarea alunecărilor de teren pe continentul Australian	165
5.3.4. Monitorizarea alunecărilor de teren pe continentul European	166
5.3.4.1. Norvegia.....	166
5.3.4.2. Suedia.....	168
5.3.4.3. Elveția.....	169
5.3.4.4. Portugalia	170
5.3.4.5. Italia	172
5.3.4.6. Serbia	180
5.3.4.7. Marea Britanie.....	181
5.4. Situația actuală pe plan național	183
5.5. Discuții	196
6. Cercetări proprii, rezultate și interpretări obținute în monitorizarea alunecărilor de teren din zona de S-V a României folosind tehnologii geodezice moderne.....	197
6.1. Impactul alunecării de teren în perioada 2010 – 2013 asupra drumului tehnologic de acces Culmea Dranic – Orșova	197
6.1.1. Studiu realizat în vederea determinării parametrilor geotehnici specifici pentru caracterizarea comportării versantului – Culmea Dranic	197
6.1.1.1. Categoria geotehnică a lucrării	198
6.1.1.2. Date generale privind amplasamentul.....	198
6.1.1.2.1. Geologia și geomorfologia zonei.....	198
6.1.1.2.2. Clima și regimul pluviometric.....	200
6.1.1.2.3. Regimul eolian.....	201
6.1.1.2.4. Adâncimea de îngheț.....	201
6.1.1.2.5. Seismicitatea zonei	202
6.1.1.3. Cercetări geotehnice și stratificația terenului	202
6.1.1.4. Apa de suprafață și apa subterană	205
6.1.1.5. Descrierea fenomenului de instabilitate	205
6.1.2. Măsurători geodezice	206
6.1.2.1. Preocupări preliminare.....	206
6.1.2.2. Realizarea rețelei geodezice de sprijin	208
6.1.2.3. Redeterminarea rețelei	211
6.1.3. Crearea modelelor digitale ale terenului din măsurători realizate cu stația totală	212
6.1.3.1. Prelucrarea 3D în Civil 3D 2013	213
6.1.3.2. Prelucrarea 3D în Golden Surfer 9.....	216
6.1.4. Scanarea laser terestră	219
6.1.4.1. Etapa de planificare	219
6.1.4.2. Etapa de scanare a obiectivului.....	221
6.1.4.3. Etapa de „Înregistrare”	222
6.1.5. Discuții.....	234
6.2. Studii privind stabilitatea viaductului Valea Mică – Centura Caransebeș	237
6.2.1. Tehnologia Terre Armee Freyssisol.....	238

8 Cuprins

6.2.2. Prezentarea structurii de pământ armat	242
6.2.3. Program inițial de monitorizare.....	244
6.2.4. Degradări ale structurii.....	245
6.2.5. Investigații suplimentare realizate	248
6.2.6. Scanarea viaductului cu structură de pământ armat.....	250
6.2.7. Prelucrarea scanării	254
6.2.8. Rezultate.....	257
6.2.9. Discuții.....	260
7. Concluzii și contribuții personale	266
7.1. Concluzii finale.....	266
7.2. Contribuții personale.....	268
7.3. Valorificarea rezultatelor obținute pe parcursul programului de cercetare doctorală	271
Bibliografie	275
Anexe	285
A1	285
A2	287
A3	288
A4	289
A5	290
A6	292
A7	293
A8	294
A9	303
A10	305
A11	312
A12	319
A13	321
A14	322
A15	323
A16	324
A17	325
A18	326
A19	327
A20	328
A21	329
A22	330
A23	331
A24	332
A25	333

“This work was partially supported by the strategic grant POSDRU 107/1.5/S/77265, inside POSDRU Romania 2007-2013 co-financed by the European Social Fund – Investing in People”

“Teza de doctorat a fost realizată cu sprijin parțial din grantul strategic POSDRU 107/1.5/S/77265, cofinanțat din Fondul Social European – Investește în Oameni, în cadrul Programului Operațional Sectorial Dezvoltare Resurse Umane Romania 2007-2013”

1.INTRODUCERE

1.1. Importanța și necesitatea studierii temei pentru ingineria geodezică și geotehnică

Înainte de prezentarea temei ce stă la baza acestei teze de doctorat, vom începe prin a plasa subiectul pe fundalul mai amplu al schimbării globale și a evoluției sale spectaculoase din prezent.

Dezvoltarea în ritm continuu a industriei, explozia demografică, mai ales în regiunile defavorizate, globalizarea, agricultura contemporană, transportul și consumul tot mai mare de energie au creat un șir considerabil de probleme la scară mondială, denumite „Global Change” (schimbări globale). Acest termen cuprinde schimbările fundamentale în sistemul planetei noastre, schimbări ce reprezintă rezultate directe ale activității omului. Schimbările la nivel global sunt o componentă esențială a crizei ecologice contemporane. Împreună cu creșterea generală a schimbării gradului de vulnerabilitate atunci când vorbim de condițiile demografice, tehnologice și social – economice, urbanizarea neplanificată, construcțiile din zonele cu risc crescut, dezvoltarea insuficientă, lupta pentru resursele tot mai sărăcicioase, schimbările la nivel global vor face ca hazardurile să prezinte un pericol tot mai mare pentru civilizația umană. [44]

Tendențele actuale în ceea ce privește schimbarea gradului de vulnerabilitate și caracterul pericolelor naturale ecologice, tehnogene și biologice care amenință civilizația umană scot în evidență faptul că hazardurile sunt capabile să genereze efecte ample și complicate asupra economiei și populației, existând adesea influențe reciproce. Riscul de hazard capătă un caracter tot mai global, manifestările sale dintr-o regiune exercitând o influență clară asupra riscurilor din alte regiuni și invers.

Având un efect fulger, hazardurile subminează serios rezultatele scontate ale investițiilor pentru dezvoltare și reprezintă unul dintre cele mai importante obstacole în calea dezvoltării durabile. De altfel, una dintre cele mai importante provocări cu care comunitatea mondială va trebui să se confrunte în secolul XXI este întocmirea unei evidențe a riscurilor de hazard ce intensifică vulnerabilitatea și reducerea pericolului reprezentat de acestea, scopul fiind asigurarea unei dezvoltări durabile a societăților umane.

Este deosebit de important să se cunoască situația ecologică a planetei, respectiv să fie determinate precis elementele ce pot afecta mediul înconjurător. Astfel de pericole includ: exploatarea nerațională a resurselor naturale, problemele demografice, dezvoltarea nedurabilă și schimbările climatice. În plus, intervențiile antropice în ecosistemele globale cresc riscul și înrăutățesc urmările hazardurilor. Trebuie avut în vedere și faptul că, țările în curs de dezvoltare sunt mai vulnerabile, nu au capacitățile necesare de a gestiona și reconstrui, fiind astfel cel mai puternic afectate.

Tendența globală de creștere a temperaturilor medii datorată efectului de seră are un impact direct desfășurarea hazardurilor naturale, în special a celor geomorfologice, în această categorie fiind încadrate și alunecările de teren.

Faptul că cercetarea alunecărilor de teren a devenit un domeniu tot mai important pe plan internațional poate fi recunoscut din amploarea manifestărilor științifice pe această temă (congrese, conferințe, simpozioane ș.a.), precum și din numeroasele colaborări între specialiști din diferite domenii: geologi, geodezi, ingineri civili, având scopul de a direcționa cercetările în acest domeniu. [64], [95]

Se observă o diferență considerabilă în ceea ce privește zonele în care au loc alunecările de teren, respectiv dacă acestea sunt nelocuite, alunecările de teren sunt consemnate ca fiind evenimente geomorfologice normale. Dacă, dimpotrivă, se produc în zone în care există așezări omenești sau lucrări ingineresti, cauzând pagube materiale sau victime omenești, sunt imediat catalogate drept hazarduri naturale.

România nu este deloc exceptată de la incidența dezastrelor și catastrofelor naturale. Strategia Națională pentru dezvoltare durabilă a României, elaborată în 1998, recunoaște existența calamităților produse de cutremurele de pământ, alunecările de teren și inundațiile împotriva cărora trebuie luate măsuri preventive. Pe teritoriul României, situat în zona climei temperate, se produce o mare varietate de hazarduri și riscuri climatice care pot fi grupate, în funcție de sezon (hazarduri și riscuri climatice de iarnă, de vară etc.). Toate acestea poartă pecetea influenței dinamicii generale a atmosferei și a barajului orografic al Carpaților, care le limitează, rămânând cantonate, de o parte sau alta a sa. Aceste hazarduri sunt cu atât mai periculoase, cu cât consecințele lor devin cauze pentru alte riscuri, ce se declanșează în lanț și evoluează în cascadă, imprimând urmări adânci în peisajul natural și, mai ales, în peisajul agricol al României. [14]

Cuantificarea impactului alunecărilor de teren asupra mediului înconjurător implică identificarea, comportamentul și evaluarea consecințelor pe care le poate induce în mediul înconjurător producerea unei alunecări de teren. Se poate spune că această cuantificare este o analiză ce stabilește cât de sensibilă este dezvoltarea durabilă la producerea unei alunecări de teren. Finalitatea cuantificării constă în luarea de măsuri pentru a evita alunecarea versanților, ce se concretizează prin redactarea unor hărți de risc și găsirea unor soluții de consolidare. Aceste măsuri se pot adopta doar în urma unei prelucrări și analize minuțioase a datelor, obținute în urma măsurătorilor geodezice și geotehnice ingineresti, și manevrate cu programe specializate în acest sens. [130]

În România, pentru orientarea activității de prevenire și reducere a efectelor alunecărilor de teren asupra mediului înconjurător, în general și asupra obiectivelor economico-sociale, în special, Ministerul Lucrărilor Publice și Amenajării Teritoriului, a aprobat prin Ordinul Nr.18/N din 19.02.1997 "Ghidul privind identificarea și monitorizarea alunecărilor de teren și stabilirea soluțiilor cadru de intervenție asupra terenului pentru prevenirea și reducerea efectelor acestora, în vederea satisfacerii cerințelor de siguranță în exploatarea a construcțiilor, refacere și protecție a mediului" – Indicativ GT 006-97. [125]

1.2. Obiective științifice propuse în cadrul temei alese

Obiectivele ce se doresc a fi atinse prin prezenta teză de doctorat sunt:

- interpretarea datelor globale și naționale cu privire la hazarduri;
- prezentarea informațiilor teoretice fundamentale cu privire la fenomenele de alunecare de teren, prin detalierea cauzelor principale ale acestora, formațiunilor geologice supuse fenomenelor de alunecare și a parametrilor geotehnici specifici care intervin în studiul comportării masivelor de pământ;

- descrierea metodelor și a tehnologiilor geodezice care se utilizează în probleme de monitorizare a unor suprafețe afectate de fenomene de instabilitate pentru determinarea deplasărilor orizontale, verticale (tasări), cartare și realizare a modelelor digitale ale terenului din zonele respective;
- evidențierea importanței cercetării interdisciplinare a alunecărilor de teren în obținerea unor rezultate precise și stabilirea direcțiilor de acțiune pentru remediere;
- descrierea unor studii de caz pe problematica alunecărilor de teren întreprinse de către colective de cercetare renumite pentru a accentua încadrarea temei în preocupările internaționale, naționale, zonale;
- studierea comportării în timp a unor obiective afectate de alunecări de teren, prin executarea de măsurători geodezice la intervale prestabilite de timp folosind tehnologii de ultimă oră, care să permită prelucrarea și analiza datele astfel obținute în sistem tridimensional;
- crearea premiselor modelării și optimizării rețelelor de monitorizare prin alegerea metodelor optime de cercetare.

Elementele novatoare aduse de prezenta lucrare constau în propunerea unei metodologii de lucru care cuprinde metode și tehnologii complementare din domeniul ingineriei geodezice și geotehnice, ce poate fi folosită la evaluarea și monitorizarea proceselor generatoare de risc la alunecare. Totodată, se vor demonstra capabilitățile programelor specializate de procesare a datelor cu caracter 3D, de a genera rezultate reale în privința calculelor volumetrice.

1.3. Structura tezei de doctorat

Prezenta teză de doctorat este structurată în șapte capitole, după cum urmează:

Capitolul 1 intitulat „*Introducere*” prezintă obiectivele științifice ce se doresc tratate prin tema aleasă, în contextul încadrării monitorizării alunecărilor de teren folosind tehnologii geodezice moderne în preocupările internaționale și naționale actuale ale segmentelor științific și industrial. Este, de asemenea, prezentat pe scurt conținutul lucrării.

Capitolul 2 intitulat „*Hazardurile și impactul socio-economic asupra activității umane*” prezintă aspecte privind situația hazardurilor la nivel mondial prin prisma pierderilor economice generate, bunurilor asigurate, numărului de persoane afectate. În continuare, este făcută referire la vulnerabilitate și risc la hazarduri și sunt menționate principalele intervenții de pregătire pentru hazarduri, împreună cu cele necesare pentru reducerea vulnerabilității.

Capitolul 3 intitulat „*Analiza generală a fenomenelor de alunecare de teren*” este alcătuit din 6 subcapitole, care abordează pe larg problematica alunecărilor de teren. Sunt tratate fazele și elementele specifice alunecărilor de teren, criteriile de clasificare a acestora, cauzele principale ale producerii alunecărilor de teren, formațiunile geologice supuse fenomenelor de alunecare și parametrii geotehnici specifici pentru caracterizarea comportării masivelor de pământ.

Capitolul 4 intitulat „*Metode geodezice utilizate la monitorizarea alunecărilor de teren*” este compus din patru subcapitole. Primele două dintre acestea înfățișează metodele topografice și geodezice specifice determinărilor deplasărilor orizontale și verticale. Următorul subcapitol trece în revistă particularitățile modelelor digitale ale terenului, metodele de obținere a lor, domeniul în care își găsesc aplicabilitate și contextul internațional, precum și cel național cu

privire la preocupările pentru crearea modelelor digitale ale terenului de calitate, deoarece cele existente în prezent nu au o precizie suficientă, prezintă goluri de informație și, prin urmare, induc erori și distorsiuni în imaginile ortorectificate, fapt ce poate afecta întregi baze de date geospațiale.

Capitolul 5 intitulat „*Tendențe privind monitorizarea alunecărilor de teren prin metode geodezice moderne în scopul mării siguranței în exploatare*” este divizat în patru subcapitole. Primul dintre acestea scoate în evidență importanța conceptului de monitorizare în ingineria geodezică și geotehnică. Al doilea subcapitol schematizează principalele tehnologii geodezice care se folosesc la ora actuală în lume – stația totală, fotogrammetria, tehnologia GPS, teledetecția satelitară, scanarea laser terestră și Sistemele Informatice Geografice – având legătură directă cu următoarele două subcapitole în care sunt popularizate studii de caz și proiecte întreprinse atât pe plan internațional, cât și național ce utilizează tehnologiile menționate în studiul interdisciplinar al alunecărilor de teren.

Capitolul 6 intitulat „*Cercetări proprii, rezultate și interpretări obținute în monitorizarea alunecărilor de teren din zona de S-V a României folosind tehnologii geodezice moderne*” este schematizat în două subcapitole, fiecare dintre ele cuprinzând un studiu de caz realizat de autoare. Primul studiu realizat în urma cercetărilor de teren, a analizelor de laborator, măsurărilor geodezice executate și a modelării și interpretării datelor, prezintă pentru zona drumului tehnologic de acces Orșova – Culmea Dranic o serie de caracteristici și soluții de stabilizare a acestuia. Se pune accent pe modelarea datelor geodezice pentru obținerea modelelor 3D și pe calculul volumetric ale suprafeței alunecate utilizând, în paralel, două programe specializate în acest sens, cu prezentarea avantajelor și dezavantajelor fiecăruia. Cel de-al doilea studiu vizează un obiectiv important, un viaduct construit cu structură de pământ armat, și prezintă etapele necesare monitorizării lui deoarece în exploatare au apărut degradări semnificative. În ambele cazuri a fost folosită, pe lângă măsurătorile tradiționale, tehnologia de scanare laser terestră care oferă o imagine de ansamblu a structurilor studiate, putând fi realizată o analiză complexă, nu doar în puncte predefinite.

Capitolul 7 intitulat „*Concluzii și contribuții personale*” evidențiază concluziile generale rezultate în urma cercetărilor efectuate în cadrul tezei, concluzii particulare referitoare la studiile de caz, contribuțiile personale ale autoarei și valorificarea rezultatelor obținute pe parcursul programului de cercetare doctorală, materializată în lucrări susținute în cadrul diverselor manifestări științifice din țară și străinătate și publicate în reviste de specialitate în scopul diseminării rezultatelor.

2. HAZARDURILE ȘI IMPACTUL SOCIO-ECONOMIC ASUPRA ACTIVITĂȚII UMANE

2.1. Aspecte privind situația hazardurilor

Noțiunea de hazard reflectă un eveniment amenințător și reprezintă probabilitatea de apariție într-o anumită perioadă a unui potențial factor dăunător pentru om, pentru bunurile produse de acesta și pentru mediu. Așadar, se poate spune că hazardul este un fenomen natural sau antropic dăunător omului, ale cărui consecințe sunt datorate depășirii măsurilor de siguranță pe care orice societate și le impune. Un hazard este considerat dezastru dacă sunt înregistrate cel puțin 10 pierderi de vieți omenești sau 50 de persoane rănite și pierderi materiale peste un milion de dolari.

Hazardurile pot fi clasificate în funcție de mai multe criterii: modul de formare (geneză), durata de manifestare, arealul afectat, numărul victimelor, complexitatea fenomenelor etc. după cum ilustrează tabelul 2.1. [119]

Tabelul 2.1. Clasificarea hazardurilor

CRITERIU	TIP DE HAZARD
Geneză	a. Naturale: endogene și exogene; b. Antropice.
Suprafața afectată	a. Globale, sistemice; b. Globale cu efecte regionale; c. Regionale; d. Locale și punctuale.
Mărimea efectelor	a. Cu efecte reduse; b. Cu efecte severe; c. Dezastre (catastrofe).

- În funcție de geneză, hazardurile pot fi diferențiate în:
 - Hazarduri naturale, care cuprind la rândul lor două mari grupe de fenomene generate de factori endogeni și exogeni.
 - Hazardurile endogene* includ **erupțiile vulcanice** (Fig. 2.2.) și **cutremurele** (Fig. 2.1.), fenomene care prin amploarea lor generează

În mai multe situații numeroase pierderi de vieți omenești și pagube materiale. [52] Acțiunea lor este generată de energia provenită din interiorul planetei, ca urmare a redistribuirii permanente a căldurii prin curenți de convecție. [119] În România, cele mai semnificative cutremure produse au avut loc în 10.11.1940 (magnitudine 7,4 pe scara Richter), 04.03.1977 (magnitudine 7,2 pe scara Richter soldat cu 1641 morți și alte 396.300 persoane afectate, 2 mld. dolari pierderi materiale), 30.08.1986 (magnitudine 7,0 pe scara Richter), 30.05.1990 (magnitudinea 6,7 pe scara Richter), 31.05.1990 (magnitudinea 6,2 pe scara Richter). [88]



Fig. 2.1. București afectat de cutremurul din 1977 (stânga) și cutremurul din Japonia, 2011 (dreapta)



Fig. 2.2. Erupția vulcanului Santiaguito în Guatemala, 2012 (stânga) și muntele Krakatoa, Indonezia, 2008 (dreapta)

a.2. *Hazardurile exogene* se diferențiază în:

- **hazarduri climatice** (tornade (Fig. 2.3.), furtuni, fulgere, grindină, polei, secetă etc.). În România, tornadele au început să se manifeste mai intens după anul 2000, fiind mai puțin cunoscute deoarece nu erau tratate în literatura de specialitate din domeniu. Sunt caracterizate de viteze foarte mari (50 – 250km/h). Cea mai semnificativă tornadă produsă la noi în țară în 12.08.2002, este cea de la Făcăieni, jud. Ialomița; [105]



Fig. 2.3. Tornadă produsă în America, februarie 2012

- **hazarduri geomorfologice** (eroziune, deplasări de teren): surpările sau scufundările (prăbușirile) de teren reprezintă deplasări pe verticală întâlnite de obicei în zone de exploatare subterană pentru zăcăminte de hidrocarburi, sare, minereuri în care tavanele de mină nu pot prelua greutatea pământului de deasupra și își pierd rezistența, acest fenomen conducând la ruperea, surparea sau prăbușirea lor. [105] Alunecările de teren pot avea diferiți factori declanșatori și se pot deplasa cu o viteză foarte mare într-un timp scurt, urmările lor fiind dezastruoase (Fig. 2.4.);



Fig. 2.4 Alunecare de teren produsă El Salvador după cutremurul de pământ din 2001

- **hazarduri hidrologice** (viiturile, inundațiile): au ca principal factor declanșator cantități mari de precipitații, cu un grad accentuat de torențialitate, înregistrate după perioade cu solul puternic umectat și capacitate de absorbire a apei redusă. [33] Inundațiile (Fig. 2.6.) reprezintă volume considerabile de apă ce trec peste albiile râurilor, peste limitele de înmagazinare ale lacurilor sau mișcări ale mărilor și oceanelor ce afectează regiuni mai mult sau mai puțin întinse de pământ. [105] Acestea au un impact accentuat asupra așezărilor umane constituite, deseori, pe cursul râurilor sau pe malul mărilor și

oceanelor, efectul lor devastator fiind amplificat și de posibilitatea apariției unor boli după scurgerea apelor sau trecerea viiturilor. În România, terenurile inundabile sunt situate în lungul fluviului Dunărea și al principalelor râuri din Câmpia Română și din Câmpia Banato – Crișană. Cele mai importante inundații (Fig. 2.5.) (cu niveluri istorice, pe anumite secțiuni ale râurilor) au fost înregistrate în anii 1969 (55 mil EUR – Banca Mondială), 1970 (256 mil. EUR – Banca Mondială), 1975 (101 mil. EUR – Banca Mondială), 2005 – 2011 (estimat presă: 3 mld. EUR). [88] Pe de altă parte, viiturile se produc în urma ploilor abundente și topirii zăpezilor. Aceste fenomene sunt însoțite de procese intense de eroziune a malurilor și de alunecări care pot bara văile, propagarea undelor de viitură fiind înlesnită de către activități antropice, precum despăduririle. [8]



Fig. 2.5. Inundații în România, 2010



Fig. 2.6. Inundații produse în Devon, Marea Britanie, decembrie 2012

- **hazarduri oceanografice** (ridicarea nivelului oceanului planetar) (Fig. 2.7.);

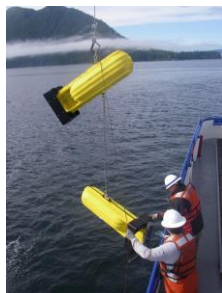


Fig. 2.7. Observarea curenților de maree în Statele Unite ale Americii

- **hazarduri biologice** (epidemii, invazii de insecte și rozătoare): sunt manifestări ale unor fenomene naturale cu participarea organismelor vii, având o influență negativă asupra societății umane și a bunurilor ei și, uneori, a naturii. Aceste fenomene se manifestă prin invazii de dăunători (insecte, rozătoare, buruieni ș.a.) (Fig. 2.8.), extinderea rapidă a unor boli contagioase (epidemii, pandemii, epizootii). Epidemiile sunt caracterizate de îmbolnăvirea în masă a populației, datorită unor agenți patogeni cum sunt virusii, bacteriile, fungii și protozoarele. Cele mai grave maladii sunt transmise de agenți purtători precum țânțarii (malaria, febra galbenă), musca țețe (boala somnului), puricii, păduchii (tifosul exantematic). Epidemiile de mari proporții poartă denumirea de pandemii și au generat milioane de victime, mai ales în Evul Mediu (ciuma bubonică). În prezent se manifestă maladia SIDA (Sindromul Imunodeficienței Dobândite), determinată de virusul HIV sau de transfuzii de sânge. Epidemiile sunt favorizate de sărăcie, lipsa de igienă, infestarea apei, aglomerarea gunoaielor menajere, înmulțirea șobolanilor și a câinilor comunitari. Invaziile de insecte, în special de lăcuste, produc pagube mari agriculturii, îndeosebi în Africa, Asia, estul Europei și America de Nord. Combaterea lăcustelor se realizează prin diferite metode, cum ar fi distrugerea de ouă, utilizarea insecticidelor și a unor capcane pentru distrugerea nimfelor de lăcusta; [24]



Fig. 2.8. Invazie de insecte

- **hazarduri biofizice** (focul): focul este un hazard periculos pentru mediu și pentru activitățile umane ce determină distrugerii ale construcțiilor, terenurilor agricole, suprafețelor împădurite.

Incendiile (Fig. 2.9.) pot apărea din cauze naturale, precum fulgerele, erupțiile vulcanice, fenomenele de autoaprindere a vegetației în timpul perioadelor foarte călduroase, în urma cutremurelor de pământ, ca urmare a avarierii rețelelor de distribuție a gazelor și a instalațiilor electrice sau legate de activitățile omului (aprinderea focului în locuri nepermise, aruncarea țigărilor nestinse, joaca nesupravegheată a copiilor cu focul, turiști neglijenți etc.), de unele activități criminale de incendiere intenționată și de accidente tehnologice. În perioadele secetoase, incendiile sunt favorizate de vânturi puternice asociate cu temperaturi ridicate, care contribuie la extinderea rapidă a focului. În locuințe incendiile sunt produse ca urmare a funcționării defectuoase a sobelor și a coșurilor, în urma scurgerii gazelor din instalațiile defecte, urmate de explozia acestora ș.a.; [24]



Fig. 2.9. Incendiu în SUA, 2012

- **hazarduri astrofizice** (căderea meteoriților): pe Terra cad anual circa 16.000 de tone de materiale cosmice, reprezentate în cea mai mare parte de praf cosmic și de meteoriți de dimensiuni mici, care se aprind și ard în atmosferă înainte de a ajunge pe sol (Fig. 2.10.). În stratele de gheață din Antarctica au fost descoperite adevărate arhive cosmice care atestă că în trecutul geologic apropiat au existat și perioade în care acest „bombardament cosmic” a fost mai intens. În unele locuri se păstrează, însă, și urmele impactului unor corpuri cosmice de dimensiuni mai mari. Până în prezent, au fost recunoscute pe Terra peste 140 de cratere de impact. [24]

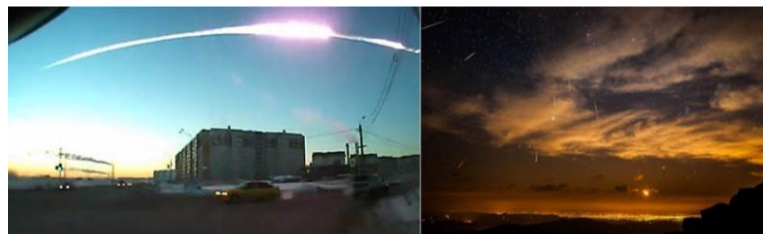


Fig. 2.10. Ploaie de meteoriți în centrul Rusiei, 15.02.2013

- b. Hazardurile antropice sunt generate de diferite activități umane și cuprind accidentele din industrie (explozii, incendii, scurgeri de substanțe toxice, exploatarea necontrolată a unor substanțe minerale, emisii și poluări accidentale), agricultură, transporturi și războaiele cu impact deosebit atât asupra omului și bunurilor sale, cât și asupra mediului natural. [4] Hazardurile tehnologice (Fig. 2.11.) sunt produse de erorile de proiectare ale instalațiilor industriale, de gradul de uzură al acestora, de managementul defectuos al întreprinderilor, de transportul substanțelor periculoase. Acest tip de hazarduri are un ecou mai mare, soldându-se cu modificarea legislației în domeniu sau cu introducerea de noi reglementări. De asemenea, apariția unor hazarduri precum exploziile de instalații sau ruperile de baraje poate fi indusă de cauze naturale (cutremure, inundații). [9]

Una din cauzele hazardurilor antropice o reprezintă poluarea cu metale grele datorată activităților miniere și a celor din industria metalurgică. În sectorul minier din România s-au produs o serie de accidente tehnologice, respectiv prăbușiri ale galeriilor de mină, alunecări și lichefierii ale haldelor de steril insuficient consolidate și ruperi ale iazurilor de decantare, care au generat și poluarea râurilor. [119]

Cele mai periculoase rămân, însă, hazardurile legate de substanțe radioactive. În acest sens, în România, prezintă risc centrala nucleară de la Cernavodă și reactoarele de la Pitești – Mioveni, București – Măgurele, precum și Combinatul de Apă Grea de la Drobeta Turnu – Severin.



Fig. 2.11. Explozia de la reactorul nr. 2 al centralei nucleare de la Fukushima, Japonia, 2011, avariata de seism și de tsunami

Ordinul nr. 132 din 29.01.2007 pentru aprobarea Metodologiei de elaborare a Planului de analiză și acoperire a riscurilor și a Structurii-cadru a Planului de analiză și acoperire a riscurilor, cuprinde referiri cu privire la riscurile tehnologice, încadrând următoarele:

- a) riscuri industriale – se analizează activitățile care prezintă pericole de accidente majore în care sunt implicate substanțe periculoase, tipurile de substanțe chimice periculoase folosite în procesul de producție.
- b) riscuri de transport și depozitare produse periculoase – se analizează posibilele accidente care se pot produce pe rețeaua rutieră, feroviară,

fluvială și maritimă pentru transportul materialelor periculoase, din ce se compun transporturile și destinația acestora.

b1) transport rutier – la analiza acestor riscuri se ține cont de infrastructura existentă, transportul materialelor periculoase, din ce se compun transporturile și destinația acestora, numărul de accidente pe kilometru și pe an.

b2) transport feroviar – la analiza acestor riscuri se ține cont de rețeaua feroviară existentă, transportul materialelor periculoase, din ce se compune și destinația, numărul de evenimente produse și frecvența acestora, numărul de călători anual.

b3) transport fluvial și maritim – se analizează riscurile în funcție de existența porturilor, a căilor de transport navigabile.

b4) transport aerian – se analizează riscurile, în funcție de existența aeroporturilor, capacitatea și clasa acestora, a rutelor de zbor.

b5) transport prin rețele magistrale – se analizează riscurile în funcție de existența magistralelor de transport, natura produsele vehiculate.

c) riscuri nucleare – se analizează riscurile, în funcție de existența obiectivelor specifice și riscuri transfrontaliere.

d) riscuri poluare ape - se inventariază locurile în care au avut loc astfel de fenomene, precum și posibilele noi locuri de apariție a acestora, zonele care ar putea fi afectate.

e) prăbușiri de construcții, instalații sau amenajări – se analizează construcțiile, instalațiile și alte amenajări aflate în stare avansată de degradare și la care există riscul de prăbușire.

f) efectul utilităților publice – se inventariază și se analizează sistemele, instalațiile și echipamentele a căror scoatere din funcțiune poate conduce la întreruperea alimentării cu apă, gaze naturale, energie electrică și termică pentru o zonă extinsă din cadrul localității/județului.

g) căderi de obiecte din atmosferă sau din cosmos – se inventariază locurile în care au avut loc astfel de fenomene și consecințele lor.

h) muniție neexplodată – se analizează existența fostelor zone de conflicte militare în care se poate afla muniție neexplodată, utilizându-se și datele statistice referitoare la misiunile de asanare pirotehnică.

2. În funcție de suprafața afectată, hazardurile sunt:

a. Hazarduri globale, sistemice, cum sunt: tendința de încălzire a climei din cauza efectului de seră artificial, reducerea stratului de ozon, tendința de creștere a nivelului Oceanului Planetar.

b. Hazarduri globale cu efecte regionale cum sunt deșertificarea și eroziunea solurilor. Acestea devin globale prin cumulare.

c. Hazarduri regionale care afectează suprafețe întinse pe continente și oceane și cuprind furtunile, poluarea apei, aerului și solului.

d. Hazarduri locale și punctuale cum sunt alunecările de teren, erupțiile vulcanice, cutremurele. Deși se manifestă pe suprafețe restrânse aceste hazarduri pot să aibă efecte deosebit de puternice. [54]

3. În funcție de mărimea efectelor (număr de persoane afectate, pagube economice, distrugerii ale mediului), hazardurile se diferențiază în:

a. Hazarduri cu efecte reduse, care produc pagube mici ce pot fi remediate prin forțe locale.

- b. Hazarduri cu efecte severe**, care produc perturbări ale funcționării societății, pagube importante și răni de persoane ce necesită intervenția formațiunilor de protecție civilă și a altor organisme abilitate.
- c. Dezastre** (catastrofe), care produc întreruperea sau perturbarea gravă a funcționării societății și generează victime omenești, mari pagube materiale și distrugerii ale mediului. Aceste efecte depășesc capacitatea societății de a reacționa eficient prin folosirea resurselor locale, fiind necesare intervenții și ajutoare pe plan național și internațional.

Deși hazardurile sunt clasificate de către diverși autori în categorii aparte în funcție de diferite criterii, se poate concluziona faptul că unele dintre acestea se pot determina reciproc, rezultând un efect în lanț, iar acțiunea lor comună conduce la prejudicii esențiale pentru societate, distrugând progresul înregistrat în ani de dezvoltare.

Zilnic în lume au loc zeci și sute de hazarduri cu urmări tragice, atât din punctul de vedere al pierderilor de vieți omenești, cât și pagubelor materiale uriașe.

Datele cu privire la tipul și numărul hazardurilor, numărul de victime, care au suferit în urma lor, precum și dauna suportată se înregistrează la Federația Internațională a Societății Crucii Roșii și Semilunii Roșii. Se fixează informația privind hazardurile, care au consecințe considerabile și corespund anumitor criterii ale Centrului de Cercetări ale Epidemiologiei Dezastrelor, Universitatea Luviana, Belgia:

- 10 și mai multe jertfe umane;
- nu mai puțin de 100 de oameni care au avut de suferit;
- solicitarea ajutorului internațional;
- declararea situației excepționale în țară. [23]

Conform acestor date, cel mai răspândit gen de hazarduri pe planeta noastră sunt inundațiile. După cum reiese și din figura 2.12., ele constituie până la 36% din numărul total de hazarduri.

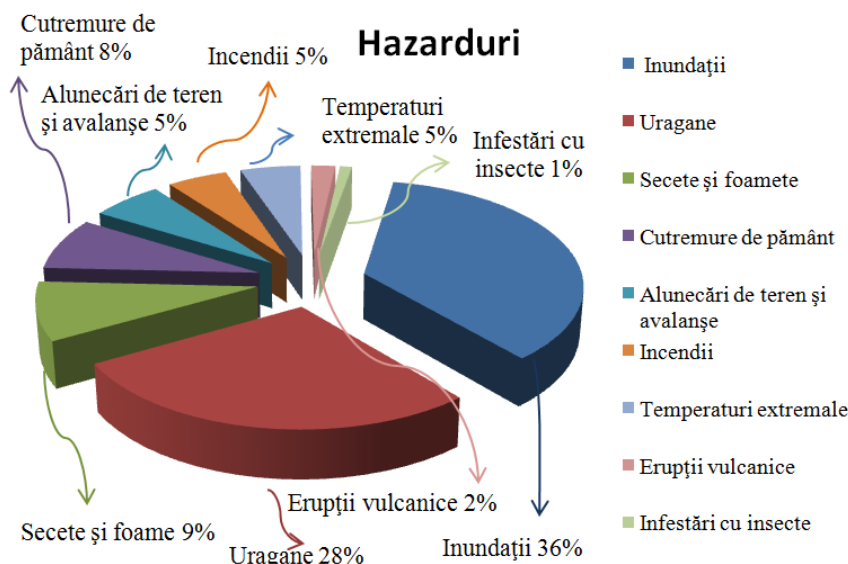


Fig. 2.12. Coraportul (%) diferitelor hazarduri la nivel global pe baza datelor din perioada 1992 – 2005

Circa 28% din hazardurile naturale sunt legate de uraganele și furtunile tropicale. Urmează secetele (9%), cutremurele de pământ (8%), avalanșele de zăpadă și alunecările de teren (6%), incendiile (5%) etc.

Tabelul 2.2. Consecințele diferitor hazarduri (%) potrivit datelor ONU pentru perioada 1950 - 2005

Nr. crt.	Calamități naturale	Prejudiciul	Numărul sinistrațiilor	Numărul victimelor
1	Viituri și inundații	32	32	26
2	Cicloni tropicali	30	20	19
3	Secete	22	33	3
4	Cutremure de pământ	10	4	13
5	Altele	6	7	9
6	Foamete	-	4	-

De regulă, hazardurile se clasifică după geneză în categorii aparte, însă alunecările puternice de teren, avalanșele și curgerile de noroi constituie o mărturie evidentă a influenței mixte a pericolelor hidrometeorologice, geologice și ecologice asupra omului, în rezultatul căreia dauna crește simțitor, conform tabelului 2.2. [23] Numărul hazardurilor continuă să crească neconținut. În ultima jumătate a secolului XX numărul de hazarduri naturale înregistrate în lume a crescut de 4 ori (Fig. 2.13.). Doar pe parcursul anului 2003 au avut loc circa 700 de hazarduri.

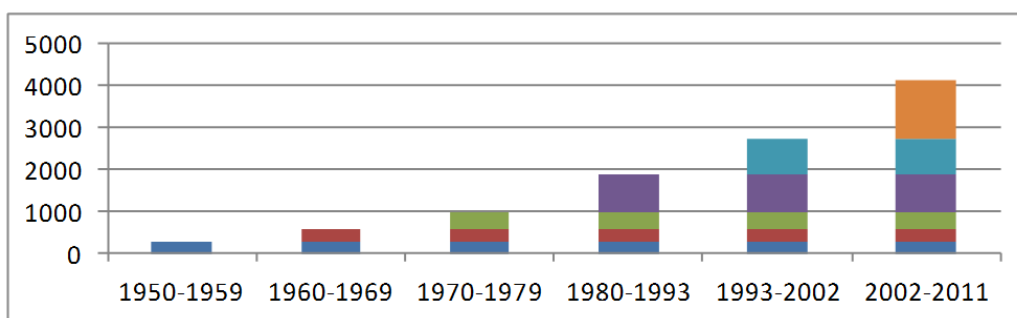


Fig. 2.13. Dinamica hazardurilor în perioada anilor 1973 - 2011

În prezent pierderile în urma hazardurilor cresc și sunt însoțite de urmări grave din punctul de vedere al supraviețuirii, condițiilor demne de viață și mijloacelor de existență a oamenilor și a pierderii bunurilor cucerite cu greu în procesul dezvoltării.

În lume, în ultimii 50 de ani pierderile materiale anuale în urma hazardurilor au crescut înzecit. Doar pe parcursul perioadei anilor 1992 - 2001, în urma hazardurilor pe glob și-au pierdut viața 622.000 de persoane și au avut de suferit peste 2 miliarde de oameni. În anul 2003 jertfe a 700 de dezastre naturale au devenit 50.000 de oameni, aproape de 5 ori mai mult decât în anul 2001 (11.000 oameni), iar pierderile materiale au depășit suma de 60 mld. de dolari SUA. [23]

La nivel mondial, în ultima decadă (2002 - 2011), au fost înregistrate 4.130 dezastre ce au afectat mai mult de 1.000.000 persoane, cauzând, totodată, pierderi economice de cel puțin 1.195 mld. de dolari SUA (Fig. 2.14.). În anul 2011 au avut

loc 302 dezastre de pe urma cărora au suferit mai mult de 200.000.000 persoane, iar pierderile materiale au fost estimate la 366 mld. de dolari SUA. [142]

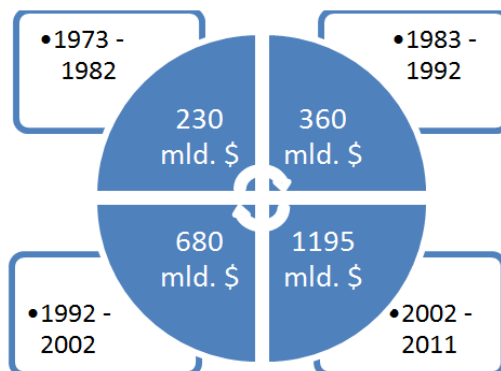


Fig. 2.14. Pierderile economice generate de hazarduri la nivel global, 1973 – 2011

Având în vedere faptul că tendința de producere a catastrofelor naturale este în creștere, se preconizează că, până în anul 2050, numărul pierderilor de vieți omenești datorate catastrofelor naturale va ajunge la o medie de 100.000 persoane/an.

Impactul serios al hazardurilor asupra mediului înconjurător arată că este nevoie urgentă de implementarea unor strategii mai bune de dezvoltare urbană pentru evaluarea (Fig. 2.15.) și reducerea riscului de dezastre.

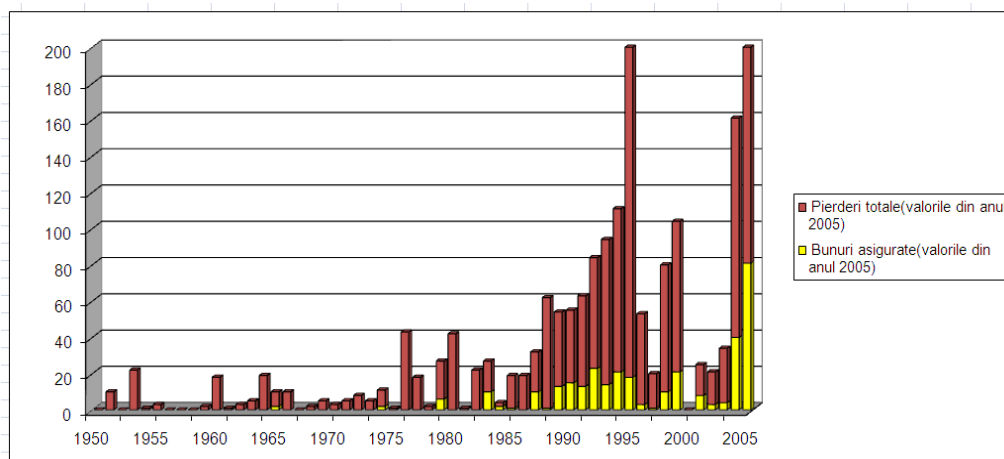


Fig. 2.15. Pierderi economice totale și bunuri asigurate (mld. \$ SUA) 1950 – 2005

Fenomenele extreme ale vremii în prezent constituie o sursă dintre cele mai importante de influență și generează un prejudiciu tot mai amplu. Datele statistice ale Centrului de Cercetări ale Epidemiologiei Hazardurilor (CRED) au demonstrat că pe parcursul unui deceniu (1992–2002) circa 90% din hazarduri au fost de proveniență meteorologică și hidrometeorologică. 2/3 din hazardurile înregistrate revin inundațiilor și fenomenelor de furtună. În numărul lor au intrat aversele de ploi-record, inundațiile neobișnuit de puternice și fenomenele de furtună fără precedent pe toate continentele (Fig. 2.16.). [23]

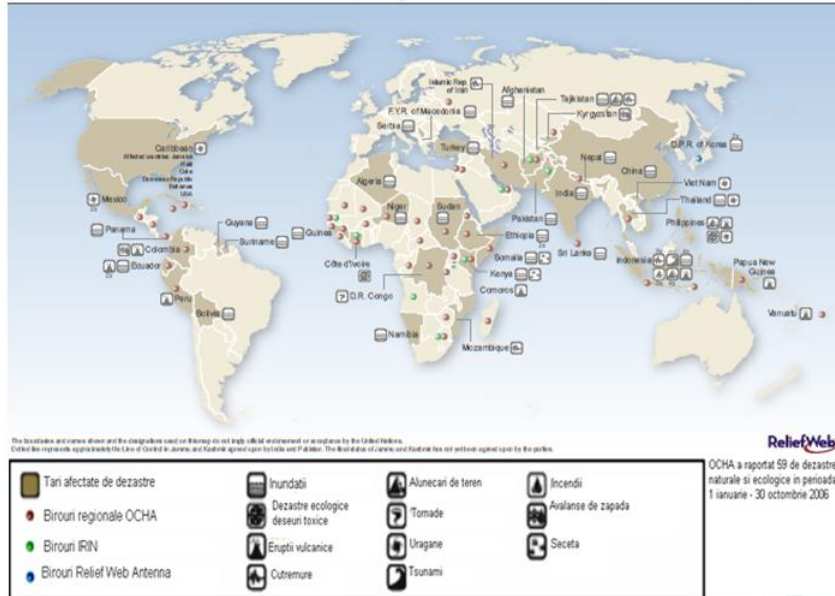


Fig. 2.16. Dezastruri naturale și de mediu înregistrate în anul 2006 conform OCHA

Cel mai recent raport mondial al riscurilor realizat în anul 2012 de către Institutul pentru Mediu și Securitate Umană din cadrul ONU ierarhizează 173 de state în funcție de indicatori privind susceptibilitatea structurală (Fig. 2.17.), capacitatea de gestionare a unei catastrofe naturale și expunerea la hazarduri naturale.

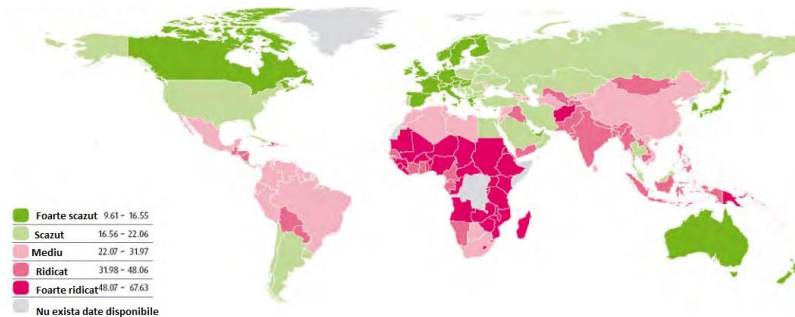


Fig. 2.17. Susceptibilitatea țărilor la hazarduri în funcție de infrastructură, hrană, venituri și cadrul economic general pentru anul 2012 [142]

Pornind de la aceste premize, s-au pus bazele Indicatorului de Risc Global (World Risk Index) care definește probabilitatea ca o țară sau regiune să fie lovită de dezastru. Această noțiune este caracterizată de patru componente, matematic combinate ca și module de către oameni de știință și experți în dezvoltare, astfel:

1. gradul de expunere la hazarduri naturale precum cutremure, cicloni, inundații, secetă și creșterea nivelului mărilor;
2. susceptibilitatea structurală, în funcție de infrastructură, condițiile de hrană, nivelul de trai și condițiile economice;

- capacitatea de gestionare a unei catastrofe naturale, depinzând de autoritățile administrative, pregătirea în caz de dezastre, sisteme de avertizare timpurie, servicii medial, bunuri asigurate;
- capacitatea de adaptare la catastrofe naturale, schimbări climatice și alte provocări.

Interpretarea Indicatorului de Risc Global, văzut ca un instrument în evaluarea riscului de hazarduri dat atât de factori externi, cât și de cei interni, la care o societate sau o țară este expusă, include însă și faptul că țările categorisite în funcție de acesta au la dispoziție metode de a reduce riscul. Scopul definirii acestui Index este de a sensibiliza publicul și factorii de decizie politici la subiectul important reprezentat de riscul de dezastre.

2.1.1. Particularități ale hazardurilor în România

Documentul menționat arată că România are o capacitate redusă de a-și gestiona hazardurile naturale, dar și de a se adapta în urma acestora, clasându-se pe locul 82 (Fig. 2.18.). Referindu-se la indicatorul susceptibilitate structurală, raportul clasează România pe ultimele locuri din Europa, din cauza faptului că nu toată lumea are acces la apă curată și salubritate.

Începutul secolului XXI a găsit România caracterizată de condiții de mediu înrăutățite datorate despăduririlor iraționale, distrugerii sistemului de irigații funcțional în epoca comunistă, accentuării impactului hazardurilor asupra societății, a lacunelor din legislație cu privire la acest subiect etc.

Country	WRI	Rank	Country	WRI	Rank	Country	WRI	Rank	Country	WRI	Rank
Afghanistan	9.79 %	40.	Eritrea	4.44 %	92.	Mexico	6.35 %	94.	Tonga	28.62 %	2.
Albania	9.96 %	38.	Estonia	2.50 %	159.	Mongolia	3.24 %	147.	Trinidad a. Tobago	7.68 %	65.
Algeria	8.15 %	56.	Ethiopia	7.81 %	62.	Morocco	7.21 %	76.	Tunisia	5.90 %	100.
Angola	6.56 %	88.	Fiji	13.69 %	15.	Mozambique	9.09 %	43.	Turkey	5.68 %	106.
Argentina	3.80 %	133.	Finland	2.74 %	163.	Namibia	5.72 %	104.	Turkmenistan	6.55 %	89.
Australia	7.84 %	79.	France	2.75 %	153.	Nepal	5.69 %	105.	Uganda	6.75 %	83.
Austria	4.57 %	117.	Gabon	6.20 %	96.	Netherlands	8.49 %	53.	Ukraine	3.19 %	149.
Azerbaijan	3.75 %	135.	Gambia	11.84 %	23.	New Zealand	4.44 %	122.	U.A.E. Emirates	2.07 %	165.
Bahamas	6.10 %	98.	Georgia	6.75 %	84.	Nicaragua	15.36 %	14.	United Kingdom	3.65 %	139.
Bahrain	4.17 %	125.	Germany	3.27 %	146.	Niger	11.93 %	22.	U. Rep. o. Tanzania	8.11 %	57.
Bangladesh	1.81 %	166.	Ghana	8.85 %	45.	Nigeria	8.28 %	53.	United States o. A.	3.99 %	127.
Barbados	20.22 %	5.	Greece	7.35 %	72.	Norway	2.31 %	162.	Uruguay	4.12 %	126.
Belarus	1.15 %	171.	Guatemala	1.46 %	169.	Oman	12.22 %	154.	Uzbekistan	8.21 %	47.
Belgium	3.32 %	145.	Guinea	20.75 %	4.	Pakistan	7.25 %	74.	Venezuela	36.31 %	1.
Belize	3.48 %	142.	Guinea-Bissau	8.55 %	49.	Panama	7.69 %	64.	Viet Nam	6.13 %	97.
Benin	6.63 %	86.	Haiti	13.34 %	17.	Papua New Guinea	15.81 %	12.	Yemen	12.88 %	18.
Bhutan	11.42 %	27.	Honduras	11.77 %	24.	Paraguay	3.84 %	129.	Zambia	5.98 %	99.
Bolivia	8.17 %	55.	India	11.96 %	21.	Peru	7.18 %	77.	Zimbabwe	7.44 %	68.
Bosnia and Herzegovina	5.13 %	110.	Indonesia	11.02 %	30.	Philippines	22.98 %	3.			
Botswana	6.63 %	86.	Hungary	5.87 %	107.	Poland	2.33 %	160.			
Brazil	5.21 %	109.	Ireland	1.53 %	168.	Portugal	3.82 %	131.			
Brunei Darussalam	4.30 %	124.	Israel	7.28 %	73.	Qatar	0.10 %	173.			
Bulgaria	15.92 %	11.	Italy	10.74 %	33.	Rep. of Moldova	5.71 %	108.			
Burkina Faso	4.56 %	118.	Iran	4.98 %	112.	Romania	6.78 %	82.			
Burundi	9.74 %	41.	Iraq	4.95 %	113.	Russia	3.83 %	130.			
Cambodia	9.35 %	42.	Ireland	4.50 %	120.	Rwanda	2.60 %	156.			
Cameroon	10.49 %	36.	Israel	2.43 %	160.	Samoa	4.51 %	119.			
Canada	17.17 %	8.	Italy	4.82 %	116.	S. Tome a. Principe	3.40 %	143.			
Cape Verde	11.50 %	26.	Jamaica	12.15 %	20.	Saudi Arabia	1.31 %	170.			
Central African Rep.	3.18 %	150.	Japan	13.53 %	16.	Senegal	11.08 %	29.			
Chad	10.83 %	32.	Jordan	4.90 %	114.	Serbia	7.67 %	66.			
China	6.64 %	85.	Kazakhstan	3.87 %	128.	Seychelles	2.69 %	156.			
Colombia	11.13 %	28.	Kenya	6.96 %	80.	Sierra Leone	10.58 %	35.			
Comoros	12.26 %	19.	Kiribati	1.78 %	167.	Singapore	2.54 %	158.			
Congo	7.05 %	78.	Korea, Republic of	4.89 %	115.	Slovakia	3.69 %	132.			
Costa Rica	6.89 %	81.	Kuwait	3.71 %	136.	Slovenia	3.81 %	132.			
Cote d'Ivoire	7.45 %	68.	Kyrgyzstan	8.50 %	50.	Solomon Islands	18.15 %	6.			
Croatia	7.38 %	71.	Laos P. D. Rep.	5.73 %	103.	South Africa	5.90 %	100.			
Cuba	17.38 %	7.	Latvia	3.51 %	141.	Spain	3.40 %	143.			
Cyprus	9.60 %	44.	Lebanon	5.10 %	111.	Sri Lanka	2.79 %	163.			
Czech Republic	4.35 %	123.	Lesotho	7.22 %	75.	Sudan	7.88 %	58.			
Denmark	6.55 %	89.	Liberia	7.86 %	60.	Suriname	8.62 %	48.			
Dominican Republic	2.81 %	152.	Libyan Arab Jam.	3.80 %	133.	Swaziland	7.84 %	61.			
Dominican Republic	3.67 %	138.	Lithuania	3.73 %	148.	Sweden	2.15 %	164.			
Ecuador	3.09 %	151.	Luxembourg	2.65 %	155.	Switzerland	2.59 %	157.			
Egypt	9.96 %	37.	Madagascar	10.96 %	31.	Syrian Arab Republic	5.68 %	106.			
El Salvador	11.63 %	25.	Malawi	8.18 %	54.	Tajikistan	7.40 %	70.			
Equatorial Guinea	4.47 %	121.	Malaysia	6.53 %	91.	Thailand	6.44 %	92.			
			Mali	8.76 %	46.	Rep. of Macedonia	6.25 %	95.			
			Malta	0.61 %	172.	Timor-Leste	11.13 %	9.			
			Mauritania	8.43 %	52.	Togo	10.64 %	34.			
			Mauritius	15.39 %	13.						

Fig. 2.18. Clasificarea țărilor expuse riscului din raportul mondial al riscurilor realizat de către ONU în anul 2012

Având în vedere datele înregistrate în Baza Internațională de Date referitoare la Dezastre, EM-DAT, de la Centrul de Cercetări ale Epidemiologiei Hazardurilor (CRED) [<http://www.emdat.be/database>], figurile 2.19. – 2.23. oferă o privire de ansamblu asupra hazardurilor care au afectat România în ultimele două secole.

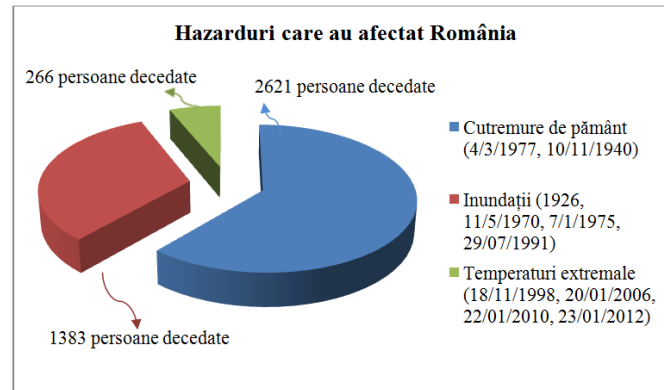


Fig. 2.19. Clasificarea celor mai importante 10 hazarduri naturale ce au afectat România în perioada anilor 1900 – 2013, în funcție de persoanele decedate

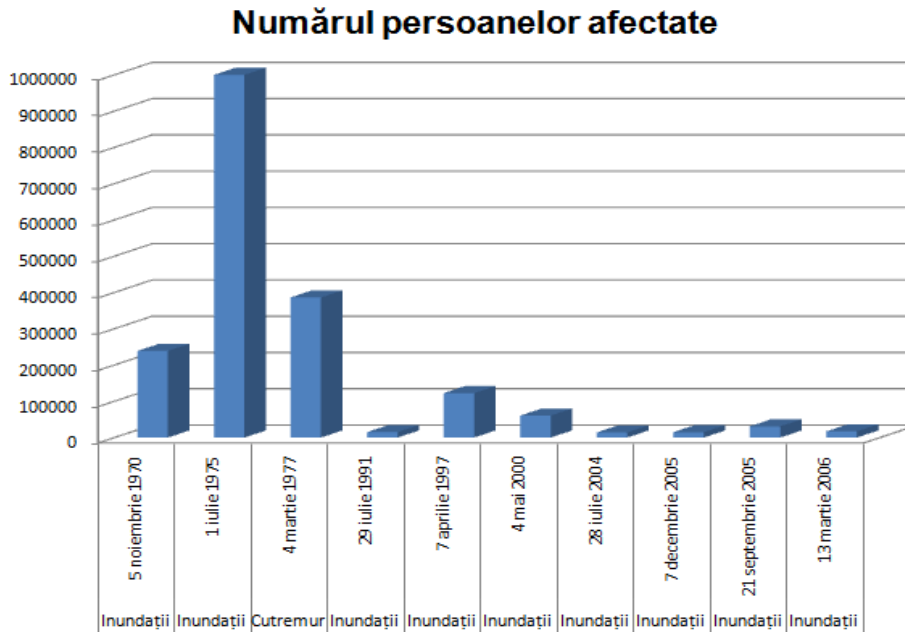


Fig. 2.20. Clasificarea celor mai importante 10 hazarduri naturale ce au afectat România în perioada anilor 1900 – 2013, în funcție de numărul total de persoane afectate

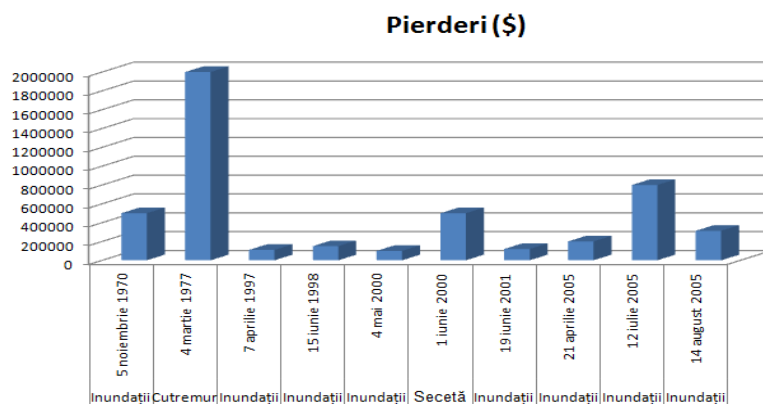


Fig. 2.21. Clasificarea celor mai importante 10 hazarduri naturale ce au afectat România în perioada anilor 1900 – 2013, în funcție de pierderile economice totale

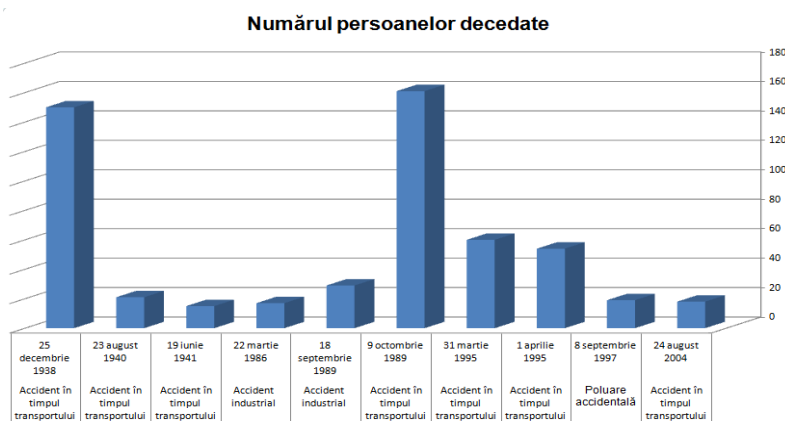


Fig. 2.22. Clasificarea celor mai importante 10 hazarduri tehnologice ce au afectat România în perioada anilor 1900 – 2013, în funcție de persoanele decedate

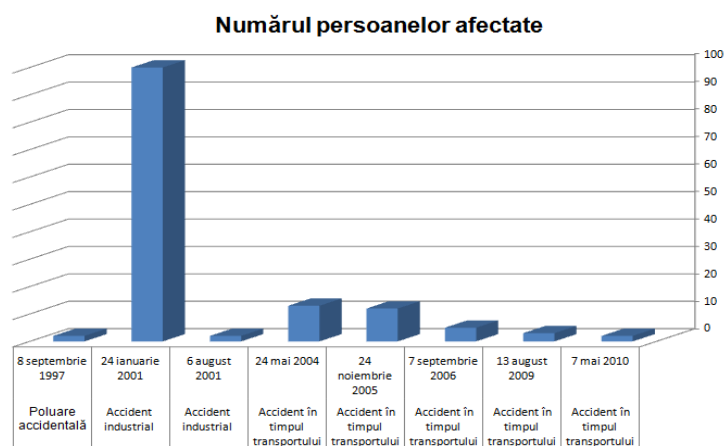


Fig. 2.23. Clasificarea celor mai importante 10 hazarduri tehnologice ce au afectat România în perioada anilor 1900 – 2013, în funcție de numărul total de persoane afectate

2.2. Hazardul–vulnerabilitate, risc, măsuri de combatere

2.2.1. Vulnerabilitatea

În literatura din domeniu există diferite definiții ale vulnerabilității: vulnerabilitatea reprezintă totalitatea condițiilor determinate de factori sau procese fizice, sociale, economice și de mediu care sporesc susceptibilitatea unei comunități de a suferi impactul unui pericol. [93], vulnerabilitatea este definită ca acele condiții determinate de factori fizici, sociali, economici și ecologici sau procese, care intensifică expunerea uneia sau mai multor comunități influenței pericolelor[140], însă cea mai elocventă este aceea dată de Bălteanu [10], mai exact vulnerabilitatea reprezintă măsura în care un sistem poate fi afectat în urma impactului cu un hazard și cuprinde totalitatea condițiilor fizice, sociale, economice și de mediu care măresc susceptibilitatea sistemului respectiv. Vulnerabilitatea pune în evidență cât de mult sunt expuși omul și bunurile sale în fața diferitelor hazarduri și, fiind un fenomen determinat, se exprimă pe o scară cuprinsă între 0 și 1, cifra 1 reflectând distrugerea totală a bunurilor și pierderile totale de vieți omenești din arealul aferent. Vulnerabilitatea este diferită în funcție de modul de echipare și de pregătire a populației. Potrivit raportului ONU, vulnerabilitatea este dată de susceptibilitatea ridicată, lipsa capacității de adaptare la catastrofe naturale și lipsa capacității de gestionare a acestora.

Vulnerabilitatea la dezastre poate fi subdivizată în cauze de bază, presiuni dinamice și condiții nesigure. Impactul unui pericol natural asupra unei comunități va depinde de nivelul de vulnerabilitate și de pregătire al acesteia. [93]

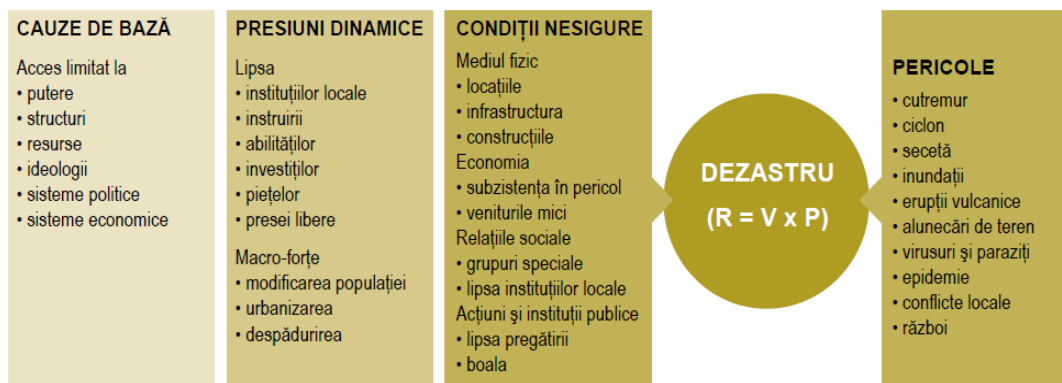


Fig. 2.24. Diagrama presiune și eliberare

Diagrama de Presiune și Eliberare elaborată de către Wisner evidențiază acest aspect în cadrul care plasează dezastrul în centrul presiunii crescânde din partea **vulnerabilității** și a **pericolului** (Fig. 2.24.). Din această diagramă se observă că dezastrul cu care se confruntă societatea – Presiunea, în terminologia lui Wisner – poate fi minimalizată prin reducerea vulnerabilității la mai multe niveluri, inclusiv cel al cauzelor de bază și al schimbărilor sociale etc. Pe scurt, permite o mai mare concentrare asupra convergenței factorilor umani, politici și economici în crearea unui dezastru. [93]

Dezastrele sunt provocate de oameni și pot fi prevenite de aceștia, prin reducerea riscurilor apariției acestora și limitarea efectelor lor, cu alte cuvinte factorul uman are posibilități de acțiune.

În acest sens, primul pas este reprezentat de gândirea și adoptarea unor intervenții pentru reducerea vulnerabilității care trebuie să includă măsuri politice, legale, administrative, de planificare și de infrastructură, și se pot situa la punctul de întâlnire dintre dezvoltare și muncă în situații de urgență [93]. Reducerea vulnerabilității se poate face prin:

- planificarea spațiului și a utilizării terenurilor, îmbunătățiri ale infrastructurii (ex: coduri de construcții, tehnici), monitorizarea anumitor fenomene (ex. monitorizarea alunecărilor de teren prin abordări interdisciplinare);
- managementul durabil al resurselor (ex: sisteme de depozitare a alimentelor în stocuri);
- stabilirea de structuri sociale și organizaționale pentru analiza riscurilor, măsuri preventive și pentru îmbunătățirea reacțiilor la fenomene naturale extreme;
- studierea interdisciplinară a hazardurilor, vulnerabilității și riscului;
- implicarea organizațiilor neguvernamentale în prevenirea riscului de dezastre;
- conceperea unor programe de asigurări astfel încât să crească încrederea clienților în capacitatea pieței de a onora obligațiile în urma unei calamități naturale;
- instruire și promovare pentru populație și instituții. Dezastrele pot fi reduse în mare măsură dacă populația este bine informată privind riscurile la care este expusă și privind eventualele opțiuni și măsuri pe care le poate lua pentru a-și reduce vulnerabilitatea și pentru a se pregăti mai bine. Sensibilizarea opiniei publice cu privire la reducerea riscului de dezastre poate fi consolidată prin difuzarea de informații privind riscurile de dezastre către autoritățile competente și către populațiile locale, pentru a da posibilitatea persoanelor vizate să se protejeze mai bine și să ia măsurile necesare pentru a crește rezistența mijloacelor lor de subsistență în fața dezastrelor. Media poate juca un rol important. Copiii, în special, pot fi sensibilizați cu privire la reducerea riscului de dezastre prin includerea unor materiale referitoare la acest subiect în activitățile formale, informale și informale de educație și de formare, precum și prin facilitarea accesului la informații privind riscurile de dezastre și mijloacele de protecție. [137]

2.2.2. Riscul

Riscul înseamnă estimarea matematică a probabilității producerii de pierderi umane și pagube materiale pe o perioadă de referință, respectiv viitoare și într-o zonă dată, pentru un anumit tip de dezastru. Riscul este definit ca produs între probabilitatea de producere a fenomenului generator de pierderi umane/pagube materiale și valoarea pagubelor produse. [4] O altă definiție consideră riscul ca fiind probabilitatea urmărilor negative și pierderilor prevăzute, care rezultă din interacțiunea fenomenelor periculoase de proveniență naturală și antropogenă și a ț

Riscul implică pierderi de vieți omenești și răni, pagube materiale majore sau efecte de mediu și este cu atât mai ridicat cu cât probabilitatea producerii

hazardurilor este mai mare, iar bunurile materiale aflate sub incidența acestora sunt mai numeroase și mai vulnerabile. [107]

Reducerea eficace a riscului de hazarduri poate limita pierderile umane și materiale. Pe lângă obstacolele generale logistice, manageriale și politice care sunt provocări obținute pentru munca de dezvoltare, trebuie luate în considerare și potențialele obstacole specifice reducerii riscului de hazarduri. Succesul intervențiilor reducerii riscului de hazarduri va depinde într-o oarecare măsură de cooperarea cu autoritățile de la toate nivelurile, precum și cu liderii comunităților, bisericile și alte structuri cu autoritate pe plan local.

Intervențiile de pregătire pentru hazarduri sunt informaționale și de logistică, iar asemenea programe includ:

- conceperea de planuri de urgență, pentru pregătirea și evacuarea la nivel local, național, internațional, bazate pe cele mai recente evaluări ale riscurilor;
- măsuri de infrastructură și logistică, precum adăpostirea în caz de urgență, stocarea de alimente și medicamente;
- întemeierea sau întărirea structurilor locale și naționale de protecție împotriva dezastrelor și a serviciilor de salvare având în vedere promovarea mecanismelor de partajare și de transfer al riscurilor;
- exerciții și instruirii de protecție împotriva dezastrelor;
- sisteme de avertizare timpurie.

La ora actuală, în literatura tot mai bogată existentă, este definită reducerea riscului de dezastre (RRD) al cărei scop este îndepărtarea de la vechea concepție despre dezastre ca fiind factori externi vieții și activității umane. Reducerea riscului de dezastre definește nivelul de vulnerabilitate și capacitatea individului uman vizavi de pericole potențiale, și are ca scop limitarea efectelor prin îmbunătățirea abilităților individuale de a se pregăti și de a se apăra pentru a face față pericolelor. [93] Creșterea gradului de rezistență la dezastre se bazează pe cunoștințe privind modalitățile de gestionare a riscului, de consolidare a capacităților și utilizare a tehnologiei informației și comunicațiilor, precum și a instrumentelor de observare a pământului. [137] În plus, reducerea eficace a riscului de dezastre necesită o bază instituțională solidă, care poate fi consolidată și mai mult, de exemplu prin consolidarea capacităților, prin bună guvernare, promovarea politicilor și a legislației adecvate, prin facilitarea informațiilor și prin mecanisme eficace de coordonare. Dialogul multilateral cu părțile interesate ar trebui formalizat în cadrul unor platforme naționale care să ofere orientare politică și să coordoneze activitățile. De asemenea, este importantă consolidarea capacității sistemului internațional de a transpune în practică angajamentele internaționale și de a coordona răspunsurile donatorilor UE, pentru a maximiza eficacitatea ajutorului. [137]

Dintre caracteristicile procesului de reducere a riscului de dezastre, se menționează următoarele:

- reducerea riscului de dezastre este un proces puțin vizibil și îndelungat, fără garanția unor recompense tangibile pe termen scurt pentru guverne, agenții sau ONG-uri. Rezultatul pozitiv – absența dezastrului – nu atrage atenția presei sau susținerea populației;
- măsurile de prevenire pot fi în mod greșit percepute de guverne și/sau alte autorități ca fiind factori de cost în loc de investiții profitabile. Conștientizarea și susținerea beneficiilor și a eficienței economice a prevenirii ar putea înlesni această situație;
- ajutoarele externe și măsurile reconstructive așteptate în caz de dezastru pot fi percepute de autorități ca fiind „gratuite”, în măsura în

care aceste pot proveni de la terți. Un program permanent de reducere a vulnerabilității poate reprezenta costuri mai directe și mai tangibile;

- relațiile publice și mass-media favorizează poveștile mai puternice, imaginile mai grăitoare. Atenția media poate influența, într-o oarecare măsură, tactica guvernamentală privind alegerea măsurilor populiste, pe termen scurt;
- incertitudinea privind producerea unui fenomen natural extrem împiedică adesea factorii de decizie să investească fondurile existente limitate în măsuri de reducere a riscurilor;
- unele instituții locale politice și economice cu tradiție pot stânjeni sau devia intervențiile în caz de risc de dezastre [93]

Negocierile derulate în contextul Convenției-cadru a Organizației Națiunilor Unite privind schimbările climatice (CCONUSC), în special Planul de acțiune de la Bali, adoptat în 2007, au identificat reducerea riscului de dezastre ca fiind unul dintre mijloacele de adaptare la schimbările climatice, în vederea reducerii impactului acestora, precum și ca o măsură complementară eforturilor pe termen lung de atenuare a schimbărilor climatice. [139] De aceea, s-a avut în vedere elaborarea unei strategii îmbunătățite de reducere a riscului de dezastre, cu obiectivul general de a contribui la dezvoltarea durabilă și la eradicarea sărăciei prin reducerea dificultăților pe care le determină dezastrea pentru țările și grupurile de populație cele mai sărace și mai vulnerabile. Deci, această strategie vizează punerea în aplicare a unor abordări globale în domeniul reducerii riscului de dezastre în contrast cu abordarea care viza în principal răspunsul în caz de dezastre. Însă eficacitatea acțiunii UE este afectată de o serie de factori, precum:

- *lipsa unor cadre politice și strategice privind reducerea riscului de dezastre.* Deși cadrul de la Hyogo oferă un cadru orientativ coerent privind reducerea riscului de dezastre, acesta nu este ușor de utilizat în vederea cooperării pentru dezvoltare. De exemplu, contextul regional este menționat în trecere, în ciuda avantajului comparativ și al economiilor de scară care pot fi obținute în urma acțiunii regionale. Până în prezent, numai Regatul Unit și Suedia au dezvoltat o politică/strategie specifică în domeniul reducerii riscului de dezastre, însă și alte state membre intenționează să facă acest lucru. Într-adevăr, în prezent, aproximativ 10 state membre și Comisia își intensifică sprijinul individual pentru reducerea riscului de dezastre. În mod inevitabil, aceasta va duce la o mai mare fragmentare și/sau suprapunere a eforturilor, în lipsa unei strategii la nivelul UE care să orienteze aceste eforturi;
- *lipsa unei poziții comune.* În prezent, UE nu are o poziție comună în ceea ce privește reducerea riscului de dezastre, deși punctul său de vedere în acest domeniu este, în mod clar, convergent. Reducerea riscului de dezastre trebuie să fie inclusă în dialogul politic dintre UE și țările în curs de dezvoltare, iar eficacitatea sa va fi maximă dacă mesajul UE este coerent și coordonat. De exemplu, a fost evidentă lipsa unei prezențe distincte și coordonate a UE în cadrul primei Platforme globale pentru reducerea riscului de dezastre (2007). CCONUSC reprezintă un alt for în care ar fi necesară o poziție coordonată a UE privind reducerea riscului de dezastre și schimbările climatice;
- *progrese limitate în ceea ce privește integrarea reducerii riscului de dezastre.* Având în vedere riscul pe care dezastrea îl reprezintă în ceea ce privește dezvoltarea, reducerea riscului de dezastre trebuie să fie mai

bine integrată în cooperarea pentru dezvoltare a UE, însă progresele au fost, până acum, inegale și limitate și trebuie îmbunătățite;

- *o relaționare limitată între reducerea riscului de dezastre și schimbările climatice.* Reducerea riscului de dezastre constituie o parte esențială a unei adaptări de succes la schimbările climatice, iar o politică eficace de reducere a riscului de dezastre trebuie să ia din ce în ce mai mult în considerare evoluțiile referitoare la riscurile asociate acestor schimbări. Cu toate acestea, în mod practic, beneficiile și sinergiile rezultate din stabilirea unei legături între reducerea riscului de dezastre și adaptare nu sunt identificate și valorificate în mod sistematic.

Toate cele menționate anterior sugerează că o strategie a UE de sprijinire a reducerii riscului de dezastre în țările în curs de dezvoltare ar oferi UE direcția strategică ce îi lipsește în prezent, canalizând, în același timp, toate eforturile depuse în prezent în acest domeniu în UE și permițând o exploatare mai coerentă și mai coordonată a beneficiilor și a sinergiilor, inclusiv a celor legate de coerența politicii, evitarea suprapunerii eforturilor, raportul eficacitatea costurilor, eficiență și schimbul celor mai bune practici. [137]

2.3. Discuții

Din analiza figurilor 2.19. – 2.21. reiese susceptibilitatea României la hazardurile naturale și faptul că autoritățile sunt insuficient pregătite pentru gestionarea unor astfel de situații. Exceptând dificultățile de aplicare a strategiilor la nivelul Uniunii Europene, în țara noastră trebuie avute în vedere o serie de probleme particulare, precum programe de consolidare a clădirilor cu risc ridicat de prăbușire la cutremure din orașele importante; reabilitării termice și funcționale a blocurilor din panouri mari prefabricate; fluidizarea traficului și montarea unor panouri de antifonare; colectarea selectivă a deșeurilor cât și construirea de fabrici unde acestea pot fi colectate; reciclate sau incinerate pentru a obține energie (cum este cazul polistirenului); renunțarea la îndiguirea generalizată a albiilor majore și a luncilor și realizarea polderelor, ca spații de „respiro” în perioadele cu inundații; realizarea lucrărilor antierozionale în bazinele de recepție ale râurilor, decolmatarea albiilor minore și interzicerea oricărui gen de construcții în apropierea acestora.

Figurile 2.22. și 2.23. reliefează o pondere crescută a hazardurilor tehnologice, însă doar până la începutul secolului XXI. Aceasta se datorează faptului că, înainte și în timpul erei comuniste, România era o țară puternic industrializată. O dată cu globalizarea a scăzut competitivitatea industriei, nemaifiind atrase investiții noi, s-a produs declinul pe acest segment, explicându-se astfel și micșorarea accidentelor industriale.

Este evident faptul că inginerii, indiferent de specializarea lor, ingineri pe probleme de mediu, ingineri civili sau geodezi, au un rol cheie în asigurarea dezvoltării durabile. Societatea trebuie să se îndrepte spre prevenirea problemelor de mediu cu ajutorul dezvoltării unor soluții noi, pro active date de către ingineri.

3. ANALIZA GENERALĂ A FENOMENELOR DE ALUNECARE DE TEREN

Alunecările de teren, încadrate în categoria hazardurilor geomorfologice, sunt descrise prin caracteristicile lor: elementele și dimensiunile lor, mecanismul de producere, viteza și distanța de deplasare, structura masivului afectat și probabilitatea de a se produce într-un interval de timp dat.

3.1. Elementele și fazele unei alunecări de teren

3.1.1. Definirea și descrierea elementelor specifice alunecărilor de teren

Alunecările de teren sunt fenomene geodinamice de restabilire a echilibrului natural al versanților, prin deplasarea lentă, uneori rapidă, a unei părți din versant, ca rezultat al unor procese fizico-mecanice de durată.

Noțiunea de alunecare de teren este legată de o serie de procese fizico-mecanice, care se desfășoară pe un ciclu de stări de echilibru al versantului. Astfel, procesele fizico-mecanice pregătitoare, cu cea mai mare durată, ce se desfășoară sub acțiunea cauzelor alunecărilor de teren, pleacă de la starea de echilibru al versantului; în continuare are loc procesul propriu-zis al alunecării de teren, ce corespunde stării de pierdere a echilibrului natural, urmată de restabilirea acestuia, de cele mai multe ori cu caracter temporar, realizată prin noua formă de relief apărută pe versant.

Principalele elemente de definire a unei alunecări de teren sunt prezentate schematic în figura 3.1. și constau în:

- **suprafața de alunecare (1)**: este elementul de-a lungul căruia se produce procesul propriu-zis de alunecare; forma suprafeței de alunecare este foarte diferită, în funcție de unele elemente precum structura geologică a versantului, tectonica acestuia, natura litologică, stratificație, fisurația, prezente în versanți. În majoritatea cazurilor suprafața de alunecare este bine conturată, dar există situații în care se poate vorbi chiar de o zonă a suprafeței de alunecare, cu o anumită grosime, fără posibilitatea de a contura clar o suprafață de-a lungul căreia să se producă deplasarea;
- **fața de desprindere (2)**: este o parte a suprafeței de alunecare ce rămâne la zi, după efectuarea procesului de alunecare. În raport cu panta suprafeței de alunecare, fața de desprindere are o înclinare mai mare, uneori fiind chiar verticală, de unde și denumirea folosită uneori, de „treaptă de desprindere”. Fața de desprindere este, pe teren, primul element cunoscut al suprafeței de alunecare;
- **masa alunecătoare (3)**: se deplasează în aval, odată cu începerea procesului de alunecare și este separată de **roca în loc (5)** prin suprafața de alunecare;

- **suprafața terenului înainte de alunecare (4);**
- **fruntea alunecării (coronament) (6):** reprezintă conturul zonei alunecate pe linia de formare a feței de desprindere;

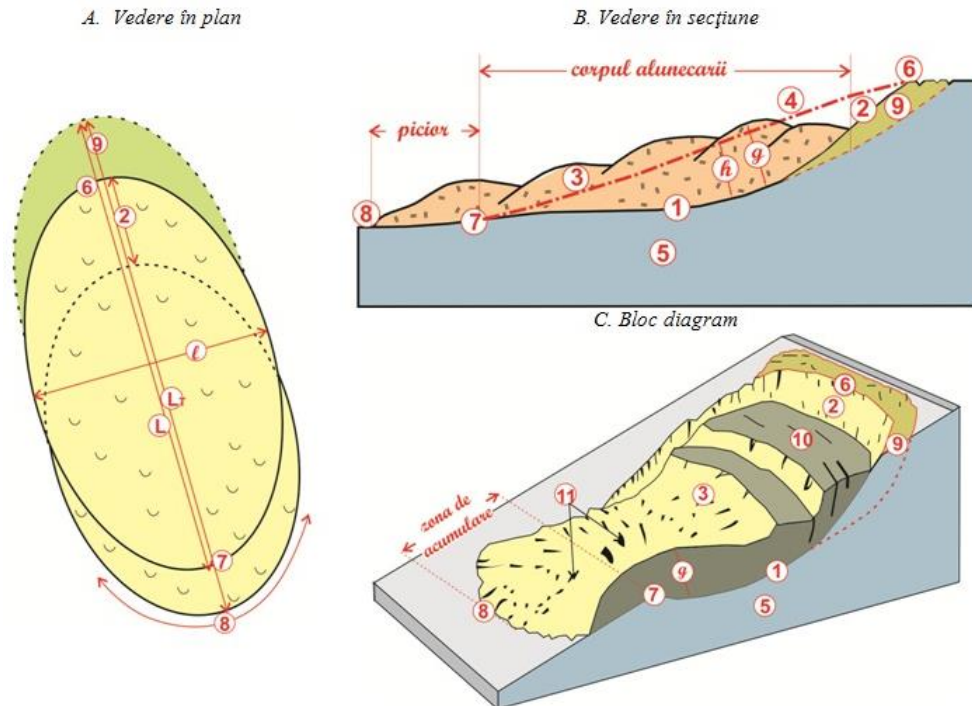


Fig. 3.1. Principalele elemente ale unei alunecări de teren [144]

- **piciorul alunecării (7):** reprezintă intersecția din aval, dintre suprafața de alunecare și suprafața morfologică inițială, neafectată de alunecare;
- **baza alunecării (8):** este partea terminală din aval a masei alunecătoare, care poate sau nu să se suprapună cu piciorul alunecării;
- **teren cu potențial de instabilitate (9):** zona din masiv ce urmează a fi antrenată în alunecare;
- **terasa alunecării (10):** reprezintă partea de material alunecător cuprins între cele două rupturi;
- **fișurile și crevasele (11):** sunt rupturi în masa rocii individualizate prin fante importante de diverse forme în funcție de solicitarea predominantă ce le-a produs. Se disting trei mari tipuri de fisuri: fisuri prin solicitare la întindere, fisuri de solicitare la forfecare, fisuri prin solicitare de compresiune;
- **lungimea alunecării (L):** este distanța între coronament și baza alunecării;
- **lățimea alunecării (I):** cuprinsă între cele două margini, este perpendiculară pe lungime și se estimează ca o valoare medie având în vedere ansamblul zonei alunecate;
- **lungimea totală a alunecării (L_t):** este dată de distanța măsurată între fruntea și baza alunecării, de regulă pe linia de cea mai mare

- pantă; în cazul în care alunecarea urmează cursul unei văi, lungimea alunecării se măsoară în lungul cursului de apă;
- **adâncimea alunecării (h)**: este distanța între suprafața de alunecare și terenul natural;
 - **grosimea alunecării (g)**: este distanța între suprafața de alunecare și partea superioară a acumulatului.

Cel mai important element al unei alunecări de teren este suprafața de alunecare care află la o anumită adâncime și are o anumită formă geometrică. Cele mai multe alunecări de teren au suprafața de alunecare la câțiva metri sau, uneori, la câțiva zeci de metri adâncime. Acestea sunt și adâncimile practice pentru care activitatea inginerească preconizează soluții tehnice de stabilizare a alunecărilor. La unele alunecări de teren se pot întâlni mai multe suprafețe de alunecare, situate succesiv la diferite adâncimi. Cercetarea geologică de teren trebuie în acest caz să identifice cea mai adâncă suprafață de alunecare, cea de la contactul cu roca în loc. Dacă acest obiectiv nu se realizează, măsurile tehnice de stabilizare a alunecării nu pot fi eficiente. [46]

Forma geometrică a suprafeței de alunecare este determinată de condițiile geologice, între care stratificația, sistozitatea, fisurația, faliile și contactele dintre diferite formațiuni geologice joacă un rol de prim ordin. Luând în considerare aceste elemente de discontinuitate existente în versant sau taluz, suprafața de alunecare are în multe cazuri forma plană. Dacă o alunecare se formează într-un masiv omogen, lipsit de stratificație, sau stratificat dar cu grosimi mari ale straturilor, suprafața de alunecare este curbilinie, cilindrică-circulară, având concavitatea orientată spre masa alunecătoare.

Dimensiunile în plan ale unei alunecări sunt definite prin lățimea și prin lungimea totală a alunecării și de către adâncimea alunecării, între care există raportul dat de relația (3.1.). *Lățimea alunecării* este distanța dintre fețele laterale stânga și dreapta. *Lungimea totală* este zona cuprinsă între fruntea alunecării și baza alunecării, măsurată după linia de cea mai mare pantă. Ca ordin de mărime, lungimea unei alunecări de teren este de câteva zeci sau sute de metri, uneori chiar câțiva km, iar lățimea se măsoară de regulă în zeci de metri, sau sute de metri la fenomenele de amploare. *Adâncimea alunecării* este distanța dintre suprafața de alunecare și suprafața terenului natural.

$$\frac{D}{L} = \frac{\text{adâncime a alunecării}}{\text{lungimea totală a alunecării}} \quad (3.1)$$

3.1.2. Fazele unei alunecări de teren

Modelul conceptual de formare și evoluție a unei alunecări de teren este redat în graficul din figura 3.2..

O alunecare de teren începe de fapt odată cu acțiunea primei cauze, plecând de la timpul zero care se consideră la începutul acțiunii cauzelor, proces care poate dura mai mulți ani sau mai multe zeci de ani. Privite în acest mod, alunecările de teren sunt procese geodinamice lente și foarte lente care, având o determinare fizico-mecanică, se extind pe o perioadă mare de timp.

Toate alunecările de teren, cu excepția celor provocate de cutremurele de pământ sau de explozii, sunt precedate de o serie de deformații ale terenului, care apar ca rezultat al unor deplasări locale. Viteza de alunecare depinde de cauzele care produc alunecarea și de intensitatea lor. Viteza în faza lentă de alunecare este

cel mai potrivit criteriu de apreciere a evoluției viitoare a procesului de alunecare deoarece crește progresiv în timp.

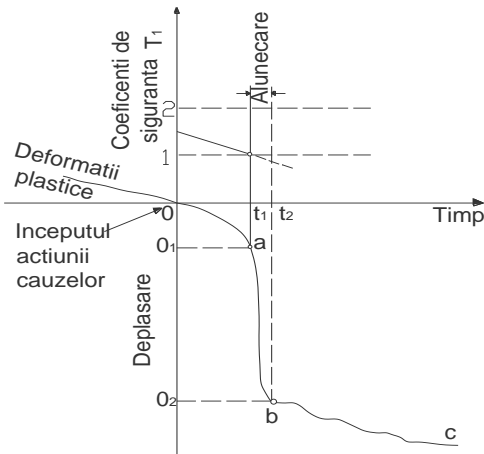


Fig. 3.2. Fazele unei alunecări de teren

O alunecare de teren are, în principiu trei faze:

- **faza lentă a alunecării:** este reprezentată de porțiunea Oa a curbei de variație a deplasării în timp. În această fază, în masiv au loc deformații plastice care duc treptat la cedări locale. Aceste deformații au drept rezultat

reducerea progresivă a coeficientului de siguranță privind stabilitatea versantului sau taluzului până la valoarea critică $\eta=1$. În faza lentă de alunecare deplasarea este în general mică (distanța OO_1 din Fig. 3.2.), iar durata acțiunii cauzelor este cea mai mare în comparație cu celelalte faze ale alunecării (Ot_1 , Fig. 3.2.);

- **faza alunecării propriu-zise:** are o durată mult mai mică în comparație cu cea precedentă (t_1-t_2), iar deplasarea este foarte mare (O_2-O_1);
- **faza de stabilizare pe cale naturală:** a unei alunecări de teren are o durată în general mică, mai mică decât cea din faza lentă, dar mai mare decât faza alunecării propriu-zise. Distanța de deplasare a masei alunecătoare este, de regulă, mai mică decât în faza precedentă

În faza alunecării propriu-zise viteza de alunecare variază în limite mult mai largi. Încercând o clasificare a vitezei alunecărilor de teren, Highway Research Board din Statele Unite admite că $v > 0,3 \text{ m/s}$ pentru cele mai rapide alunecări și $v < 1,5 \text{ m/an}$ pentru alunecările foarte lente. La alunecările obișnuite, după K. Terzaghi, vitezele sunt mai mici de $0,3 \text{ m/oră}$. Se poate concluziona, deci, că viteza de alunecare poate varia, ca ordin de mărime, de la mm/an la m/s .

3.2. Criterii de clasificare a alunecărilor de teren

Cele mai multe criterii de clasificare țin seama, în principal, de elementele geometrice ale alunecărilor dar sunt luate în considerare și alți parametri.

3.2.1. Forma și adâncimea suprafeței de alunecare

După acest criteriu alunecările de teren se clasifică în alunecări circular-cilindrice, alunecări de translație (pe suprafețe plane) și alunecări pe suprafețe de formă oarecare (Fig. 3.3).

Alunecările circular – cilindrice sunt caracteristice versanților cu structura omogenă din punct de vedere litologic și geotehnic.

Alunecările de translație se produc pe suprafețele plane ale unor straturi cu rezistența la forfecare redusă (exemplu: un strat de argilă care se poate înmuia după o perioadă de precipitații sau datorită pierderilor prin infiltrații de apă din rețelele de apă sau canalizare).

Alunecările care se produc pe o suprafață oarecare sunt cele mai frecvente și, de regulă, deplasarea are loc pe suprafețele care delimitează deluviile de roca de bază. În această categorie sunt cuprinse și alunecările mixte, care în partea superioară, de exemplu, sunt de formă circular-cilindrică și se continuă spre aval pe suprafețe plane. Din aceste alunecări iau naștere și alunecările retrograde, cu formare de grabene.

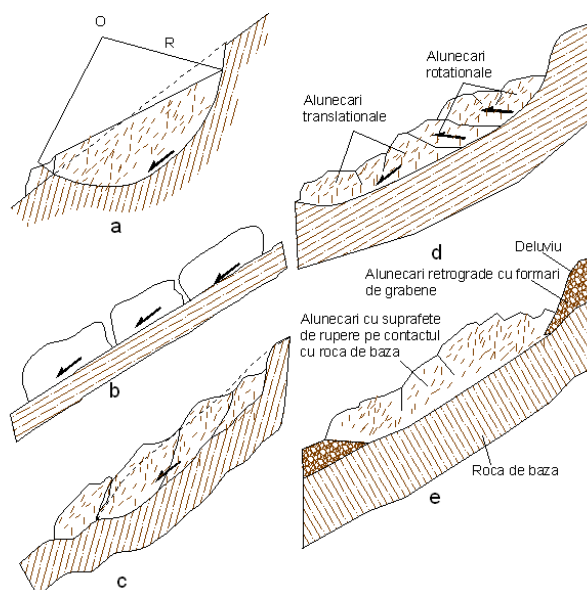


Fig. 3.3. Clasificarea alunecărilor de teren după forma suprafețelor de rupere: a-circular cilindrice, b-de translație, c-după o suprafață de rupere oarecare, d-mixte, e-retrograde

Clasificarea alunecărilor după adâncimea maximă la care se situează suprafața de rupere este convențională și separă alunecările de teren conform tabelului 3.1.

Tabelul 3.1. Clasificarea alunecărilor în funcție de adâncimea acestora

Tipul de alunecare	Adâncimea suprafeței de alunecare
Superficială	$H_{\max} < 1\text{m}$
De mică adâncime	$H_{\max} \in [1, 5]\text{m}$
Adâncă	$H_{\max} \in [5, 20]\text{m}$
Foarte adâncă	$H_{\max} > 20\text{m}$

3.2.2. Sensul de deplasare a frontului de desprindere

Desprinderea masei de roci care alunecă poate începe de la bază sau din zona mediană a versantului și să se extindă către partea superioară a acestuia, prin

desprinderea în continuare, felie cu felie, a noi volume de rocă. Este posibil, însă, ca alunecarea să înceapă de la partea superioară a versantului iar masa de rocă care alunecă să supraîncarce versantul în zona imediat inferioară și să producă dezechilibrul acestuia, suprafața zonei afectată de alunecare putându-se extinde până la baza versantului.

În funcție de sensul de deplasare a frontului de desprindere, alunecările se clasifică în alunecări de tip deplasiv și alunecări de tip detrusiv.

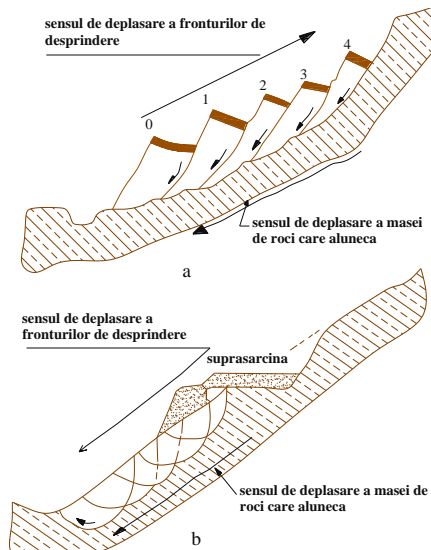


Fig. 3.4. Clasificarea alunecărilor de teren după sensul de extindere a acestora: a - alunecări deplasive, b - alunecări detrusive.

Alunecările de tip deplasiv sau regresive se produc atunci când frontul de desprindere al masei de roci care alunecă se deplasează către partea superioară a versantului (Fig. 3.4.a). Principalele cauze care favorizează acest tip de alunecare sunt eroziunile sau excavațiile executate la baza versanților. **Alunecările de tip detrusiv sau progresive** se datorează în special supraîncărcării versanților, încep de regulă din zona supraîncărcată și se extind către baza versantului. Schema de desfășurare a unei alunecări de tip detrusiv este arătată în figura 3.4.b.

3.2.3. Viteza de deplasare a masei alunecate

Una dintre multele clasificări ale deplasărilor maselor de roci la suprafața terenului în funcție de viteza de mișcare este cea propusă de către C.F.S.Sharpe și F.B.Eckel conform tabelului 3.2.

Tabelul 3.2. Clasificarea alunecărilor în funcție de viteza de mișcare

Caracterizarea deplasării	Viteza de deplasare	Tipul de deplasare
Extrem de rapidă	$V > 3\text{m/s}$	Prăbușiri de roci
Foarte rapidă	$V = 3\text{m/s} \div 0,3\text{m/min}$	Alunecare propriu-zisă
Rapidă	$V = 0,3\text{m/min} \div 1,5\text{m/zi}$	
Moderată	$V = 1,5\text{m/zi} \div 1,5\text{m/lună}$	
Lentă	$V = 1,5\text{m/lună} \div 1,5\text{m/an}$	
Foarte lentă	$V = 1,5\text{m/an} \div 0,06\text{m/an}$	
Extrem de lentă	$< 0,06\text{m/an}$	Creeping (curgerea lentă a deluviului)

Prăbușirile și răsturnările sunt fenomene care se pot produce atât în cazul masivelor de roci stratificate și fisurate (Fig. 3.5.b) cât și în cazul masivelor de pământ (Fig. 3.5.a). Încadrarea acestor fenomene fizico – geologice în categoria alunecărilor de teren este posibilă doar într-un cadru mai larg deoarece desprinderea și căderea liberă a materialului de pe versanții abrupti se produce, în general, fără alunecare, ele sunt prezentate datorită impactului lor.

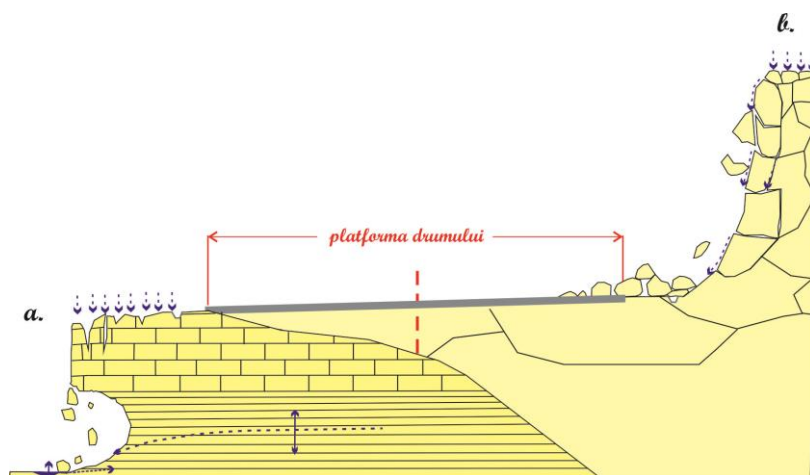


Fig. 3.5. Prăbușiri de roci de pe versanți puternic fisurați [144]
a – pământuri (roci) cu rezistențe diferite la eroziune/alterare; b – masive fisurate

În cazul masivelor de rocă prăbușirile sunt datorate pătrunderii apei pe planurile de stratificație și/sau fisurație și a acțiunii de îngheț – dezgheț a acesteia. Se dezvoltă în general pe adâncimi relativ mici egale cu grosimea zonei de alterare dar, în cazul în care masivul este afectat de fenomene tectonice (fisuri, falii, sariaj etc.) se pot dezvolta și în profunzimea masivului.

În cazul masivelor de pământ apele de suprafață se infiltrează prin crăpături iar acțiunea efectului de îngheț – dezgheț duce la desprinderea de blocuri din acesta. De asemenea, acțiunea erozională a apelor ce curg la baza versantului (rambleului) poate duce la crearea de caverne și în final la prăbușirea masivului de pământ. [25]

Alunecările propriu-zise se clasifică, la rândul lor, în alunecări rotaționale, de translație și cedări laterale.

Alunecările rotaționale (Fig. 3.6.) pot fi:

- alunecări rotaționale simple – cu o singură suprafață de alunecare, concavă, uneori (de ex. în argilele moi) aproximativ circulară. În cazul în care nu sunt stabilizate se pot extinde și transforma în alunecări multiple;
- alunecările rotaționale multiple – sunt provocate inițial de o alunecare simplă evoluând ulterior (progresiv sau retrusiv) pe mai multe planuri de alunecare;
- alunecări rotaționale succesive – sunt caracterizate de un număr de alunecări rotaționale de suprafață. Au în general un caracter retrusiv evoluând de la baza versantului spre partea superioară.

Alunecările rotaționale se formează în depozite omogene, au o lungime limitată și se produc pe taluzuri relativ abrupte.

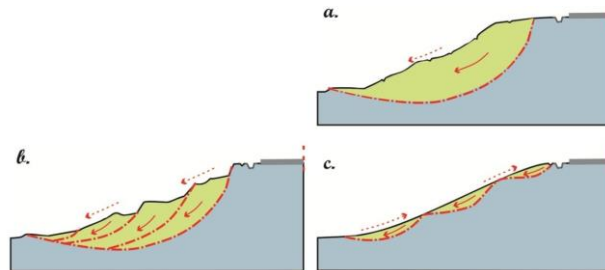


Fig. 3.6. Alunecări rotaționale [144]
a – simplă progresivă, b – multiplă progresivă, c – succesivă retrusivă

Deplasările nu se produc pe plane preexistente ci pe suprafețe noi de alunecare care împart masa alunecătoare în blocuri. La piciorul taluzului înclinarea suprafeței de alunecare poate fi inversă înclinării taluzului ceea ce conduce la ridicarea stratelor. Acest tip de alunecări pot avea mărimi diferite și stadii diferite de dezvoltare. În excavațiile artificiale (de ex. taluzurile de debleu) sau pe taluzurile de rambleu ele pot începe sub forma unor eroziuni sau ravenări de câțiva metri cubi și pot evolua până la zeci de metri cubi. În schimb pe formele geomorfologice proeminente (dealuri, maluri etc.) alunecările pot să antreneze milioane de metri cubi de material.

Alunecările pământurilor coezive sau ale rocilor neconsolidate sau slab consolidate pot crește progresiv fie prin avansare spre baza pantei (alunecări progresive sau detrusive) fie prin extindere regresivă către partea superioară a versantului (alunecări deplasive sau retrusive). De obicei, extinderea regresivă are loc în lungul unor suprafețe parțial cilindrice dar întreaga zonă este ondulată neregulată, iar suprafața de alunecare rezultată nu prezintă o formă cilindrică normală.

Adâncimea și forma alunecării se adaptează după structura geologică a versantului, după condițiile locale și după vârsta alunecării.

Alunecările de translație (Fig. 3.7.) pot fi împărțite la rândul lor:

- în blocuri sau în plăci (simple și multiple) și
- cedări laterale.

Alunecările multiple de translație sunt în general declanșate de alunecări simple însă numărul de alunecări succesive care iau naștere este cu atât mai mare cu cât coeziunea materialului este mai ridicată. Ele se dezvoltă de obicei de la baza pantei în sus pe măsură ce apele superficiale pătrund în teren prin fisurile de creastă înrăutățind calitățile de rezistență ale terenului. Un exemplu de alunecare de translație este deplasarea materialului deluvial pe roca de bază.

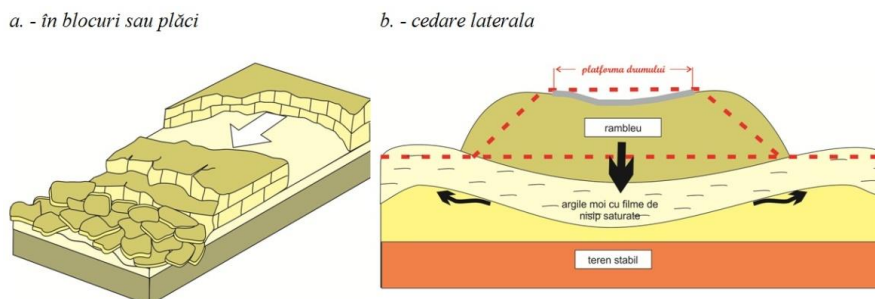


Fig. 3.7. Schema unor alunecări de translație [144]

Cedările laterale se produc de regulă în masivele coezive neconsolidate, cu intercalații de nisip saturate care sunt supuse într-un timp redus unor sarcini verticale mari. (Fig. 3.7.b).

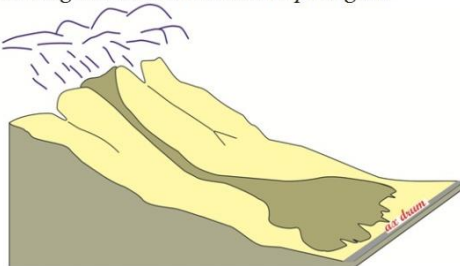
Curgerile sunt caracterizate prin faptul ca nu au o suprafață clară de rupere, se deplasează pe distanțe mari, au forme alungite și comportare de fluid vâscos (Fig. 3.8.). Pot fi:

- curgeri de noroi (mud flow);
- curgeri de roci (debris flow);
- curgeri lente (creep).

Curgerile de noroi sau de roci se produc în general în zonele cu diferențe mari de altitudine și apar atunci când în urma precipitațiilor abundente și/sau de lungă durată sau a topirii zăpezilor apa se amestecă cu masa de material aflată pe versant: fragmente de rocă prinse în matrice (în cazul curgerilor de roci) sau pământ (în cazul curgerilor de noroi) transformând-o într-un material vâscos, fără coeziune. În cazul în care în masa de material aflată pe versant se află un procent important de nisip, sub acțiunea unor șocuri dinamice, se pot produce și curgeri uscate. Suprafața de curgere este în general delimitată de profilul unor văi torențiale abrupte, pe care, ulterior, fenomenul de curgere le remodelează.

Curgerile lente (creep) sunt caracterizate printr-o rată a relației „deformație – timp” a masivului foarte lentă fapt ce conduce la o mișcare a acestuia descendentă, constantă, dar aproape imperceptibilă. Cauza mișcării este reprezentată de un efort de forfecare suficient pentru a produce deformații plastice permanente, dar insuficient pentru rupere caz în care fenomenul s-ar transforma într-o alunecare sau curgere propriu-zisă. Din acest motiv curgerile lente sunt în general caracteristice masivelor de pământ cu plasticitate mare (de ex. pământurile cu umflări și contracții mari) dar pot apărea și în alte tipuri de pământuri atunci când masa sollicitată la forfecare este supusă unei presiuni normale mai mică decât limita de rupere. În multe situații curgerile lente au precedat declanșarea unor alunecări sau curgeri propriu-zise dar există și foarte multe exemple când mișcarea masivului a rămas doar în domeniul deformațiilor plastice (domeniul Oa din Fig. 3.2.).

a. bloc diagram al unei alunecări tip curgere



b. secțiune printr-o alunecare tip curgere

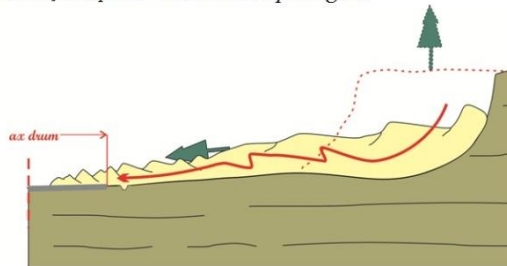


Fig. 3.8. Schema unei alunecări de tip curgere de noroi sau de roci [144]

Curgerile lente se pot produce atât la suprafața masivului cât și în profunzime în acest caz fiind cunoscute sub denumirea de „deep creep”. Deoarece curgerile lente nu au drept cauză principală panta versantului le face să poată să apară și pe versanți cu pante relativ reduse ($5 - 7^\circ$). În general, atunci când curgerile lente se produc la partea superioară a masivului ele pot fi identificate prin văluriri ale terenului fără suprafețe clare de rupere și prin copaci sau construcții antropice (garduri, ziduri, stâlpi etc.) înclinați. Deși sunt clasificate ca fiind alunecări „foarte

lente" – „extrem de lente" efectele asupra construcțiilor și implicit asupra corpului drumului pot fi, în timp, mai devastatoare decât ale curgerilor de noroi sau de rocă. În cazul acestora din urmă, în funcție de poziția drumului față de corpul alunecării, efectele pot fi de la reduse până la critice (distrugerii totale).

3.2.4. Natura rocii afectată de alunecare

După natura rocilor din versantul sau taluzul afectat alunecările de teren se clasifică astfel:

- **alunecări care afectează numai deluviile** (Fig. 3.9.a);
- **alunecări pe contactul dintre deluviu și rocă de bază** (Fig. 3.9.b);
- **alunecări care afectează în principal roca de bază** (Fig. 3.9.c).

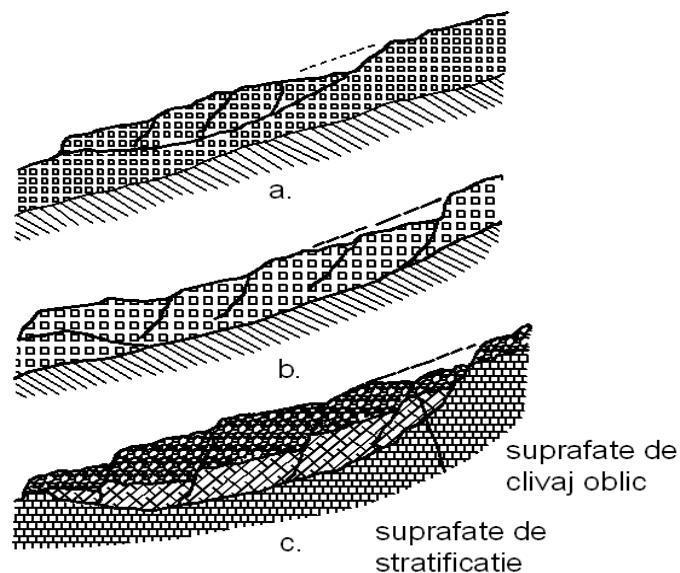


Fig. 3.9. Clasificare după natura rocilor

3.2.5. Orientarea suprafeței de alunecare față de stratificația rocilor

În funcție de orientarea suprafeței de alunecare față de stratificația rocilor, se deosebesc următoarele tipuri de alunecări:

- **alunecări consecvente** (Fig. 3.10.a), când înclinarea suprafeței de alunecare este în același sens cu cea a suprafețelor de stratificație ale rocilor, în această categorie intrând și alunecările formațiunii acoperitoare de pe roca de bază, au un potențial de instabilitate mai mare decât cele care înclină în sens contrar pantei versantului;
- **alunecări insecvente sau obsecvente** (Fig. 3.10.b), când înclinarea suprafeței de alunecare este orientată în sens invers față de stratificație, extinzându-se adânc în versant;
- **alunecări asecente** (Fig. 3.10.c), când nu se poate stabili un raport clar între orientarea înclinării suprafeței de alunecare și stratificația rocilor, se produc, în principal, în depozite omogene de roci moi sau stâncoase.

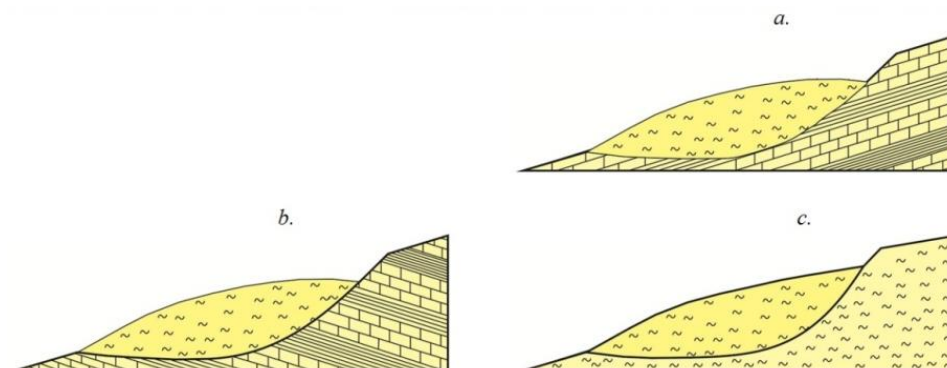


Fig. 3.10. Clasificarea alunecărilor de teren după înclinarea suprafeței de alunecare față de stratificația rocilor: a - consecvente; b - insecvente; c - asecente. [144]

3.2.6. Starea fizică a rocilor din masa alunecată

Masele de roci în mișcare își păstrează structura inițială când deplasarea se face în bloc. Uneori, anumite tipuri de roci în mișcare își pot modifica substanțial structura inițială și să treacă în stare curgătoare.

În funcție de starea fizică a rocilor în mișcare, alunecările se pot clasifica în două mari categorii:

- **alunecări de roci cu structura nederanjată;**
- **curgeri de argile tixotropice și mase de nisip lichefiat.**

Rocile argiloase, cu granulozitate foarte fină, pot să-și păstreze structura nederanjată precum și rezistența la forfecare dacă acestea nu prezintă proprietăți tixotropice.

În cazul în care argilele, cum sunt cele bentonitice, cu conținut ridicat în minerale de tipul montmorillonitului prezintă proprietăți tixotropice, la solicitări dinamice legăturile dintre particulele disperse se rup și argila se transformă într-un gel cu rezistență la forfecare aproape nulă, ceea ce face ca deplasarea masei lichefiate să se producă sub forma unui torent de noroi.

Dacă masa de roci lichefiată a fost pusă în mișcare, refacerea structurii inițiale și redobândirea rezistenței la forfecare nu se pot produce decât atunci când masa respectivă intră în stare de repaus.

3.2.7. Gradul de stabilizare a alunecării de teren

După gradul de stabilizare, alunecările se clasifică conform tabelului 3.3:

Tabelul 3.3. Clasificarea alunecărilor în funcție de gradul acestora de stabilizare

Tipuri de alunecări	Caracterizare
Active	Procesul de alunecare se află în desfășurare

Temporar stabilizate	Alunecările au ajuns într-un stadiu stabil dar este posibil ca acestea să fie reactivate sub acțiunea unuia sau mai multor factori favorizatori care pot acționa în viitor	
Stabilizate	Alunecările au ajuns într-un stadiu de echilibru stabil și indiferent de natura și intensitatea factorilor favorizatori care pot apare nu mai există pericolul reactivării lor	
Inactive	Alunecări mai vechi de un an care se clasifică în:	latente;
		abandonate: în condițiile în care cauzele producerii lor au dispărut;
		stabilizate: prin diverse metode ingineresti de consolidare;
		vechi: care au fost active cu mii de ani în urmă, dar ale căror urme se pot vedea încă
Reactivate	Alunecări care au devenit active după o perioadă de timp în care au fost inactive	

3.3. Formațiunile geologice supuse fenomenelor de alunecare

Alunecările de teren pot apărea în formațiuni de vârste și alcătuire litologică diferită, corelate cu structura geologică a regiunii studiate. Se pot manifesta în masive de teren constituite din cele mai variate tipuri de roci, chiar și în cele considerate rezistente, cum sunt rocile stâncoase deoarece, în natură, toate rocile sunt supuse proceselor de alterare.

În studiul masivelor instabile trebuie analizate structura geologică, modul de cădere a straturilor în raport cu panta versantului, gradul de răspândire a formațiunii acoperitoare, îndeosebi a deluviilor, eluviilor, coluviilor și aluviilor, natura rocii de bază, grosimea zonei de alterare. Un element care trebuie, de asemenea, avut în vedere este suprafața de contact dintre formațiunea acoperitoare și roca de bază, deoarece reprezintă o suprafață potențială de alunecare.

Roca de bază se constituie din formațiuni geologice precuaternare (depozite de tufuri calcaroase, travertin, conglomerate de terasă etc.), indiferent de geneza lor sau de tipul litologic, fiind mai rezistente și mai puțin deformabile decât cele cuaternare.

Formațiunea acoperitoare are în componența ei depozite cuaternare mai recente, necutate și alcătuite în principal din acumulări aluvionare, fluviatile, de natură lóesoidă, denumite generic, roci moi.

Grosimea stratului alterat depinde atât de intensitatea și durata factorilor de alterare cât și de natura rocilor supuse alterării. O pătură continuă de alterare poate să acopere roca de bază pe întreaga extindere a versantului. Formațiunea acoperitoare se formează în acest caz pe seama rocii de bază alimentându-se continuu cu elemente preluate din zona de alterare. Alte procese geologice de exogeneză pot interveni, efectele cumulate ale acestora determinând formarea pe arealul unui versant, a mai multor tipuri de depozite.

Tipurile genetice ale depozitelor ce constituie formațiunea acoperitoare reflectă atât natura petrografică cât și condițiile climatice ale unei regiuni date. Începând de la partea superioară a unui versant din zona de platou sau de cumpănă a apelor și mergând spre poalele versantului, se pot întâlni tipurile genetice de formațiuni acoperitoare schematizate în figura 3.11.

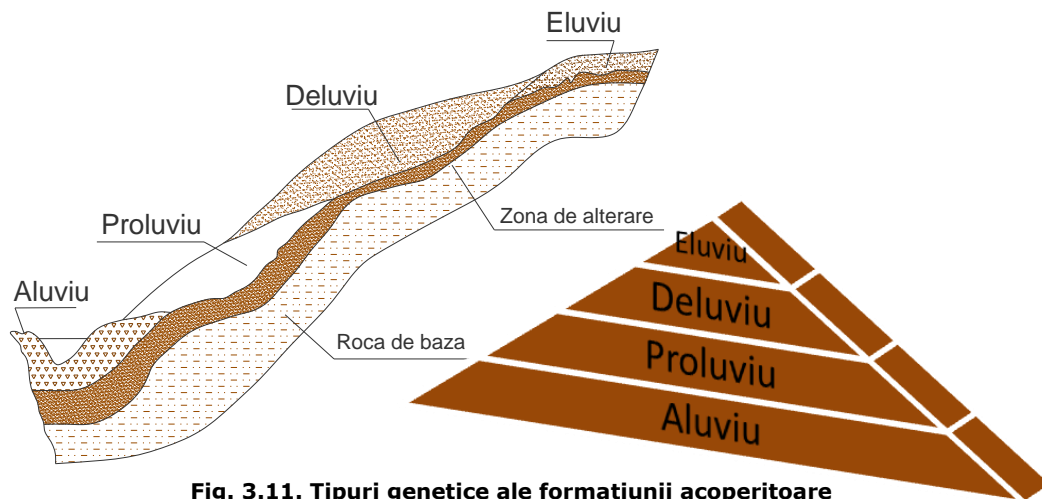


Fig. 3.11. Tipuri genetice ale formațiunii acoperitoare

Eluviul reprezintă un depozit cuaternar al păturii acoperitoare format pe seama alterării rocii de bază care se întâlnește pe interfluvii și platforme. În funcție de tipul de alterare, alcătuirea litologică a eluviului este diferită. Dacă predomină alterarea fizică, eluviul are unele asemănări cu roca de bază ale cărei proprietăți fizico - mecanice au fost modificate substanțial. În cazul alterării chimice, natura litologică a rocii de bază este profund și integral transformată, rezultând, de regulă, depozite argiloase cu proprietăți fizico - mecanice slabe. Grosimea depozitului eluvial este diferită, un rol important avându-l condițiile climatice, astfel: în zonele aride și în cele reci cu climat umed moderat, grosimea eluviului este de ordinul a câțiva metri, în vreme ce în regiunile tropicale cu climat umed poate atinge zeci de metri.

Deluviul: este cea mai importantă formațiune acoperitoare, fiind frecvent afectată de alunecări de teren întrucât îmbracă pantele versanților și se formează pe seama produselor de alterare a rocii de bază supuse unei mișcări lente de transfer continuu a acestor produse, din zona de alterare spre mantaua deluvială. Zona alterată este ea însăși supusă unei deplasări lente pe relieful rocii de bază. Pe măsură ce ne apropiem de suprafața versantului, deplasarea produselor de alterare ce au fost transferate în mantaua deluvială este din ce în ce mai mare. Agentul de transport al produselor de alterare pe suprafața versantului îl constituie curenții temporari de apă ce se formează în timpul ploilor sau din topirea zăpezilor. Din punct de vedere litologic, deluviul este foarte diferit, conținutul lui petrografic fiind în funcție de natura rocii de bază. Deluviul este o formațiune geologică acoperitoare nestratificată, grosimea lui fiind în funcție de panta versantului. Pe versanții lini, alcătuiți din roci moi, de exemplu argile, șisturi argiloase, marne etc., grosimea deluviului este mai mare, iar pe versanții abrupti, alcătuiți din roci stâncoase, rezistente la alterare, grosimea lui este în general mică. Datorită mișcării sale

continue pe versant, deluviul este formațiunea acoperitoare cu cel mai redus grad de consolidare naturală.

Proluviul este formațiunea acoperitoare ce îmbracă poalele versanților, reprezentând o prelungire a transportului materialului deluvial spre baza versanților. La proluviu sunt raportate și depunerile din văile cu ape curgătoare nepermanente din zonele muntoase, inclusiv conurile de dejecție. Din punctul de vedere al alunecărilor de teren, proluviul de la baza versanților este încă susceptibil de astfel de procese, întrucât, prin însuși modul lui de formare, acest tip genetic al formațiunii acoperitoare este supus unor deplasări lente, ce se petrec însă la o scară mai mică în raport cu deplasările din cuprinsul deluviului.

Aluviul este unul dintre cele mai răspândite depozite cuaternare din categoria tipurilor genetice de formațiune acoperitoare. În depozitele aluviale, care au servit din cele mai străvechi timpuri la amplasarea așezărilor omenești, au fost și sunt executate, se pare, cel mai mare volum de lucrări ingineresti în domeniul construcțiilor. În depozitele aluviale se întâlnesc și tipuri litologice distincte, de la cele mai grosiere pietrișuri și nisipuri, situate, de regulă, în partea inferioară a teraselor, spre cele mai fine prafuri și argile la partea superioară. În cuprinsul formațiunii aluviale se întâlnesc și tipuri litologice cu caracteristici fizico – mecanice foarte slabe cum sunt mărurile și turbelor, prezente mai ales la terasele în formare și în zonele de șes și luncă. De asemenea, în complexul aluvial sunt prezente și soluri fosile care au proprietăți fizico – mecanice mai bune decât mărurile, dar care dată fiind natura lor argiloasă favorizează apariția alunecărilor de teren.

3.4. Cauzele principale ale producerii alunecărilor de teren

Identificarea și înțelegerea factorilor (Fig. 3.12.) care duc la deplasarea maselor de pământ sau de roci sunt extrem de importante în procesul de studiere al alunecărilor de teren.

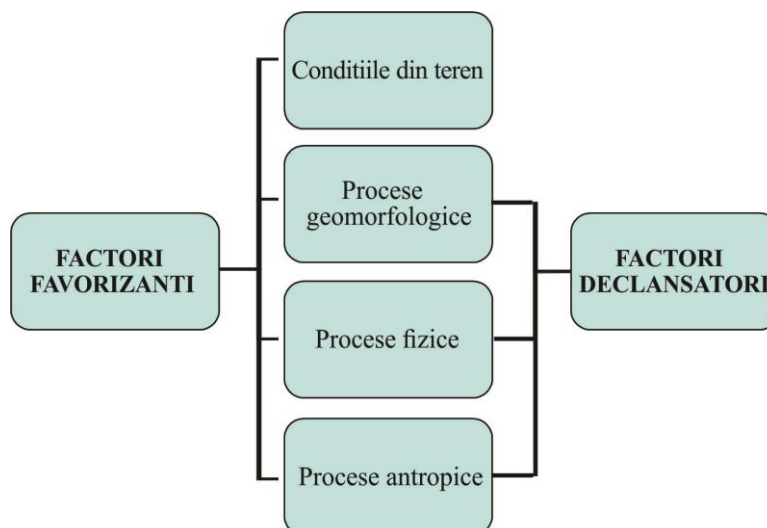


Fig. 3.12. Clasificarea factorilor cauzali conform UNESCO

3.4.1. Considerații generale asupra coeficientului de siguranță și stabilitate sau factorul de stabilitate

Alunecările de teren reprezintă fenomene fizico-geologice sub forma deplasării unor mase de roci pe pantele versanților datorită unor cauze naturale precum factorul geologic, hidrogeologic, geomorfologic, climatic și de alterare sau provocate de activitatea umană.

Starea de echilibru a unui versant depinde de raportul dintre forțele care acționează în favoarea stabilității și forțele care acționează în sensul producerii alunecării.

Gradul de stabilitate a unui versant se exprimă printr-un coeficient de siguranță η sau factor de stabilitate F_s și reprezintă raportul dintre momentul forțelor rezistente și momentul forțelor active (relația 3.2.).

$$F_s = \frac{\text{Momentul forțelor rezistente}}{\text{Momentul forțelor active}} \quad (3.2)$$

De fapt, prin coeficientul de siguranță se exprimă cantitativ gradul de stabilitate al taluzului sau versantului, respectiv se evidențiază cât de mare este rezerva de rezistență de care dispune sau cât este de mare pericolul de pierdere a stabilității.

Coeficientul de siguranță η_s privind stabilitatea unui taluz sau versant poate fi definit în diverse moduri, după cum se face referire la factorii care produc instabilitatea, la caracteristicile de rezistență ale pământului sau și la unele și la altele. Indiferent de modul de exprimare și de calcul al coeficientului de siguranță, în momentul când se declanșează alunecarea (când se atinge limita echilibrului) valoarea sa este egală cu unitatea. Valorile supraunitare ale coeficientului de siguranță indică rezerva de stabilitate pe care o are taluzul sau versantul analizat.

În cazul când coeficientul de siguranță este supraunitar, se pune întrebarea, de la ce valoare taluzul sau versantul poate fi considerat ca fiind „suficient de stabil”. Valoarea minimă necesară a coeficientului de siguranță depinde în mare măsură de complexitatea și gradul de cunoaștere de către proiectant a problemei analizate, precum și de dificultatea de exprimare a tuturor factorilor geologici în termeni ingineresti și relații matematice. În cazul când există un grad mai ridicat de incertitudine privind problema analizată, se indică adoptarea unei valori admisibile mai mari pentru coeficientul de siguranță. De asemenea, atunci când estimarea prin calcul a stabilității unui taluz sau versant prezintă o mare importanță socială sau economică, se adoptă în mod deliberat o valoare admisibilă mai mare a coeficientului de siguranță, chiar dacă cazul respectiv este bine cunoscut și stăpânit. Acest lucru este justificat și de faptul că prin coeficientul de siguranță se redă gradul de stabilitate a unui versant sau taluz la un moment dat. În decursul timpului pot însă să apară modificări nepronozate ale condițiilor de stabilitate, care schimbă valoarea coeficientului de siguranță.

În mod frecvent, valoarea minimă admisibilă a coeficientului de siguranță considerată de mulți specialiști, precum și de diverse norme sau prescripții este de 1,25...1,5.

3.4.2. Modificarea pantei versanților și a stării interioare de eforturi

Sub influența acțiunii factorilor fizici naturali precum și a factorului antropic, panta generală a versantului poate să crească până la o valoare critică peste care versantul își pierde stabilitatea.

Cauzele care pot contribui la modificarea morfologiei versantului sunt multiple (Fig. 3.13.) între cele mai importante menționându-se:

- eroziunea la baza versantului și eroziunile torențiale;
- excavațiile executate pentru exploatarea în cariere, platforme pentru amplasarea diverselor construcții, platforme de drumuri, canale de coastă sau căi ferate executate paralel cu curbele de nivel;
- supraîncărcarea versanților;
- prăbușiri datorită excavațiilor subterane sau golurilor create de fenomenele carstice etc.

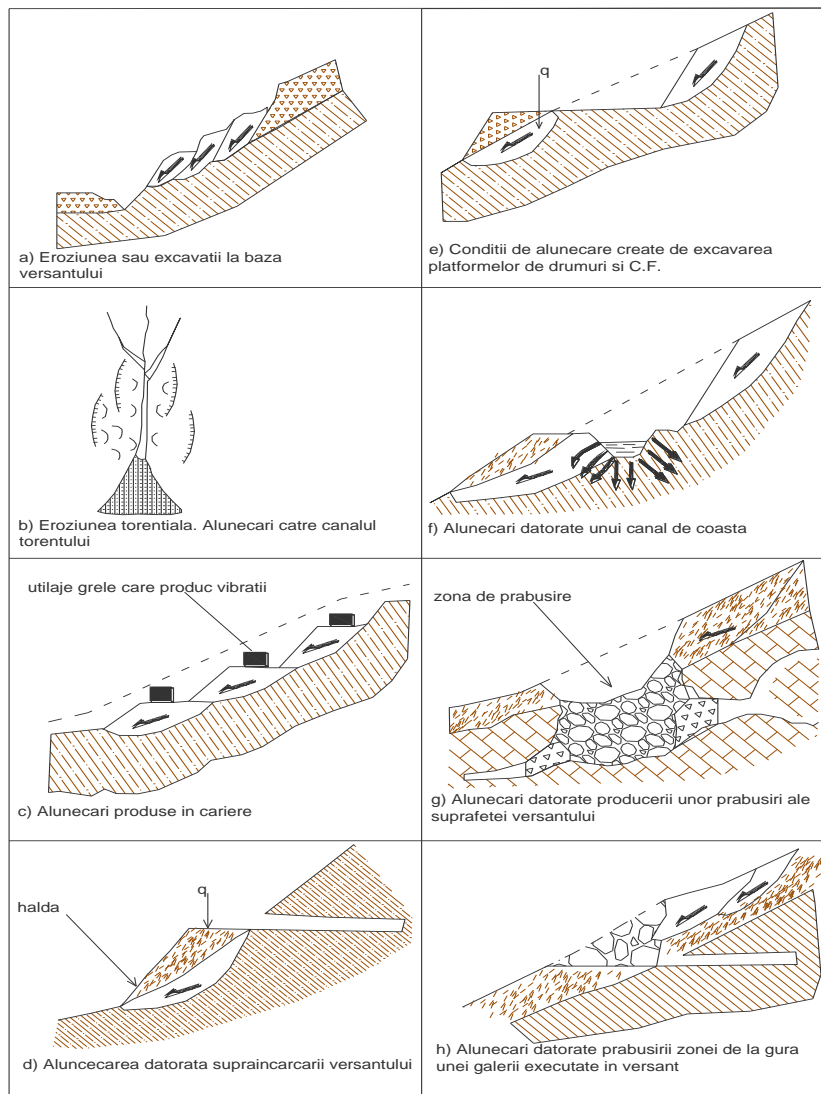


Fig. 3.13. Scheme privind diverse cauze care pot favoriza producerea alunecărilor de teren

3.4.2.1. Eroziunea bazei versanților și a taluzurilor

Eroziunea râurilor la baza versanților, precum și acțiunea valurilor mării și a oceanului asupra țărmului înalt au drept rezultat formarea a numeroase alunecări de teren. Prin eroziunea versantului se reduce mărimea forței de rezistență din masiv, se modifică raportul dintre forțele de rezistență și cele de alunecare în favoarea acestora din urmă, ceea ce are drept rezultat pierderea echilibrului natural al versantului, formarea unei alunecări de teren. Eroziunea râurilor și abraziunea marină sunt probabil cele mai frecvente cauze ale alunecărilor de teren. Cartând alunecările de teren în orice zonă, acestea au cea mai mare răspândire în lungul râurilor și pâraielor.

Eroziunea intensă și de durată poate micșora rezerva de stabilitate a versantului, exprimată prin coeficientul de siguranță până la condiția echilibrului limită, când se declanșează procesul propriu-zis de alunecare. Calitativ, reducerea rezervei de stabilitate a versantului a fost reprezentată grafic de K. Terzaghi (Fig. 3.14.).

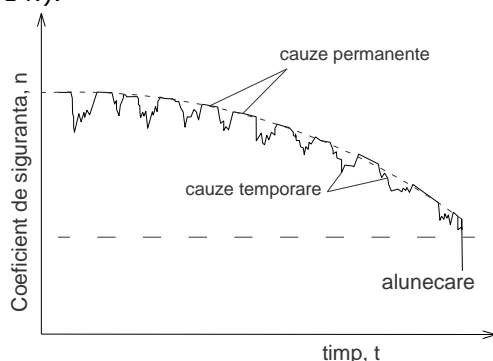


Fig. 3.14. Variația coeficientului de siguranță al stabilității versantului după K. Terzaghi)

Pe figură sunt reprezentate coeficientul de siguranță η , în ordonată și timpul, în abscisă. În acest caz, versantul se află simultan sub acțiunea a două categorii de cauze, unele care acționează permanent, reducând rezerva de stabilitate (de ex. cauzele de ordin tectonic) și altele care se manifestă temporar, cum sunt cauzele de ordin climatic, ce reduc rezerva de stabilitate pe o perioadă limitată de timp, de exemplu durata unei ploii.

Sub acțiunea cauzelor permanente, avem o reducere continuă a rezervei de stabilitate, în vreme ce cauzele temporare determină o reducere locală, limitată ca mărime. Procesul de alunecare poate apărea ca urmare a cauzelor temporare, în condițiile în care rezerva de stabilitate este foarte mică, apropiată de valoarea critică, $\eta = 1$.

E. P. Emelianova (1953) a luat în considerare diferite cauze ale alunecărilor de teren, a diversificat reprezentările grafice, dând o imagine diferențiată procesului de formare a alunecărilor (Fig. 3.15.). Linia punctată orizontală reprezintă coeficientul de siguranță limită $\eta = 1$, iar linia punctată înclinată spre dreapta reprezintă coeficientul de siguranță mediu, care se reduce continuu sub eroziunea bazei versantului de către un curs de apă.

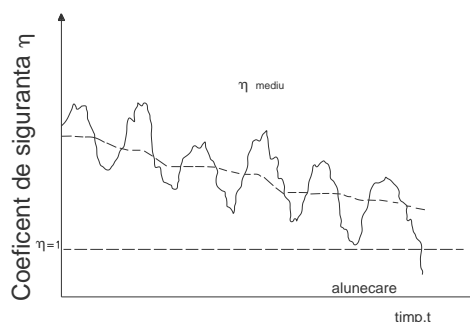


Fig. 3.15. Formarea alunecărilor prin eroziunea bazei versanților și acțiunea precipitațiilor (după Emelianova)

Linia punctată orizontală reprezintă coeficientul de siguranță limită $\eta=1$, iar linia punctată înclinată spre dreapta reprezintă coeficientul de siguranță mediu, care se reduce continuu sub eroziunea bazei versantului de către un curs de apă. Linia continuă care oscilează în jurul coeficientului de siguranță mediu este variația coeficientului de siguranță când versantul este supus succesiv unei perioade cu ploi urmată apoi de o perioadă secetoasă. În timpul ploilor, rezerva de stabilitate se reduce, prin creșterea forțelor de alunecare, linia continuă situându-se sub cea punctată, iar în perioada secetoasă cresc forțele de rezistență ale masivului, rezerve de stabilitate fiind mai mare, fapt concretizat prin creșterea coeficientului de siguranță, curba continuă care-l reprezintă aflându-se deasupra liniei punctate. Prin eroziunea de durată a versantului rezerva de stabilitate se reduce continuu iar alunecarea se produce, de multe ori chiar mai devreme, sub efectul acțiunii ploilor, așa cum a arătat K. Terzaghi.

3.4.2.2. Săpăturile executate la baza versanților sau pe versanți

Săpăturile executate la baza versanților sau pe versanți, joacă, la o scară mai mică, un rol asemănător cu eroziunea râurilor, lipsind versanții de un contrafort natural la baza acestora. În figura 3.16. este sugerat efectul pe care îl au săpăturile executate pe versanți în formarea unei alunecări de teren.

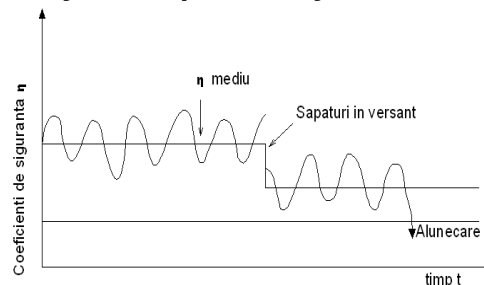


Fig. 3.16. Efectul săpăturilor executate pe versanți (după Emelianova)

Coeficientul de siguranță la cedarea versantului prin alunecare are, în acest model, valoarea inițială $\eta=2$. În timpul ploilor acest coeficient scade, iar în vreme secetoasă versantul câștigă ceva din rezerva de stabilitate. Coeficientul $\eta=2$ reprezintă deci o valoare medie a oscilațiilor provocate de ploi și secetă. Prin efectuarea unor săpături pe versant coeficientul de siguranță scade de la $\eta=2$ la $\eta=1,5$. În noua situație, intervenția ploilor devine critică pentru stabilitatea versantului, coeficientul de siguranță poate atinge valoarea $\eta=1$ și versantul cedează prin alunecare. Și în acest caz avem o îmbinare a acțiunii simultane a două cauze, între care cea determinată de efectuarea săpăturii pe versant, sau la baza acestuia, joacă rolul principal.

3.4.2.3. Încărcarea versanților

Încărcarea versanților cu construcții, halde de steril, iazuri de decantare ș.a. duce la o creștere considerabilă a forțelor de alunecare, ceea ce poate avea drept urmare formarea alunecărilor de teren. Studiarea stabilității naturale a versanților, înainte de aplicarea acestor suprasarcini, este o problemă căreia trebuie să i se acorde atenția cuvenită, atât din partea cercetătorului cât și a proiectantului, mai cu seamă în cazul versanților acoperiți cu deluvii argiloase, pentru prevederea evoluției stabilității și stabilirea măsurilor care să permită exploatarea construcțiilor în condiții de siguranță.

3.4.3. Modificarea umidității rocilor din corpul versanților și taluzurilor

Modificarea umidității rocilor din versanți se poate produce prin aport de apă sau prin pierdere de apă. Aportul de apă se poate datora infiltrațiilor din precipitații sau subinundării rocilor prin ridicarea nivelului apei subterane, iar diminuarea umidității prin evaporare sau prin drenaj.

Cantitatea de apă dintr-un masiv de rocă, exprimată prin gradul de umiditate, poate varia de la zero ($S_r=0$) în cazul rocilor uscate, situate în zona de evaporare la valoarea maximă ($S_r>0,9$) în cazul rocilor saturate situate sub nivelul apei subterane sau în cazul rocilor argiloase-prăfoase și în zona de capilaritate. [82]

Influența apei asupra stabilității taluzurilor și versanților, în majoritatea cazurilor este defavorabilă, fenomenele fiind generate atât de apele de suprafață, cât și de apele subterane (Fig. 3.17.).

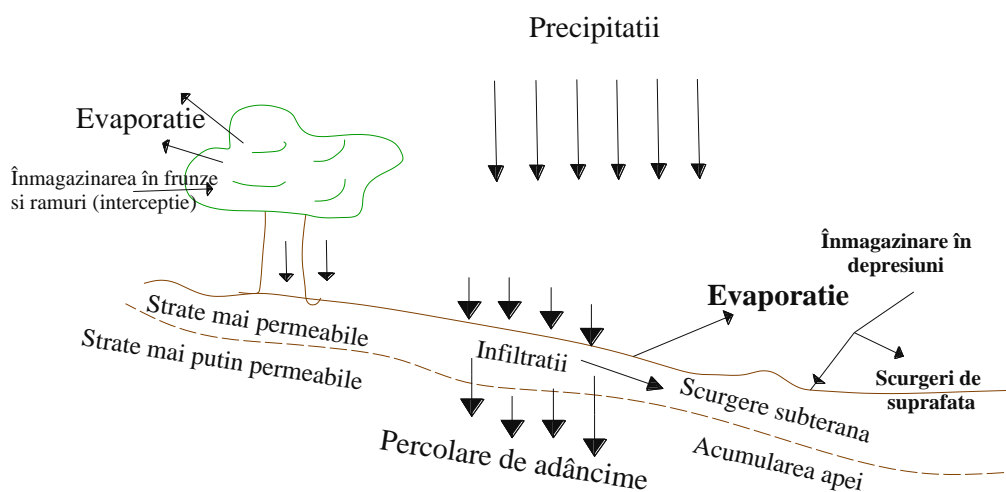


Fig. 3.17. Schema circuitului apei pe versant (după Zamfirescu, Comsa, Matei – 1985)

3.4.3.1. Precipitațiile atmosferice

Prin acțiunea lor asupra versanților și taluzurilor, precipitațiile joacă un rol de prim ordin în declanșarea și evoluția alunecărilor de teren. Concentrarea unor cantități mari de precipitații în intervale scurte și mărirea cantităților extreme generează o intensificare a modelării versanților și albiilor [9], produc în unele zone alunecări de teren, reactivarea unor alunecări cu evoluție mai lentă sau chiar reactivarea unor alunecări deja stabilizate. Cu fiecare anotimp ploios, valorile proprietăților fizico-mecanice ale rocilor se reduc, rezistența rocilor devine mai mică. Apariția unei alunecări de teren într-un anotimp ploios reprezintă efectul final al unui șir mai lung de efecte însumate ale acțiunii precipitațiilor asupra rocilor.

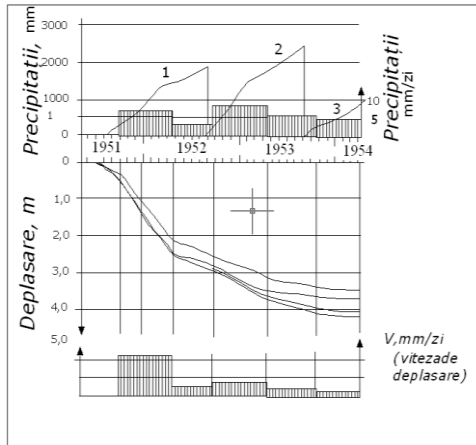


Fig. 3.18. Corelația dintre precipitații și alunecare (după Nonveiller și Sulkje 1955)

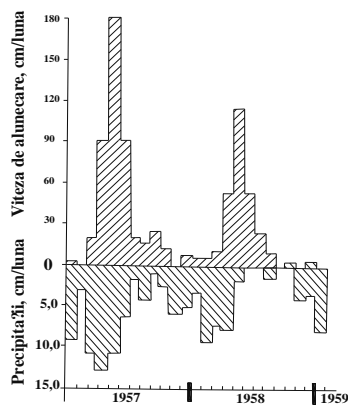


Fig. 3.19. Corelația dintre precipitații și viteza de alunecare (după Wilson 1960)

3.4.3.2. Ridicarea nivelului apei subterane

Apele subterane, prin acțiunea lor, manifestată sub diferite forme, generează cele mai multe alunecări de teren. Prin ridicarea nivelului apei subterane, greutatea volumică a rocilor trece din „starea umedă” în starea „starea inundată”, ceea ce reprezintă o condiție nefavorabilă pentru stabilitatea versanților și taluzurilor. [107] Cercetând condițiile de formare a alunecărilor de teren s-a constatat că declanșarea procesului de alunecare a fost provocată în unele cazuri de ridicarea nivelului apei subterane; adoptându-se, ca măsură de stabilizare a alunecării, coborârea apei subterane, alunecarea și-a încetinit viteza și în cele din urmă s-a stabilizat, ca urmare a îndepărtării cauzei reale care a generat-o.

Ilustrarea deosebirilor mari între variația nivelului hidrostatic în două tipuri diferite de roci este redată în figura 3.20. Astfel, la aceeași cantitate de precipitații, de circa 25mm, nivelul apei subterane se ridică cu numai 10-25cm în nisip, față de o ridicare de ordinul a câțiva metri în roci stâncoase slab fisurate, cu porozitate mică.

Între precipitații și alunecările de teren există anumite corelații, fiind importantă nu numai cantitatea de precipitații, ci și modul în care aceasta este repartizată în decursul unui an. Astfel, s-au stabilit corelații între cantitatea precipitațiilor și mărimea absolută a deplasării totale a alunecării de teren, corelații între precipitații și viteza de alunecare.

În figura 3.18. este prezentat un exemplu de corelare dintre volumul de precipitații și deplasarea alunecării care atinge valoarea de cca. 4 metri în 2,5 ani. Precipitațiile sunt redată atât ca valori anuale în mm (curbele 1-3) cât și în mm/zi (zonele hașurate din Fig. 3.18.).

Corelația dintre volumul precipitațiilor și mărimea vitezei de alunecare este prezentată în figura 3.19. Precipitațiile maxime de cca. 13cm/lună au determinat o viteză de deplasare de cca. 180cm/lună, ce a fost atinsă după un interval de timp foarte scurt de la căderea precipitațiilor. Din această corelație rezultă dependența directă a vitezei de alunecare de mărimea precipitațiilor precum și decalarea lor în timp în funcție de evoluția procesului de alunecare.

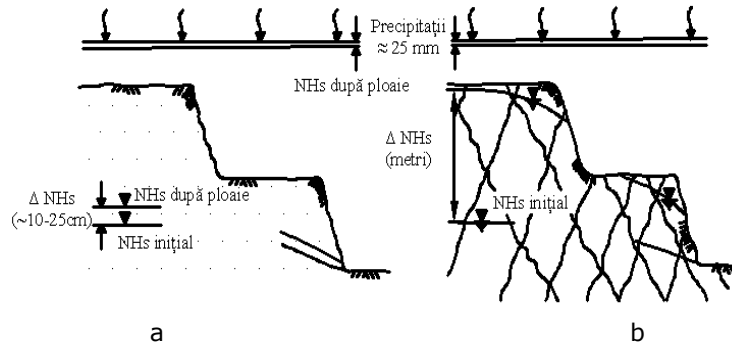


Fig. 3.20. Variația nivelului apei subterane în taluzuri executate în roci stâncose și în nisipuri (după Patton și Deere)

3.4.3.3. Efectul alterării rocilor

Datorită variației umidității rocilor, se produce alterarea, ca proces fizic, chimic și biologic, prin care toate tipurile de roci, mai ales cele stâncose, își modifică esențial proprietățile fizico-mecanice și, în cele din urmă, rezistența la forfecare necesară în menținerea stabilității versanților și taluzurilor. Condițiile climatice joacă un rol foarte important în procesul de alterare a rocilor. Figura 3.21. redă corelația dintre alterare și factorii climatici.

În climatul rece și umed, unde cantitatea de precipitații este mai mare decât evaporarea, un rol mare îl are alterarea fizică, dată de efectele ce se produc prin îngheț. Același gen de alterare predomină și în deșerturi și semideșerturi, unde evaporarea depășește cu mult cantitatea de precipitații, ceea ce face ca produsele de alterare să rămână, de regulă, pe locul de formare. În climatul cald și umed, în care precipitațiile sunt mai mari decât evaporarea, alterarea chimică și biologică au o mare dezvoltare, zona de alterare atingând grosimea maximă. În majoritatea cazurilor alterarea fizică și chimică acționează simultan. [82]

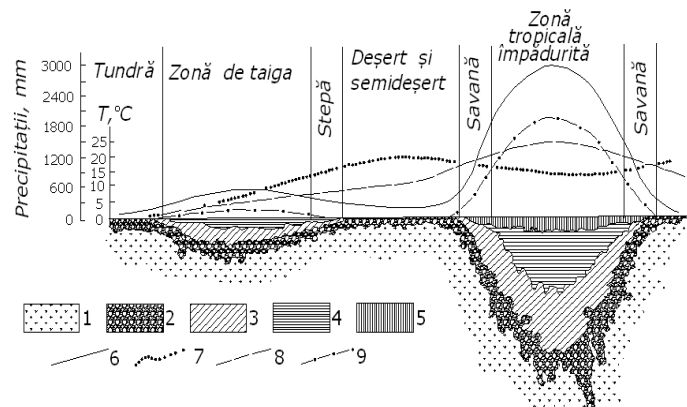


Fig. 3.21. Zonalitatea alterării (după Strahov)
1- rocă nealterată, 2- rocă dezagregată, slab alterată chimic, 3- hidromice, montmorilonit, beldelit; 4- caolinit; 5- ocru; 6- precipitații; 7- evaporare; 8- temperatură t°C, 9- resturi vegetație

Prin alterarea fizică se produce doar fragmentarea rocilor, fără o modificare a conținutului chimic. Alterarea fizică este legată, în principal, de variațiile bruște de temperatură, care duc la o dilatare și comprimare neuniformă a mineralelor componente ale rocilor. Alterarea chimică transformă radical conținutul chimic și mineralogic al rocilor, rolul esențial avându-l apa, bioxidul de carbon, oxigenul, acizii organici și alți acizi ce se formează ca rezultat al transformărilor mineralogice, al descompunerii resturilor vegetale și prin acțiunea microorganismelor.

În procesul de alterare relieful joacă, de asemenea un rol important. În condițiile unui relief accidentat, produsele de alterare sunt îndepărtate prin eroziunea de suprafață, într-un timp relativ scurt, față de durata mare necesară proceselor de alterare, ceea ce face ca grosimea zonei de alterare să fie neînsemnată. Pe un teren cu pantă mică, sau relativ plan, dimpotrivă, eroziunea de suprafață fiind foarte slabă, alterarea se dezvoltă pe o adâncime mare.

Grosimea zonei de alterare a versanților este foarte variabilă, de la câțiva metri, la câteva sute de metri (chiar 400–500m). Alterarea activă, însă, care transformă radical proprietățile fizico-mecanice ale rocilor, este mai redusă ca grosime, de la câțiva metri la câteva zeci de metri, ceea ce corespunde, de regulă, ca ordin de mărime, cu adâncimea la care se formează suprafețele de alunecare în versanți. Evoluția procesului de alterare în versanți și taluzuri este foarte diferită. În linii generale, în versanți procesul de alterare are o evoluție foarte lentă, în timp geologic, în raport cu taluzurile construite de om, unde procesul de alterare este mult mai activ și mai rapid, deoarece rocile au fost aduse prin intervenția omului, în contact direct cu factorii climatici.

Ca urmare a alterării, în roci apar fisuri, goluri, crește porozitatea, se micșorează greutatea volumică, crește starea de afânare, se reduce compactitatea, se micșorează rezistența rocilor.

Taluzurile carierelor sunt uneori afectate și de alunecări care apar de regulă la treptele superioare, spre versant, în zona de alterare. În figura 3.22. este reprezentat taluzul unei cariere într-o rocă stâncoasă stratificată. Atât în zona de alterare cât și în formațiunile acoperitoare ce îmbracă versantul, sunt posibile alunecări ale taluzurilor pe direcția stratificației. Treptele inferioare ale carierei, fiind executate în roci nealterate, apar stabile.

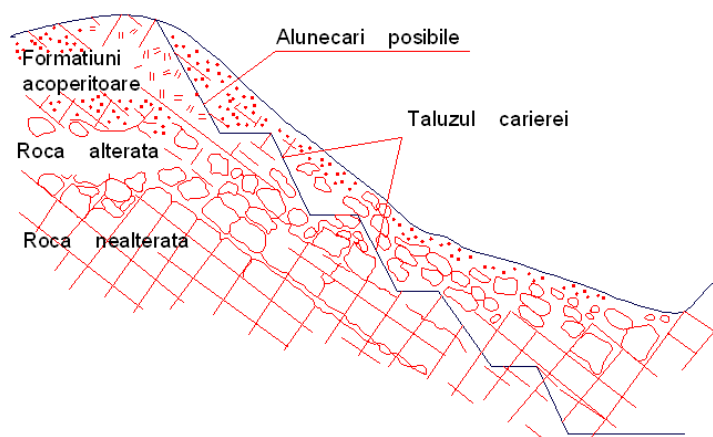


Fig. 3.22. Alunecări de taluzuri în roci alterate și în formațiuni acoperitoare (după Patton și Deere)

3.4.4. Acțiunea mecanică a apei din versanți și taluzuri

Pe pereții fisurilor umplute cu apă acționează presiunea hidrostatică care poate contribui sensibil la creșterea eforturilor în masivul de rocă, creșterea gradului de fisurare și diminuarea stării de echilibru a versanților.

Apa din porii și fisurile rocilor, datorită variațiilor mari de temperatură, poate trece din stare lichidă în stare solidă în urma fenomenului de îngheț. Acest fenomen are loc în partea superficială a terenului pe adâncimea maximă de îngheț. Prin înghețare apa își mărește volumul și exercită presiuni mari asupra pereților care delimitează golurile în care este cantonată. Prin această acțiune se accentuează fenomenele de fisurare și dezagregare ale rocilor al căror efect final este reducerea rezistenței mecanice a masivului de rocă. [63]

3.4.4.1. Acțiunea înghețului

În timpul înghețului, în teren se dezvoltă un stres foarte puternic, care după datele lui Muller este circa 2.000 daN/cm^2 . Această presiune duce la fisurarea rocilor, la fragmentarea lor, la o scădere a valorilor proprietăților fizico-mecanice și implicit a rezistenței rocilor. Influența înghețului asupra rocilor este diferită în funcție de natura petrografică. Astfel, argilele suferă o degradare mai mare distrugându-și structura, în comparație cu nisipurile și pietrișurile. Și la rocile stâncoase influența înghețului este diferită, în funcție de rezistența la compresiune și de gradul de fisurare naturală. [27]

Un alt proces generat de îngheț este reprezentat de migrația apei în teren, pe verticală, din adâncime spre suprafața terenului (Fig. 3.23.).

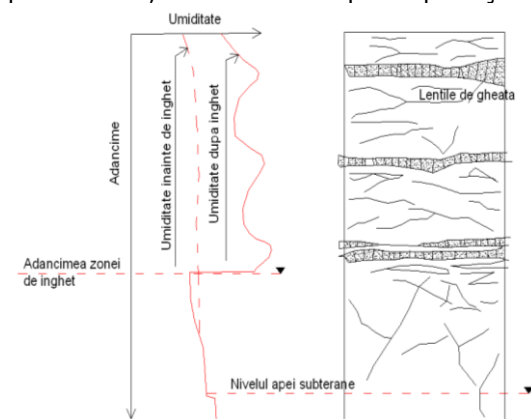


Fig. 3.23. Variația umidității în timpul înghețului (după Osterberg)

În timpul temperaturilor scăzute îngheață mai întâi apa gravitațională din teren, după care urmează în ordine apa capilară, iar la temperaturi și mai mici, apa peliculară legată fizic în jurul granulelor minerale. Practic apa peliculară migrează de la o granulă minerală la alta, din zonele neînghețate spre zona care îngheață, mărind în acest mod cantitatea de apă din teren, pe toată adâncimea de îngheț.

Acest proces de migrație a apei peliculare a fost dovedit experimental prin determinări de umiditate făcute într-o secțiune verticală în teren, înainte și după îngheț. În terenul înghețat se formează lentile de gheață, iar umiditatea rocilor după îngheț, în dreptul acestor lentile este mai mare decât cea din vecinătate. Creșterea umidității terenului prin îngheț, mai ales în cazul rocilor argiloase, poate duce la formarea unor alunecări de teren. [61]

3.4.4.2. Presiunea apei din pori și fisuri

Presiunea apei din pori și din fisuri acționează diferit, dar cu același rezultat. Presiunea apei din pori reduce forțele de rezistență ale masivului, iar presiunea apei din fisuri crește forțele de alunecare. În terenul neafectat de alunecare presiunea apei din pori este egală, la adâncime dată, cu presiunea hidrostatică. În cuprinsul alunecării, deasupra suprafeței de alunecare, presiunea apei din pori este mai mare decât valoarea presiunii hidrostatice. Sub suprafața de alunecare însă, roca în loc ne mai fiind deranjată, presiunea apei din pori devine egală cu presiunea hidrostatică.

Fisurarea rocilor, chiar și în absența apei din fisuri, este un factor defavorabil stabilității versanților și taluzurilor (Fig. 3.24.a).

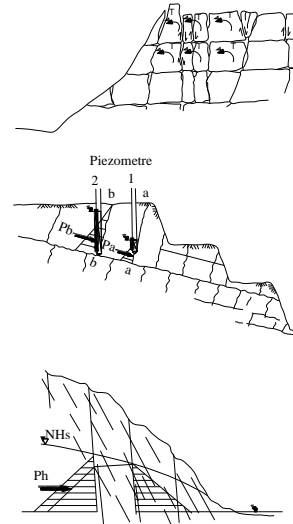


Fig. 3.24. Influența presiunii hidrostatice și a apei din fisuri asupra diferitelor tipuri de roci (după Muller)

Blocurile separate prin fisuri tind să se rotească dezvoltând forțe suplimentare de alunecare, care pot duce la pierderea stabilității. Apa din fisuri dezvoltă o presiune hidrostatică care acționează pe o direcție perpendiculară pe peretele fisurii.

În figura 3.24.b care reprezintă o secțiune într-un taluz executat în roci stâncoase, se pot urmări două fisuri, a-a și b-b în care presiunile hidrostatice pe Pa și Pb sunt diferite în funcție de nivelul apei (măsurat cu piezometrele 1 și 2). Nivelul apei în fisura b-b fiind mai ridicat, presiunea hidrostatică de aici este de câteva ori mai mare decât presiunea hidrostatică din fisura a-a.

Presiunea hidrostatică a apei din fisuri, alături de alte cauze, joacă un rol important în producerea procesului de alunecare (Fig. 3.24.c). [61]

3.4.5. Acțiunea hidrodinamică a apei

Stabilitatea versanților poate fi afectată de mișcarea apei (Fig. 3.25.) atât direct, prin forța de filtrație, cât și indirect, în urma proceselor de antrenare hidrodinamică a pământurilor necoezive care intră în alcătuirea versanților.

Forța de filtrație se manifestă îndeosebi când nivelul apei din interfluvii crește și apa este drenată către suprafața versanților. Foarte frecvent se produc alunecări ale versanților datorită acțiunii forțelor de filtrație la golirea rapidă a lacurilor de acumulare care favorizează exfiltrațiile din versanți.

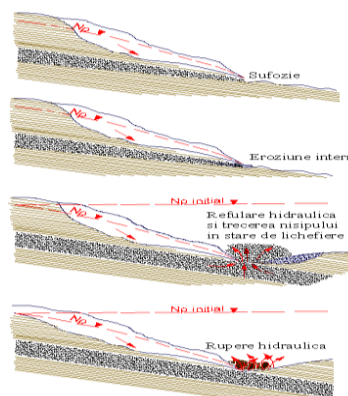


Fig. 3.25. Instabilitate a versanților provocată de acțiunea hidrodinamică a apei

3.4.5.1. Presiunea de filtrare a apei subterane

În procesul de filtrare, datorită rezistenței opusă de roci, suprafața apei subterane cu nivel liber are o anumită înclinare în sensul curgerii subterane.

Presiunea de filtrare este o forță de volum și acționează în direcția liniilor de curent ale curgerii subterane, contribuind la mărirea forțelor de alunecare. Ea apare ca un rezultat direct al rezistenței pe care rocile o opun procesului de filtrare. Această presiune se formează cel mai des în versanții lacurilor de acumulare în taluzurile carierelor sau ale canalelor la scăderea bruscă a nivelului apei. În iazurile de decantare, presiunea de filtrare este un factor esențial în pierderea stabilității.

3.4.6. Modificarea unor proprietăți fizico-mecanice ale rocilor din corpul versanților și taluzurilor

Modificările proprietăților fizico-chimice ale rocilor au consecințe negative directe asupra stabilității versanților și taluzurilor, reducând rezerve de stabilitate până la limita de pierdere a echilibrului natural, favorizând frecvente alunecări de teren.

Modificarea proprietăților fizico-mecanice este un proces causal cu derulare în timp și se poate raporta la durata de viață a omului – „scara vieții” sau la evoluția geologic în timp – „scara geologică”. Astfel, luând în considerare „scara geologică”, modificarea proprietăților fizico-mecanice este esențială, pe când, în cazul „scării vieții” durata stabilității depinde de panta taluzurilor. Studiile au demonstrat că, sub acțiunea apelor de suprafață și subterane, taluzurile verticale rezistă doar câteva săptămâni, taluzurile cu panta 1:2 rezistă circa 20 ani, iar cele cu o pantă de 1:3 pot rămâne stabile circa 50 ani.

Proprietățile fizico-mecanice folosite cel mai frecvent în calculul stabilității sunt greutatea volumetrică a rocilor și caracteristicile de rezistenței la forfecare (unghiul de frecare interioară și coeziunea). În timpul unei ploi cu durată mică, rocile din versant sau taluz se îmbibă cu apă chiar până la saturație, greutatea volumică a rocilor se mărește. Astfel, datorită supraîncărcării versantului sau taluzului, cresc forțele de alunecare și se reduce rezerva de stabilitate. Creșterea rapidă a greutății volumice a rocilor, a presiunii apei din pori și a presiunii de filtrare în timpul unei ploi sunt cauzele multor alunecări de teren. Prin umezirea rocilor argiloase de către apa de suprafață sau subterană, scade rezistența la forfecare, datorită reducerii atât a unghiului de frecare interioară cât și a coeziunii. [61]

3.4.7. Rolul solicitărilor dinamice în producerea alunecărilor de teren

Acțiunea vibrațiilor asupra versanților sau taluzurilor modifică starea de eforturi din teren și are drept rezultat creșterea forțelor de alunecare. Efectul negativ al vibrațiilor este general, în funcție de natura rocilor, structura versanților, și intensitatea vibrațiilor. Un alt efect negativ îl are modificarea structurii, care duce la micșorarea rezistenței la forfecare atât a pământurilor necoezive cât și a celor coezive. Vibrațiile pot fi produse de cutremurele de pământ sau pot avea cauze locale (traficul rutier, feroviar sau explozii).

3.4.7.1. Tixotropia rocilor

Tixotropia este un proces fizico-chimic reversibil prin care o rocă argiloasă sub acțiunea vibrațiilor se transformă într-o masă fluidă, iar după încetare vibrațiilor fluidul capătă proprietățile unui gel. Deci, tixotropia este un proces reversibil, izotermic, gel – fluid – gel.

Tixotropia reprezintă o cauză importantă a alunecărilor de teren pentru că ea poate duce la o reducere substanțială a rezistenței la forfecare a rocilor argiloase. Interpretarea tixotropiei, ca un proces de care depinde rezistența la forfecare a rocilor a fost făcută pentru prima dată de către Hvorslev-Suedia. Ulterior au fost efectuate cercetări în Elveția de Haefeli, Mors, Reutsch și în Norvegia de Akkermann, care au confirmat rezultatele lui Hvorslev.[63]

Tixotropia este pusă în evidență prin acțiunea vibrațiilor care pot proveni din mai multe surse. Sub efectul vibrațiilor, o parte din apa legată fizic trece în apă liberă, reducând rezistența la forfecare, după ce vibrațiile încetează se produce fenomenul invers, apa liberă se transformă în apă legată fizic ducând la mărirea rezistenței la forfecare a argilei. Rezistența la forfecare a argilelor sub acțiunea vibrațiilor, ca și coeziunea, se reduce substanțial (Fig. 3.26.).

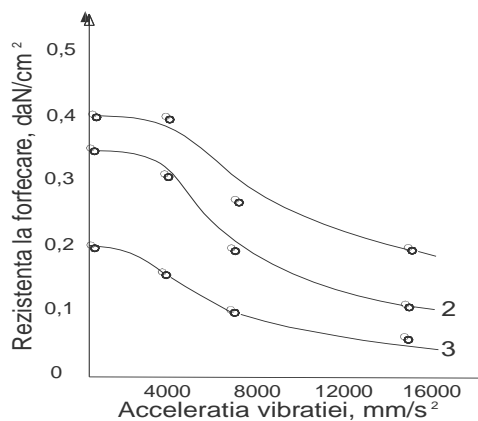


Fig. 3.26. Reducerea rezistenței la forfecare sub acțiunea vibrațiilor (după Savcenko)

3.4.7.2. Șocuri seismice

Pericolul cel mai mare pentru stabilitatea versanților în timpul cutremurelor de pământ îl constituie acțiunea undelor superficiale transversale care acționează în plan orizontal, sub formă sinusoidală, afectând stabilitatea versanților prin momentele de inerție pe care le creează.

Forțele care acționează în timpul cutremurului asupra unui volum elementar de rocă din versant sunt exemplificate în figura 3.27.:

- G – forța de greutate corespunzătoare volumului luat în considerare, cu componentele normală N și tangențială T la suprafața potențială de alunecare;
- Q – forța orizontală rezultată din acțiunea seismică, cu componentele normală Nc și tangențială Tc la suprafața potențială de rupere;
- S – forța de rezistență la forfecare a rocii.

Forțele care acționează în favoarea stabilității sunt forțele N și S, iar forțele destabilizatoare sunt Nc, T și Tc. Forțele de alunecare sunt direct proporționale cu intensitatea cutremurului de pământ.

În cazul în care mișcarea seismică coincide și cu o perioadă de precipitații, când rocile din versanți se umezesc până la saturație, probabilitatea producerii alunecărilor de teren crește.

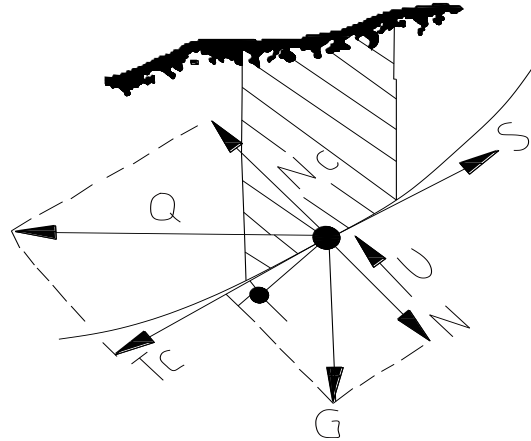


Fig. 3.27. Distribuția forțelor care acționează asupra unui volum elementar de rocă din versant în timpul unui cutremur

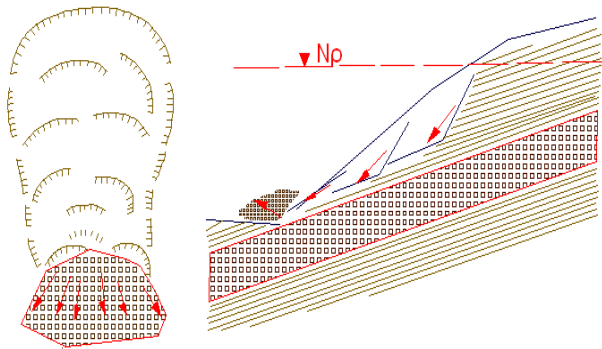


Fig. 3.28. Lichefierea și refularea nisipului dintr-un versant în timpul unui cutremur

Cutremurele au efect destabilizator asupra nisipurilor din versanți (Fig. 3.28.). Dacă straturile de nisip se află în apropierea suprafeței terenului și nisipurile au un grad redus de îndesare, există riscul ca aceasta să treacă în stare de lichefiere cu pierderea completă a rezistenței la forfecare și a capacității portante. [74]

În asemenea situații pe suprafața versantului pot apărea zone cu erupții de nisip și declanșarea unor alunecări care au drept focar locul de producere a refulării nisipului.

Creșterea presiunii apei din pori peste anumite valori poate crea situații când rezistența la forfecare a rocilor să coboare sub valoarea care asigură stabilitatea versantului. În plus, în timpul manifestării vibrațiilor, datorită variației presiunii apei din pori variază și forța hidrodinamică de filtrație cu consecințe destabilizatoare asupra echilibrului versantului.

Efectul cutremurelor de pământ și al trepidățiilor de orice natură asupra stabilității versanților este maxim în cazul rocilor saturate cu apă, în special în cazul rocilor necoezive de tipul nisipului, cu grad de uniformitate redus. Producerea cutremurelor în timpul sau imediat după perioade de precipitații sau după coborârea rapidă a apei în lacurile de acumulare, când rocile din versanți sunt în stare saturată, creează condiții foarte favorabile pentru producerea alunecărilor de teren. Pe lângă influența caracteristicilor fizice și mecanice ale rocilor și particularitățile geomorfologice ale versanților declanșarea alunecărilor depinde și de accelerația vibrațiilor.

3.4.7.3. Vibrațiile locale produse de explozii, trafic rutier sau feroviar, fundații de mașini

Datorită intensității, duratei sau periodicității lor, vibrațiile de acest gen reprezintă cauze frecvente ale alunecărilor de teren sau taluzurilor, efectelor lor fiind direct dependente de natura rocilor și structura versanților. Vibrațiile locale, mai ales cele din explozii, pot genera o componentă verticală care este foarte dăunătoare stabilității versanților sau taluzurilor. Componenta verticală a vibrațiilor afectează stabilitatea naturală a versanților sau taluzurilor, mai ales prin reducerea rezistenței la forfecare a rocilor de-a lungul elementelor de discontinuitate (fețele de strat, faliile și contactul dintre formațiunile acoperitoare și roca de bază).

Vibrațiile care provin din traficul rutier sau feroviar și cele transmise de fundațiile de mașini, prin efectul lor de durată, reduc substanțial rezistența rocilor, mai ales în condiții de saturare cu apă, ceea ce poate avea ca efect formarea unor alunecări de teren. [61]

3.5. Parametrii geotehnici specifici pentru caracterizarea comportării masivelor de pământ

În compoziția pământurilor considerate ca fiind medii disperse pot fi prezente toate cele trei faze (solidă, lichidă, gazoasă) a căror mărime relativă împreună cu raporturile cantitative dintre acestea sunt exprimate prin caracteristicile fizice ale pământurilor, denumite și indici geotehnici simplii.

Caracteristicile fizice fundamentale ale pământurilor sunt: densitatea și greutatea volumică a scheletului mineral (ρ_s, γ_s), densitatea și greutatea volumică a pământului (ρ, γ), umiditatea naturală (w). La acestea se adaugă: porozitatea (n), indicii porilor (e), gradul de îndesare (I_D), capacitatea de îndesare (C_i), limitele de plasticitate (w_p, w_L), permeabilitatea (k).

În vederea aprecierii comportării pământurilor în diferite scopuri – ca suport al construcțiilor, ca material pentru executarea diferitelor lucrări ingineresti, ca mediu afectat de fenomene de instabilitate – este necesară determinarea caracteristicilor fizice și mecanice ale acestora. [89]

3.5.1. Caracteristicile fizice ale pământurilor

Densitatea scheletului mineral reprezintă raportul dintre masa particulelor solide M_s dintr-o probă de pământ și volumul propriu al acestora V_s și este dată de relația:

$$\rho_s = \frac{M_s}{V_s} \quad [\text{g/cm}^3] \text{ sau } [\text{t/m}^3] \quad (3.3)$$

Densitatea scheletului variază între limite relativ restrânse ($2,6-2,8\text{g/cm}^3$). Valorile mari indică un conținut ridicat de minerale grele (oxizi de fier); o scădere sub normal a densității scheletului indică prezența substanțelor organice în compoziția pământului respectiv.

Greutatea volumică se poate defini ca raport între greutatea particulelor solide G_s dintr-o probă de pământ și volumul acestora V_s . Cunoscând densitatea ρ_s , valoarea greutății volumice a scheletului se poate obține prin următoarea relație de legătură:

$$\gamma_s = \frac{G_s}{V_s} = \frac{M_s \times g}{V_s} = \rho_s \times g \text{ [mN/cm}^3\text{] sau [kN/m}^3\text{]} \quad (3.4)$$

Densitatea pământului reprezintă raportul dintre masa unei probe de pământ M și volumul total al acesteia V , în care este inclus și volumul porilor (golurile dintre particulele solide) și se exprimă prin relația:

$$\rho = \frac{M}{V} \text{ [g/cm}^3\text{] sau [t/m}^3\text{]} \quad (3.5)$$

Greutatea volumică a pământului se definește ca raport între greutatea unei probe de pământ G și volumul acesteia V . Valoarea sa se obține prin înmulțirea densității cu accelerația gravitațională:

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{M \times g}{V} = \rho \times g \text{ [mN/cm}^3\text{] sau [kN/m}^3\text{]} \quad (3.6)$$

Umiditatea naturală a unui pământ reprezintă raportul dintre masa apei M_w conținută în porii unei cantități de pământ și masa particulelor solide M_s din acea cantitate. Se notează cu w și se exprimă prin relațiile:

$$w = \frac{M_w}{M_s} \text{ sau în procente } w = \frac{M_w}{M_s} \times 100 \text{ [%]} \quad (3.7)$$

Porozitatea (n) exprimă raportul dintre volumul porilor și volumul total al unei cantități de pământ considerate:

$$n = \frac{V_p}{V} \text{ sau în procente } n = \frac{V_p}{V} \times 100 \text{ [%]} \quad (3.8)$$

unde: V_p – volumul porilor din proba de pământ analizată,
 V – volumul total al probei de pământ.

Indicele porilor (e) reprezintă raportul dintre volumul porilor V_p și volumul fazei solide (a particulelor solide) pentru proba de pământ considerată:

$$e = \frac{V_p}{V_s} \quad (3.9)$$

Porozitatea variază între limite relativ largi, în funcție de structura pământurilor, astfel: la nisipuri variază între 20 – 50%, la argile porozitatea este redată în figura 3.29., iar la pământurile löessoide de asemenea porozitatea are valori ridicate ($n=40 - 60\%$). [89]

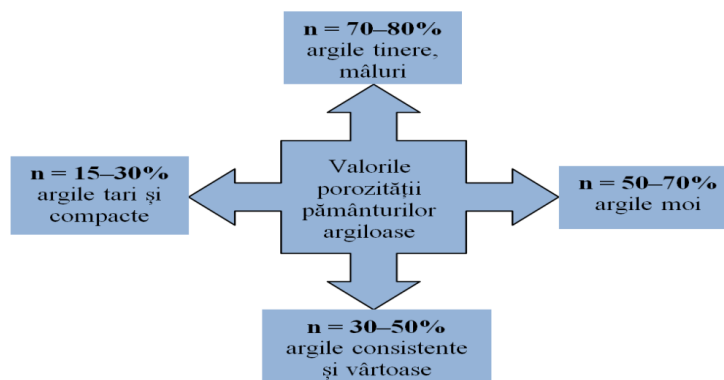


Fig. 3.29. Valorile porozității în cazul pământurilor argiloase

Gradul de umiditate se definește ca fiind raportul între volumul de apă conținut de proba de pământ și volumul total al golurilor (porilor) probei respective (Fig. 3.30.):

$$S_r = \frac{V_w}{V_p} \quad (3.10)$$

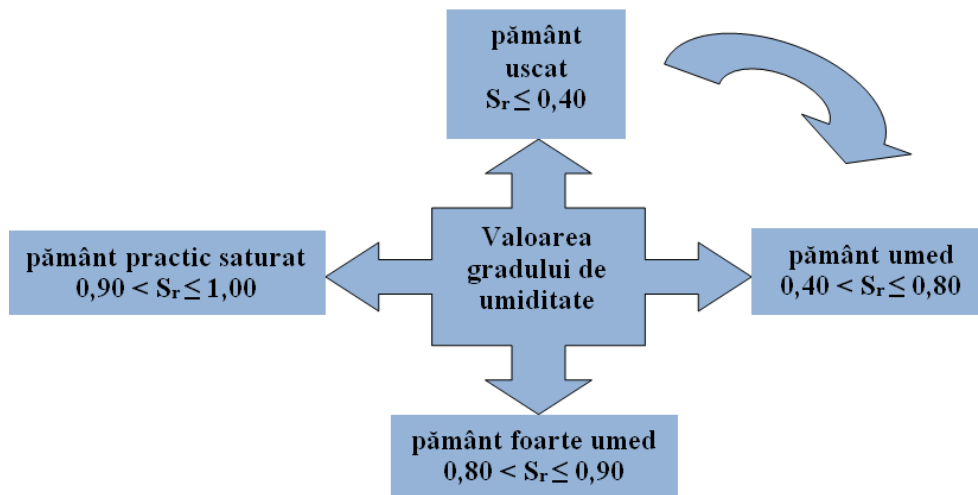


Fig. 3.30. Clasificarea pământurilor după valoarea gradului de umiditate

Gradul de îndesare (I_D) se folosește pentru caracterizarea stării de îndesare sau de afânare (Fig. 3.31.) în care se pot întâlni în natură pământurile nisipoase (nisipurile) și este definit de relația:

$$I_D = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \quad (3.11)$$

unde: e_{\max} - indicele porilor corespunzător stării celei mai afânate,
 e_{\min} - indicele porilor corespunzător stării celei mai îndesate,
 e - indicele porilor corespunzător stării naturale de îndesare.

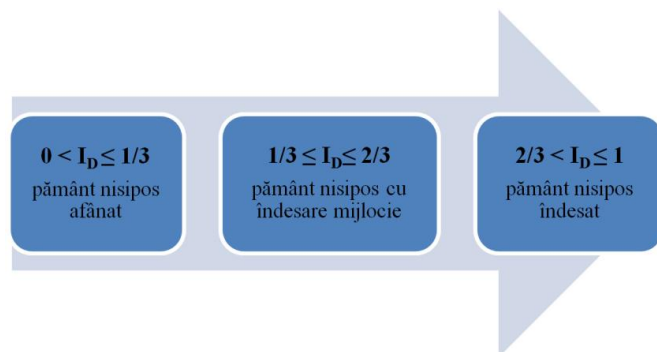


Fig. 3.31. Încadrarea pământurilor nisipoase în trei domenii de îndesare în funcție de I_D

Capacitatea de îndesare C_i este un indice geotehnic propriu fiecărui fel de pământ necoeziv și exprimă proprietatea acestuia de a-și micșora volumul golurilor (porilor) prin reșezarea particulelor solide. Se definește prin relația:

$$C_i = \frac{e_{\max} - e_{\min}}{e_{\min}} \quad (3.12)$$

Umidițiile care delimitează inferior și superior domeniul de comportare plastică a pământurilor coezive poartă denumirea de limite de plasticitate. **Limita inferioară de plasticitate w_p** denumită și limită de frământare reprezintă umiditatea minimă de la care începând, un pământ argilos se comportă asemănător cu un corp plastic, ea marcând trecerea pământului din stare tare (semisolidă) în stare plastică. **Limita superioară de plasticitate w_L** denumită și limită de curgere reprezintă umiditatea maximă până la care un pământ argilos are comportare plastică, ea marcând trecerea pământului din stare plastică în stare curgătoare; pentru umidițiile mai mari decât w_L pământul curge sub greutatea sa proprie.

Proprietatea pământurilor coezive de a se comporta într-un anumit domeniu de umiditate ca un corp plastic poartă denumirea de plasticitate. Cantitativ, plasticitatea (Fig. 3.32.) se exprimă prin **indicele de plasticitate I_p** care reprezintă intervalul de umiditate în limitele căruia pământurile coezive se află în stare plastică, fiind definit prin relația:

$$I_p = w_L - w_p \quad (\%) \quad (3.13)$$

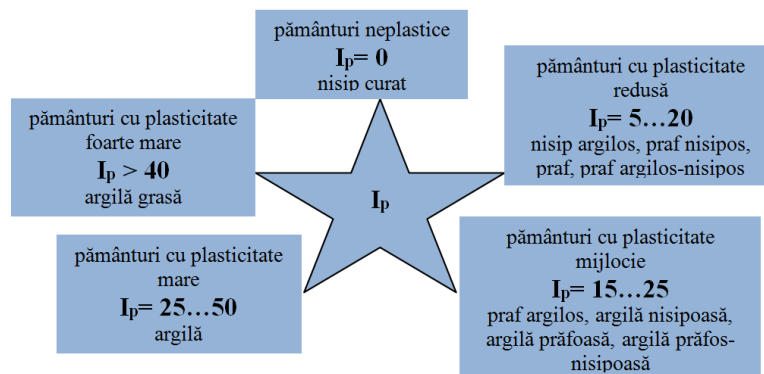


Fig. 3.32. Clasificarea pământurilor în funcție de mărimea indicelui de plasticitate

Indicele de consistență I_c exprimă cantitativ starea de consistență a pământurilor coezive (Fig. 3.33.), cuprinsă între cele două stări extreme posibile, starea solidă (tare) și starea curgătoare și se exprimă prin relația următoare:

$$I_c = \frac{w_L - w}{w_L - w_p} = \frac{w_L - w}{I_p} \quad (3.14)$$

În intervalul de comportare plastică a pământurilor argiloase, adică pentru $w_p \leq w \leq w_L$, indicele de consistență variază între 0 și 1. Pentru $w > w_L$ valoarea lui I_c este negativă, iar pentru $w < w_p$, valoarea lui I_c este supraunitară.

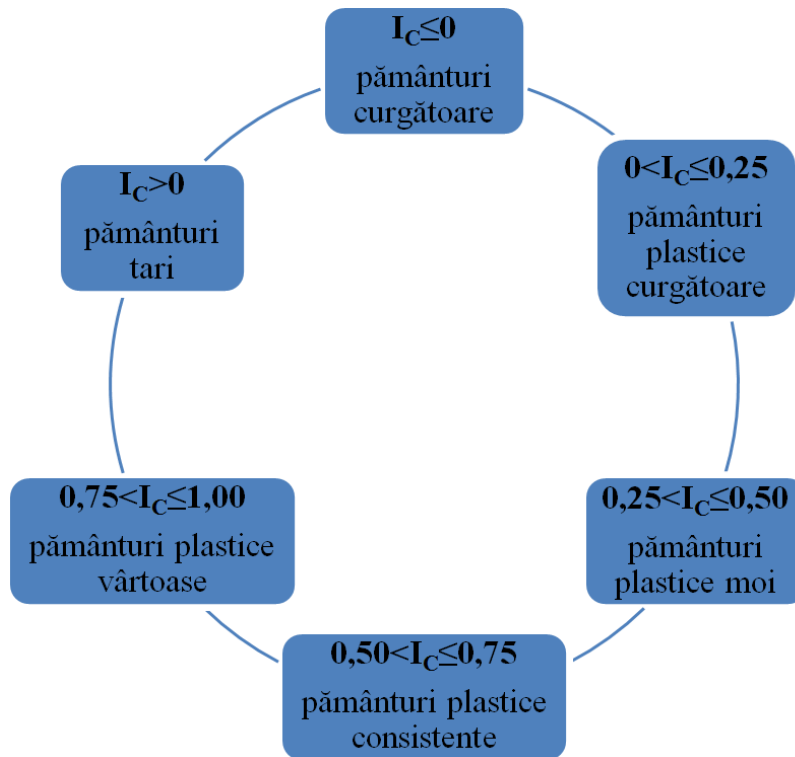


Fig. 3.33. Clasificarea pământurilor coezive după valoarea indicelui de consistență

3.5.2. Proprietățile mecanice ale pământurilor

În vederea evaluării cantitative atât a deformațiilor apărute într-un masiv cât și a capacității portante, pe lângă determinarea caracteristicilor fizice, trebuie cunoscute și caracteristicile mecanice ale pământurilor din zona de studiu. În ingineria geotehnică, calculul deformațiilor terenului de fundare are la bază caracteristicile de compresibilitate, iar determinarea capacității portante a acestuia implică cunoașterea caracteristicilor rezistenței la forfecare. [89]

Compresibilitatea reprezintă proprietatea pământurilor de a se deforma sub acțiunea unor încărcări de compresiune, proces în urma căruia devin mai îndesate, mai compacte.

Din categoria proprietăților mecanice ale pământurilor, cei doi **parametrii de rezistență la forfecare**, reprezentați de unghiul de frecare internă și coeziune, se consideră în mod convențional ca fiind caracteristici mecanice constante ale acestora.

Conform legii lui Coulomb, în cazul *pământurilor necoezive* **rezistența la forfecare** τ_f se exprimă prin ecuația unei drepte care trece prin originea axelor de coordonate (Fig. 3.34.a) și este egală ca valoare cu mărimea tensiunii tangențiale de rupere, fiind determinată de frecarea dintre particulele componente și de mărimea tensiunii normale σ :

$$\tau_f = \sigma \times \operatorname{tg} \Phi \quad (3.15)$$

unde: ϕ - este unghiul a cărui tangentă trigonometrică reprezintă coeficientul de frecare internă (interioară) dintre particulele ce se găsesc de

o parte și de alta a suprafeței de rupere, unghi care poartă denumirea de unghi de frecare interioară a pământului.

Pentru *pământurile coezive*, conform aceleiași legi, **rezistența la forfecare** se exprimă tot prin ecuația unei drepte (Fig. 3.34.b) care însă nu mai trece prin originea axelor de coordonate, ci taie ordonata într-un punct, a cărui poziție este determinată de mărimea coeziunii pământului:

$$\tau_f = \sigma \times \operatorname{tg}\Phi + c \quad (3.16)$$

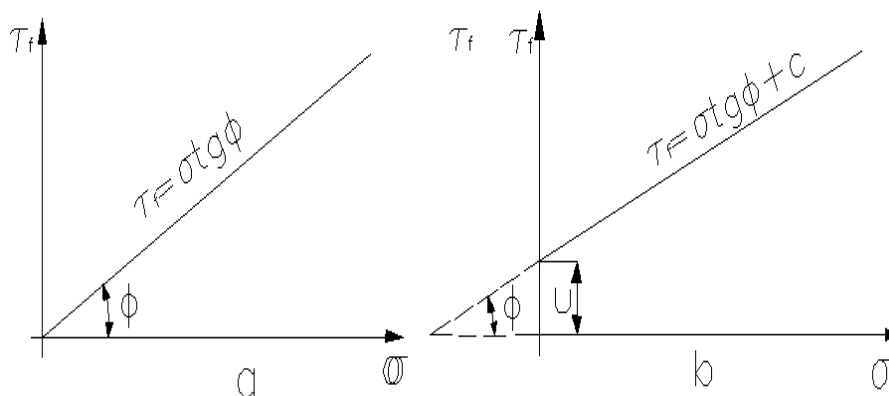


Fig. 3.34. Dreapta intrinsecă: a – pământ necoeziv, b – pământ coeziv

Dreapta corespunzătoare fiecăreia din ecuațiile (3.15.) și (3.16.) poartă denumirea de dreaptă intrinsecă sau dreapta lui Coulomb, fiind definită în cazul cel mai general prin doi parametri:

- înclinarea față de orizontală, care reprezintă **unghiul de frecare interioară al pământului ϕ** ;
- ordonata la origine, care reprezintă **coeziunea pământului c** .

În taluzurile naturale și în cele artificiale de stare de tensiuni este caracterizată prin mari componente ale tensiunilor de forfecare, întrucât diferența dintre tensiunile principale este semnificativă. În lungul direcției suprafețelor τ_1 , τ_2 etc. masivul se deformează prin forfecare (Fig. 3.35.). Totuși, dacă efortul de forfecare nu este suficient de mare pentru a da naștere la suprafețele de alunecare, masivul de rocă se deformează pe întreaga sa grosime, fără a manifesta deformații evidente de alunecare. La terenurile argiloase, deformațiile de alunecare generează deplasări prin forfecare de 2 – 5cm pentru 1m distanță între suprafețele τ_1 , τ_2 etc. La o grosime D a corpului forfecat egală cu 6m, deplasarea totală la fața taluzului se apropie de circa 15cm. Întrucât terenul este lipsit de rezistență la întindere sau aceasta prezintă valori reduse, la partea de sus a taluzului apar crăpături. Aceste crăpături nu trebuie să fie considerate ca o dovadă a pierderii stabilității. Prezența lor demonstrează încă că stabilitatea este precară, corespunzătoare unui coeficient de siguranță redus. Adesea, de la acest stadiu se pot declanșa alunecări dacă, de exemplu, în crăpături pătrunde și se acumulează apa din precipitații. [61]

La rocile compacte deplasarea de alunecare este mai redusă, spre exemplu la sisturile tari și argilite, este de ordinul a 8mm/m.

Dacă deformația depășește valorile arătate se poate trage concluzia că suprafața de alunecare începe să se formeze.

Volumul majorității rocilor crește într-o oarecare măsură în lungul suprafeței de alunecare. La rocile argiloase aceasta duce la mărirea umidității cu câteva procente și respectiv, la înmuierea lor. Creșterea în volum influențează configurația suprafeței de alunecare, deoarece aceasta rezultă nu numai din efortul maxim de forfecare, ci este influențată și de efortul normal, care se opune creșterii în volum. Astfel se deformează suprafața de alunecare și forma ei în secțiunea transversală corespunde mai curând unei spirale logaritmice decât unui arc de cerc. În locul suprafeței τ_1 se obține suprafața τ_1' . Înainte de crearea suprafeței de alunecare, taluzul se deformează, la fața taluzului valoarea deformației fiind $\Sigma\Delta$. [15]

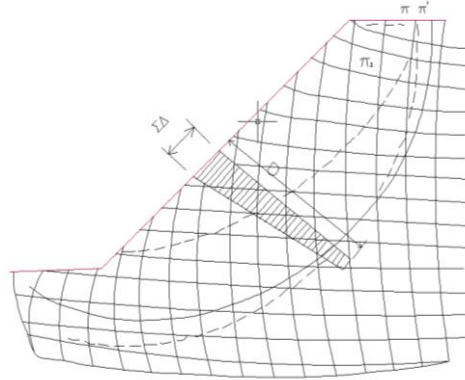


Fig. 3.35. Deformarea masivelor în taluz

3.6. Cercetarea masivelor de pământ

Cercetarea masivelor de pământ prezintă o deosebită importanță în obținerea datelor privitoare la natura rocilor din care acestea sunt alcătuite, la proprietățile fizice și mecanice ale acestora, la nivelul și regimul apelor subterane etc., date necesare pentru întocmirea proiectelor diferitelor construcții. [15]

Prima etapă constă în recunoașterea preliminară a zonei studiate, urmărindu-se depistarea unor fenomene de instabilitate (active sau care pot fi activizate prin începerea lucrărilor de excavație pentru realizarea unor construcții), comportarea unor construcții existente în zonă, regimul apelor de suprafață, caracterul vegetației, existența unor surse locale de materiale de construcții etc.

În unele situații recunoașterea preliminară poate fi hotărâtoare pentru amplasamentul construcției, în special la traseele căilor de comunicații sau la lucrări hidrotehnice.

Pe baza datelor obținute prin recunoașterea preliminară a zonei amplasamentului și ținând seama de celelalte criterii menționate anterior, se stabilește programul de cercetare, în care se prevede atât volumul lucrărilor de cercetare cât și metodele de realizare a lor.

Principalele categorii de lucrări de cercetare a terenului de fundare constau în: prospecțiuni prin sondaje, prospecțiuni prin metode geofizice, alte metode de teren pentru determinarea proprietăților fizice și mecanice ale pământurilor (metoda penetrării, încercarea cu placa etc.).

3.6.1. Prospecțiuni prin sondaje și foraje

Sondajele (Fig. 3.36.) sunt lucrări de prospecțiuni executate în scopul determinării stratificației terenului de fundare și a nivelului apelor subterane. Totodată, ele servesc și pentru prelevarea de probe care apoi sunt analizate prin încercări de laborator.

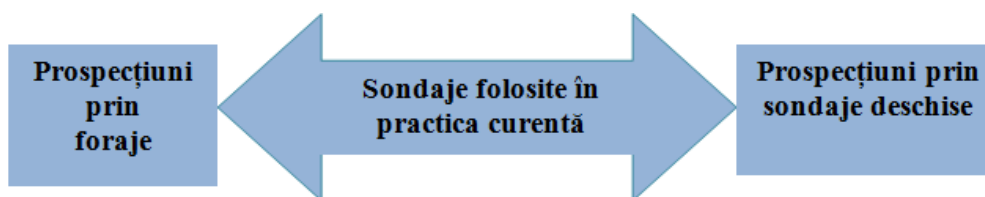


Fig. 3.1. Tipuri de prospecțiuni folosite în practica curentă

Sondajele deschise sunt săpături direct executate în scoarța terestră sub formă de gropi, șanțuri în trepte, puțuri și galerii ce au avantajul de a permite examinarea directă, vizuală, a straturilor de roci precum și prelevarea în bune condiții a probelor. Dezavantajele acestui tip de prospecțiuni constau în costul ridicat (mai ales la puțuri și galerii), durata mare de execuție și adâncimea relativ mică. [89]

Forajele elimină dezavantajele semnalate la sondajele deschise, în schimb oferă un grad mai redus de precizie a determinării stratificației terenului, datorită faptului că aceasta se stabilește pe baza probelor prelevate a căror calitate este mai slabă, comparativ cu cele prelevate din sondaje deschise.

Forajele se execută cu ajutorul instalațiilor de forare (foreze), care pot fi acționate mecanic sau manual. Forarea propriu-zisă constă în săparea unui canal vertical cu secțiune circulară redusă, cu ajutorul unor instrumente de forare (burghie, linguri, carotiere) care sunt manevrate de la suprafață prin intermediul unei tije metalice rigide. În practică se aplică diferite sisteme de forare: rotativ, prin percuții (lovituri), prin vibropercuții etc.

În cazul pământurilor necoezive sau a celor coezive de consistență foarte redusă, pentru a menține stabilitatea peretelui forajului, pe măsura avansării instrumentului de forat se coboară un tub metalic denumit burlan de foraj sau coloană de tubaj. Coloana de tubaj este alcătuită din tronsoane de tuburi cu lungime de 4 – 8m și diametru de 150 – 300mm, îmbinate între ele cu ghivent.

Atât din sondajele deschise, cât și din foraje se prelevează două categorii de probe: netulburate și tulburate (Fig. 3.37.).

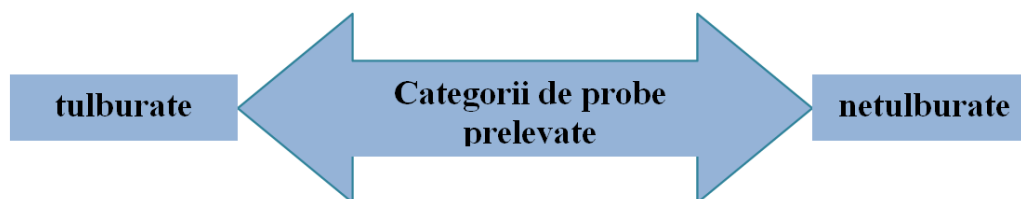


Fig. 3.2. Categorii de probe prelevate

Probe netulburate se consideră cele care păstrează intacte structura și proprietățile (porozitate, umiditate, legături structurale) rocii din care au fost prelevate.

Din foraje, probele netulburate de pământ coeziv se prelevează cu ajutorul dispozitivului din figura 3.38.a. Acesta se compune dintr-un berbec care culisează pe tija verticală a unei nicovale. La partea inferioară a nicovalei este montat un ștuț, care se înfige în pământul de la baza forajului în urma loviturilor aplicate în nicovală, prin ridicarea și căderea succesivă a berbecului. Nicovala este prevăzută cu un ventil prin care se elimină apa și noroiul din ștuț, astfel ca în interiorul său să rămână numai proba cu structură nederanjată.

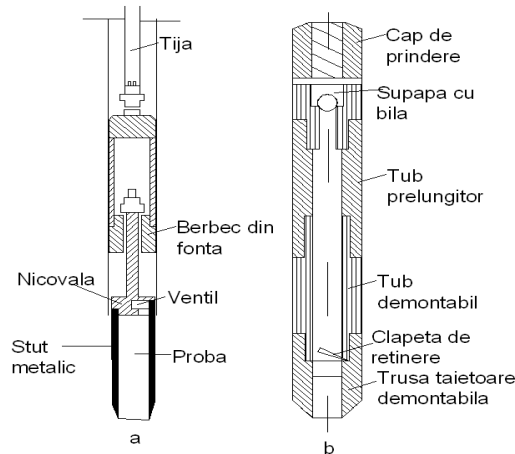


Fig. 3.3. Dispozitive pentru recoltarea probelor netulburate din foraje:
a – pământ coeziv; b – pământ necoziv

Datorită lipsei de coeziune, în cazul nisipurilor prelevarea probelor netulburate din foraje este foarte dificilă. În figura 3.38.b. este prezentat un dispozitiv destinat acestui scop, care se înfige prin presare în stratul de nisip de la baza forajului. Dispozitivul este prevăzut la partea inferioară cu o clapetă pentru reținerea probei de nisip pe timpul extragerii la suprafață. Se menționează că și prin folosirea acestui dispozitiv, netulburarea probei este relativă. S-a constatat că prin înfigerea dispozitivului într-un strat de nisip afinat se produce îndesarea probei, iar în cazul unui strat îndesat are loc afânarea acesteia.

Probele netulburate se prelevează la fiecare schimbare a naturii și stării fizice a materialului prezent în coloana stratigrafică, sau cel puțin din 2 în 2m, pe întreaga adâncime a unui foraj.

Pentru păstrarea umidității naturale a probelor netulburate, acestea se izolează de mediul exterior prin parafinare, operație care se efectuează imediat după prelevare.

Probele tulburate, adică cele care nu păstrează structura naturală a rocii din care au fost prelevate, se obțin cu ocazia curățirii instrumentelor de forare în cazul forajelor, sau prin prelevarea unui monolit de formă oarecare, în cazul sondajelor deschise. Aceste probe se păstrează în borcane sau în lădițe de lemn compartimentate.

3.6.2. Prospekțiuni prin sondaje de penetrare

Determinarea prin încercări de laborator a indicilor geotehnici care caracterizează structura naturală a unui strat de pământ (porozitate, densitate, umiditate, permeabilitate) precum și a proprietăților mecanice (compresibilitate, rezistență la forfecare) necesită probe netulburate.

Practic, prelevarea de probe cu structură perfect netulburată este imposibilă, chiar și în cazul pământurilor coezive și cu atât mai mult la cele necoezive. Pe de altă parte, manevrările care intervin la transportul probelor la laborator, la pregătirea epruvetelor și montarea lor în diferite aparate de încercare, contribuie de asemenea, la deranjarea într-o măsură mai mare sau mai mică a structurii naturale a probelor și în consecință la rezultate eronate.

Aceste considerente au condus la dezvoltarea și perfecționarea continuă în ultimele decenii a unor metode de determinare a proprietăților terenului de fundare, bazate pe diferite încercări la fața locului (încercări „in situ”). Alături de alte încercări „in situ” (încercarea cu placa, încercarea de forfecare cu ajutorul aparatului cu palete etc.), metoda penetrării (Fig. 3.39.) are în ultimul timp o utilizare largă în tehnica cercetării terenului de fundare.

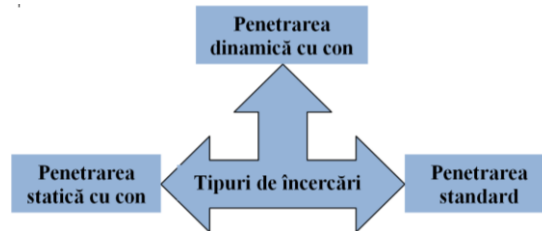


Fig. 3.4. Tipurile de încercări specifice metodei penetrării

Încercarea de penetrare statică se execută cu ajutorul unui dispozitiv care poartă denumirea de penetrometru static (Fig. 3.40.). Acesta în principiu constă dintr-o tijă metalică rigidă care este prevăzută la partea inferioară cu un vârf conic și introdusă în interiorul unei mantale (țeava) de protecție.

Tija cu vârful conic și mantaua de protecție sunt introduse în teren prin presare statică, măsurându-se la diferite adâncimi, în mod separat, rezistența R_p opusă de teren pe vârful conic și forța totală F_t , necesară înfîngerii penetrometrului. Rezultatele se transpun grafic într-o diagramă, unde pe abscisă se trec valorile rezistenței de penetrare pe con R_p și ale forței de frecare pe mantaua penetrometrului F_1 , iar pe ordonată adâncimea (Fig. 3.40.).

Pe baza datelor obținute prin încercarea de penetrare statică se pot stabili următoarele elemente principale:

- stratificația terenului prin corelare cu cea determinată prin foraje de referință;
- informativ, unele caracteristici fizico-mecanice (γ_d , n , e , M , ϕ , c) ale pământurilor care intră în alcătuirea terenului de fundare, pe baza unor corelații statistice între valorile acestora și rezistența la penetrare pe con R_p .

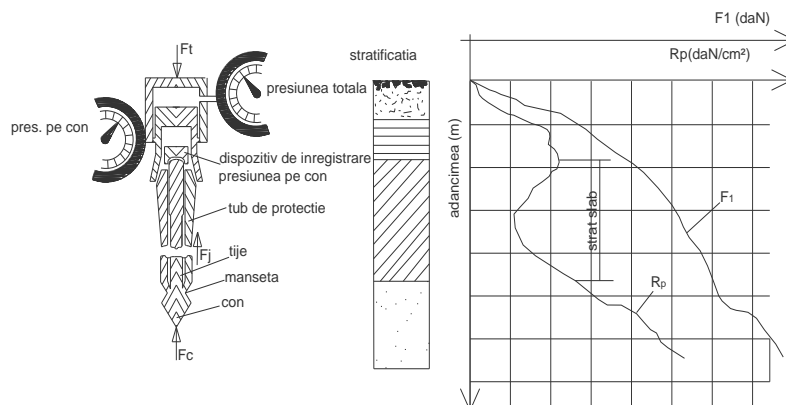


Fig. 3.5. Schema penetrometrului static (stânga) și Diagrama de penetrare statică (dreapta)

Încercarea de penetrare dinamică cu con constă în introducerea în teren prin batere, cu ajutorul unui berbec care cade liber de la înălțime constantă, a unei coloane de tije metalice cu sau fără manta de protecție, prima tijă fiind prevăzută la partea inferioară cu un vârf conic.

După mărimea masei berbecului, în România sunt oficializate următoarele tipuri de penetrare dinamice:

- penetrometru dinamic ușor (PDU), cu berbec de 10kg (Fig. 3.41);
- penetrometru dinamic mijlociu (PDM), cu berbec de 35kg;
- penetrometru dinamic greu (PDG), cu berbec de 50kg.

La penetrometrele dinamice fără manta de protecție a tijeii, diametrul conului depășește sensibil diametrul acesteia.

Pe parcursul încercării de penetrare dinamică se înregistrează numărul de lovituri M a berbecului, necesar pentru înfigerea conului pe o adâncime z constantă, de obicei egală cu 10 sau 20cm. Prin reprezentarea grafică a celor două mărimi se obține diagrama de penetrare dinamică (Fig. 3.41.). [89]

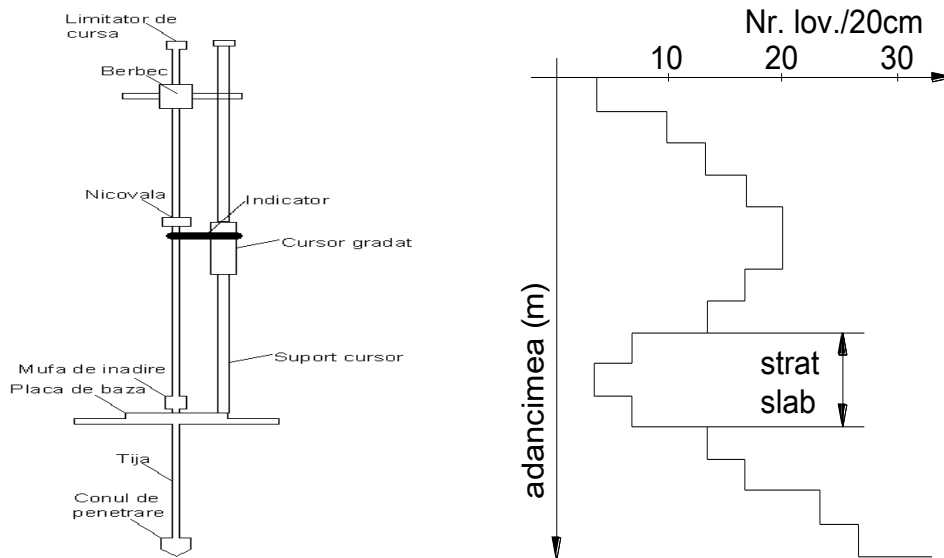


Fig. 3.6. Penetrometrul dinamic ușor(stânga) și diagrama de penetrare dinamică (dreapta)

Încercarea de penetrare dinamică cu con furnizează date legate de stratificația terenului, oferă elemente pentru stabilirea condițiilor de fundare și se poate utiliza pentru testarea calității unor lucrări de îmbunătățire a terenurilor de fundare slabe. Metoda se poate aplica cu bune rezultate la pământuri necoezive fără fragmente grosiere (de pietriș, prundiș sau bolovăniș). În pământuri coezive cu permeabilitate redusă și de obicei saturate, încercarea are aplicații mai limitate, utilizându-se în general pentru delimitarea straturilor de consistență diferită.

Folosirea încercărilor de penetrare dinamică cu con permite reducerea cantitativă a unora dintre lucrările clasice de cercetare a terenului de fundare, care sunt mai costisitoare (forajele spre exemplu). Diagrama obținută pe baza datelor unei penetrări dinamice efectuate într-un punct al amplasamentului se compară cu

diagrama de penetrare etalon, efectuată lângă un foraj de control (martor). Se vor executa foraje numai acolo unde alura diagramelor de penetrare diferă de cea a diagramei etalon.

În literatura de specialitate sunt date și unele corelații empirice stabilite experimental, cu ajutorul cărora se pot determina, în mod orientativ, valorile unor caracteristici fizico-mecanice ale terenului de fundare, pe baza datelor obținute prin încercări de penetrare dinamică cu con.

Penetrarea standard este tot o încercare de penetrare dinamică, care se execută în gaura de foraj și constă în înfigerea unui tub carotier prin loviturile unui berbec cu masa de 63,5kg, ce cade liber de la o înălțime de 76cm (Fig. 3.42). Tubul carotier are lungimea de 1000mm, diametrul exterior de 51mm și cel interior de 35mm.

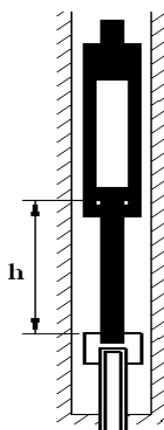


Fig. 3.7. Penetrarea standard

Tabelul 3.4. Starea de îndesare a pământurilor

Pământuri necoezive		Pământuri coezive	
<i>N</i>	<i>Starea de îndesare</i>	<i>N</i>	<i>Consistența</i>
0-4	foarte afânată	2	curgătoare
4-10	afânată	2-4	plastic curgătoare
10-30	îndesare medie	4-8	plastic moale
30-50	îndesată	8-15	plastic consistentă
50	foarte îndesată	15-30	plastic vârtoasă
		30	tare

Încercarea începe cu înfigerea tubului carotier în teren pe adâncimea de 15cm, înregistrând apoi numărul *N* de lovituri necesare înfigerii acestuia cu încă 30cm. În funcție de numărul *N* de lovituri se apreciază starea naturală a pământului cercetat, adică îndesarea pentru pământurile necoezive și consistența pentru cele coezive conform tabelului 3.4.

Deoarece atât rezistența la forfecare cât și compresibilitatea pământurilor nisipoase depind în mod substanțial de starea de îndesare, valorile lui N pot servi și pentru aprecierea, în mod orientativ, a modulului de deformație și a unghiului de frecare interioară.

3.6.3. Discuții asupra cercetării masivelor de pământ

Rezultatele cercetării masivelor de pământ considerate teren de fundare și interpretările geologice, tehnice și geotehnice se sintetizează în „Studiul geotehnic”, a cărui mod de prezentare și volum depinde de faza de proiectare și de importanța obiectivului, căruia îi este destinat.

Studiul geotehnic face parte integrantă din proiectul de execuție al construcției respective și cuprinde mai multe părți: partea de introducere, partea generală, partea specială și partea de concluzii și recomandări.

În partea de introducere se precizează scopul cercetărilor efectuate, volumul, natura și condițiile de execuție a acestora. Se prezintă succint caracteristicile construcțiilor pentru care s-au efectuat cercetările și se încadrează zona amplasamentului sub aspect geografic și geologic.

Partea generală se referă la următoarele elemente principale:

- geomorfologia: se descriu formele de relief și se fac referiri la modul de evoluție în timp a acestora;
- structura geologică: se prezintă date referitoare la stratificația, litologia și tectonica zonei amplasamentului, la starea rocii de bază (gradul de fisurație) și a rocilor acoperitoare (grosimea, gradul de alterare etc.);
- condițiile hidrologice și hidrogeologice: rețeaua hidrografică (direcțiile de curgere a apei, caracterul văilor etc.), regimul apelor subterane etc.;
- vegetația, tipul vegetației și influența acesteia asupra stabilității terenului din zonă;
- gradul de seismicitate al zonei;
- climatul și adâncimea de îngheț;
- antecedentele terenului (existența umpluturilor, hrubelor etc.) și observații asupra comportării unor construcții existente.

În partea specială a studiului geotehnic se prezintă în detaliu și se interpretează rezultatele încercărilor de laborator și de teren, analizându-se sub aspect calitativ și cantitativ caracteristicile fizico-mecanice ale rocilor care alcătuiesc terenul de fundare; se semnalează și se analizează eventualele fenomene fizico-geologice defavorabile pentru stabilitatea construcției (alunecări de teren, fenomene carstice, nisipuri lichifiabile, falii și fracturi în cazul rocilor stâncoase etc.); se dau de asemenea, unele date referitoare la eventuale surse locale de materiale de construcții.

Partea finală a studiului cuprinde concluzii asupra rezultatelor cercetărilor întreprinse și recomandări referitoare la:

- amplasamentul și sistemul constructiv optim, determinate de condițiile tehnico-geologice și geotehnice ale terenului de fundare;
- adâncimea și sistemul de fundare cel mai indicat pentru diferitele construcții;
- capacitatea portantă a stratului de fundare;
- valorile normate și de calcul ale principalelor caracteristici geotehnice necesare calculului terenului de fundare;
- măsurile de execuție dictate de condițiile de teren (în special în cazurile când cota de fundare se găsește sub nivelul pânzei de apă freatică);
- încadrarea rocilor care alcătuiesc terenul de fundare în categoriile

prevăzute în normele de deviz pentru terasamente și săpături;

- normele de protecția și securitatea muncii.

În afara părților scrise studiul geotehnic conține și o serie de piese grafice (diverse hărți, secțiuni geologice, hidrogeologice și geotehnice, transversale și longitudinale, fișe de stratificație cuprinzând rezultatele încercărilor de laborator și de teren etc.).

Cercetarea terenului de fundare nu se încheie odată cu întocmirea studiului geotehnic și elaborarea proiectului de execuție a construcției respective. Executarea săpăturilor pentru fundații oferă posibilitatea verificării concordanței între situația reală și cea prezentată în studiul geotehnic, respectiv avută în vedere la întocmirea proiectului. Totodată, observațiile asupra tasării construcției, asupra eforturilor din terenul de fundare și deformațiile acestuia, asupra nivelului apei subterane, începute în perioada execuției construcției și continuate după darea în exploatare, pot furniza date de mare interes atât pentru construcția respectivă, cât și pentru alte construcții fondate în condiții similare.

4.METODE GEODEZICE UTILIZATE LA MONITORIZAREA ALUNECĂRILOR DE TEREN

4.1. Metode geodezice de măsurare a deplasărilor orizontale

4.1.1. Metoda microtriangulației

Se folosește la determinarea vectorului deplasării orizontale a punctelor de control fixate pe construcția luată în studiu, în raport cu un sistem de referință constituit din puncte fixate în terenuri nedeformabile și în afara zonei de influență a construcției, formând astfel rețeaua punctelor de triangulație. [116]

Metoda microtriangulației este folosită la urmărirea comportării în timp a construcțiilor masive (baraje, ecluze, viaducte, poduri), ca și a terenurilor din jurul acestora. Construcția rețelei de microtriangulație se realizează cu precizie foarte mare.

Determinarea vectorului deplasării orizontale a construcției necesită efectuarea măsurătorilor 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, deci și a preciziei de determinare a vectorului deplasării orizontale a punctelor de control, de pe construcția studiată.

În componența rețelei de microtriangulație se regăsesc următoarele categorii de puncte:

- **Puncte de control**, numite și mărci de tasare ce sunt fixate pe construcția ce urmează a fi observată. Aceste puncte au rolul de a evidenția cu exactitate mărimile și direcțiile deplasărilor. Semnalizarea lor se face cu mărci speciale de diferite forme, confecționate din bronz cromat spre a rezista la coroziune. Cercetările au arătat că cele mai bune sunt semnalele sub formă de disc, diametrul cercului reprezentând 1:20 din distanța medie de la punctul fix de determinat.
- **Puncte de stație**, din care se fac observații repetate spre punctele de control de pe construcție. Aceste puncte sunt marcate prin pilaștri de beton armat, cu fundație adâncă, având la partea superioară piese speciale de centrare și prindere a instrumentului. Amplasarea lor se face în apropierea construcției, la maximum 300...500m, numărul lor fiind de cel puțin două. La partea superioară a pilastrului se fixează o placă de oșel în mijlocul căreia se află dispus un reper cu filet ce înlocuiește șurubul pompă, pentru o mai bună centrare a teodolitului și a semnalelor de vizare pe punctele de stație.
- **Punctele de referință** de la care se determină eventualele schimbări în poziția punctelor de stație sunt amplasate în terenuri stabile și la distanțe

de 200...300m de construcția observată, în scopul eliminării oricărei influență a acesteia asupra lor.

- **Punctele de orientare** sunt amplasate la distanțe mai mari, în terenuri care prezintă un grad ridicat în privința stabilității, indicate în studiile geotehnice.

Rețeaua de microtriangulație se poate reprezenta sub una din următoarele forme:

- *rețea completă*, care cuprinde toate cele patru categorii de puncte având vize reciproce între punctele de stație și punctele de referință (Fig. 4.1.); [116]

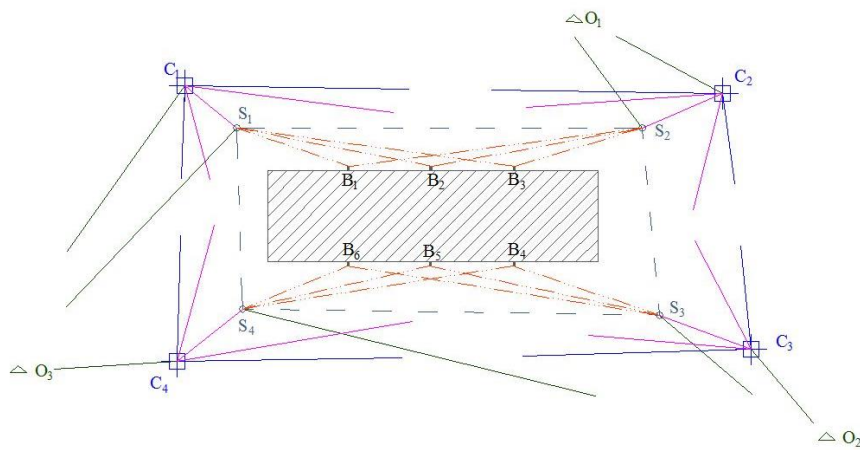


Fig. 4.1. Rețea completă de urmărire

$B_1, B_2 \dots B_n$ – repere fixate pe obiectiv;

$S_1, S_2 \dots S_n$ – stații de observație;

$C_1, C_2 \dots C_n$ – puncte de control;

$O_1, O_2 \dots O_n$ – puncte de orientare;

- *rețea incompletă*, când nu sunt asigurate vizele reciproce între punctele de stație și punctele de referință (Fig. 4.2.);

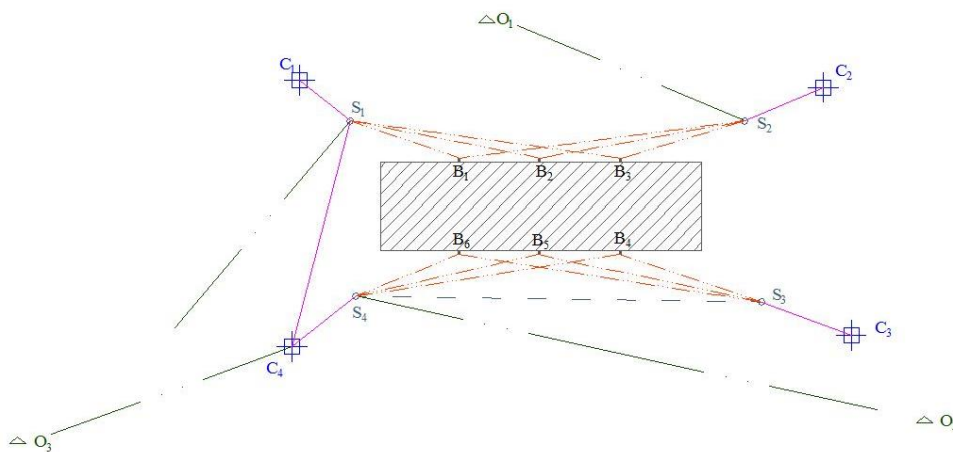


Fig. 4.2. Rețea incompletă de urmărire

- *rețea simplă*, compusă din puncte de stație și puncte de referință (Fig. 4.3.).

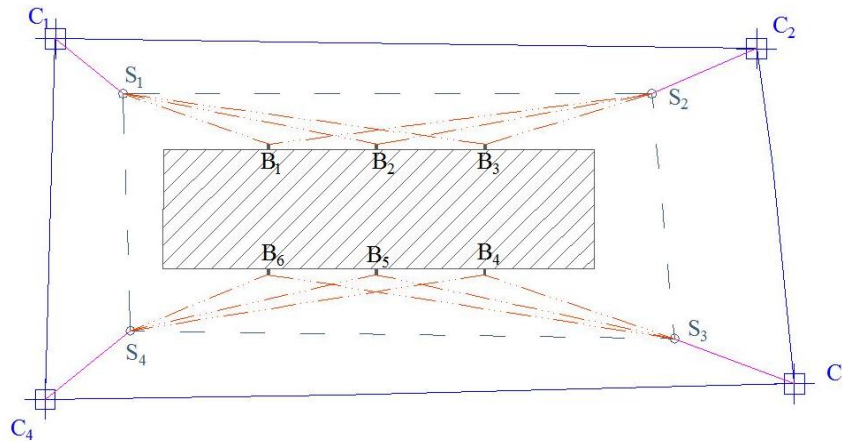


Fig. 4.3. Rețea simplă de urmărire

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 rectangular de axe care să coincidă cu axele principale ale construcției observate.

Observațiile în punctele rețelei de triangulație se execută cu precizie corespunzătoare rețelei de ordinul I (1 punct/500km²), II (1 punct/150km²), uneori chiar III (1 punct/50km²), 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. [50]

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 măsurătorilor unghiulare și liniare în locul experimentării – în laborator sau pe teren – în fiecare ciclu de observații și care implică:
 - măsurarea direcțiilor orizontale din toate punctele de stație și a 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 măsurătorilor pentru calculul vectorului deplasării construcției și evaluarea preciziei, care implică:
 - 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 mărimi la deplasările punctelor fixe, ca și direcțiile deplasărilor și se introduc corecțiile corespunzătoare;
 - calculul vectorului deplasării orizontale a 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. [117]

4.1.2. Metoda aliniamentelor

La determinarea deplasărilor orizontale ale construcțiilor care în plan au configurație liniară dreaptă (poduri, viaducte, căi ferate, baraje de greutate etc.) se aplică pe scară largă metoda aliniamentelor. Aceasta presupune determinarea poziției planimetrice a unui șir de puncte de control dispuse pe un aliniament, ale căror abateri de la linia ce unește punctele de capăt să nu fie mai mici de 3...4cm.

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 amplasează 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). [94]

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 măsurarea unghiurilor paralactice, prin observarea aliniamentelor paralele suplimentare sau prin observarea aliniamentelor intersectate.

Indiferent de situație, 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° .

4.1.2.1. Metoda observării aliniamentelor intersectate

Metoda aliniamentului unic se aplică în general la construcțiile care au în plan o configurație liniară dreaptă, iar în cazul în care forma obiectului studiat nu respectă această configurație, se poate utiliza metoda aliniamentelor intersectate.

După fixarea punctelor de bază, se măsoară unghiurile dintre primul aliniament (I) și următoarele (II, III), 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 (Fig. 4.4.).

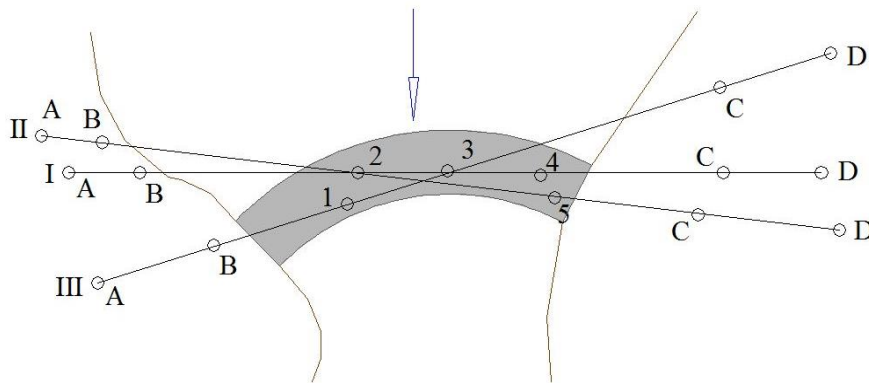


Fig. 4.4. Metoda observării aliniamentelor intersectate

Pentru controlul stabilității punctelor de capăt este necesar ca pe fiecare parte a construcției aliniamentele să fie fixate cu câte două puncte de bază, dispuse la distanțe mai mari de 20m 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 membrilor 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 măsurarea aliniamentelor. [116]

4.1.3. Metoda poligonometrică

Metoda poligonometrică, care mai este cunoscută și sub denumirea de metoda drumirii planimetrice de precizie, se folosește la determinarea vectorului deplasării orizontale a construcțiilor curbate sau a construcțiilor de lungime mare precum: poduri, viaducte, 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 din teren este foarte dificilă.

Metoda drumuirii de precizie (Fig. 4.5.) 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.

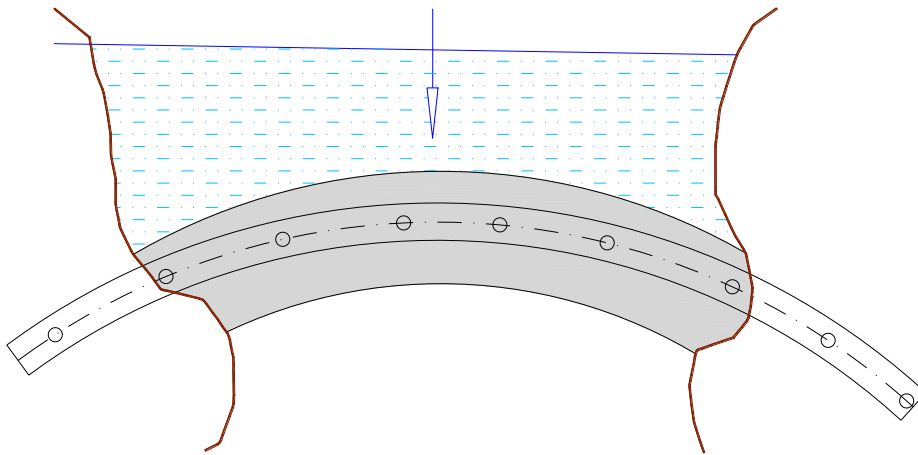


Fig. 4.5. Determinarea deplasărilor horizontale prin metoda drumuirii planimetrice

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

$$\begin{aligned}\Delta X_i &= X_i^1 - X_i^0 \\ \Delta Y_i &= Y_i^1 - Y_i^0\end{aligned}\quad (4.1)$$

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 horizontale și orientarea acestuia folosind următoarele relații:

$$\begin{aligned}L &= \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \\ \theta_L &= \arctg \frac{\Delta Y}{\Delta X}\end{aligned}\quad (4.2)$$

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

Erorile medii pătratice de determinare a coordonatelor oricărui punct de control al drumuirii planimetrice de precizie de formă curbă, pentru

$m_{\beta_1} \approx m_{\beta_2} \approx \dots \approx m_{\beta_{n-1}} = m_{\beta}$ și $m_{D1} \approx m_{D2} \approx \dots \approx m_{Dn} = m_D$ sunt exprimate de relațiile următoare:

$$m_{X_i}^2 = \pm \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} \left[\sum_{k=1}^{i-1} \left(\Delta Y_{i-k} - \frac{i}{n} \Delta Y_{B-k} \right)^2 + \left(\frac{i}{n} \right)^2 \sum_{k=1}^{n-1} \Delta Y_{B-k}^2 \right] + m_D^2 \left[\left(1 - \frac{i}{n} \right)^2 \sum_{k=1}^i \cos^2 \theta_k + \left(\frac{i}{n} \right)^2 \sum_{k=i+1}^n \cos^2 \theta_k \right] \quad (4.3)$$

$$m_{Y_i}^2 = \pm \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} \left[\sum_{k=1}^{i-1} \left(\Delta X_{i-k} - \frac{i}{n} \Delta X_{B-k} \right)^2 + \left(\frac{i}{n} \right)^2 \sum_{k=1}^{n-1} \Delta X_{B-k}^2 \right] + m_D^2 \left[\left(1 - \frac{i}{n} \right)^2 \sum_{k=1}^i \sin^2 \theta_k + \left(\frac{i}{n} \right)^2 \sum_{k=i+1}^n \sin^2 \theta_k \right] \quad (4.4)$$

unde:

ρ = factorul de transformare în sistemul centezimal și are valoarea 636620^{cc};

n = numărul de puncte.

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

$$m_i = \sqrt{m_{X_i}^2 + m_{Y_i}^2} \quad (4.5)$$

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:

$$m_{\Delta X_i} = \pm \sqrt{m_{X_i^1}^2 + m_{X_i^0}^2}, m_{\Delta Y_i} = \pm \sqrt{m_{Y_i^1}^2 + m_{Y_i^0}^2} \quad (4.6)$$

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

$$m_{L_i} = \sqrt{m_{\Delta X_i}^2 + m_{\Delta Y_i}^2} \quad (4.7)$$

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 care conduce la nerepetarea măsurătorilor liniare în ciclurile ulterioare ciclului de referință. [17]

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. 4.6.).

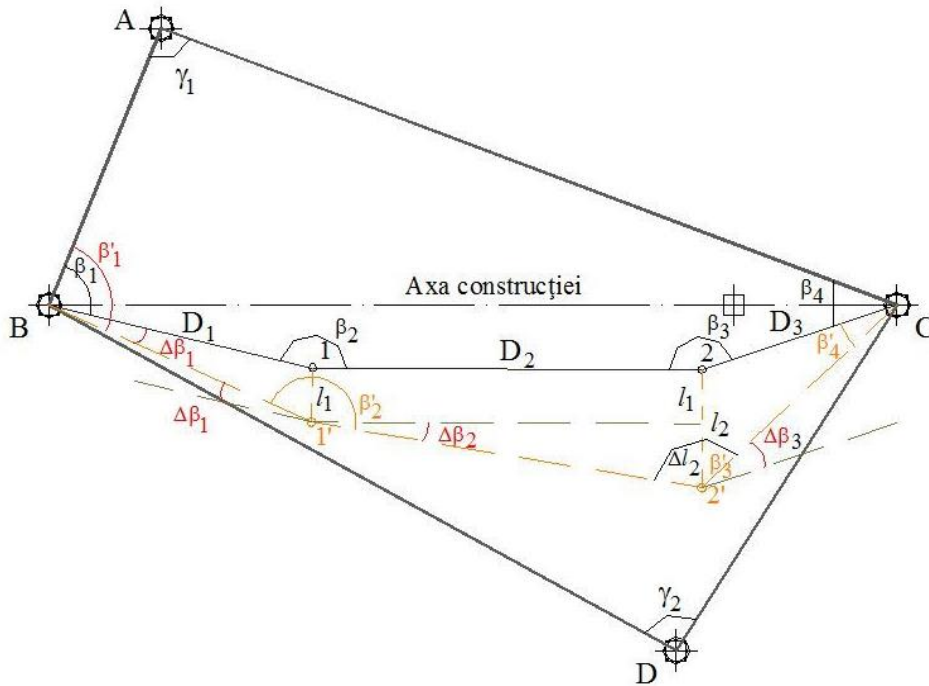


Fig. 4.6. Deplasările orizontale ale punctelor de control

Punctele de control s-au deplasat din poziția inițială 1 și 2 (Fig. 4.7.), 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:

$$\begin{aligned}
 l_1 &= D_1 \frac{\Delta\beta_1^{cc}}{\rho^{cc}} \\
 l_2 &= l_1 + \Delta l_2 = l_1 + D_2 \frac{\Delta\beta_2^{cc}}{\rho^{cc}} \\
 &\dots\dots\dots \\
 l_n &= l_{n-1} + \Delta l_n = l_{n-1} + D_n \frac{\Delta\beta_n^{cc}}{\rho^{cc}}
 \end{aligned}
 \tag{4.8}$$

unde:

D_i = distanțele dintre puncte de control

l_i = deplasările dintre puncte;

β_i = unghiurile dintre punctele de control;

ρ^{cc} = factorul de transformare în sistemul centezimal cu valoarea 636620^{cc}.

Diferențele unghiulare sunt date de formulele:

$$\begin{aligned} \Delta\beta_1^{cc} &= (\beta_1' - \beta_1) = \delta\beta_1^{cc} \\ \Delta\beta_2^{cc} &= (\beta_2' - \beta_2) + \Delta\beta_1^{cc} = \delta\beta_2^{cc} + \Delta\beta_1^{cc} \\ &\dots\dots\dots \\ \Delta\beta_n^{cc} &= (\beta_n' - \beta_n) + \Delta\beta_{n-1}^{cc} = \delta\beta_n^{cc} + \Delta\beta_{n-1}^{cc} \end{aligned} \quad (4.9)$$

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:

$$m_{l_n}^2 = m_{l_1}^2 + m_{l_2}^2 + \dots + m_{l_{n-1}}^2 + \frac{m_{\Delta\beta}^2}{\rho^2} D_n^2 = \frac{2m_{\beta}^2}{\rho^2} (D_1^2 + D_2^2 + \dots + D_n^2) \quad (4.10)$$

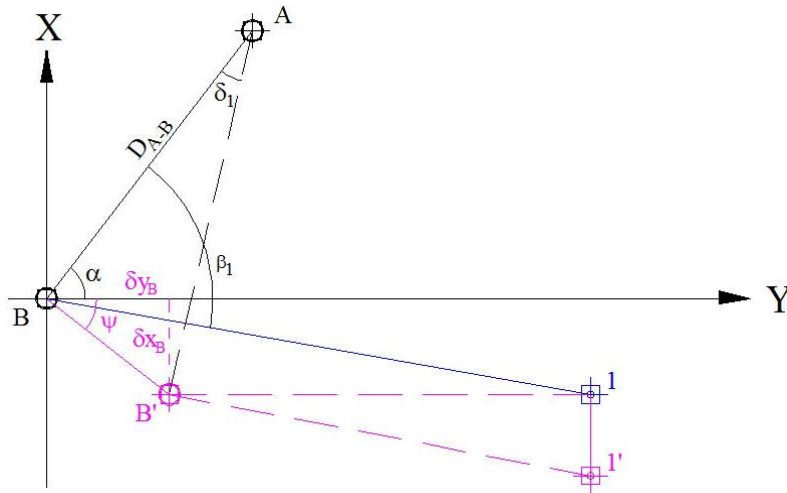


Fig. 4.7. Deplasarea punctului B în poziția actuală B'

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. [98]

Folosind notațiile din figură se pot scrie relațiile:

$$l = \sqrt{\delta x_B^2 + \delta y_B^2} \sin \psi = \arctg \frac{\delta x_B}{\delta y_B} \quad (4.11)$$

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

$$\begin{aligned} h_A &= l \sin(\alpha + \psi) \\ h_1 &= l \sin[\psi - (\beta_1 - \alpha)] \end{aligned} \quad (4.12)$$

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

$$\delta_1^{cc} = \rho^{cc} \frac{h_A}{D_{AB}}$$

$$\delta_2^{cc} = \rho^{cc} \frac{h_1}{D_1} \quad (4.13)$$

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

$$\beta_1' = \beta + \delta_1^{cc} - \delta_2^{cc} + \Delta\beta_1^{cc} \quad (4.14)$$

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

$$\Delta\beta_1^{cc} = (\beta_1' - \beta_1) + (\delta_2^{cc} - \delta_1^{cc}) \quad (4.15)$$

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 acestea se poate face o apreciere precisă asupra parametrilor ce caracterizează eforturile și deformațiile construcției supuse observației.

4.2. Metode geodezice de măsurare a deplasărilor și deformațiilor verticale

O importanță deosebită în analiza comportării construcțiilor, atât în timpul încercărilor pe modele sau la scară naturală, cât și după darea lor în folosință și exploatare o au datele privind deplasările pe verticală ale acestora. [62]

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.

Principiul măsurării deplasărilor și deformațiilor pe verticală constă în determinarea repetată a cotelor punctelor de control, numite și **mărci de tasare**, fixate pe construcția studiată, în raport cu mai mulți **reperi ficși**, mărci amplasate în terenuri nedeformabile și în afara zonei de influență a construcției. Punctele de control încastrate în construcție se deplasează împreună cu construcția și deci prin observații efectuate asupra lor, se pot stabili valorile deplasărilor verticale. [116]

Metodele utilizate la determinarea tasărilor construcțiilor se pot grupa după cum urmează:

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

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.

4.2.1. Marcarea punctelor rețelelor de nivelment utilizate la urmărirea deformațiilor

Pentru realizarea măsurătorilor topografice specifice urmăririi în timp a construcțiilor, punctele rețelelor de nivelment se marchează sub forma unor reperi convenționali care respectă normativele din România.

4.2.2. Materializarea reperilor de control

Reperii de control se pot marca pe clădiri, pe stânci stabile sau pe pilaștri de beton construiți pe teren.

Dacă se dorește amplasarea acestora pe clădiri se ține cont de faptul că acestea trebuie să fie consolidate, să fie exploatate de cel puțin cinci ani și să nu fie expuse diferitelor influențe interioare sau exterioare (trepidații din cauza exploatării, terenuri inundabile). Din acest punct de vedere cel mai bine corespund clădirile publice, iar reperul se așează în apropierea colțurilor, unde stabilitatea acestora este normală. În literatura de specialitate se consideră că, dacă asupra unei construcții nu intervin sarcini continue și crescânde, aceasta se poate considera, după o perioadă de cinci ani de la darea ei în exploatare, stabilizată.

Ca reper încastrat în construcție se poate folosi reperul de oțel sub formă de tijă având 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. 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 reperii de control montați în pereții construcțiilor stabile să fie precum reperul din figura 4.8. de mai jos.

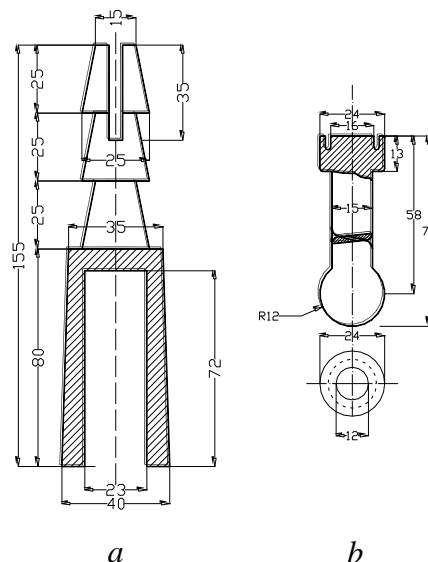


Fig. 4.8. Reperi de control I.N.C.E.R.C. montați pe construcții în România
a - Corpul mărcii sau reperului; b - Capac cu bulon sferic al mărcii sau reperului

Reperii de control fixați pe pământ sunt de două tipuri:

- reperi de suprafață;
- reperi de adâncime.

Reperii de control de suprafață se construiesc sub forma unor borne de beton armat având forma de trunchi de piramidă, cu baza 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. În figurile 4.9 și 4.10. sunt prezentate câteva tipuri de reperi de control de suprafață utilizați la studiul comportării construcțiilor în Polonia, Cehia, Ungaria și România. [29]

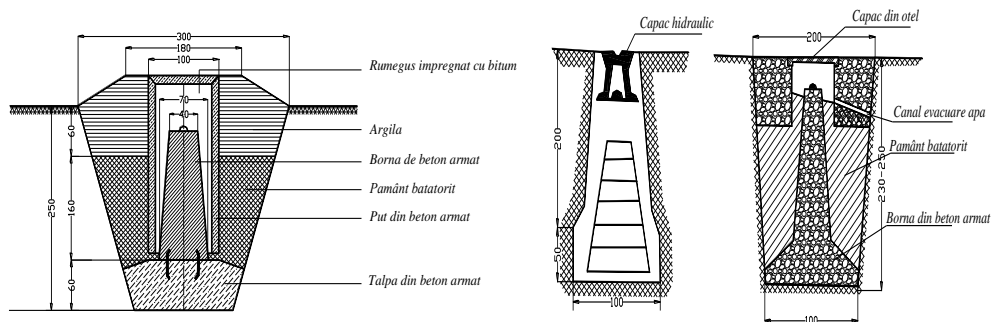


Fig. 4.9. Reperi de control de suprafață – Polonia, Cehia, Ungaria (de la stânga la dreapta)

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 2,50m (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 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. [142]

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

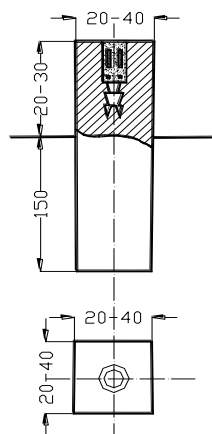


Fig. 4.10. Reperi de control de suprafață în România

Aceste borne de beton în care se înglobează reperii de control de suprafață au secțiunea pătrată, cu latura între 20 – 40cm; capătul de jos al bornei va fi așezat la o adâncime de minimum 1,50m 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 2m, iar în jurul bornei se va crea o movilă de pământ cu raza de 1 – 1,5m pentru scurgerea apelor meteorice. [51]

Drept reperi de control se admit și reperii nivelmentului de precizie de stat de ordin superior, reperi de teren și reperi de zidărie. Reperul de teren se compune din două părți distincte:

- reperul propriu zis (bornă);
- marca, adică piesa care se montează la partea superioară în bornă și pe care se pune mira sau prisma optică.

Acești reperi (Fig. 4.11.) se acoperă cu pământ pentru a fi protejați și numai când se așează mira pe ei se degajează de pământ, la finalizarea măsurătorilor aceștia acoperindu-se din nou pentru conservare. [116]

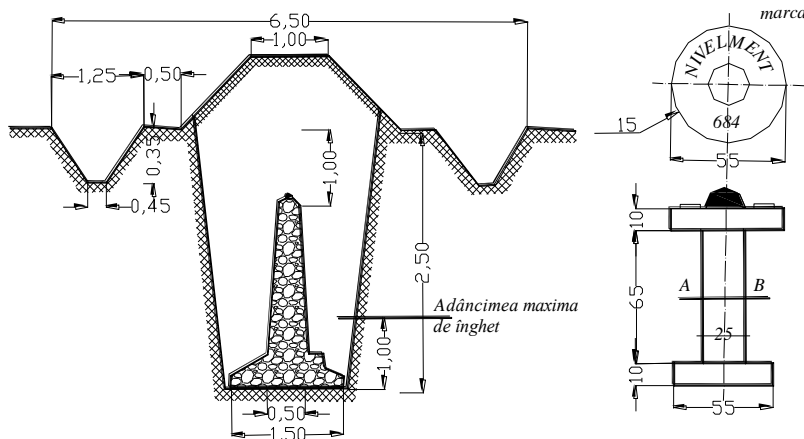


Fig. 4.11. Reperi de teren în România

Reperul de zidărie se încastrează în zidăria construcțiilor masive, care nu mai prezintă tasări. Aceștia (Fig. 4.12.) se încastrează, cu coada lor, în zidărie într-o gaură săpată și umplută cu mortar de ciment de calitate superioară.

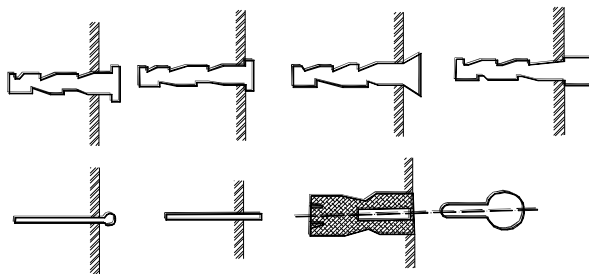


Fig. 4.12. Reperi de nivelment de zidărie în România

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

Reperii de control de adâncime sunt realizați într-o diversitate de tipuri și ajung la câțiva 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 acestor reperi. În funcție de locul amplasamentului, stabilitatea terenului de fundare și condițiile geotehnice locale se poate afirma că acești reperi de adâncime, oferă siguranța că nu se vor deplasa în timp și se pot utiliza mulți ani de la data materializării efective pe teren.

În România, normativul I.N.C.E.R.C. prevede construirea reperilor de control de adâncime, conform figurii 4.13. de mai jos:

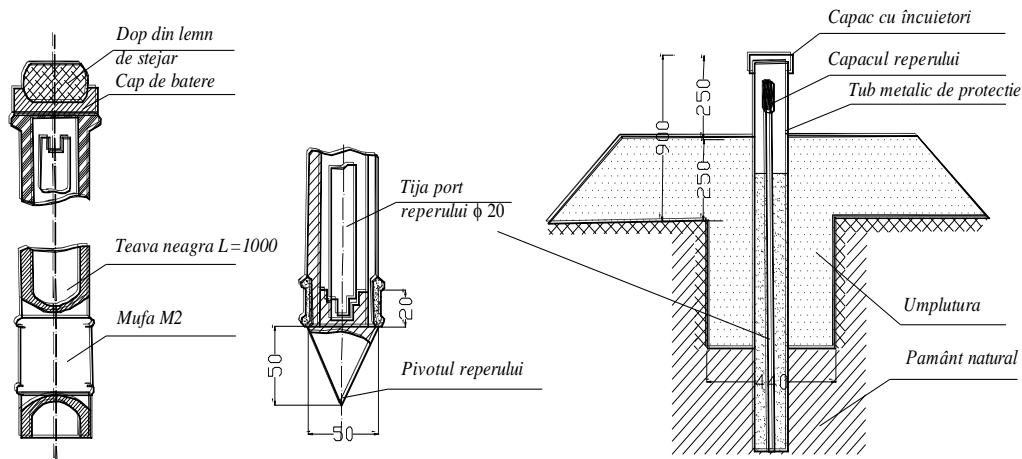


Fig. 4.13. Reper de adâncime INCERC – poziție de batere și poziție definitivă [117]

În contextul în care aspectul economic are o dimensiune importantă în țara noastră se propune eficientizarea creării reperilor de control, atât prin simplificarea modului de construcție a acestora cât și prin ușurința modului de punere în operă sau materializare pe teren.

4.2.3. Metoda nivelmentului geometric de înaltă precizie

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. În funcție de tipul, forma și mărimea construcției studiate, se creează configurația rețelei de nivelment geometric. În componența rețelei, regăsim următoarele tipuri de puncte:

- mărci sau puncte de control, fixate pe construcția care este supusă cercetării, numite în cazul acestei metode și mărci de tasare sau reperi mobili;
- reperi ficși, numiți și reperi de referință, amplasați în terenuri nedeformabile și în afara zonei de influență a construcției studiate. [18]

Mărcile de tasare (punctele de control) au rolul de a reda cât mai fidel componentele verticale ale deplasărilor unor elemente separate, sau ale construcției care se tasează, pe care acestea 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 bolț 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.

Reperii ficși 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 reperilor ficși va fi de minim doi, dispuși astfel încât să acopere cât mai uniform zona înconjurătoare a construcției. Reperii ficși se pot clasifica în reperi de suprafață și reperi de adâncime. Reperii ficși de adâncime și în mai mică măsură cei de suprafață au rolul de a asigura stabilitatea planului orizontal de referință, față de care se determină deplasările verticale ale punctelor de control, încastrați pe construcție.

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

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

- etapa măsurătorilor de nivelment la locul experimentării, în laborator sau pe teren, în fiecare ciclu de măsurare;
- etapa prelucrării măsurătorilor pentru calculul deplasărilor verticale ale construcției și evaluarea preciziei care include:
 - testarea stabilității reperilor ficși ai rețelei de referință, în raport cu care se efectuează măsurarea deplasărilor verticale ale construcției; dacă se constată că unii din reperii ficși 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. [32]

4.2.3.1. Proiectarea rețelelor de nivelment geometric pentru determinarea tasărilor

Proiectarea rețelelor de nivelment geometric pentru cazuri speciale se face prin luarea în considerare a unui număr minim de reperi de control pe baza cărora se vor raporta ulterior toate ciclurile de măsurători efectuate.

Numărul minim al reperilor de control într-o rețea de nivelment geometric pentru urmărirea tasărilor unei construcții, nu poate fi mai mic de 3, acest lucru rezultând din faptul că un număr mai mic de reperi de control, de exemplu 2, nu este suficient pentru a putea calcula și reprezenta care dintre aceștia și-a modificat poziția inițială (în cazul în care apare o diferență între cotele absolute ale acestora).

Reperii de control trebuie să fie situați reciproc în așa fel încât stabilitatea fiecăruia dintre ei să poată fi apreciată cu ajutorul cel puțin a unei drumuri, care duce către un alt reper de control. În consecință, numărul stațiilor din fiecare drumuire trebuie să asigure posibilitatea de a aprecia stabilitatea fiecărui reper de control în limitele adoptate ale influenței erorilor de măsurat, adică trebuie să permită constatarea deplasărilor care în valoare absolută depășesc valorile erorilor de măsurare.

Pentru determinarea deplasărilor reperilor de control se pornește de la relația privind criteriul de stabilitate al unui reper de nivelment (diferențele de nivel să nu depășească valoarea $2\mu\sqrt{n}$):

$$d_{\max} = \pm 2\mu\sqrt{n} \quad (4.16)$$

în care: μ - eroarea medie pătratică a unității de pondere;

m - eroarea de măsurare.

Rezultă următoarea condiție:
$$n \leq \left(\frac{m}{2\mu}\right)^2 \quad (4.17)$$

În cazul în care se consideră eroarea medie pătratică a unității de pondere egală $\pm 0,1\text{mm}$ și eroarea de măsurare egală cu $0,5\text{mm}$, constatăm că depistarea modificării reciproce a poziției a doi reperi de control, de ordinul a $0,5\text{mm}$, va fi posibilă numai când $n \leq 6$.

Din această condiție rezultă că rețelele de nivelment geometric alungite, drumuirile pe coronamentele barajelor, drumuirile nivelitice paralele cu axul podurilor care nu au reperi de control la mijloc, trebuie să fie legate la fiecare capăt, cel puțin cu 3 repere de control, amplasate în afara zonei de deformabilitate a terenului.

Pentru stabilirea distanței maxime între reperele de control, cât și a lungimii maxime a drumuirii nivelitice, se consideră această lungime exprimată prin numărul de stații. Trebuie avut în vedere că eroarea medie pătratică de deplasare pe verticală, adaptată în prealabil pentru reperul amplasat cel mai defavorabil să nu fie depășită.

Se consideră o drumuire nivelitică cu un număr total de reperi n . Primul și ultimul reper se consideră ca reperi de control, iar celelalte puncte se consideră a fi reperi mobili.

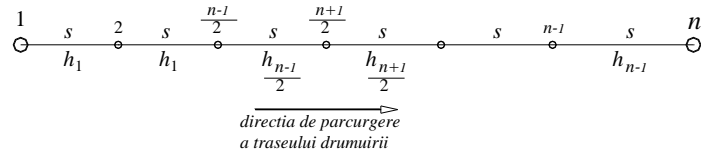


Fig. 4.14. Drumuire de nivelment geometric

Admițând pentru simplificarea calculului n impar, precum și numărul de stații s din figura 4.14. pe diferite porțiuni ale drumuirii, se poate scrie următoarea egalitate:

$$\begin{aligned} & (h_1 + v_1) + (h_2 + v_2) + \dots + \left(\frac{h_{n-3}}{2} + \frac{v_{n-3}}{2} \right) + \left(\frac{h_{n-1}}{2} + \frac{v_{n-1}}{2} \right) + \left(\frac{h_{n+1}}{2} + \frac{v_{n+1}}{2} \right) + \dots + (h_{n-1} + v_{n-1}) = \\ & = (h'_1 + v'_1) + (h'_2 + v'_2) + \dots + \left(\frac{h'_{n-3}}{2} + \frac{v'_{n-3}}{2} \right) + \left(\frac{h'_{n-1}}{2} + \frac{v'_{n-1}}{2} \right) + \left(\frac{h'_{n+1}}{2} + \frac{v'_{n+1}}{2} \right) + \dots + (h'_{n-1} + v'_{n-1}) \end{aligned} \quad (4.18)$$

Exemplificarea de calcul are în vedere un model constituit dintr-o porțiune de rețea de nivelment sub forma unei drumuirii sprijinită la capete pe doi repere de control, notați cu A, respectiv B, care sunt considerați ficși. Valorile luate în calcul sunt ale diferențelor de nivel măsurate pe teren între punctele drumuirii, din două cicluri de măsurători (Fig. 4.15.).

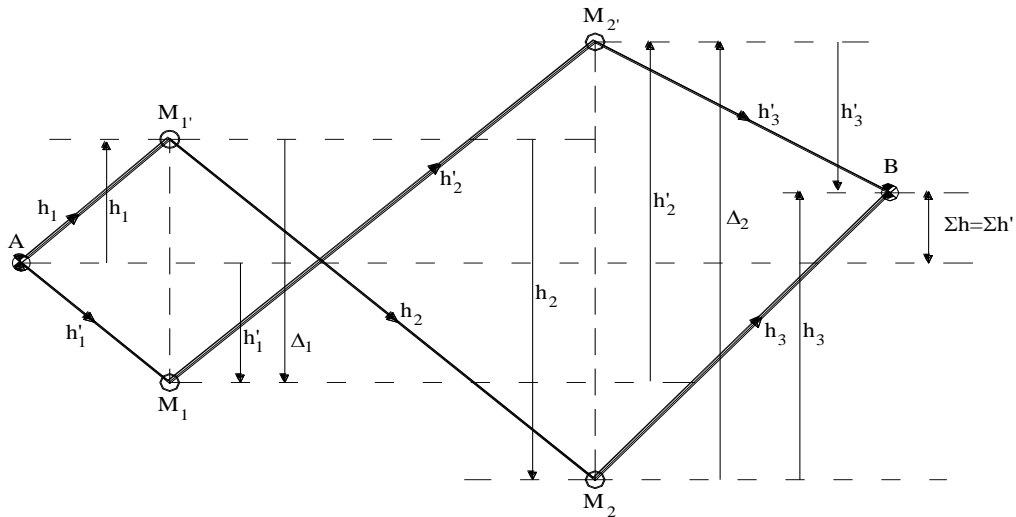


Fig. 4.15. Rețea de nivelment sub formă de drumuire sprijinită la capete

În figură s-au folosit următoarele notații:

- A și B – repere de control ficși;
- M_1, M_2 – mărcile de tasare de pe construcție în poziția inițială (ciclul I);
- M_1', M_2' – mărcile de tasare de pe construcție în poziția actuală (ciclul II);
- h_1, h_2, h_3 – diferențele de nivel deduse din observațiile inițiale (ciclul I);

- h'_1, h'_2, h'_3 - diferențele de nivel deduse din observațiile actuale (ciclul II);
- v_1, v_2, v_3 - corecțiile diferențelor de nivel măsurate inițial;
- v'_1, v'_2, v'_3 - corecțiile diferențelor de nivel măsurate actual;
- Δ_1, Δ_2 - deplasările verticale (tasările) mărcilor 1 și 2 în intervalul dintre cele două cicluri de măsurători.

Se consideră pentru început eliminarea valorilor h_3 și h'_3 și se raportează deplasările mărcilor 1 și 2 numai la un singur reper de control A, se obține:

$$h_1 + \Delta_1 = h'_1 \quad (4.19)$$

$$h_1 + h_2 + \Delta_2 = h'_1 + h'_2$$

Rezultă:

$$\Delta_1 = h'_1 - h_1 \quad (4.20)$$

$$\Delta_2 = (h'_1 + h'_2) - (h_1 + h_2) = \Delta_1 + (h'_2 - h_2)$$

Generalizând relația se poate scrie:

$$\Delta_i = \Delta_{i-1} + h'_i - h_i \quad (4.21)$$

Măsurând diferențele de nivel h_3 și h'_3 drumuirea se leagă și de reperul B, creând astfel o condiție geometrică.

Dacă se iau în considerare corecțiile v și v' ce se aplică măsurătorilor conform modelului propus în figură, se poate scrie egalitatea între diferențele de nivel măsurate inițial și actual:

$$h_1 + v_1 + h_2 + v_2 + h_3 + v_3 = h'_1 + v'_1 + h'_2 + v'_2 + h'_3 + v'_3 \quad (4.22)$$

Această relație conduce la următoarea ecuație de condiție, cea a corecțiilor:

$$v_1 - v'_1 + v_2 - v'_2 + v_3 - v'_3 + w = 0 \quad (4.23)$$

În ecuația de mai sus w care reprezintă termenul liber se exprimă sub forma:

$$w = \sum (h_i - h'_i) \quad (4.24)$$

Dacă cele două puncte reper formează o rețea alcătuită din două drumuiri de nivelment sprijinite la capete pe aceleași două reperi de control A și B și notând cu $M_1, M_2 \dots M_i$ mărcile de tasare de pe obiectivul examinat, iar cu $h_1, h_2 \dots h_7$ diferențele de nivel măsurate în ciclul I se pot scrie următoarele ecuații caracteristice:

$$h_1 + v_1 + h_2 + v_2 + h_3 + v_3 = h'_1 + v'_1 + h'_2 + v'_2 + h'_3 + v'_3 \quad (4.25)$$

$$h_4 + v_4 + h_5 + v_5 + h_6 + v_6 + h_7 + v_7 = h'_4 + v'_4 + h'_5 + v'_5 + h'_6 + v'_6 + h'_7 + v'_7 \quad (4.26)$$

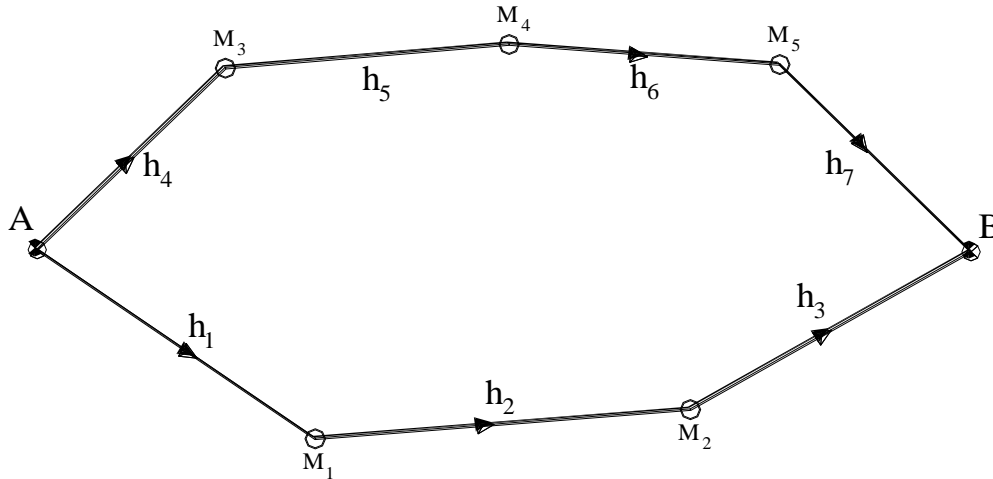


Fig. 4.16. Rețea de nivelment cu 2 drumuri sprijinite la capete

În ecuațiile de mai sus, se observă că trebuie să avem suma diferențelor de nivel de pe drumuirea AM_1M_2B egală cu suma diferențelor de nivel de pe drumuirea $AM_3M_4M_5B$. Astfel, se pune condiția de închidere a drumuirilor de nivelment conform relațiilor următoare:

$$h_1 + v_1 + h_2 + v_2 + h_3 + v_3 = h_4 + v_4 + h_5 + v_5 + h_6 + v_6 + h_7 + v_7 \quad (4.27)$$

$$h'_1 + v'_1 + h'_2 + v'_2 + h'_3 + v'_3 = h'_4 + v'_4 + h'_5 + v'_5 + h'_6 + v'_6 + h'_7 + v'_7 \quad (4.28)$$

Se poate observa că ultima ecuație reprezintă o combinație liniară a celorlalte trei ecuații precedente. În consecință, la compensarea rețelei trebuie să se ia în considerare oricare trei din cele patru ecuații scrise mai sus.

Cele două drumuri de nivelment geometric AM_1M_2B și $AM_3M_4M_5B$ generează fiecare câte o ecuație de condiție. Identitatea punctelor de sprijin ale acestor două drumuri are drept consecință scrierea unei ecuații suplimentare de închidere a drumuirilor de nivelment.

Pe baza analizării modelului propus în cele două figuri prezentate, ținând cont de tipul rețelei de sprijin, respectiv, drumuire de nivelment geometric, se poate determina și stabili numărul de ecuații de condiție independente.

Astfel, în drumuirea de nivelment din AM_1M_2B , deplasarea mărcii M_1 poate fi determinată pe baza măsurării de două ori a unei singure diferențe de nivel h_1 adică h_1 și h'_1 , iar deplasările mărcilor M_1 și M_2 pe baza măsurătorii de două ori a două diferențe de nivel h_1 și h_2 .

Măsurarea inițială și actuală a diferențelor de nivel h_3 creează și ea o ecuație de condiție.

În aceleași condiții se pune problema și pentru drumuirea $AM_3M_4M_5B$, măsurarea de două ori a diferenței de nivel h_7 generează o ecuație de condiție.

Combinând situațiile de mai sus, rezultă că în drumuirile nivelitice izolate, adică în drumuirile care se sprijină la ambele capete pe reperi de control, numărul ecuațiilor de condiție independente este dat de:

$$N = D - M \quad (4.29)$$

în care: D - numărul diferențelor de nivel măsurate de două ori;

M – numărul mărcilor mobile.

Această formulă poate fi verificată în următoarea rețea sub forma unei drumuri de nivelment formată din 3 reperi A, B și C pentru care se pot scrie următoarele ecuații:

$$\begin{aligned} h_1 + v_1 + h_2 + v_2 + h_3 + v_3 + h_4 + v_4 &= h'_1 + v'_1 + h'_2 + v'_2 + h'_3 + v'_3 + h'_4 + v'_4 \\ -h_4 - v_4 + h_5 + v_5 + h_6 + v_6 + h_7 + v_7 &= -h'_4 - v'_4 + h'_5 + v'_5 + h'_6 + v'_6 + h'_7 + v'_7 \end{aligned} \quad (4.30)$$

$$\begin{aligned} h_1 + v_1 + h_2 + v_2 + h_3 + v_3 + h_5 + v_5 + h_6 + v_6 + h_7 + v_7 &= h'_1 + v'_1 + h'_2 + v'_2 + h'_3 + v'_3 + \\ + h'_3 + v'_3 + h'_5 + v'_5 + h'_6 + v'_6 + h'_7 + v'_7 \end{aligned} \quad (4.31)$$

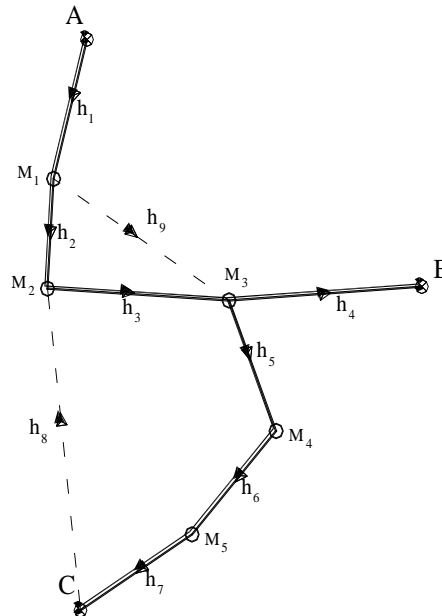


Fig. 4.17. Rețea de nivelment cu 3 reperi de sprijin

Se poate observa că suma primelor două ecuații este egală cu ecuația a treia, prin urmare nu există decât două ecuații independente. Același rezultat se obține dacă se aplică relația de mai sus în cazul în care $D=7$ și $M=5$. Existența liniilor de închidere a drumurilor marcate punctat, adică drumuri nivelitice închise pe punctul de plecare, creează posibilitatea scrierii unei condiții suplimentare și deci numărul ecuațiilor independente în rețea se determină cu relația:

$$N = D - M + I \quad (4.32)$$

în care: I reprezintă numărul închiderilor.

Relația de mai sus se poate verifica tot în rețeaua din figura 4.17. completată cu drumurile suplimentare care formează închideri (linii întrerupte).

Astfel, se poate scrie: $D=9$; $M=5$; $I=2$, rezultă $N=6$.

Ecuațiile caracteristice care se scriu pe baza rețelei nivelitice din figura 4.17. sunt:

$$1. h_1 + v_1 + h_2 + v_2 + h_8 + v_8 = h'_1 + v'_1 + h'_2 + v'_2 + h'_8 + v'_8$$

$$\begin{aligned}
2. & h_1 + v_1 + h_9 + v_9 + h_4 + v_4 = h'_1 + v'_1 + h'_9 + v'_9 + h'_4 + v'_4 \\
3. & h_2 + v_2 + h_3 + v_3 - h_9 - v_9 = 0 \\
4. & h'_2 + v'_2 + h'_3 + v'_3 - h'_9 - v'_9 = 0 \\
5. & h_3 + v_3 + h_5 + v_5 + h_6 + v_6 + h_7 + v_7 - h_8 - v_8 = 0 \\
6. & h'_3 + v'_3 + h'_5 + v'_5 + h'_6 + v'_6 + h'_7 + v'_7 - h'_8 - v'_8 = 0 \\
7. & h_1 + v_1 + h_2 + v_2 + h_3 + v_3 + h_4 + v_4 = h'_1 + v'_1 + h'_2 + v'_2 + h'_3 + v'_3 + h'_4 + v'_4 \\
8. & h_1 + v_1 + h_9 + v_9 + h_5 + v_5 + h_6 + v_6 + h_7 + v_7 = \\
& h'_1 + v'_1 + h'_9 + v'_9 + h'_5 + v'_5 + h'_6 + v'_6 + h'_7 + v'_7 \\
9. & h_1 + v_1 + h_2 + v_2 + h_3 + v_3 + h_5 + v_5 + h_6 + v_6 + h_7 + v_7 \\
& = h'_1 + v'_1 + h'_2 + v'_2 + h'_3 + v'_3 + h'_5 + v'_5 + h'_6 + v'_6 + h'_7 + v'_7 \\
10. & -h_8 - v_8 + h_3 + v_3 + h_4 + v_4 = -h'_8 - v'_8 + h'_3 + v'_3 + h'_4 + v'_4 \\
11. & -h_4 - v_4 + h_5 + v_5 + h_6 + v_6 + h_7 + v_7 = -h'_4 - v'_4 + h'_5 + v'_5 + h'_6 + v'_6 + h'_7 + v'_7 \\
12. & h_2 + v_2 + h_8 + v_8 - h_7 - v_7 - h_6 - v_6 - h_5 - v_5 - h_9 - v_9 = 0 \\
13. & h'_2 + v'_2 + h'_8 + v'_8 - h'_7 - v'_7 - h'_6 - v'_6 - h'_5 - v'_5 - h'_9 - v'_9 = 0 \quad (4.33)
\end{aligned}$$

Din ecuațiile 4.33, primele 6 sunt independente, celelalte provenind din combinațiile primelor 6. Alegând din egalitățile de mai sus, oricare 6 ecuații independente le putem transforma în 6 ecuații de condiție independente ale corecțiilor.

Din primele 6 ecuații independente se obține următorul sistem liniar de ecuații de condiție ale corecțiilor:

$$\begin{aligned}
a_1 v_1 - a'_1 v'_1 + a_2 v_2 - a'_2 v'_2 + a_8 v_8 - a'_8 v'_8 + w_a &= 0 \\
b_1 v_1 - b'_1 v'_1 + b_4 v_4 - b'_4 v'_4 + b_9 v_9 - b'_9 v'_9 + w_b &= 0 \\
c_2 v_2 + c_3 v_3 - c_9 v_9 + w_c &= 0 \\
d'_2 v'_2 + d'_3 v'_3 - d'_9 v'_9 + w_d &= 0 \\
e_3 v_3 + e_5 v_5 + e_6 v_6 + e_7 v_7 - e_8 v_8 + w_e &= 0 \\
f'_3 v'_3 + f'_5 v'_5 + f'_6 v'_6 + f'_7 v'_7 - f'_8 v'_8 + w_f &= 0 \quad (4.34)
\end{aligned}$$

Coeficienții corecțiilor v vor avea valoare +1 sau -1, iar termenii liberi w se vor determina ca diferențe după cum urmează:

$$\begin{aligned}
w_a &= (h_1 + h_2 + h_8) - (h'_1 + h'_2 + h'_8) \\
w_b &= (h_1 + h_4 + h_9) - (h'_1 + h'_4 + h'_9) \\
w_c &= (h_2 + h_3 + h_9) - (h'_2 + h'_3 + h'_9) \\
w_d &= (h_2 + h_3 + h_9) - (h'_2 + h'_3 + h'_9) \\
w_e &= (h_3 + h_5 + h_6 + h_7 + h_8) - (h'_3 + h'_5 + h'_6 + h'_7 + h'_8) \\
w_f &= (h_3 + h_5 + h_6 + h_7 + h_8) - (h'_3 + h'_5 + h'_6 + h'_7 + h'_8) \quad (4.35)
\end{aligned}$$

Tabelul 4.1. Valorile coeficienților corecțiilor

	v_1	v'_1	v_2	v'_2	v_3	v'_3	v_4	v'_4	v_5	v'_5	v_6	v'_6	v_7	v'_7	v_8	v'_8	v_9	v'_9	w	
a_i	+1	-1	+1	-1											+1	-1			w_1	
b_i	+1	-1					+1	-1									+1	-1	w_2	
c_i			+1		+1													-1	w_3	
d_i				+1		+1													-1	w_4
e_i					+1				+1		+1		+1		-1					w_5
f_i						+1				+1		+1		+1		-1				w_6

Pe baza coeficienților ecuațiilor de condiție ale corecțiilor se poate scrie sistemul de ecuații normale ale corelatelor, luând în considerare ponderile diferențelor de nivel măsurate:

$$\begin{aligned} \left[\frac{aa}{p} \right] K_1 + \left[\frac{ab}{p} \right] K_2 + \dots + \left[\frac{af}{p} \right] K_6 + w_a &= 0 \\ \left[\frac{ab}{p} \right] K_1 + \left[\frac{bb}{p} \right] K_2 + \dots + \left[\frac{bf}{p} \right] K_6 + w_b &= 0 \\ \left[\frac{ac}{p} \right] K_1 + \left[\frac{bc}{p} \right] K_2 + \dots + \left[\frac{cf}{p} \right] K_6 + w_c &= 0 \\ \left[\frac{ad}{p} \right] K_1 + \left[\frac{bd}{p} \right] K_2 + \dots + \left[\frac{df}{p} \right] K_6 + w_d &= 0 \\ \left[\frac{ae}{p} \right] K_1 + \left[\frac{be}{p} \right] K_2 + \dots + \left[\frac{ef}{p} \right] K_6 + w_e &= 0 \\ \left[\frac{af}{p} \right] K_1 + \left[\frac{bf}{p} \right] K_2 + \dots + \left[\frac{ff}{p} \right] K_6 + w_f &= 0 \end{aligned} \quad (4.36)$$

După determinarea corelatelor K se pot calcula corecțiile pentru diferențele de nivel măsurate inițial și actual cu relațiile următoare:

$$\begin{aligned} v_i &= \frac{a_i}{p_i} K_1 + \frac{b_i}{p_i} K_2 + \dots + \frac{f_i}{p_i} K_6 \\ v'_i &= \frac{a'_i}{p'_i} K_1 + \frac{b'_i}{p'_i} K_2 + \dots + \frac{f'_i}{p'_i} K_6 \end{aligned} \quad (4.37)$$

Prin aplicarea acestor corecții la diferențele de nivel măsurate se determină valorile definitive ale acestora. Cunoscând valorile compensate ale diferențelor de nivel dintre ciclul de referință și ciclul actual al măsurătorilor, se calculează apoi deplasările verticale (tasările) ale mărcilor, calcul care se poate realiza pe mai multe căi, luând ca bază pentru control diferite reperi stabili.

$$1. \Delta M_2 = (h'_1 + v'_1 + h'_2 + v'_2) - (h_1 + v_1 + h_2 + v_2)$$

$$\begin{aligned}
2. \Delta M_2 &= (-h'_4 - v'_4 - h'_3 - v'_2) - (-h_4 - v_4 - h_3 - v_3) \\
3. \Delta M_2 &= (-h'_8 - v'_8) - (-h_8 - v_8) \\
4. \Delta M_2 &= (h'_1 + v'_1 + h'_9 + v'_9 - h'_3 - v'_3) - (h_1 + v_1 + h_9 + v_9 - h_3 - v_3) \quad (4.38)
\end{aligned}$$

Mărimile h și h' sunt diferențele de nivel din prima măsurătoare și respectiv a două măsurătoare, iar v și v' sunt corecțiile respective. De la această egalitate se poate trece la o ecuație de condiție în care coeficienții necunoscutelor a pot fi ± 1 . Unica soluție este:

$$\begin{aligned}
&\left[\frac{aa}{p} \right] K + w = 0, \\
&\text{în care } p = p' = \frac{1}{s}, \left[\frac{aa}{p} \right] = 2s(n-1) \text{ și } w = [h] - [h'] \quad (4.39)
\end{aligned}$$

$$\text{Astfel, soluția se va scrie:} \quad 2s(n-1)k + w = 0 \quad (4.40)$$

$$k = -\frac{w}{2s(n-1)} \quad (4.41)$$

Corecțiile diferențelor de nivel din prima și a doua măsurătoare vor fi reciproc egale în ce privește valoarea absolută și va fi de forma:

$$v_i = \frac{a_i}{p_i} k = \frac{1}{\frac{1}{s}} \left(-\frac{w}{2s(n-1)} \right) = -\frac{w}{2(n-1)} \quad (4.42)$$

$$v'_i = \frac{a'_i}{p'_i} k = \frac{-1}{\frac{1}{s}} \left(-\frac{w}{2s(n-1)} \right) = +\frac{w}{2(n-1)} \quad (4.43)$$

Eroarea medie pătratică a unității de pondere se exprimă prin:

$$\mu = \sqrt{\frac{[p v v] + [p' v' v']}{1}} = \pm \frac{w}{\sqrt{2s(n-1)}} \quad (4.44)$$

În continuare eroarea medie pătratică a deplasării reperului din mijlocul drumuirii după compensarea diferențelor de nivel respective adică va fi:

$$F_1 = \frac{\Delta_{n+1}}{2} = (h'_1 + v'_1) - (h_1 + v_1) + \dots + \left(\frac{h'_{n-1}}{2} + \frac{v'_{n-1}}{2} \right) - \left(\frac{h_{n-1}}{2} + \frac{v_{n-1}}{2} \right) \quad (4.45)$$

Relația 4.45 reprezintă o sumă de deplasări a unei funcții și deci eroarea medie pătratică a deplasării reperului din mijloc:

$$\Delta_i = F_i(h'_i + v'_i, h_i + v_i) \quad (4.46)$$

Eroarea funcției F_1 se determină astfel:

$$\frac{\partial F_1}{\partial h_i} = f_i = -1 \text{ și } \frac{\partial F_1}{\partial h'_i} = f'_i = +1 \quad (4.47)$$

Cu aceste mărimi se poate exprima eroarea funcției F_1 cu relația:

$$m_{F_1} = \pm \mu \cdot \sqrt{\left[\frac{ff}{p} \cdot 1 \right]} \quad (4.48)$$

În care indicativul 1 reprezintă numărul succesiv al ultimei corecții. În mod similar se poate calcula eroarea medie pătratică a deplasării reperului care precede pe cel din mijloc, adică pentru reperul $\frac{n-1}{2}$:

$$F_2 = \frac{\Delta_{n-1}}{2} = (h'_1 + v'_1) - (h_1 + v_1) + \dots + \left(\frac{h'_{n-3}}{2} + \frac{v'_{n-3}}{2} \right) - \left(\frac{h_{n-3}}{2} + \frac{v_{n-3}}{2} \right) \quad (4.49)$$

$$\frac{\partial F_2}{\partial h_i} = \varphi_i = -1 \text{ și } \frac{\partial F_2}{\partial h'_i} = \varphi'_i = +1 \quad (4.50)$$

Cu aceste mărimi se poate exprima eroarea funcției F_2 cu relația:

$$m_{F_2} = \pm \mu \cdot \sqrt{\frac{s(n-3) \cdot (n+1)}{2(n-1)}} \quad (4.51)$$

Se poate constata că se obține o mărime identică, calculând deplasarea reperului $\frac{n-1}{2}$ pornind de la închiderea drumirii nivelitice, în sens invers, adică:

$$F_2 = (h_{n-1} + v_{n-1}) - (h'_{n-1} + v'_{n-1}) + \dots + \left(\frac{h_{n-1}}{2} + \frac{v_{n-1}}{2} \right) - \left(\frac{h'_{n-1}}{2} + \frac{v'_{n-1}}{2} \right) \quad (4.52)$$

Dacă se efectuează pe un obiect concret calculele pentru aflarea valorilor μ , m_{F_1} , m_{F_2} , se constată pe baza presupunerii că eroarea medie pătratică cea mai mare o va avea punctul din mijlocul drumirii și că erorile în deplasările reperilor vecini diferă foarte puțin între ele. Deoarece eroarea μ depinde într-o drumuire separată de mărimea w a termenului liber, în formula lui m_{F_1} , μ este eroarea medie mijlocie a observației.

Rezultă astfel:
$$\mu_{mm} = \sqrt{\frac{s(n-1)}{2}} \leq M_{\Delta mm} \quad (4.53)$$

în care M_{Δ} reprezintă eroarea medie pătratică cea mai mare, admisibilă a deplasării reperului, iar $s(n-1)$ înseamnă numărul stațiilor instrumentului în drumuire.

Se obține următoarea relație:
$$s(n-1) \leq 2 \frac{M_{\Delta}^2}{\mu^2} \quad (4.54)$$

În ceea ce privește lungimea drumirii de nivelment, diferența de nivel între capetele acesteia este o sumă algebrică a diferențelor de nivel de pe niveleuri:

$$H = h_1 + h_2 + \dots + h_n \quad (4.55)$$

Diferențele de nivel parțiale sunt însoțite de erori m_{h_i} ; în cazul în care lungimile porteele sunt egale, atunci și valorile erorilor vor fi egale. Fiind vorba de o

funcție de mărimi măsurate direct, se aplică relația de calcul în funcție de derivatele parțiale:

$$\frac{\partial f}{\partial h_i} = 1 \text{ și } \left(\frac{\partial f}{\partial h_i} \right)^2 = 1 \quad (4.56)$$

adică, se poate scrie egalitatea:

$$\begin{aligned} m_H^2 &= m_{h_1}^2 \cdot 1 + m_{h_2}^2 \cdot 1 + \dots + m_{h_n}^2 \cdot 1 \\ m_H^2 &= m_h^2 \cdot n \\ m_H &= m_h \cdot \sqrt{n} \end{aligned} \quad (4.57)$$

în care: m_h reprezintă eroarea unitară pe niveleu, iar n este numărul niveleurilor.

Din studiul efectuat se poate trage concluzia că numărul de niveleuri executate într-o drumuire de nivelment geometric de precizie să fie cât mai mic, datorită faptului că prin crearea unui număr suplimentar de niveleuri se mărește în final lungimea totală a drumuirii și prin aceasta creșterea lui m_h .

Astfel, la proiectarea drumuirilor de nivelment geometric, pentru urmărirea comportării în timp a construcțiilor, lungimea niveleurilor este preferabil a nu depăși 60m, iar numărul de niveleuri maxime admisibil să fie 18, fapt ceea ce conduce la limitarea drumuirilor nivelitice de precizie la maxim 1000m.

4.2.3.2. Stabilirea poziției mărcilor pe obiectivul supus observațiilor periodice

Locurile de amplasare a mărcilor de tasare se aleg în conformitate cu dispozițiile acelor instituții pentru care obiectivul examinat constituie obiectul cercetărilor tehnico-științifice. În general, mărcile se fixează pe diferite blocuri ale construcției separate de rosturile de dilatare pe postamentele destinate așezării mașinilor, pe stâlpii construcțiilor, pe soclurile coșurilor industriale, pe plăcile de fundație, pe coronamentele barajelor, pe vetrele galeriilor de control ale barajelor, pe platformele halelor industriale, pe culeele și pilele podurilor.

Numărul mărcilor de tasare trebuie să asigure sesizarea caracterului deplasărilor și deformațiilor construcției studiate. În mod orientativ trebuie arătat că pentru observarea deplasărilor blocurilor construcțiilor trebuie să se fixeze cel puțin două mărci, fiecare la distanța de circa 1m de rostul de dilatație sau patru mărci pentru blocurile mai late. Același număr de mărci de tasare se fixează pe suprafețele superioare ale pilelor podurilor de cale ferată sau rutiere. Pe zidurile cu lungimi mari se fixează mărci de tasare în așa fel încât distanța între acestea să fie cuprinse între 20-40m.

4.2.4. 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 studiate și în special a punctelor îndepărtate și greu accesibile ale construcțiilor înalte.

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 100m, 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 $m_{\Delta h} = \pm 0,1\text{mm}$. Pe baza măsurătorilor de teren pentru distanța de 80m, diferența de nivel s-a determinat cu o eroare de $m_{\Delta h} = \pm 0,2\text{mm}$.

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. [31] Măsurarea unghiurilor orizontale și verticale (zenitale) trebuie făcută cu teodolite având precizia de citire unghiulară de $\pm 1^{\text{cc}}$, $\pm 0,5^{\text{cc}}$. 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. Pentru distanțele mici, de până la 100m, 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 refracției atmosferice 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:

$$Z_i = \frac{\sum_{i=1}^n [S_i + (400^g - D_i)]}{2n} \quad (4.58)$$

Eroarea medie pătratică a unui unghi zenital măsurat este:

$$m_{Z_i} = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} \quad (4.59)$$

unde:

n = numărul de măsurători;

$[vv]$ = suma pătratelor erorilor întâmplătoare.

Eroarea medie pătratică a unui unghi zenital mediu este:

$$m_Z = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1)}} = \pm \frac{m_{Z_i}}{\sqrt{n}} \quad (4.60)$$

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. [61]

Se consideră o bază fixă, față de punctele de capăt ale acesteia A și B (Fig. 4.18.). Odată cu măsurarea elementelor necesare determinării deplasărilor

orizontale se efectuează și măsurarea elementelor necesare determinării deplasărilor verticale ale punctului de pe construcția supusă observării.

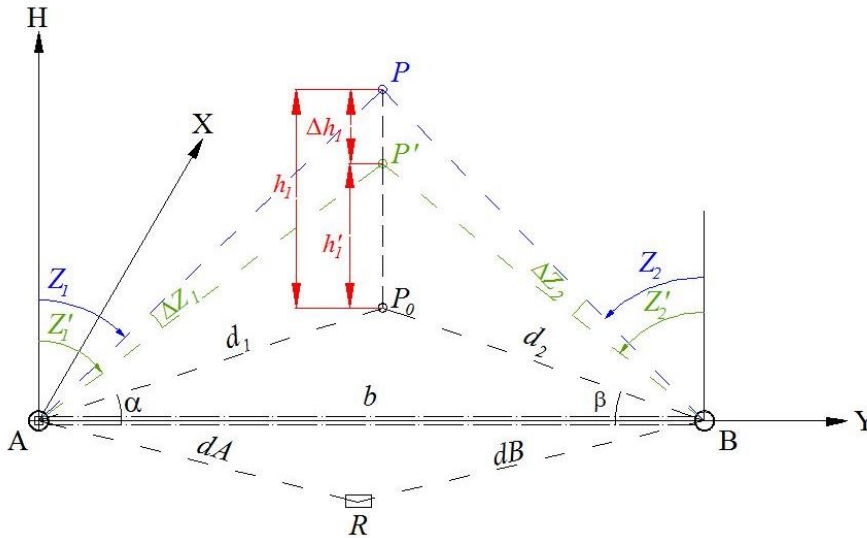


Fig. 4.18. Metoda nivelmentului trigonometric de precizie

În ciclul inițial, cota punctului determinată din punctul A al bazei este dată de relația:

$$H_P = H_A + h_{1i}; \quad (4.61)$$

în care:

H_A - orizontul instrumentului în punctul de stație A;

h_{1i} - 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:

$$H_A = H_R + S_A - d_A \operatorname{ctg} Z_A \quad (4.62)$$

Reperul de cotă cunoscută se va stabili cât mai aproape de punctele de stație A și B, iar citirea pe mira așezată în punctul A (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:

$$H_A = H_R + S_A - d_A \frac{(100^g - Z_A)^{cc}}{\rho^{cc}} \quad (4.63)$$

unde:

d_A = distanța orizontală dintre punctul A și reperul R;

Z_A = unghiul zenital din punctul A;

ρ^{cc} = factorul de transformare în sistemul centesimal și are valoarea 636620^{cc} .

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

$$h_1 = d_1 \operatorname{ctg} Z_1 \quad (4.64)$$

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:

$$H_1' = H_A' + h_1'; \quad (4.65)$$

Între cele două cicluri de observații deplasarea verticală a punctului de control din stația A , este:

$$\Delta H_1 = H_1' - H_1 = (H_A' - H_A) + (h_1' - h_1) = \Delta H_A + \Delta h_1 \quad (4.66)$$

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

$$\Delta H_2 = H_2' - H_2 = (H_B' - H_B) + (h_2' - h_2) = \Delta H_B + \Delta h_2 \quad (4.67)$$

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

Diferențele dintre valorile orizonturilor instrumentului din cele două cicluri de măsurători, necesare la calculul deplasării verticale a punctului de control vor fi:

$$\begin{aligned} \Delta H_A &= H_A' - H_A = d_A (\operatorname{ctg} Z_A - \operatorname{ctg} Z_A') \\ \Delta H_B &= H_B' - H_B = d_B (\operatorname{ctg} Z_B - \operatorname{ctg} Z_B') \end{aligned} \quad (4.68)$$

Notând $Z_A' = Z_A + \Delta Z_A$ și $Z_B' = Z_B + \Delta Z_B$, prin liniarizare se obțin, pentru relațiile de mai sus următoarele expresii:

$$\begin{aligned} \Delta H_A &= \frac{d_A}{\rho^{cc} \sin^2 Z_A} \Delta Z_A^{cc} \\ \Delta H_B &= \frac{d_B}{\rho^{cc} \sin^2 Z_B} \Delta Z_B^{cc} \end{aligned} \quad (4.69)$$

Deplasările verticale ale punctului de control, determinate din cele două puncte de stație sunt:

$$\begin{aligned} \Delta H_1 &= \Delta H_A + \Delta h_1 = \frac{d_A}{\rho^{cc} \sin^2 Z_A} \Delta Z_A^{cc} - \frac{b \sin \beta}{\rho^{cc} \sin(\alpha + \beta) \sin^2 Z_1} \Delta Z_1^{cc} \\ \Delta H_2 &= \Delta H_B + \Delta h_2 = \frac{d_B}{\rho^{cc} \sin^2 Z_B} \Delta Z_B^{cc} - \frac{b \sin \alpha}{\rho^{cc} \sin(\alpha + \beta) \sin^2 Z_2} \Delta Z_2^{cc} \end{aligned} \quad (4.70)$$

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

$$\Delta H_l = \frac{\Delta H_1 + \Delta H_2}{2} \quad (4.71)$$

sau media ponderată a celor două valori:

$$\Delta H_l = \frac{p_1 \Delta H_1 + p_2 \Delta H_2}{p_1 + p_2} \quad (4.72)$$

în care: p_1 și p_2 reprezintă ponderile deplasărilor verticale ale punctului de control, determinate din stațiile A și B , mărimi exprimate în funcție de erorile medii pătratice ale deplasărilor verticale prin relațiile:

$$p_1 = \frac{1}{m_{\Delta H_1}^2} \quad \text{și} \quad \frac{1}{m_{\Delta H_2}^2} \quad (4.73)$$

Metoda prezentată oferă posibilitatea determinării deplasării verticale a punctelor de control de pe construcția studiată, în funcție de diferențele unghiurilor zenitale măsurate în două cicluri de observații pentru cazul general al variației orizontului instrumentului în punctele de stație, reprezentând o metodă eficientă în cazul folosirii nivelmentului trigonometric de precizie.

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 și a urmării comportării lor în timp.

Pentru asigurarea unei anumite precizii a măsurătorilor liniare și unghiulare a valorilor observate, este necesară stabilirea unor relații matematice pe baza cărora să se poată efectua o evaluare cât mai completă a preciziei de determinare a deplasărilor verticale ale construcției.

Plecând de la relațiile diferențelor de nivel între două cicluri de măsurători realizate, erorile medii pătratice ale deplasărilor verticale vor fi exprimate prin relațiile:

$$m_{\Delta H_A}^2 = \left[\frac{\partial(\Delta H_A)}{\partial d_A} \right]^2 \cdot m_{d_A}^2 + \left[\frac{\partial(\Delta H_A)}{\partial Z_A} \right]^2 \left(\frac{m_{Z_A}}{\rho} \right)^2 + \left[\frac{\partial(\Delta H_A)}{\partial(\Delta Z_A)} \right]^2 \left(\frac{m_{\Delta Z_A}}{\rho} \right)^2 \quad (4.69)$$

$$m_{\Delta H_B}^2 = \left[\frac{\partial(\Delta H_B)}{\partial d_B} \right]^2 \cdot m_{d_B}^2 + \left[\frac{\partial(\Delta H_B)}{\partial Z_B} \right]^2 \left(\frac{m_{Z_B}}{\rho} \right)^2 + \left[\frac{\partial(\Delta H_B)}{\partial(\Delta Z_B)} \right]^2 \left(\frac{m_{\Delta Z_B}}{\rho} \right)^2 \quad (4.74)$$

Calculând derivatele parțiale și introducându-le în relațiile de mai sus, se obțin pentru erorile medii pătratice ale diferențelor orizontului instrumentului, formulele:

$$m_{\Delta H_A}^2 = \Delta H_A^2 \left(\frac{m_{d_A}}{d_A} \right)^2 + 4\Delta H_A^2 \operatorname{ctg}^2 Z_A \left(\frac{m_{Z_A}}{\rho} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H_A}{\Delta Z_A} \right)^2 m_{\Delta Z_A}^2 \quad (4.75)$$

$$m_{\Delta H_B}^2 = \Delta H_B^2 \left(\frac{m_{d_B}}{d_B} \right)^2 + 4\Delta H_B^2 \operatorname{ctg}^2 Z_B \left(\frac{m_{Z_B}}{\rho} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H_B}{\Delta Z_B} \right)^2 m_{\Delta Z_B}^2 \quad (4.76)$$

Eroarea medie pătratică a valorii medii pătratice a deplasării verticale a punctului de control, în funcție de erorile medii pătratice ale diferențelor orizontului instrumentului, va fi exprimată de relația:

$$m_{\Delta H_1}^2 = \left(\frac{\Delta H_A}{2} \right)^2 \left(\frac{m_{d_A}}{d_A} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H_B}{2} \right)^2 \left(\frac{m_{d_B}}{d_B} \right)^2 + (\Delta H_A \operatorname{ctg} Z_A)^2 \left(\frac{m_{Z_A}}{\rho} \right)^2 + (\Delta H_B \operatorname{ctg} Z_B)^2 \left(\frac{m_{Z_B}}{\rho} \right)^2 + \frac{\Delta H_A^2}{2\Delta Z_A} m_{\Delta Z_A}^2 + \frac{\Delta H_B^2}{2\Delta Z_B} m_{\Delta Z_B}^2 \quad (4.77)$$

Admițând că $\Delta H_A \approx \Delta H_B \approx \Delta H$ și $d_A \approx d_B \approx d, Z_A \approx Z_B$ și erorile medii pătratice ale elementelor măsurate sunt $m_{d_A} \approx m_{d_B} \approx m_d, m_{Z_A} \approx m_{Z_B}, m_{\Delta Z_A} \approx m_{\Delta Z_B}$, va rezulta pentru eroarea medie pătratică a valorii medii a deplasării verticale, în funcție de erorile medii pătratice ale diferențelor dintre orizonturile instrumentului din cele două cicluri de observații relația:

$$m_{\Delta H_1} = \left[\left(\Delta H \frac{m_d}{d} \right)^2 + \left(\sqrt{2} \Delta H \operatorname{ctg} Z_A \frac{m_{Z_A}}{\rho} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H}{\sqrt{2} \Delta Z_A} m_{\Delta Z_A} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4.78)$$

Erorile medii pătratice ale deplasărilor verticale, mai precis ale diferențelor de nivel determinate din cele două puncte de stație, se exprimă cu relațiile (4.79):

$$\begin{aligned} m_{\Delta h_1}^2 &= \left[\frac{\partial(\Delta h_1)}{\partial b} \right]^2 m_b^2 + \left[\frac{\partial(\Delta h_1)}{\partial \alpha} \right]^2 \left(\frac{m_\alpha}{\rho} \right)^2 + \left[\frac{\partial(\Delta h_1)}{\partial \beta} \right]^2 \left(\frac{m_\beta}{\rho} \right)^2 + \left(\frac{\partial(\Delta h_1)}{\partial Z_1^2} \right) \left(\frac{m_{Z_1}}{\rho} \right)^2 + \\ &+ \left[\frac{\partial(\Delta h_1)}{\partial(\Delta Z_1)} \right]^2 \left(\frac{m_{\Delta Z_1}}{\rho} \right)^2 \\ m_{\Delta h_2}^2 &= \left[\frac{\partial(\Delta h_2)}{\partial b} \right]^2 m_b^2 + \left[\frac{\partial(\Delta h_2)}{\partial \alpha} \right]^2 \left(\frac{m_\alpha}{\rho} \right)^2 + \left[\frac{\partial(\Delta h_2)}{\partial \beta} \right]^2 \left(\frac{m_\beta}{\rho} \right)^2 + \left(\frac{\partial(\Delta h_2)}{\partial Z_2^2} \right) \left(\frac{m_{Z_2}}{\rho} \right)^2 + \\ &+ \left[\frac{\partial(\Delta h_2)}{\partial(\Delta Z_2)} \right]^2 \left(\frac{m_{\Delta Z_2}}{\rho} \right)^2 \end{aligned} \quad (4.79)$$

Se calculează valorile derivatelor parțiale și se introduc în relațiile de mai sus, obținându-se:

$$\begin{aligned} m_{\Delta h_1}^2 &= \Delta h_1^2 \left(\frac{m_b}{b} \right)^2 + \Delta h_1^2 \operatorname{ctg}(\alpha + \beta) \left(\frac{m_\alpha}{\rho^{cc}} \right)^2 + \Delta h_1^2 [\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg}(\alpha + \beta)]^2 \left(\frac{m_\beta}{\rho^{cc}} \right)^2 + \\ &+ 4 \Delta h_1^2 \operatorname{ctg}^2 Z_1 \left(\frac{m_{Z_1}}{\rho^{cc}} \right)^2 + \left(\frac{\Delta h_1}{\Delta Z_1} \right)^2 \cdot m_{\Delta Z_1}^2, \end{aligned} \quad (4.80)$$

$$\begin{aligned} m_{\Delta h_2}^2 &= \Delta h_2^2 \left(\frac{m_b}{b} \right)^2 + \Delta h_2^2 [\operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{ctg}(\alpha + \beta)]^2 \left(\frac{m_\alpha}{\rho^{cc}} \right)^2 + \Delta h_2^2 \operatorname{ctg}(\alpha + \beta) \left(\frac{m_\beta}{\rho^{cc}} \right)^2 \\ &+ 4 \Delta h_2^2 \operatorname{ctg}^2 Z_2 \left(\frac{m_{Z_2}}{\rho^{cc}} \right)^2 + \left(\frac{\Delta h_2}{\Delta Z_2} \right)^2 \cdot m_{\Delta Z_2}^2, \end{aligned} \quad (4.81)$$

Pe baza relațiilor de mai sus, se deduce că eroarea medie pătratică a valorii medii pătratice a deplasării verticale a unei construcții, determinată în funcție de valorile diferențelor dintre diferențele de nivel dintre punctele de stație și punctul de control, este cu atât mai mică cu cât mărimea unghiului zenital se apropie de 100° .

4.2.5. Utilizarea nivelmentului hidrostatic în determinarea deplasărilor construcțiilor masive

În anumite situații, măsurarea deplasărilor verticale ale construcțiilor studiate se poate efectua prin metoda nivelmentului hidrostatic. Metoda se aplică cu rezultate foarte bune în condiții speciale, în condiții grele de lucru (locuri greu accesibile în interiorul clădirilor, la înălțimi mari), unde metoda nivelmentului geometric de înaltă precizie este dificil sau uneori imposibil de aplicat.

De asemenea, prin metoda nivelmentului hidrostatic se asigură un control permanent și continuu a stabilității construcțiilor, permițându-se o automatizare a înregistrării datelor măsurate.

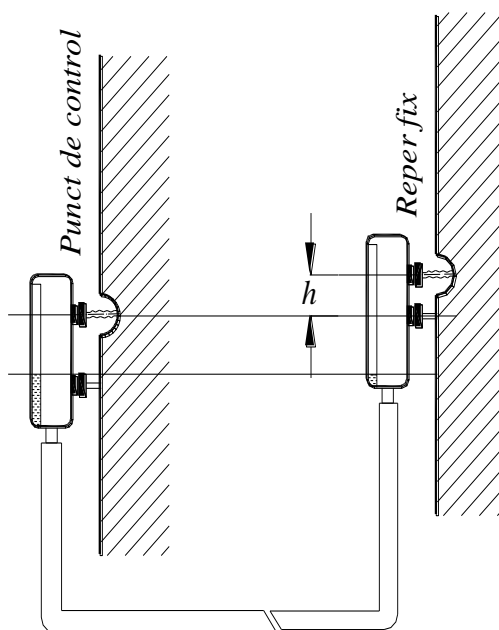


Fig. 4.19. Principiul nivelmentului hidrostatic

Față de metoda nivelmentului geometric, metoda nivelmentului hidrostatic prezintă numeroase avantaje, unele dintre acestea fiind precizia de realizare a lucrărilor și măsurarea nivelitică în același timp a mai multor puncte. Determinarea diferenței de nivel prin nivelment hidrostatic, permite eliminarea unui întreg șir de erori ale aparatului, proprii nivelmentului geometric. La acestea trebuie adăugat faptul că, realizarea nivelmentului geometric de înaltă precizie, pentru cazul studierii unor construcții aflate în execuție sau exploatare, întâmpină foarte multe greutăți. De multe ori nu există posibilitatea instalării aparatului fără dispozitive speciale, nu se poate realiza ținerea mirei în punctele de control de pe construcția

observată, nu se poate opri procesul de producție pentru efectuarea măsurătorilor. Toate aceste inconveniente se elimină prin folosirea nivelmentului hidrostatic care se execută mult mai rapid decât nivelmentul geometric de precizie. Aparatura folosită este de construcție simplă, este ieftină, se poate păstra și depozita foarte ușor.

Metoda nivelmentului hidrostatic este fundamentată de principiul vaselor comunicante. În punctele de control, de pe construcția studiată, sunt fixate tuburi gradate, care sunt unite între ele printr-un furtun (Fig. 4.19.). Diferența citirilor pe tuburile gradate, corespunzător nivelului apei din tuburi, prezintă diferența de nivel dintre cele două puncte. În sistemul hidrostatic se mai include și un rezervor suplimentar care joacă rol de compensator.

Deplasările verticale ale diferitelor părți ale construcției vor antrena diferitele dispozitive de prindere a tuburilor gradate. În timpul măsurătorilor, aparatura poate fi montată fix pe clădire sau poate fi mobilă, adică poate fi deplasată în diferite puncte.

În primul caz, deoarece un tub este instalat într-un reper fix, deplasările verticale ale construcției se determină din diferența citirilor efectuate pe tubul situat în punctul de control, corespunzător diferitelor cicluri de observații.

În cel de-al doilea caz, determinarea deplasărilor verticale se face ca în cazul nivelmentului geometric, adică se calculează diferența de nivel dintre tuburile gradate și legate între ele, amplasate în punctul de control respectiv în reper. [97]

4.2.6. Erorile întâlnite în nivelmentul geometric pentru determinarea tasărilor și modul de eliminare a acestora

4.2.6.1. Neorizantalitatea liniei de vizare a lunetei instrumentului

Eroarea datorită neorizantalizării liniei de vizare a instrumentului topografic (nivelă topografică sau după caz, teodolit), are în aparență un caracter întâmplător, dar în cazul măsurătorilor ea poate avea și un caracter sistematic. [120]

Eroarea se poate elimina prin rectificarea aparatului sau prin staționarea cu nivela topografică la mijlocul niveleului unui traseu de nivelment geometric.

Orice metodă de rectificare a nivelei se realizează însă cu o eroare reziduală dată de relația următoare:

$$m_{\tau} = \pm 0,09 \cdot \sqrt{\tau^{cc}} \quad (4.82)$$

La o sensibilitate a nivelei $\tau = \pm 10^{cc}$ eroarea de rectificare va fi egală cu $\pm 0,3^{cc}$. Această eroare produce la rândul său o eroare în determinarea diferenței de nivel care se determină cu relația:

$$m_{\Delta h} = \pm \frac{d \cdot m_{\tau}}{\rho^{cc}} \quad (4.83)$$

Astfel, la o eroare de rectificare a axei de vizare $m_{\tau} = \pm 0,3^{cc}$ rezultă o valoare de $\pm 0,015 \text{ mm} / 10 \text{ m}$. Influența acestei erori reziduale de rectificare asupra diferenței de nivel măsurate poate fi redusă prin scurtarea vizei și prin staționarea la mijlocul niveleului.

4.2.6.2. Neaplicarea corecției de sfericitate, refracție și temperatură

La măsurarea tasărilor construcțiilor supuse observării, apar cazuri când nu putem menține aceeași distanță pentru viza înainte și înapoi. Dacă, în această situație nu se aplică corecția de sfericitate și refracție, diferențele de nivel măsurate vor fi eronate cu o anumită cantitate.

În acest sens, la o diferență de lungime de vizare egală cu 1 m, între viza înainte și înapoi, diferența la corecția de sfericitate și refracție va fi de $\pm 0,003\text{mm}/10\text{m}$.

Mărimea erorii provocate de refracție crește cu pătratul lungimii de vizare și proporțional cu diferența de nivel. La vizele deasupra terenului pentru altitudini mai mici de 50 cm, crește foarte repede gradientul de temperatură și prin aceasta și eroarea provocată de refracție. Refracția maximă apare în timpul răsăritului și apusului de soare. Pentru a evita erorile de refracție, este recomandat ca nivelmentul să nu se execute pe timp foarte călduros și nu cu o oră înainte de răsăritul și apusul soarelui. Refracția depinde și de suprafața terenului, ea fiind mai mare dacă terenul este acoperit cu asfalt, beton, piatră și este mai mică dacă este acoperit cu iarbă. De asemenea, mărimea refracției este influențată de suprafețele acvatiche, care prezintă variații de temperatură față de aer. [98]

Diminuarea acestei erori de măsurare și posibila eliminare a acesteia se poate realiza prin egalizarea distanțelor citite înainte și înapoi.

Pe lângă erorile datorate sfericității și refracției, instrumentele și mirele de nivelment sunt supuse în timpul măsurării tasărilor, unor variații importante de temperatură care provoacă deformații ale părților constructive ale acestora.

În această direcție trebuie menționate variațiile de temperatură din apropierea instalațiilor mecanice, din interiorul și exteriorul construcției observate, umiditatea aerului, curenții de aer reci și calzi. De asemenea, la măsurarea tasărilor construcțiilor apar trepidații de la mașini sau utilaje, de multe ori existând posibilitatea de a executa măsurători în locuri cu praf sau fum.

La măsurătorile de nivelment executate în scopuri obținute, se întâlnesc de obicei temperaturi care variază lent și care dau astfel posibilitatea instrumentului să se aclimatizeze. Acest lucru nu este posibil în lucrările cu caracter special, deci și în cazul urmăririi comportării construcțiilor, deoarece în acest caz există situații de variații mari de temperatură, când aparatul este încălzit numai pe o parte.

În vecinătatea instalațiilor mecanice, erorile pot fi și mai mari. Variația de temperatură produce și erori în citirea pe miră, care se pot calcula cu relația:

$$m_t = \pm l \cdot k_t \cdot m_{\Delta t} \quad (4.84)$$

în care: k_t – coeficientul linear de dilatație termică a mirei;
 $m_{\Delta t}$ – diferența de temperatură la vizarea înainte și înapoi;
 l – un sector pe miră.

Pentru a evita asemenea erori se recomandă ca în special acolo unde variațiile de temperatură sunt foarte mari să se folosească instrumente de nivelment automate cu influențe minore datorate temperaturii, instrumente fără nivelă torică.

4.2.6.3. Neverticalitatea mirei și excentricitatea benzii de invar față de axa reperului

Erorile proprii ale mirelor de nivelment pot fi reduse rectificând mirele și proiectând astfel drumuirea încât prin metoda de măsurare a diferențelor de nivel să

se elimine efectul acestor cauze. Neverticalitatea mirei produce erori destul de mari în determinarea diferențelor de nivel.

În cazul înclinării mirei cu un unghi ε , banda de invar a mirei nu se găsește peste punctul cel mai înalt conform figurii următoare; astfel, în loc de valoarea l_0 se va citi valoarea l , mai mare.

Acestei citiri este necesar să se aplica o corecție de forma (Fig. 4.20.): [141]

$$l + \Delta l = l'_0 \quad (4.85)$$

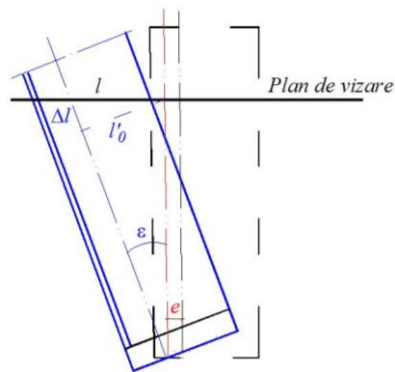


Fig. 4.20. Determinarea corecției de excentricitate a benzii de invar

Rezultă în continuare:

$$\begin{aligned} \Delta l &= l'_0 - l \\ \Delta l &= l_0 - l \\ \Delta l &= l \cos \varepsilon - l \\ \Delta l &= -l(1 - \cos \varepsilon) \\ \Delta l &= -2l \sin^2 \frac{\varepsilon}{2} \end{aligned} \quad (4.86)$$

Aceasta este corecția care trebuie adăugată citirii l de pe miră.

Valoarea erorii de neverticalitate crește și mai mult atunci când mira este așezată excentric față de reper. În acest caz este valabilă următoarea ecuație:

$$\Delta l = -\left(\frac{1}{2} \cdot \frac{\varepsilon^2}{2} \pm \frac{e_1 \cdot \varepsilon}{\rho} \right) \quad (4.87)$$

Primul termen din paranteză nu depinde de punctul pe care așezăm mira, influența lui este unilaterală și proporțională cu înălțimea axei de vizare.

Al doilea termen din paranteză depinde de valorile e_1 și ε , dar depinde de înălțimea de vizare și are în general un caracter întâmplător. Valoarea acestui termen este mai mare decât a primului și poate să aibă un efect unilateral, dacă nivela sferică de pe miră este așezată prea sus astfel încât operatorul de la miră nu vede perpendicular bula nivelei și produce o eroare de centrare pe reper.

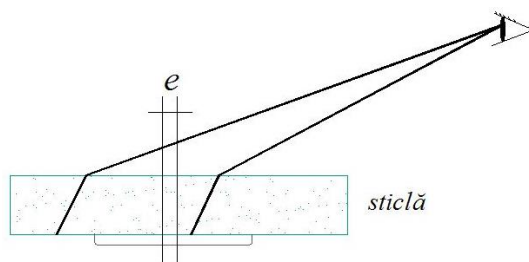


Fig. 4.21. Excentricitate datorată neperpendicularității razei vizuale

În timpul verticalizării mirei cu ajutorul nivelei sferice se poate induce o eroare de $2 - 10^{\text{cc}}$ (Fig. 4.21.). Mirele Zeiss sunt înzestrate la talpa lor inferioară cu un inel care permite centrarea benzii de invar cu exactitate pe axa reperului. Cu toate aceste măsuri (mirele de invar având două scale pe care se realizează citirea), citirile nu pot fi totuși considerate în axa mirei. Eroarea provocată de această abatere poate să ajungă la valori de $\pm 0,05\text{mm}$.

La o lungime a porteei mai mare de 50m, precizia nivelmentului este mai mare, iar vizările mai scurte. [116]

4.3. Modelul Digital al Terenului (MDT)

Acest subcapitol își dorește să realizeze o prezentare generală asupra MDT pornind de la apariția acestuia și până în prezent. Se vor prezenta atât modul de obținere a datelor care stau la baza realizării oricărui MDT precum și cele mai uzuale moduri de realizare. Accentul se va pune însă pe domeniile de aplicație ale MDT, și a influenței pozitive aduse de acest tip de implementare asupra reprezentării topografice a terenului. Acest lucru se va evidenția prin detalierea modului de utilizare a MDT pentru unele domenii de foarte mare actualitate în ziua de azi.

4.3.1. Avantajele utilizării modelelor 3D

În ultimii ani, din ce în ce mai mulți ingineri din lumea întreagă au abordat acest câmp relativ nou, al modelării tridimensionale, preferând sistemele de proiectare 3D în locul celor clasice de desenare 2D. Proiectarea pe un model 3D este mai rapidă decât proiectarea tradițională 2D. Avantajul este că, prin vizualizarea modelului, se elimină dificila sarcină de a gândi totul tridimensional, având în față planurile clasice de proiectare. [73]

Modelul 3D s-a impus și se va impune în diferite domenii de activitate, înlesnind procesele de proiectare, de interogare a seturilor de date și analiză a produselor.

Un model 3D are în componență obiecte, materiale, straturi care alcătuiesc o structură complexă. În cadrul lui putem vizualiza separat anumite părți sau toate elementele componente laolaltă. Obiectele și materialele au proprietăți ușor de evidențiat, numite proprietăți vizuale, cum ar fi culoarea, reflexia luminii, contrastul. Ca produs final putem obține fațada clădirilor, acoperișurile acestora sau chiar modelul 3D al terenului. [60]

Modelul tridimensional oferă multiple posibilități de lucru: rectificarea cotelor, conectarea elementelor ce intră în componența lui, crearea unui nou produs

pornind de la elementele de bază. Manipularea ușoară și complexitatea informației oferite facilitează procesul de proiectare. În final, datele obținute pot fi integrate și exportate în alte programe, specializate pe anumite domenii de activitate, precum:

- proiectarea (determinarea volumelor la decopertare și umplere la proiectarea drumurilor, barajelor sau altor lucrări ingineresti; calculul pantei, aspectului – direcției de pantă maximă; memorarea sau stocarea cotelor în baze de date zonale, naționale sau globale),
- planificarea urbană (planificarea traseelor drumurilor sau liniilor electrice, a pozițiilor barajelor),
- turismul,
- proprietățile imobiliare (afișarea tridimensională a formei terenului pentru scopuri de vizualizare – arhitectura peisajului),
- poliție și securitate (furnizare de date pentru modele de simulare a imaginii, a simulării deplasării pe teren, a simulării zborului deasupra unei porțiuni de teren),
- analize statistice geomorfologice și comparații ale tipurilor de teren.

4.3.2. Aplicabilitatea modelelor digitale ale terenului

Majoritatea aplicațiilor care țin de manipularea datelor spațiale nu au nevoie (sau doar în foarte puține cazuri au nevoie) de utilizarea MDT. Acesta este în special cazul cadastrului și al managementului bunurilor imobiliare. Pe de altă parte un număr mare de aplicații necesită MDT, mare parte dintre acestea având legătură cu domeniul managementului resurselor naturale. [115] Se pot distinge astfel 6 mari domenii de aplicabilitate pentru modelul digital al terenului:

- Măsurători terestre și fotogrammetrie;
- Inginerie civilă;
- Urbanism și managementul resurselor;
- Științele naturale;
- Aplicații în domeniul militar;
- Telecomunicații.

Aceste domenii diferă din punctul de vedere al perspectivei și importanței și adesea sunt greu de diferențiat. Cu toate acestea ele reprezintă caracteristici particulare în ceea ce privește necesitățile funcționale și fundalul profesional. Aproximativ o treime din aplicațiile din aceste domenii utilizează MDT ca produse derivate la un anumit punct din cadrul procesului.

Măsurătorile terestre și fotogrammetria reprezintă domenii cu nevoi funcționale relativ restrânse. Principalul scop este acela de a produce MDT pentru alte domenii cum ar fi ingineria civilă sau urbanism. În cadrul acestor domenii, accentul se pune accent pe a produce MDT de acuratețe crescută, evaluarea preciziei acestora (atât cea numerică cât și cea vizuală) și de a genera contururi cartografice de înaltă calitate. Este nevoie doar în mică măsură de funcționalitate analitică. Printre aplicațiile tipice se numără următoarele: obținerea datelor din ridicări topografice sau zboruri fotogrammetrice; cartarea topografică; realizarea de ortofotoplanuri.

Ingineria civilă: MDT sunt utilizate în ingineria civilă pentru aplicații precum: proiectarea drumurilor, proiectarea aeroporturilor, calculul transportului de volume în lucrări de șantier (pentru baraje, minerit de suprafață etc.). Prin urmare ingineria civilă reprezintă un utilizator important al modelelor digitale. Cerințele funcționale diferă însă de cele ale altor aplicații: accentul se pune pe calculul

volumelor și pe anumite funcții de design, iar volumele de date sunt de obicei mai mici (de obicei doar câteva mii de elemente de informație).

Urbanismul și managementul resurselor reprezintă unul dintre principalele domenii de aplicabilitate pentru utilizarea MDT. Domeniul combină aplicații dintr-un număr relativ mare de subdomenii, cum ar fi: managementul resurselor naturale și al planificării urbane, teledetecție, geomorfologie, agricultura, silvicultura și meteorologie. Aplicații uzuale întâlnite în acest domeniu sunt: studii de impact ecologic, localizarea șantierelor industriale, corecția geometrică și radiometrică a imaginilor obținute prin teledetecție, realizarea clasificării imaginilor pentru teledetecție utilizând derivatele MDT, modele de eroziune a solurilor, studii pedologice, dezvoltarea strategiilor de cultivare a terenurilor, modelarea curenților de aer și răspândirea poluării și multe altele. Diversitatea aplicațiilor din cadrul acestui domeniu determină necesitatea unor funcționalități crescute: instrumente puternice pentru interpretarea datelor, proceduri de vizualizare flexibile, funcții pentru stocarea datelor și verificarea acestora, suport pentru date de tip TIN (Rețea de Triunghiuri Neregulate) și date de tip raster. O altă caracteristică importantă a domeniului managementului resurselor este aceea că necesită o legătură între sistemul de modelare al terenului și funcțiile 2D ale software-ului SIG utilizat, ținând seama în special de procesarea datelor poligonale, de tip rețea și raster.

Științele naturale: aplicațiile din domeniul geologiei, geomorfologiei, hidrologiei și glaciologiei sunt tratate separat, ca un grup, deși împart o serie importantă de caracteristici cu cele din domeniul managementului resurselor naturale. Acestea necesită o serie de funcții speciale care ajută la modelarea și analiza discontinuităților terenului. Majoritatea utilizărilor MDT în cadrul acestui domeniu necesită o reprezentare concisă a discontinuităților terenului fluvial. Ca exemple de aplicații putem aminti: monitorizarea bazinelor de scurgere (pentru controlul inundațiilor și al poluării), modelarea revărsărilor hidrologice, simulări și clasificări geomorfologice (simularea dezvoltării bazinelor de scurgere), interpretarea geologică și cartografierea.

Aplicațiile în domeniul militar combină aspecte din toate celelalte domenii amintite mai sus. Terenul reprezintă unul dintre cele mai importante componente militare, fie că este vorba despre un nivel local sau unul regional. Agențiile militare reprezintă unul dintre cei mai importanți producători de MDT și prin urmare acestea pun un accent deosebit pe funcții de captare a datelor privind terenul (incluzând stereo-corelarea MDT și digitizarea automată prin scanare a contururilor). Utilizările militare ale MDT includ: proiectarea de baze (proces ce se aseamănă foarte mult cu cel amintit anterior la secțiunea inginerie civilă). Analiza terenului pentru managementul operațiunilor militare pe câmpul de luptă, implică tehnici precum analiza intervizibilității și analiza posibilităților de trafic ale vehiculelor. Ghidarea rachetelor și dezvoltarea de rețele de comunicare (prin analiza intervizibilității) reprezintă alte utilități ale MDT pentru scopuri militare. Aplicațiile militare necesită de asemenea funcții de vizualizare avansate cum ar fi afișarea cadrelor fotorealiste și animații pentru simulatoarele de zbor.

Telecomunicații: datele pentru operatorii de telefonie mobilă sunt produse foarte importante ale societății noastre. Modelul Digital al Terenului este instrumentul de bază în proiectarea transmisiei semnalului și pentru întocmirea planului radiosemnalului.

4.3.3. Istoric

Descrierea digitală a înălțimii pământului a luat naștere la mijlocul secolului XX. J. Miller, de la faimosul Institut de Tehnologie din Massachusetts, Boston, SUA, a fost primul care a introdus în domeniu termenul de a treia dimensiune. Din acel moment, modelele digitale ale terenului au crescut în importanță. Printre acestea, modelele departamentului Service Special des Autoroutes (Franța), a celor de la Nordisk ADB (Suedia), a celor de la MIT Meshurface (SUA), a cercetărilor în domeniu ale lui Linkwitz, Nakamura, Silar și Rummel în Germania, și nu în cele din urmă cea mai importantă, metoda HIFI88 a lui Ebner (1987) de la Universitatea din Monaco, au funcționat și au generat în mod corect un astfel de model.

Mai recent, între anii 1964 și 1968, primii care au aprofundat aceste studii în Italia au fost inginerii de la Universitatea din Milano; dar deja în 1833 Ignazio Porro afirmase că harta este un sub-produs a chestionarului topografic, în timp ce măsurătorile de precizie din chestionarele existente nu ar trebui să fie irosite prin folosirea unor proceduri grafice de listare a hărții. Porro a scris că terenul trebuie să fie reprezentat prin sistemul cartezian de coordonate (X,Y,Z) în toate punctele analizate. Modelul digital al terenului (MDT), cunoscut în literatura de specialitate din străinătate sub denumirea de Digital Terrain Model (DTM), are rolul de a reda configurația terenului în mod continuu din punct de vedere spațial. Modelarea digitală a terenului reprezintă o etapă importantă pentru sistemele informatice geografice (SIG), având rolul de a îmbunătăți funcțiile de analiză și vizualizare.

Reprezentarea pe calculator a formei terenului necesită o modelare matematică a suprafeței terestre, cunoscută sub numele de „Model Digital al Terenului” (MDT), modelare care constă dintr-un ansamblu de ecuații ce definesc forma suprafeței terestre și care realizează o suprafață matematică ce aproximează foarte riguros suprafața reală a terenului.

Tehnica modelării digitale a terenului a fost inițial utilizată în domeniul construcțiilor civile. În anul 1958, pentru prima dată în istorie, proiectarea căilor de comunicații a fost efectuată prin metode fotogrammetrice, utilizând sisteme de calcul digitale. Proiectul a fost realizat de doi ingineri ai Institutului de Tehnologie din Massachusetts, Miller și Laflamme, care au și introdus conceptul de Model Digital al Terenului, definindu-l astfel: Modelul Digital al Terenului este o reprezentare statistică a suprafeței continue a terenului printr-un număr mare de puncte care au coordonate cunoscute X,Y,Z într-un sistem de referință arbitrar ales.

Termenul de Model Digital al Terenului se referă în general la o reprezentare digitală a suprafeței terestre prin intermediul valorilor altitudinale. Acestea sunt dispuse uniform și formează o matrice reprezentată prin intermediul unei rețele de celule cu forme regulate, cel mai frecvent pătrate și mai rar triunghiuri sau hexagoane. Cu toate că această reprezentare, cunoscută sub numele de structură raster, „sparge” suprafața respectivă în celule cu dimensiuni identice se consideră că datele formează o suprafață continuă. Este de fapt o „matriță” bidimensională a altitudinii terenului, valorile aparținând unor puncte echidistante de pe suprafața terestră.

Termenul de Model Digital al Terenului, utilizat în Europa, are în prezent un înțeles mult mai larg în comparație cu definiția dată în 1958 de către Miller și Laflamme. Astfel, Modelul Digital al Terenului include pe lângă datele de altitudine o serie de elemente suplimentare cum ar fi discontinuități ale terenului (creste, abrupturi, cursuri de apă) sau valori ale pantelor, aspectului, vizibilității etc.

4.3.4. Clasificarea modelelor digitale

În continuare, pentru o bună înțelegere a prezentei lucrări se va face o clasificare a terminologiei aferentă modelului digital al terenului (modelul 3D al terenului). După introducerea termenului D.T.M. (Digital Terrain Model) – Model Digital al Terenului ca denumire pentru reprezentările de teren realizate în formă digitală, s-au elaborat și aplicat o serie de alți termeni:

- **D.E.M.** (Digital Elevation Model), reprezentări digitale ale reliefului constituite din rețele rectangulare uniforme și neuniforme. În cazul noțiunii D.E.M., cuvântul elevation (elevație, cotă) evidențiază valoarea înălțimii ca măsurătoare efectuată în raport cu un nivel de referință (datum) și totodată ca altitudine absolută, sau cota aferentă punctelor conținute în model D.E.M. (Fig. 4.22.). Se utilizează în general pentru reprezentările digitale ale reliefului, constituite din rețele (grile) rectangulare uniforme (pătratic sau dreptunghiulare), rețele triunghiulare uniforme și neuniforme, respectiv distribuții de puncte pe profiluri, care pentru creșterea calității morfologice a reprezentărilor, integrează și date privind punctele și liniile caracteristice structurilor de relief. Uneori aceste rețele sunt alcătuite din elemente hexagonale. În majoritatea cazurilor ele se obțin prin metode fotogrammetrice.

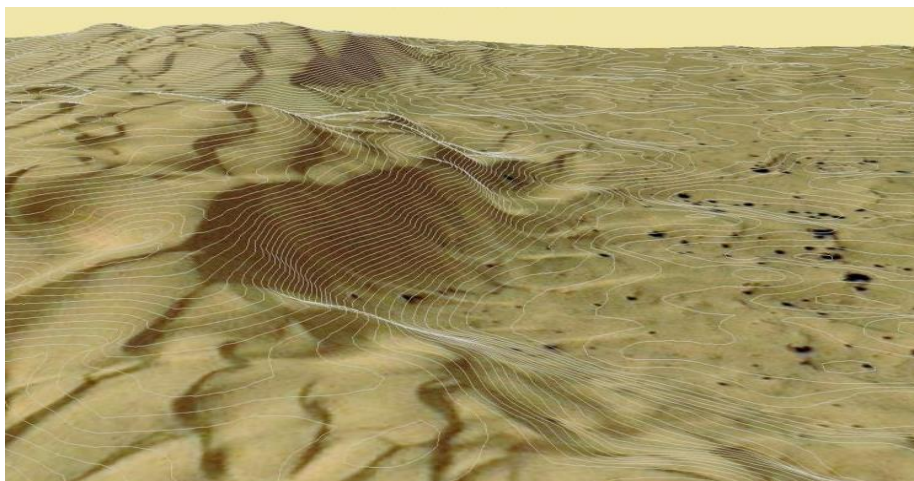


Fig. 4.22. D.E.M. (Digital Elevation Model)

- **D.H.M.** (Digital Height Model), model digital al elevației (altitudinii), respectiv cotei; este similar cu D.E.M., T.I.N. însă spre deosebire de acestea include și cotele tuturor elementelor de suprastructură din teren (Fig. 4.23).

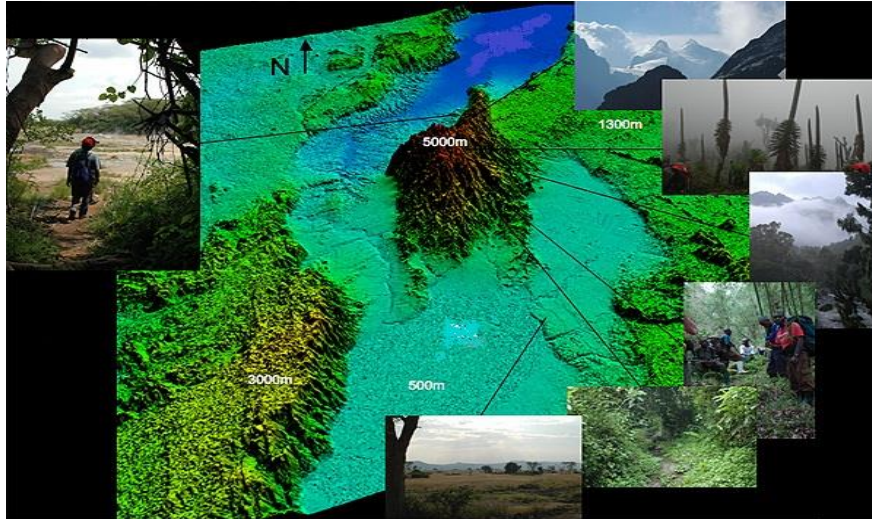


Fig. 4.23. D.H.M. (Digital Height Model)

Acest tip de model (Fig. 4.24.) descrie integral suprafața terenului. Cotele din structura sa nu se opresc la nivelul terenului descoperit, ele includ și noțiunea suprastructurilor (clădirilor, arborilor, drumurilor etc.).



Fig. 4.24. D.H.M. (Digital High Model)

- **T.I.N.** (Triangulated Irregular Networks), rețele neregulate de triunghiuri, termenul face o distincție referindu-se strict la modelele digitale structurale sub formă de rețele de triunghiuri neregulate (Fig. 4.25.). Ele includ seturile de triunghiuri adiacente, ce nu se suprapun, obținute prin calcul folosind punctele distribuite neuniform, pentru care se cunosc coordonatele x, y, z . De

asemenea stochează legăturile topologice dintre triunghiurile și vecinii lor adiacenți.

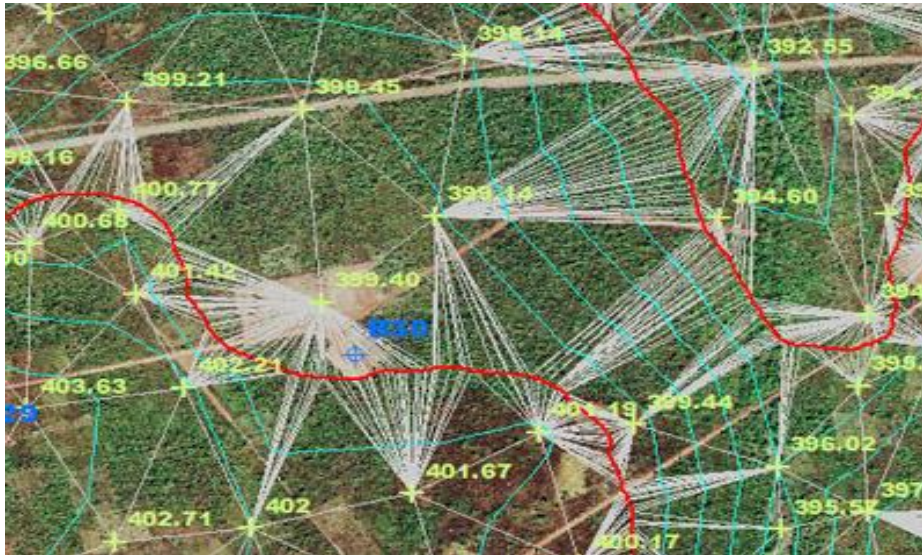


Fig. 4.25. T.I.N. (Triangulated Irregular Networks)

- **D.G.M.** (Digital Ground Model), model digital al solului, sau **D.T.E.D.** (Digital Terrain Data), date digitale de elevație (cota, altitudine) ale terenului care pun accentul pe modelul digital al suprafeței solide a Pământului. Agenția Națională pentru Imagini și Cartare (N.I.M.A.) folosește denumirea de D.T.E.D. (Fig. 4.26.) care, ca și precedentele reliefează descrierea suprafeței terenului cu ajutorul datelor de cotă, date produse prin același tip de proces, având ca trăsătură specifică faptul că sunt distribuite într-o rețea uniformă, ceea ce permite stocarea lor matriceală.



Fig. 4.26. D.T.E.D. (Digital Terrain Data)

4.3.5. Metode de realizare a modelului digital al terenului

Construirea Modelului Digital al Terenului constă în crearea unei suprafețe continue prin metoda interpolării plecând de la datele culese din teren. Metodele de interpolare cu ajutorul cărora se realizează modelul propriu-zis sunt la rândul lor foarte diferite. Trebuie precizat faptul că nu există un algoritm de interpolare universal, bun pentru toate aplicațiile, ci că fiecare metodă de interpolare are o serie de avantaje și dezavantaje de care se va ține cont la alegerea sa. Acuratețea Modelului Digital al Terenului este determinată de distribuția și calitatea datelor inițiale precum și de pretabilitatea modelului de interpolare de a se adapta la complexitatea reliefului.

Astfel, pentru aproximarea suprafeței topografice a terenului din datele înregistrate pot fi utilizate metode de interpolare liniare și neliniare bazate pe punctele de sprijin ce aparțin suprafeței fizice a terenului:

a) **Metoda utilizării suprafețelor de interpolare sumabile**

Se consideră o suprafață în care sunt date punctele $P(x_i, y_i, z_i)$, unde $i = 1 \dots n$, în care cotele z_i sunt cunoscute. Se construiește suprafața $z = f(x, y)$ astfel încât cota z_i să respecte egalitatea $z_i = f(x_i, y_i)$.

Funcția de interpolare are forma:

$$Z = \sum_{i=1}^n [q_i \times r(x_i, y_i) + ax + by + c] \quad (4.88)$$

Coefficienții q_i , a , b și c se determină dintr-un sistem de $n+3$ ecuații cu $n+3$ necunoscute obținut din constrângerea pe cotele punctelor de sprijin utilizate. Metoda se utilizează când se dispune de un număr de puncte mic (aproximativ 150 puncte). [121]

b) **Metoda de interpolare cu suprafețe mobile**

Metoda presupune ca pentru fiecare punct de interpolare să se determine o ecuație a suprafeței, luând în considerare punctele care sunt vecine cu acest punct într-un domeniu plan circular de rază dată.

Se utilizează ecuații polinomiale de forma:

$$Z = a_{00} + a_{10}x + a_{01}y + a_{11}xy \quad (4.89)$$

Pentru fiecare punct de sprijin se întocmește o ecuație de forma (4.85). Va rezulta un sistem de m ecuații (m fiind numărul de puncte de sprijin) cu n necunoscute. Sistemul se rezolvă prin metoda celor mai mici pătrate. După determinarea necunoscutelor, prin rezolvarea sistemului, cota în fiecare punct de interpolat se determină cu relația (4.89). [121]

c) **Metoda interpolării cu ajutorul unei rețele de triunghiuri**

Metoda presupune realizarea unei rețele de puncte de sprijin ce formează triunghiuri cvasiechilaterale. În urma procesului de triangularizare a zonei de teren date, se obține o listă de triunghiuri. Pentru determinarea cotei într-un punct $P(x, y)$ se determină mai întâi triunghiul din care face parte punctul P și se scrie ecuația planului determinat de cele 3 vârfuri ale triunghiului:

$$Z = a + bx + cy \quad (4.90)$$

Se scrie apoi, pentru triunghiul în cauză, sistemul de ecuații din coordonatele vârfurilor triunghiului:

$$\begin{pmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \\ 1 & x_3 & y_3 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \end{pmatrix} \quad (4.91)$$

Din rezolvarea sistemului (4.91) de ecuații se determină coeficienții a , b și c . Apoi cu relația (4.90) se determină cota punctului P . [121]

d) Metoda utilizării profilurilor terenului

Metoda presupune împărțirea terenului dat în suprafețe elementare cu ajutorul unor profiluri echidistante ale terenului și paralele cu axele sistemului de coordonate rectangular al hărții (Fig.4.27.). [121]

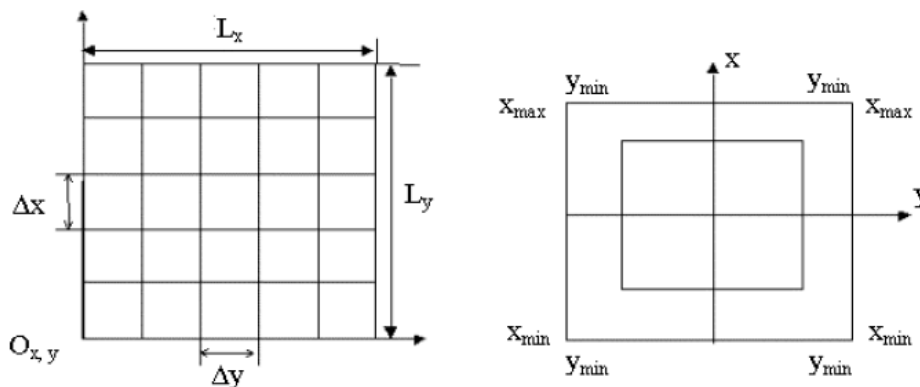


Fig. 4.27. Rețeaua de puncte cotate a Modelului Digital al Terenului

Practic se realizează o rețea de profiluri echidistante și perpendiculare unul pe altul care determină suprafețe elementare de formă pătrată cu dimensiunile Δx și Δy . Cu cât densitatea profilurilor este mai mare cu atât suprafețele elementare rezultate sunt mai mici și precizia de aproximare a suprafeței reale a terenului crește.

Pentru formarea Modelului Digital al Terenului sunt necesare cotele punctelor de intersecție a profilurilor, precum și valorile echidistanțelor Δx și Δy ale profilurilor. Suprafața reală a terenului este aproximată cu ajutorul unei ecuații polinomiale de gradul III de forma:

$$Z = A_{ij}x^3 + B_{ij}y^3 + C_{ij}x^2 + D_{ij}y^2 + E_{ij}x + F_{ij}y + F_{ij}xy + H_{ij} \quad (4.92)$$

Coeficienții acestei ecuații se determină pentru fiecare suprafața elementară definită de profiluri cu ajutorul a minim 25 puncte de sprijin cu cotă cunoscută situate în jurul suprafeței în cauză, puncte din care se creează un sistem de ecuații care se rezolvă prin metoda celor mai mici pătrate. Având coeficienții determinați din rezolvarea sistemului de ecuații, se determină cu relația (4.88) cota punctului P interpolat. [121]

Modelele rezultate în urma interpolării pot fi de tip raster, când suprafața terenului este reprezentată prin intermediul unei rețele de celule rectangulare, sau modele vectoriale, caz în care suprafața este construită cu ajutorul unei rețele de triunghiuri neregulate (Triangular Irregular Network – TIN) (Fig. 4.28.)

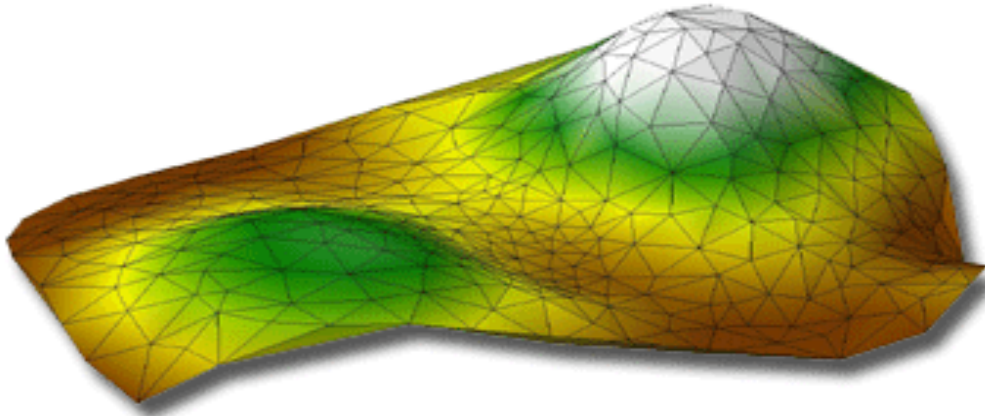


Fig. 4.28. Structura TIN (Triangular Irregular Network)

Referitor la *precizia MDT*, a fost demonstrat faptul că diminuarea acesteia este provocată de rugozitatea terenului și de distanța dintre punctele alăturate ale modelului. În special în punctele în care se schimbă unghiul de pantă, interpolarea poate conduce la erori mari în determinarea corectă a altitudinii. Densitatea punctelor de referință reprezintă un alt parametru esențial care influențează precizia unui Model Digital al Terenului. Cu cât este mai mare densitatea punctelor înregistrate, cu atât este mai precisă descrierea suprafeței topografice reale. De regulă, evaluarea preciziei unui Model Digital al Terenului se realizează prin compararea cu un model de referință. Rezultatul comparației constă în determinarea gradului de fidelitate al acestuia în raport cu suprafața topografică reală, prin calculul diferențelor de altitudine în punctele de test. Din punct de vedere matematic, analiza preciziei unui Model Digital al Terenului se poate efectua prin calculul erorii medii pătratice a altitudinii și al deviației standard. Eroarea medie pătratică măsoară dispersia distribuției erorilor, fiind un parametru care determină precizia de ansamblu (globală). Anumite metode de orientare a imaginilor folosesc puncte de sprijin. De asemenea, un rol important în evaluarea preciziei unui Model Digital al Terenului este jucat de informația conținută de metadate. Aceste informații se referă la sursa de proveniență a datelor, modul în care acestea au fost prelucrate, intervalul de timp scurs de la ultima actualizare, sistemul de proiecție al datelor, etc.

4.3.6. Procesarea datelor pentru crearea MDT

Acuratețea Modelului Digital al Terenului depinde în mod direct de calitatea datelor folosite astfel că alegerea modului de culegere a datelor este una din problemele esențiale. Erorile introduse în faza de achiziționare a datelor se vor regăsi și în Modelul Digital al Terenului și vor compromite întreg procesul de analiză spațială.

Datele geometrice și datele atributive se obțin cu metode diferite. Culegerea datelor depinde de următorii factori:

- caracterul obiectivului;
- structura sistemului informatic (vectorial, raster sau mixt);
- sursele de date care stau la dispoziție;
- domeniul de folosință;
- densitatea datelor (se numește adeseori și nivel de agregare).

Calitatea unui MDT derivat din scanarea cu laser are trei factori majori de impact:

1. calitatea scanării laser a norilor de puncte originali;
2. calitatea de filtrare;
3. calitatea de interpolare a MDT, dacă este cazul, inclusiv subțierea și modelare liniei de ruptură.

Punctul de plecare este calitatea traiectoriei, care este de aproximativ 5-10cm în planimetrie și 7-15cm în înălțime. În cazul în care achiziția se face folosind platforme de scanare aeriene care zboară mai jos de 1000m și peste ținte netede, se pot obține nori de puncte, cu o precizie verticală de $\pm 10-15\text{cm}$ în înălțime.

Precizia modelelor digitale de teren poate, totuși, să fie îmbunătățită prin minimizarea erorii aleatorii de măsurare, în cadrul interpolării. Mai mult decât atât, informațiile redundante referitoare la puncte, provenite din zonele de dublă acoperire ajută și ele la îmbunătățirea preciziei relative a modelului. În general, evaluarea preciziei unui DTM realizat prin procesarea datelor culese cu tehnologii aeropurtate, este dificilă. Prin urmare, discretizarea suprafeței terenului prin intermediul punctelor de control este mult mai săracă, de obicei, la scară mică, dar și la scară largă.

4.3.7. Situația actuală pe plan internațional și național privind Modelele Digitale ale Terenului

Pe plan internațional, comunitatea științifică și sectorul comercial sunt preocupate de crearea unor modele digitale ale terenului care să îndeplinească câteva cerințe de bază: să fie disponibile pentru zona investigată, să aibă o precizie suficientă și un cost rezonabil. Modelele Digitale ale Terenului care au o precizie ridicată sunt costisitoare sau sunt realizate de sectorul militar, accesul la aceste date fiind limitat sau restricționat. [35]

La nivel global, lipsa unui Model Digital al Terenului calitativ și accesibil a fost acoperită de misiunea SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) din februarie 2000, echipată cu senzor SAR. Astfel, prin interferometrie (determinarea unor măsuri fizice care se bazează pe fenomene de interferență), au fost generate Modelele Digitale ale Terenului pentru aproape întreaga suprafață continentală a Pământului. Modelele SRTM sunt disponibile la diverse rezoluții spațiale, respectiv 30 secunde de arc, 3 secunde de arc sau 1 secundă de arc (aproximativ 30m la ecuator). De asemenea, senzorul HRS (High Resolution Stereoscopic) aflat la bordul platformei satelitare SPOT 5 a preluat înregistrări stereoscopice pentru întreaga zonă continentală, pe baza cărora a fost creat un Model Digital al Terenului (denumit SPOT 3D) cu rezoluția de 1 secundă de arc.

ASTER GDEM (Fig. 4.29.) este primul Model Digital al Terenului care prezintă o acoperire de 99% din suprafața globului și primul model cu rezoluția spațială de 1 secundă de arc care este disponibil gratuit prin intermediul Internetului. Acest Model Digital al Terenului a fost creat pe baza corelației automate a cuplurilor de imagini stereoscopice preluate simultan. Recent a fost lansat cel de al doilea satelit din seria TerraSAR-X, fiind astfel inițiată misiunea TanDEM-X care este destinată în mod special preluării de date interferometrice pentru construcția unui Model Digital al Terenului, având acoperire globală și rezoluția de 12m. [35]

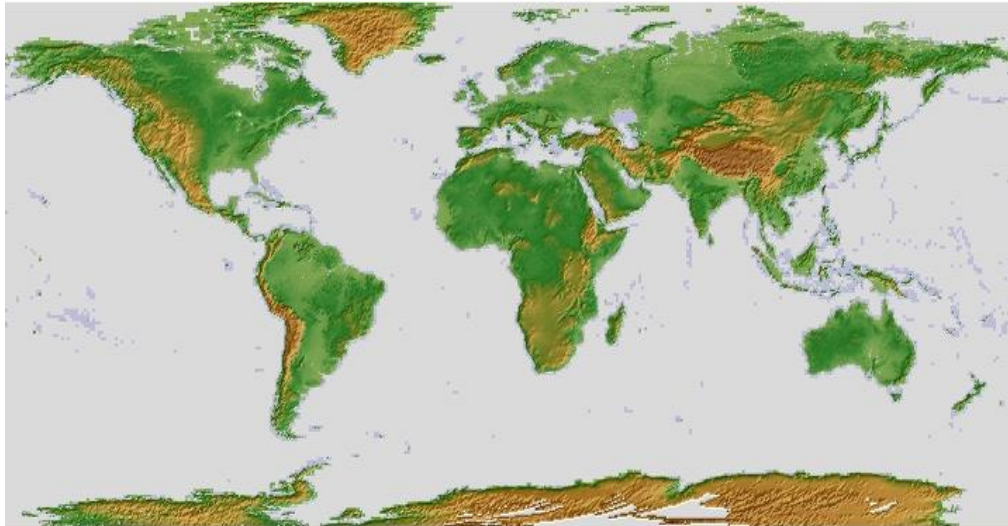


Fig. 4.29. ASTER GDEM

Similar cu situația altor țări, România se confruntă cu probleme legate de lipsa unor Modele Digitale ale Terenului de precizie ridicată. În majoritatea cazurilor, cele realizate până în prezent nu au o precizie suficientă, prezintă goluri de informație și, prin urmare, induc erori și distorsiuni în imaginile ortorectificate, fapt ce poate afecta întregi baze de date geospațiale. În plan național, România urmează tendințele Uniunii Europene prin alinierea la standardele impuse de aceasta, respectând principiile inițiativei INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in the European Community). Prin urmare, Agenția Națională de Cadastru și Publicitate Imobiliară a realizat modele digitale ale terenului cu densități ale punctelor de: 2m, 3m, 6m, 10m, 15m, 20m sau 30m (Fig. 4.30.).

Din păcate, aceste modele nu sunt încă disponibile pentru orice zonă de pe teritoriul României, la oricare dintre rezoluțiile spațiale menționate anterior. De asemenea, la nivelul României, există următoarele Modelele Digitale ale Terenului: SRTM și dTED1 (rezoluție 3 secunde de arc), ASTER GDEM și SPOT 3D (rezoluție 1 secundă de arc). Direcția Topografică Militară a realizat modelul dTED2 pe baza hărții topografice la scara 1:25.000. Accesul sectorului civil la acest model este restricționat. [35]



Fig. 4.30. Model Digital al Terenului SPOT 3D România

4.4. Cartarea alunecărilor de teren

Cartarea inginero-geologică a alunecărilor de teren se face în scopul cunoașterii zonelor afectate și al studierii măsurilor de stabilizare, pe hărți la diferite scări, în România cele mai uzuale scări fiind 1:25000 și 1:10000. [84] Prin cartarea inginero-geologică a alunecărilor de teren se urmărește nu numai reprezentarea pe hartă a zonelor afectate de alunecări, ci și cunoașterea tuturor factorilor geologici care generează procesul de alunecare și care furnizează informații asupra ei, cum sunt formațiunile geologice, vârsta și natura litologică, tectonica, apele subterane, și se studiază în detaliu toate elementele alunecării care pot să fie observate direct și anume: fața de desprindere, terasa de alunecare, acumulatul de alunecare, crăpăturile longitudinale și transversale, relieful alunecării, marginile și baza alunecării. [111]

Hărțile de hazard la alunecare indică probabilitatea anuală de apariție a unei alunecări de teren într-o arie anume. O hartă de hazard la alunecare arată nu numai posibilitatea de apariție a unei alunecări de teren într-un anume loc, clar specificat dar și urmările pe care le-ar putea avea o alunecare de teren asupra zonelor învecinate (Fig. 4.31.).

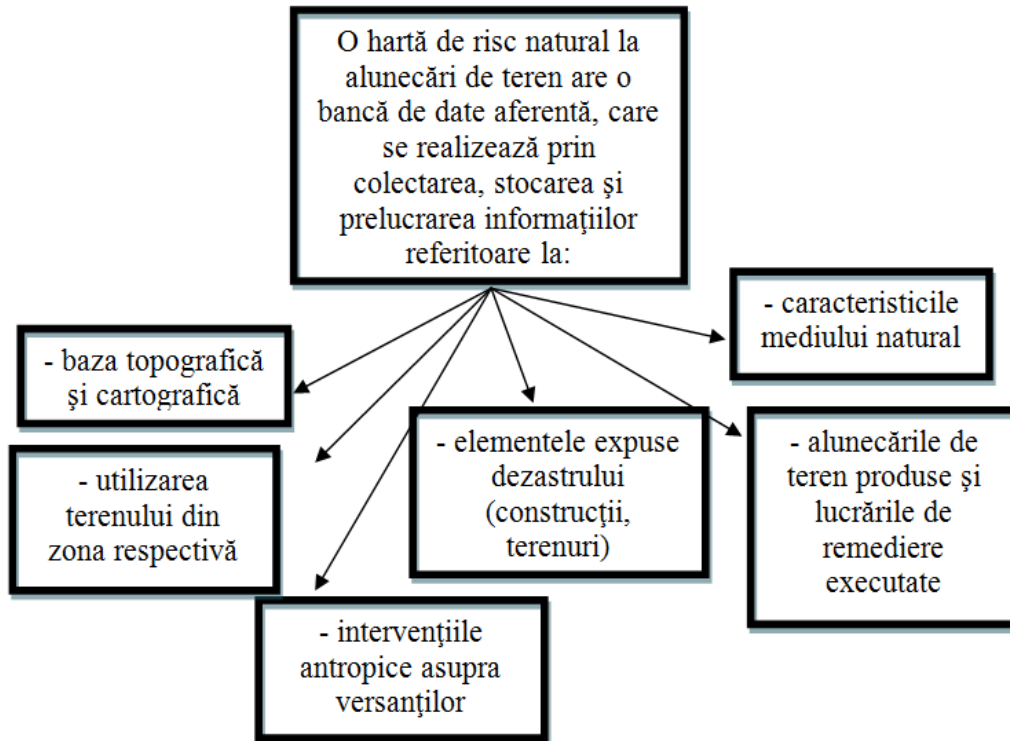


Fig. 4.31. Informațiile cuprinse în baza de date aferentă hărții de risc [126]

Hărțile de risc la alunecare a versanților necesită o corelare cât mai exactă a potențialului producerii alunecărilor de teren cu evaluarea elementelor de risc din zonă, hărțile trebuind să oglindească starea de eforturi din versanți și valorile factorilor de stabilitate în secțiunile reprezentative, acestea constituind parametrii principali pe baza cărora să se poată aprecia cât de ridicat este pericolul atingerii limitei de cedare a masivului de pământ și de producere a alunecărilor de teren.

Un aspect important al problematicii producerii alunecărilor de teren este acela al microzonării versanților din punct de vedere al riscului la alunecare și al monitorizării continue a alunecărilor. Ținând cont de faptul că cea mai fidelă și mai sugestivă reprezentare a zonării este reprezentată de hartă, de-a lungul timpului oamenii de știință români s-au aliniat manifestărilor de la nivel internațional. Tabelul 4.2. prezintă realizările cartografice în ordine cronologică (Fig. 4.32.).

Tabelul 4.2. Realizări cartografice în România [3]

Anul	Realizarea cartografică	Sursa
1960	Harta geomorfologică a României Scara 1:1.500.000	Cotet et. all – Monografia geografică a R.P.R.
1964	Prima legendă geomorfologică elaborată în România	G. Posea, N. Popescu
1976	Harta geomorfologică a României Scara 1:1.000.000	Institutul de Geografie al Academiei Române
1971-1978	Legenda geomorfologică detaliată	C. Martiniuc (nepublicat), I Ungureanu (1978), prelucrare duop

	Scările 1:50.000, 1:25.000	Klimaszewski (1965)
1976-1987	Harta geomorfologică a României Scara 1:200.000	L. Badea (coord)
1976	Harta geomorfologică generală Scara 1:50.000	I. Ichim, N. Rădoane, M. Rădoane
1979	Harta geomorfologică generală Scara 1:50.000	I. Ichim
1980	Harta geomorfologică a României Scara 1:400.000	G. Posea, L. Badea
2000	Harta geomorfologică generală Scara 1:50.000	N. Popescu, M. Ielenicz

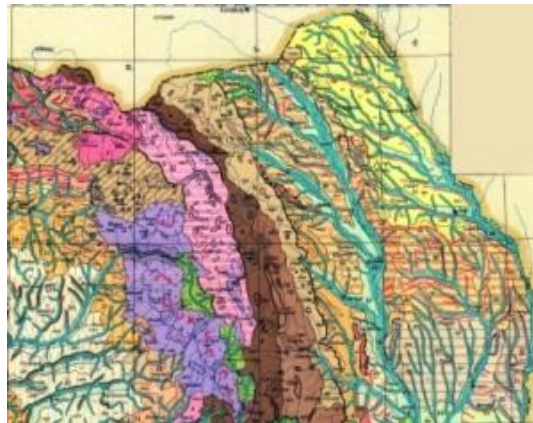


Fig. 4.32. Extras din Harta geomorfologică a României, scara 1: 1.500.000 (după Coteț, 1960)

Preocupările pentru prima legendă geomorfologică generală din România (Fig. 4.33.) au fost materializate în 1964, elementul novator fiind reprezentat de câteva curbe de nivel semnificative.



Fig. 4.33. Extras din Harta geomorfologică generală, 1:50.000 (după Posea, Popescu, 1964)

În ultimii ani, datorită faptului că hărțile de risc la alunecare au devenit documente obligatorii pentru toate zonele construite și cele potențial construibile, acțiunea de elaborare a acestora a fost extinsă treptat până la acoperirea întregului teritoriu a țării (Fig. 4.34.).

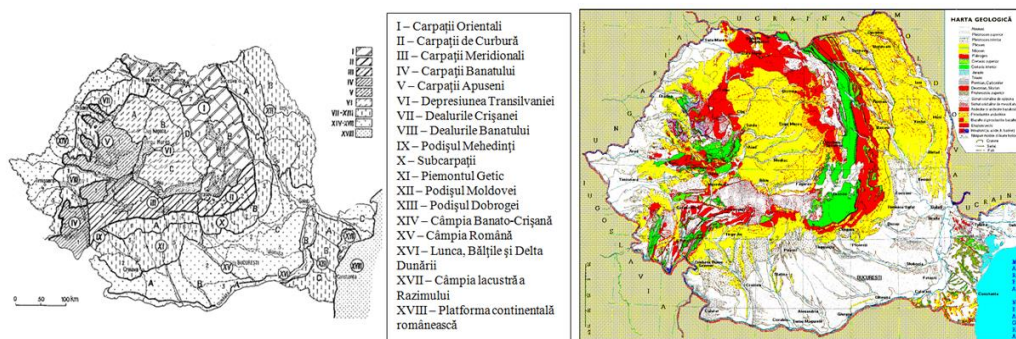


Fig. 4.34. Hărți cu regiunile geomorfologice și geologice

Având în vedere avântul tehnologiei, elaborarea hărților se realizează în sistem SIG (Sistem Informatic Geografic) (Fig. 4.35.) [122] în strânsă relație cu tendințele internaționale în domeniu.

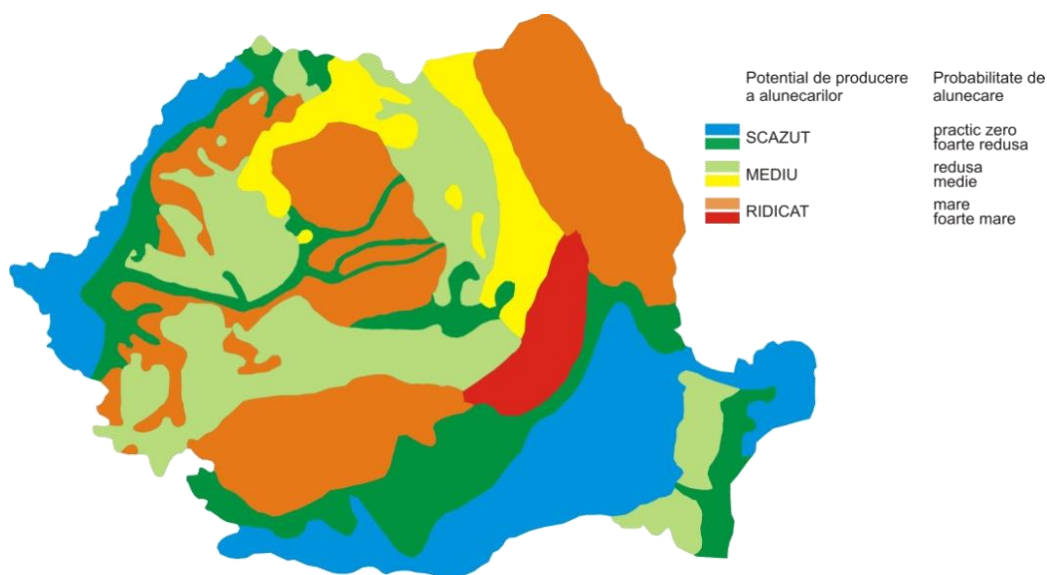


Fig. 4.35. Hartă cu potențialul de producere a alunecărilor de teren realizată în mediu SIG [86]

Având la dispoziție harta teritoriului României, împărțită în zone, în funcție de potențialul alunecărilor de teren, se pot lua decizii pentru adoptarea măsurilor necesare în vederea prevenirii alunecărilor de teren, care adesea pot avea consecințe catastrofale, în zonele predispuse la astfel de fenomene de instabilitate. [112], [114]

Cadrul legislativ pentru întocmirea unei hărți cu zonarea teritoriului României din punct de vedere al potențialului de producere a alunecărilor de teren, este asigurat de „Ghidul de redactare a hărților de risc la alunecare a versanților pentru asigurarea stabilității construcțiilor” – indicativ GT019-98 și aprobat prin Hotărârea de Guvern nr. 447 din 10.04.2003 „Normele metodologice privind modul

de elaborare și conținutul hărților de risc natural la alunecări de teren”. Aceste norme prezintă cadrul natural privind succesiunea operațiilor de întocmire a hărților de risc la alunecare.

Elaborarea unei hărți de risc trebuie să se desfășoare în două etape:

- *Etapa I* – va cuprinde culegerea tuturor informațiilor morfologice, hidrologice, climatice, geologice, geotehnice și hidrogeologice existente în documentațiile întocmite pentru scopuri diverse, aferente perimetrului care se cercetează, precum și cartări geologice inginerești și hidrogeologice foarte detaliate. Pe baza datelor obținute în această etapă se va întocmi harta de risc la alunecare a zonei cercetate, hartă care, de cele mai multe ori, poate fi considerată satisfăcătoare pentru scopul în care a fost elaborată. Hărțile se redactează la scări 1:10.000...1:5.000 în funcție de suprafață și complexitatea zonei. Dacă din analiza hărții întocmită în această etapă va rezulta un risc ridicat de alunecare a versantului, luând în considerare și consecințele unui eventual dezastru pe care acesta îl poate produce, se va trece la redactarea hărții de risc corespunzătoare etapei a IIa.
- *Etapa aIIa* – pe lângă datele obținute în prima etapă, trebuie să cuprindă în mod obligatoriu lucrări de prospecțiuni (geofizice, foraje, lucrări miniere, teste efectuate in situ) și analize geotehnice de laborator, datele obținute contribuind în mod substanțial la creșterea gradului de precizie al hărții de risc care se va fundamenta pe calcule și interpretări mult mai precise.

Stabilitatea terenurilor depinde de interacțiunea factorilor permanenți, favorizanți și temporari agravanți, declanșatori, care influențează, sau nu, apariția și dezvoltarea alunecărilor de teren. Factorii permanenți sunt reprezentați prin condițiile geologice, geomorfologice, structurale, iar cei temporari sunt condițiile hidrologice și climatice, hidrogeologice, seismice, silvice și antropice. Astfel, la întocmirea hărților tematice se iau în considerare toți factorii enumerați, fiecăruia alocându-i-se coeficienții de influență (Fig. 4.36.) aleși în funcție de reglementările în vigoare:

1. Factorul litologic, Ka;
2. Factorul geomorfologic, Kb;
3. Factorul structural, Kc;
4. Factorul hidrologic și climatic, Kd;
5. Factorul hidrogeologic, Ke;
6. Factorul seismic, Kf;
7. Factorul silvic, Kg;
8. Factorul antropoc, Kh.

Nr. crt.	Simbol	Criteriul	POTENȚIALUL DE PRODUCERE A ALUNECĂRILOR (p)					
			SCAZUT		MEDIU		RIDICAT	
			PROBABILITATEA DE PRODUCERE A ALUNECĂRILOR (P) ȘI COEFICIENTUL DE RISC CORESPUNZĂTOR					
			Practic zero	redușă	medie	medie-mare	mare	foarte mare
0	<0,10	0,10-0,30	0,31-0,50	0,51-0,80	>0,80			
1	Ka	Litologic	Roci stâncoase, masive, compacte sau fisurate	Majoritatea rocilor sedimentare care fac parte din formațiunile acoperitoare (deluvii, coluvii și depozite proluviale) și din categoria rocilor semistâncoase (roci pelitice stratificate, cum sunt șisturile argiloase, mamele și mamocalcare, cretele, rocile metamorfice, îndeosebi șisturile de epizona și mai puțin cele de mezozonă, puternic alterate și exfoliate, unele roci de natură magmatică puternic alterate, etc)	Roci sedimentare detritice neconsolidate – necimentate, de tipul argilelor, argilelor grase, saturate, plastic moi – plastic consistente, cu umflări și contracții mari, argile montmorilonitice, puffer-nic expansive, praful și nisipur mici și mijlocii afânate, în stare submersată, breția sării, etc			
2	Kb	Geomorfologic	Relief plan orizontal, afectat de procese de eroziune nesemnificative, văile care constituie rețeaua hidrografică fiind într-un avansat stadiu de maturitate	Relief de tip colinar, caracteristic zonelor piemontane și de podiș, fragmentat de rețele hidrografice cu văi ajunse într-un anumit stadiu de maturitate, marginite de versanți cu înălțimi medii și înclinări în general medii și mici	Relief caracteristic zone-lor de deal și de munte, puternic afectate de o rețea densă de văi tinere cu versanți înalți, majoritatea văilor fiind subsecvente (paralele cu direcția stratorilor)			
3	Kc	Structural	Corpurile masive de roci stâncoase de natură magmatică, roci sedi-mentare stratificate, cu strate în poziție orizontală, roci metamorfice cu suprafețe de șistozitate dispuse în plane orizontale	Majoritatea structurilor geologice cutate și faliate afectate de clivaj și fisurate, structurile diapire, zonele ce marchează fruntea pânzelor de saiază	Structuri geologice caracteristice anilor geosinclinale în fațes de fiș și formațiunilor de molasă din depresiunile marginale, structuri geologice stratificate, puternic cutate și dislocate, afectate de o rețea densă de clivaj, fisuraje și stratificații			
4	Kd	Hidrologic și climatic	Zone în general aride, cu precipitații medii anuale reduse. Debitele scurse pe albiile râurilor, ale căror bazine hidrografice se extind în zone de deal și de munte, în general sunt controlate de precipitațiile din aceste zone. Pe albiile râurilor predomină procesele de sedimentare, eroziunea producându-se numai lateral la vituri	Cantități moderate de precipitații. Văile principale din rețeaua hidrografică au atins stadiul de maturitate în timp ce afluenții acestora se află încă în stadiul de tinerețe. În timpul viiturilor se produc atât eroziuni verticale cât și laterale. Importanțe transport-turi și depuneri de debite solide.	Precipitații lente de lungă durată, cu posibilități mari de infiltrare a apei în roci. La ploi rapide, viteze mari de scurgere cu transport de debite solide. Predomină procesele de eroziune verticală.			
5	Ke	Hidrogeologic	Curgerea apelor freatice are loc la gradienti hidraulici foarte mici. Forțele de filtrație sunt neglijabile. Nivelul liber al apei freatice se află la adâncime mare.	Gradienti de curgere a apei freatice moderați. Forțele de filtrație au valori care pot influența sensibil starea de echilibru a versanților. Nivelul apei freatice, în general se situează la adâncimi mai mici de 5 metri	Curgerea apelor freatice are loc sub gradienti hidraulici mari. La baza versanților, uneori și pe versanți, apar izvoare de apă. Există o curgere din interiorul versanților către suprafața acestora cu dezvoltarea unor forțe de filtrație ce pot contribui la declansarea unor alunecări de teren.			
6	Kf	Seismic	Intensitate seismică pe scara MSK mai mică de gradul 6	Intensitate seismică de gradul 6-7	Intensitate seismică mai mare de gradul 7			
7	Kg	Silvic	Gradul de acoperire cu vegetație arboricolă mai mare de 80%. Păduri de foioase cu arbori de dimensiuni mari.	Gradul de acoperire cu vegetație arboricolă cuprins între 20% și 80%. Păduri de foioase și conifere, cu arbori de vârstă și dimensiuni variate.	Gradul de acoperire cu vegetație arboricolă mai mic de 20%.			
8	Kh	Antropic	Pe versanți nu sunt executate construcții importante, acumulările de apă lipsesc	Pe versanți sunt executate o serie de lucrări (platforme de drumuri și cale ferată, canale de coastă, cariere). Cu extindere limitată și pentru care s-au executat lucrări corespunzătoare de protecție a versanților	Versanți afectați de o rețea densă de conducte de alimentare cu apă și canale, drumuri, căi ferate, canale de coastă, cariere, supraîncărcarea acestora în partea superioară cu depozite de haldă construcții grele. Lacuri de acumulare care umezesc versanți în partea inferioară.			

Fig. 4.36. Coeficienții de influență pentru harta de risc la alunecări de teren

Întocmirea, respectiv reactualizarea hărților zonelor expuse unor riscuri naturale cum sunt alunecările de teren presupune o echipă de specialiști competenți (geodezi, geologi, geotehnicieni, arhitecți) și o activitate minuțioasă atât la nivel de observații și măsurători de teren cât și la nivel de analiză. Ele devin astfel instrumente necesare în managementul dezastrelor, permițând adoptarea unor măsuri eficiente de prevenire a potențialelor dezastre (Fig. 4.37.) datorate producerii alunecărilor de teren și luarea unor decizii raționale privind amplasarea construcțiilor și executarea unor lucrări de excavații fără a fi periclitată stabilitatea terenului.

Hărțile de risc la alunecări de teren manipulate în medii SIG pot asigura suportul decizional autorităților locale în vederea stabilirii strategiilor de creștere a conștientizării populației cu privire la pericolul reprezentat de aceste hazarduri naturale. În plus, pot fi utilizate cu succes în cercetare, pentru adoptarea măsurilor de stabilizare a zonelor afectate de fenomene de instabilitate și în scopul creării unor sisteme de avertizare timpurie.

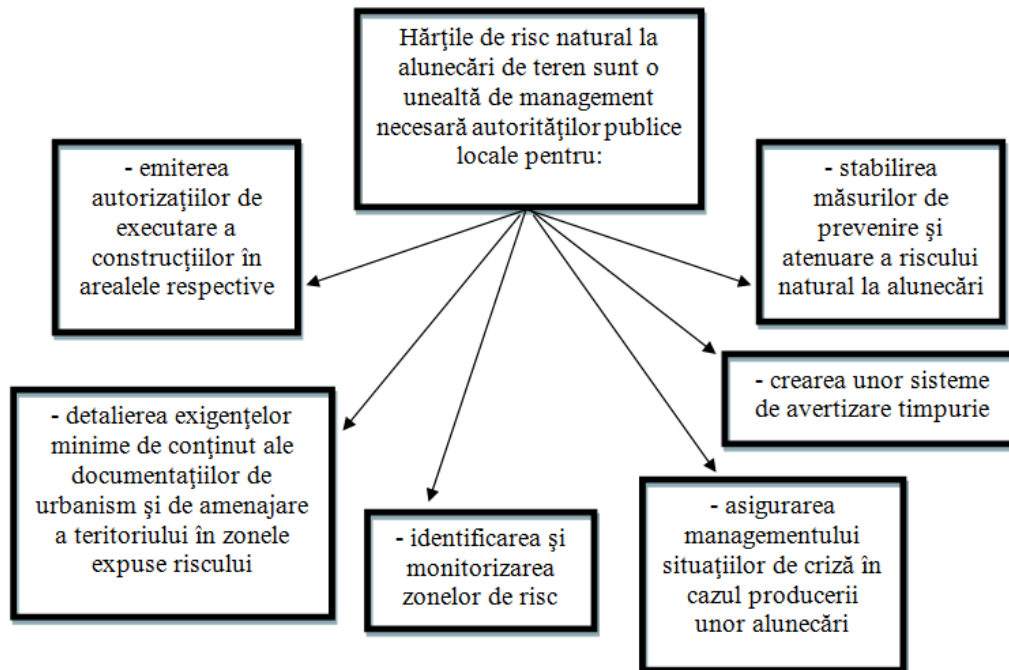


Fig. 4.37. Hărțile de risc ca instrumente de management pentru autoritățile locale [124]

4.5. Discuții

Comparând noțiunea MDT cu celelalte noțiuni expuse în cadrul subcapitolului 4.3. este necesar să se evidențieze din nou caracterul său, mult mai complex. Modelul Digital al Terenului exprimă un concept larg și cuprinzător, care pe lângă datele de cotă implică diverse alte elemente specifice scoarței terestre.

Forma terenului este percepută ca o suprafață care variază continuu și poate fi reprezentată prin curbe de aceeași valoare a altitudinii (curbe de nivel – Fig. 4.38.). Orice reprezentare digitală (numerică) a variației continue a reliefului în spațiu este denumită model digital altimetric (MDA sau MDE) sau model digital al terenului (MDT).

În esență, MDT poate consta din:

- un set de puncte cu coordonate X,Y și Z;
- un set limitat de asemenea puncte și coeficienții unor funcții de interpolare a valorii Z a oricărui punct din zona dată;
- coeficienții unor funcții de interpolare a valorii Z;
- valorile Z ale nodurilor unei rețele regulate sau neregulate de puncte;
- valorile Z ale curbelor și coordonatele X și Y ale punctelor succesive ale fiecărei curbe;
- combinații ale acestor cazuri.

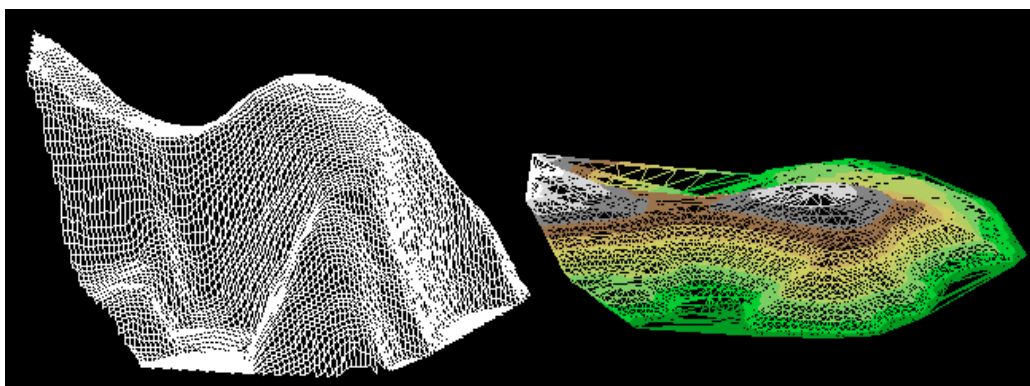


Fig. 4.38. Modele 3D cu generarea curbelor de nivel

Prezentarea în formă grafică a informației conținute de un Model Digital al Terenului se realizează prin intermediul următorilor parametri: parametri principali (parametri geometrici: formă, dimensiune, orientare; parametri de culoare: strălucire, nuanță, saturație) și parametri secundari (dispunere, textură, orientare).

Interpretarea unui model digital al terenului presupune înțelegerea caracteristicilor terenului prin extragerea/estimarea parametrilor specifici, gradul său de adecvare pentru o aplicație specifică fiind determinat în funcție de precizia, rezoluția și scara acestuia.

Modelele Digitale ale Terenului constituie o componentă de bază a Sistemelor Informatice Geografice, ele asigurând un management optim al datelor cu destinații multiple: generarea reliefului hărților și a planurilor topografice, generalizarea automată a curbelor de nivel, calcule tehnico-inginerești și extragerea automată a cotelor oricărui punct de pe suprafața terestră. **Utilizând modele 3D ale terenului într-o aplicație SIG, calculele volumetrice devin mai ușoare și mai precise, se facilitează procesul de obținere a secțiunilor și profilurilor, se pot estima costurile fără a construi în realitate anumite obiecte, mijlocesc vizite virtuale în clădiri cu importanță istorică deosebită.**

5. TENDINȚE PRIVIND MONITORIZAREA ALUNECĂRILOR DE TEREN PRIN METODE GEODEZICE MODERNE ÎN SCOPUL MĂRIRII SIGURANȚEI ÎN EXPLOATARE

5.1. Importanța conceptului de monitorizare în geodezie și geotehnică

La ora actuală se pune accent, la nivel global, pe monitorizarea unor obiective, suprafețe, regiuni sau chiar a întregii planete cu scopul de a avertiza populația, care ar putea fi afectată de hazarduri, la momentul potrivit în scopul reducerii riscului de hazarduri (Fig. 5.1.). [75], [136]

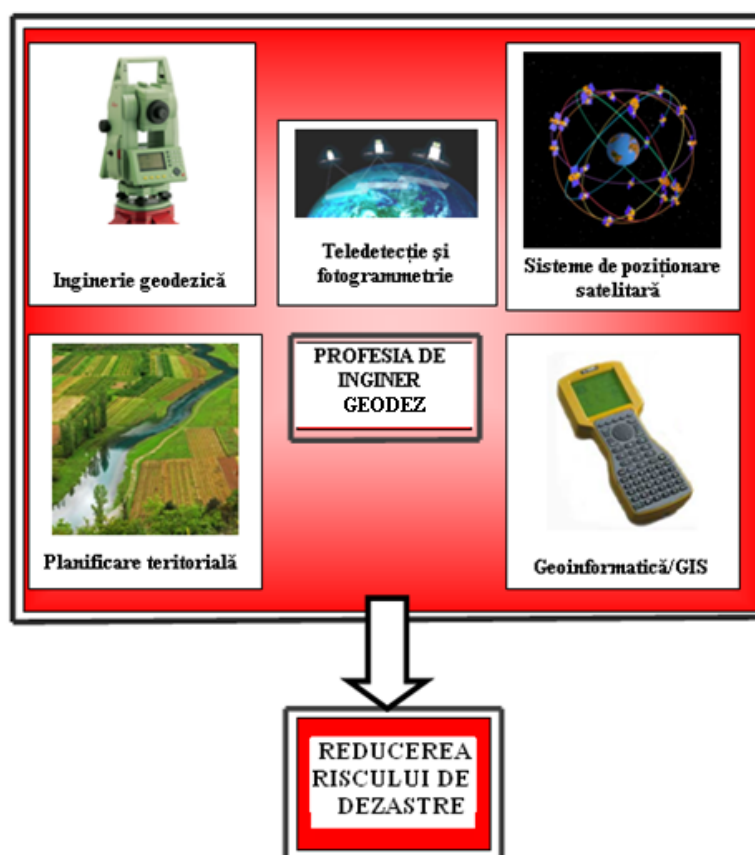


Fig. 5.1. Necesitatea metodelor și aplicațiilor geodezice în reducerea riscului de dezastre [129]

Un rol foarte important în monitorizarea hazardurilor îl joacă metodele geodezice deoarece, prin intermediul acestora, se pot monitoriza și prezice catastrofe precum: cutremure, erupții vulcanice, alunecări de teren, uragane, năruirea de baraje hidrotehnice sau poduri.

Deși alunecările de teren se situează în categoria hazardurilor naturale cu consecințe nefaste din punctul de vedere al pierderilor generate, alături de cutremure și inundații, spre deosebire de acestea, pot fi mai ușor de prevenit chiar dacă apariția lor este greu previzibilă și localizabilă la scară macro. [76], [110], [135] În acest sens, cercetările geologice inginerești trebuie să fie orientate cu predilecție în direcția prevenirii alunecărilor, activități în cadrul cărora este necesară o cooperare deplină a specialiștilor în domeniul geologiei inginerești, ingineriei geotehnice și al tehnicii de efectuare a măsurătorilor terestre.

Conceptul complex de monitorizare, ce include și factorul timp, își găsește aplicabilitate în cazul alunecărilor de teren, integrând atât cercetarea „in situ” a acestora, cât și procedeele geodezice moderne, pentru întreprinderea evoluției viitoarelor procese de alunecare și adoptarea măsurilor optime de stabilizare care să conducă, în final, la diminuarea distrugerilor materiale și a pierderilor de vieți omenești.

Activitățile ce fac parte din procesul de monitorizare ce are la bază o abordare interdisciplinară, pot fi etapizate conform figurii 5.2. și cuprind:

- identificarea fenomenului constă în observații asupra zonei studiate;
- planificarea etapelor procesului de monitorizare implică adoptarea deciziilor asupra tehnologiilor și metodelor, specifice atât ingineriei geodezice cât și ingineriei geotehnice, ce urmează a fi folosite;
- culegerea datelor din teren cuprinde măsurătorile topo-geodezice și studiile și încercările complexe în teren;
- prelucrarea datelor presupune analize de laborator asupra probelor prelevate din zona alunecării de teren, iar din punctul de vedere al măsurătorilor topo-geodezice, se procesează datele măsurate folosind diferite programe specializate;
- interpretarea datelor este o etapă foarte importantă și trebuie să includă determinarea cauzelor principale ale producerii alunecării de teren, factorilor care au contribuit, a elementelor specifice alunecării respective și modelarea prin calcul a fenomenului;
- analiza tehnico-economică a rezultatelor reprezintă etapa în care specialiștii aleg soluțiile științifice tehnice de stabilizare a fenomenului de instabilitate monitorizat ținând cont și de considerentele economice;
- concluziile și recomandările ce se referă la managementul situației respective, în speță, la alegerea soluției tehnice optime de stabilizare a alunecării de teren studiate cu efecte deosebite din punct de vedere economic, cât și la direcțiile viitoare de acțiune, care pot include integrarea datelor în vederea creării unui sistem de avertizare timpurie, crearea unei rețele de monitorizare de ultimă generație utilizând senzori etc.

După cum reiese și din figura 5.2. de mai jos, după interpretarea datelor din prima sesiune de măsurători, se revine la etapa de culegerea a acestora conform etapei de planificare.

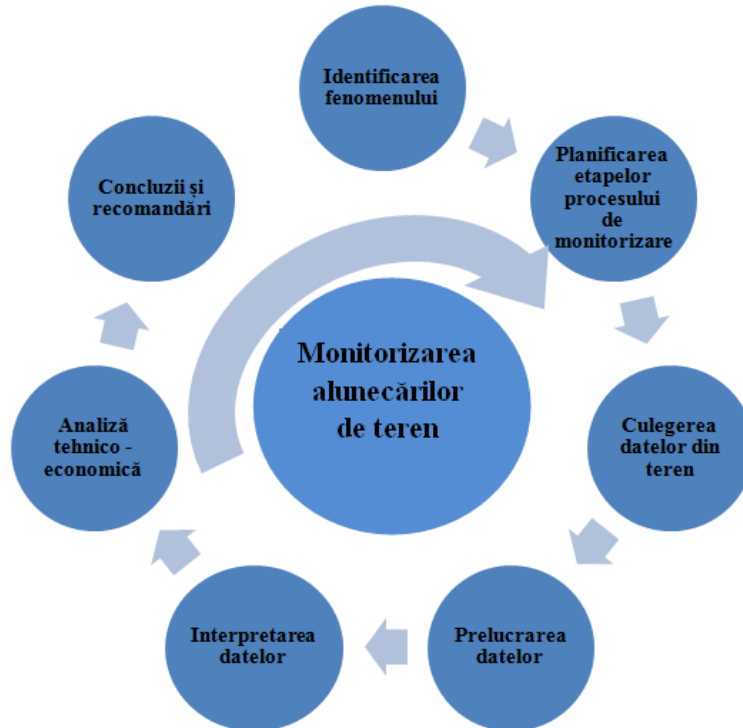


Fig. 5.2. Etapele procesului de monitorizare

În particular, pentru monitorizarea alunecărilor de teren pe baze geodezice este nevoie de precizie ridicată, deci se pot folosi oricare dintre platformele de urmărire detaliate în cadrul acestui capitol. În cazul în care tehnicile de teledetecție și fotogrammetrie, fiind mai costisitoare, nu sunt accesibile, trebuie folosite instrumente de măsurare cum ar fi stațiile totale, nivelele digitale, videoteodolitele motorizate, scanerul laser terestru.

5.2. Platforme de monitorizare

5.2.1. Stația totală

Procedeele geodezice sunt metodele cele mai vechi și mai răspândite și astăzi pentru culegerea datelor spațiale. De obicei cu aceste metode se determină coordonatele punctelor, fapt care explică folosirea acestei metode la monitorizarea alunecărilor de teren, oferind rezultate caracterizate de o exactitate mare. Condiția elementară a folosirii acestei metode este existența unui sistem de referință și a unei rețele geodezice de bază.

La crearea sistemelor locale se întâlnesc cazuri în care nu se dispune de o astfel de rețea. În aceste condiții, primul pas este crearea acesteia. Coordonatele obiectivelor sunt determinate în sistemul în care s-au efectuat lucrările. Presupunând că pe teritoriul dat există o rețea geodezică, pornind din punctele de bază, datele geometrice ale unor obiective se pot determina prin diferite procedee. [68]

Principiul determinării valorilor căutate cu ajutorul undelor electromagnetice stă la baza funcționării unor instrumente ce poartă denumirea de tahimetre electrooptice sau tahimetre electronice. Dezvoltarea continuă a tehnologiei privind construcția și funcționarea acestor instrumente a făcut ca tahimetrele electronice să reprezinte astăzi instrumentele geodezice cele mai des folosite în practica curentă. Evoluția acestora, în special a părții electronice, a condus în timp la utilizarea denumirii de „stație totală”. Denumită și „*stație inteligentă*”, stația totală (Fig. 5.3.) face parte dintr-o nouă generație de aparate, fiind o realizare de vârf a mecanicii, electronicii și opticii.

Ca și aplicații, stația totală poate fi folosită cu succes pentru trasări de unghiuri, distanțe, cote, linii de pantă, construcții, la realizarea profilurilor, releveelor, determinarea înălțimilor în domenii precum măsurătorile industriale sau în condiții de laborator: 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. [69], [96]



Fig. 5.3. Stație totală și accesorii

Concepția constructivă a unei stații totale reunește în cadrul unui singur dispozitiv portabil componentele necesare măsurării electronice a unghiurilor și distanțelor, software și un mediu de memorare a datelor, fiind identic cu un teodolit clasic, însă pe suprastructura sa are încorporată unitatea electronică cu emițătorul de unde electromagnetice.

Avantajele utilizării stației totale sunt următoarele:

- oferă o serie de controale și calcule realizabile direct pe teren (avertizarea automată atunci când instrumentul se decalează, prelucrarea și afișarea coordonatelor punctelor supuse ridicării topografice, prelucrarea automată a măsurătorilor și oferirea unor mărimi determinate în mod indirect);
- stocarea automată a datelor măsurate în memoria internă proprie a instrumentului;
- transferul automat al inventarului de date în unitățile periferice (calculatoare) de prelucrare;
- dotarea cu diferite programe de calcul specifice unor tipuri de lucrări din domeniul topografiei, topografiei inginerești;

- prelucrarea automată a datelor măsurate și afișarea valorilor cele mai probabile a mărimilor căutate cât și mărimea erorilor maxime admisibile în determinările realizate;
- transformarea și afișarea datelor prelucrate în format grafic (CAD) prin poziționarea și reprezentarea într-un sistem de proiecție a punctelor ce definesc detaliile din teren. [94]

Metoda de urmărire a evoluției alunecărilor de teren (Fig. 5.4.) constă în plantarea unor serii de reperi pe suprafața masei alunecate și a unei alte serii de reperi în zonele stabile, limitrofe alunecării. Reperii din zonele stabile trebuie încastrați astfel încât să existe certitudinea că aceștia nu suferă deplasări. [85]

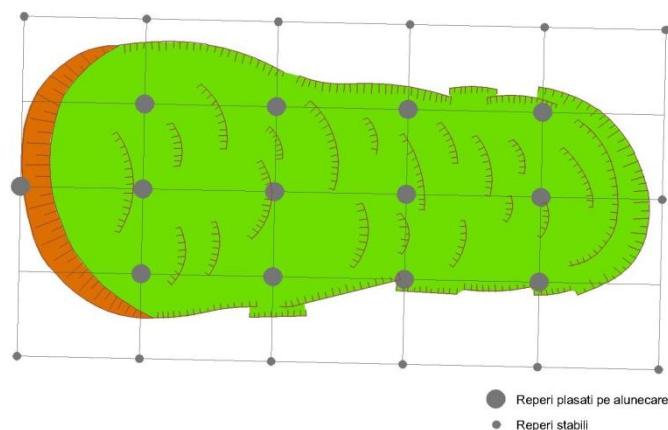


Fig. 5.4. Urmărirea evoluției unei alunecări de teren prin măsurători topografice

Prin măsurători efectuate cu stația totală se determină direcțiile și viteza de deplasare a masei alunecate în zona superficială, în punctele marcate prin reperii plantați. Eventualele deplasări vor fi măsurate la intervale regulate de timp, ori la intervale ce depind de factori care influențează mișcările de alunecare cum sunt: ploi torențiale, dezghețul de primăvară, cutremure etc.

Pe baza măsurătorilor efectuate se stabilesc deplasările orizontale și verticale ale reperilor, [67] fiind posibilă construirea unor profiluri sau diagrame ale deplasărilor. În cazul ridicării topografice cu ajutorul metodelor obișnuite, aici intrând și măsurătorile cu stația totală, pentru cartare se construiește o hartă cu curbe de nivel, de obicei la scara 1:5000 sau la o scară mai mare. [70]

5.2.2. Tehnologia GPS

Majoritatea măsurătorilor în domeniul construcțiilor și geotehnicii pot fi realizate cu ajutorul tehnologiei GPS. Aceste sisteme au fost create pentru aplicații militare însă cu timpul a fost demonstrat că se pot folosi cu mare eficiență și la culegerea datelor de înaltă precizie în domeniul civil.

Cele mai cunoscute sisteme din această categorie sunt: sistemul american, NAVSTAR Global Positioning System (GPS), sistemul rusesc GLONASS, un alt sistem american, utilizat numai pentru probleme speciale, sistemul TRANET – Doppler și sistemul Galileo, al Europei. [30]

Baza sistemului american GPS (Fig. 5.5.), creează 32 (plus 2 rezerve) de sateliți care survolează la o altitudine de 20.200 de kilometri.

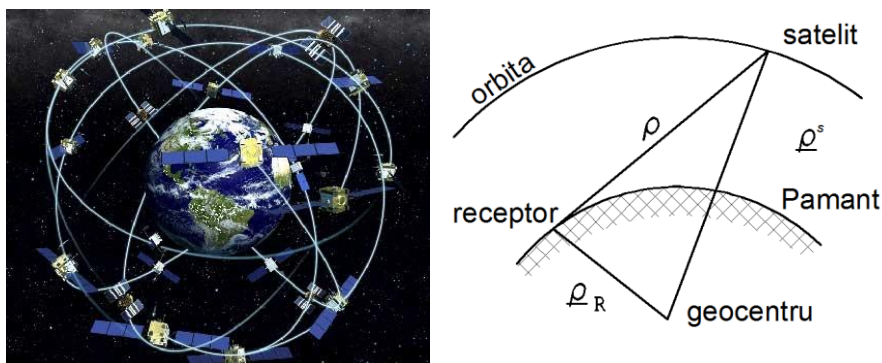


Fig. 5.5. Sistemul de sateliți NAVSTAR GPS și principiul acestor măsurători

Principiul determinării poziției punctelor din spațiul terestru implică cel puțin patru sateliți și cunoașterea, în permanență, a poziției acestora. Semnalele furnizate de sateliți dau posibilitatea determinării distanțelor dintre sateliți și stațiile de măsurare. [99]

Receptorul GPS determină poziția sa (Fig. 5.5.) pe baza semnalelor radio primite de la mai mulți sateliți. Sateliții dispun de ceasuri „de încredere”, așa că determinarea timpului făcut de semnalele radio este foarte precisă. Receptorul GPS calculează distanța față de fiecare satelit pe baza timpului făcut de semnalul radio și a vitezei luminii (viteza semnalului), apoi folosește aceste distanțe pentru a-și calcula poziția de pe Pământ.

Cel mai utilizat sistem GNSS în România este în prezent sistemul NAVSTAR-GPS. Pentru cerințele curente și de perspectivă ale Geodeziei, Topografiei, Cadastrului, SIG (Sisteme Informaționale Geografice) ș.a., s-a proiectat și realizat o Rețea Națională de Stații GPS Permanente (RN-SGP) (Fig. 5.6.). Acest serviciu se numește ROMPOS (Romanian Position Determination System – Sistemul Românesc de Determinare a Poziției) și poate fi folosit cu încredere în navigația terestră, maritimă și fluvială, managementul dezastrelor, serviciile de căutare-salvare, geodinamică, meteorologie și altele. [6]

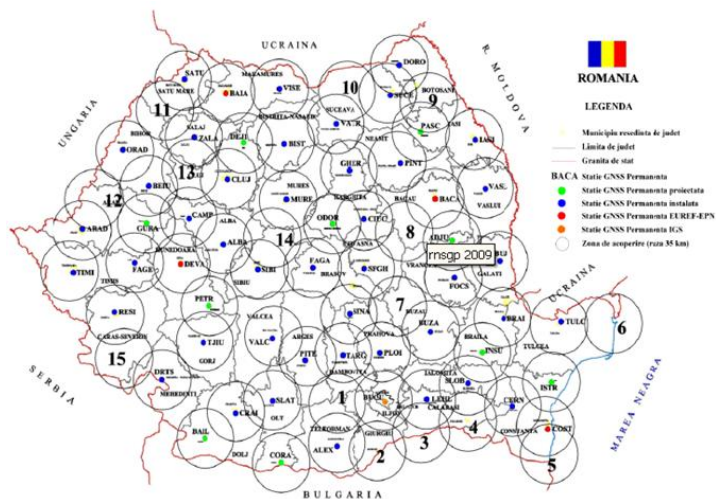


Fig. 5.6. Rețeaua Națională de Stații GPS Permanente (2013, 75 stații)

Cele mai cunoscute metode de măsurare folosind tehnologia GPS sunt metoda statică și cinematică de măsurare. **Metoda statică de măsurare** implică ca receptorul în stația de referință și receptoarele din stațiile noi să rămână fixe pe parcursul sesiunii de lucru care are, de regulă, o durată îndelungată ce depinde de lungimea bazei care se măsoară, numărul sateliților recepționați și geometria constelației satelitare. Această metodă se folosește pentru crearea rețelelor geodezice de sprijin. **Metoda cinematică de măsurare** necesită o legătură continuă către minim 4 sateliți din constelația inițială, un receptor care trebuie menținut fix (bază) și alte receptoare în mișcare (rover), timpul de observație în fiecare punct fiind scurt.

Tabelul 5.1. Metode de măsurare utilizând tehnologia GPS [29]

Metoda de măsurare	Precizia	Caracteristici
Statică	$\pm 0,1\text{mm}$ +1ppm	- durată mare a observațiilor (ore), - lungimi mari ale bazelor,
Rapid – statică	$\pm 5\text{mm}$ +1ppm	- timp scurt pentru observații (minute), - baze mai mici de 10 km, - de preferință receptoare cu 2 frecvențe, - constelație satelitară foarte bună,
Cinematică	$\pm 3\text{mm}$ +10ppm	- timp de observație foarte scurt (secunde), - contact permanent spre 4 sateliți,
Pseudo – cinematică	$\pm 5\text{mm}$ +1ppm	- timp de observație redus (minute), - se poate întrerupe semnalul de la satelit, - este necesară reocuparea punctelor staționate.

Metoda de monitorizare a alunecărilor de teren cu tehnologia GPS necesită observații făcute periodic, de câteva ori pe an, în urma lor rezultând o serie de date care urmează să fie procesate. Specialistul geodez trebuie să formeze rețeaua GPS de monitorizare care să încadreze zona afectată de alunecare, prin materializarea unor reperi de urmărire. Cu ajutorul GPS-ului se pot determina deplasări de ordinul cm/an sau chiar mm/an și se estimează conturul suprafeței de alunecare. [37]

Utilizarea tehnologiei GPS prezintă unele *avantaje* cum ar fi:

- precizii aproape constante, indiferent de depărtarea dintre puncte;
- nu trebuie să existe vizibilitate între puncte;
- culegerea datelor pentru elaborarea hărților de risc și a modelelor de prevenire a alunecărilor implică costuri reduse.

5.2.3. Fotogrammetria

Evolutiv, fotogrammetria planimetrică a început odată cu descoperirea fotografiei în Franța și cu primele ridicări fotogrammetrice terestre, a urmat metoda de culegere analogică, apoi metoda analitică care încă mai dă rezultate și respectiv metoda digitală. Metoda digitală a revoluționat practic fotogrammetria. Stațiile digitale fotogrammetrice rezolvă complet problema culegerii și prelucrării datelor digitale necesare oricărui domeniu menționat anterior. Contrar primelor două

metode, aceste tipuri de aparate nu analizează fotografiile analogice (pozitive sau negative), ci imagini digitale.

Tehnica modelării digitale a terenului a fost inițial utilizată în domeniul construcțiilor civile. În anul 1957, pentru prima dată în istorie, proiectarea căilor de comunicații a fost efectuată prin metode fotogrammetrice utilizând sisteme de calcul digitale.

Principiul de achiziție a datelor utilizând metoda fotogrammetrică urmărește obținerea unor informații referitoare la obiectele fizice și mediului înconjurător de la distanță, fără contact fizic cu acestea prin înregistrarea, măsurarea și interpretarea unor imagini fotografice metrice numite fotograme. Preluarea fotogramelor se face cu ajutorul unor camere fotogrammetrice fie amplasate pe sol (cazul fotogrammetriei terestre), fie amplasate la bordul unor platforme aeroperțate.

Metoda de monitorizare implică cercetarea cu atenție a versanților văilor (Fig. 5.7.) deoarece se pot delimita zonele cu alunecări de teren. Acestea apar pe fotograme cu nuanțe diferite de culoare: linii sinuoase de culoare mai închisă, de formă semicirculară care marchează fețele de desprindere, pete mici de formă eliptică înconjurate de aureole de culoare mai închisă ce reprezintă zonele de băltire înconjurate de vegetație mai abundentă. De obicei, caracterul vegetației de pe versantul afectat de alunecare diferă de acela al vegetației de pe versantul nederanjat. Atât fenomenele de eroziune (ogașe, ravene), cât și depozitele acumulative (grohotiș de pantă, conuri de dejecție) se individualizează bine pe fotograme. [84]

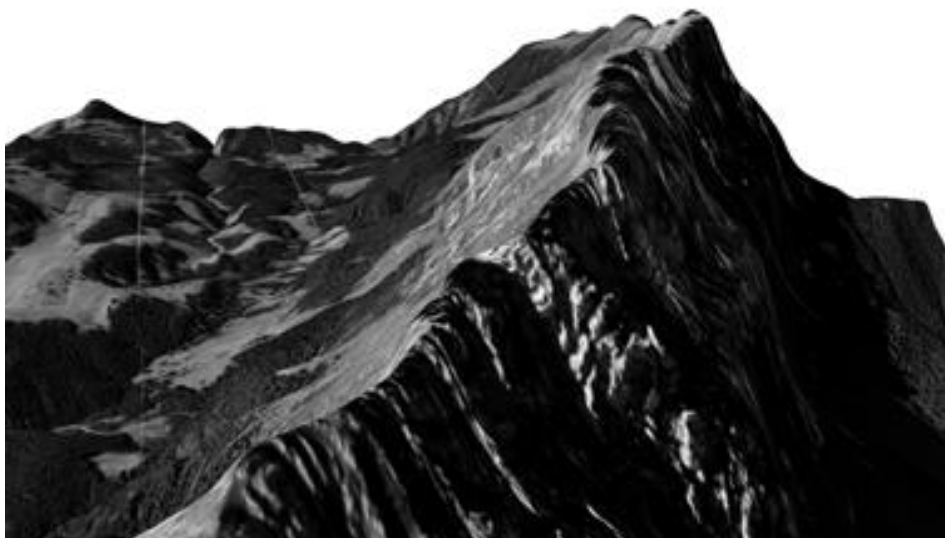


Fig. 5.7. Aerofotogramă suprapusă Modelului Digital de Elevație (DEM) pentru partea centrală a Pietrei Craiului [131]

Fotogrammetria este potrivită pentru efectuarea următoarelor funcții:

- asigurarea imaginilor ortofoto (Fig. 5.8.);
- atât în sisteme locale cât și în sisteme regionale;
- crearea modelelor digitale de înălțime (ale cotelor) ale terenului;
- direcția și înclinarea straturilor geologice;
- determinarea poziției punctelor.



Fig. 5.8. Imagini ortofoto a unei porțiuni din județul Mehedinți

Metodele fotogrammetriei terestre și cele ale stereofotogrammetriei au avantajul că fixează cu o precizie destul de bună deformațiile constante și cele temporare. De asemenea fotografierea cu ajutorul fototeodolitului se poate efectua în orice anotimp al anului și într-un timp foarte scurt. Metoda fotogrammetrică constă în fotografierea succesivă a zonei studiate.

Avantajele și dezavantajele alegerii fotogrammetriei ca metodă de cercetare, sunt următoarele:

Avantaje:

- acuratețe în redarea elementelor de nivelment;
- în cazul în care avem nevoie de o cantitate mai voluminoasă de date, fotogrammetria este de departe cea mai rapidă soluție, dând posibilitatea cercetării unor zone vaste și/sau greu accesibile;
- cheltuielile pe unitate de suprafață sunt mici;
- evaluarea rapidă a amplitudinii alunecărilor catastrofale și a pagubelor determinate de acestea;
- satisface toate cererile de precizie.

Dezavantaje:

- efectuarea lucrărilor poate fi influențată atât de condițiile atmosferice cât și de anotimpuri. Nu este indicată fotografierea în timpul verii, când vegetația este bogată;
- hardware-ul și software-ul necesar la lucrări au preț foarte ridicat;
- este nevoie de personal foarte bine pregătit;
- în general sunt necesare și măsurători geodezice terestre pentru a le completa lipsurile.

5.2.4. Teledetecția satelitară

Valorificarea și exploatarea 3D a imaginilor satelitare reprezintă preocupările impuse de dezideratul actualizării fondului cartografic existent, precum și de necesitatea studiului și urmăririi în timp a mediului înconjurător. Observarea Pământului prin intermediul sateliților a înregistrat schimbări majore în decursul ultimilor ani, prin apariția unui număr însemnat de platforme comerciale echipate cu senzori de foarte mare rezoluție, cu posibilități de orientare a acestora în vederea obținerii unor configurații optime de preluare a înregistrărilor de teledetecție, pe baza cărora pot fi generate modele digitale ale terenului. În plus, dezvoltarea

posibilităților de calcul și stocare a unor volume mari de date a condus la realizarea în mod complet automat a acestor modele. [35]

Principalele avantaje ale teledetecției satelitare sunt legate îndeosebi de lucrul în „timp real” sau aproape de caracteristicile „timp real” pentru urmărirea fenomenelor dinamice cum ar fi: evoluția culturilor, evoluția factorilor de mediu, controlul calamităților naturale și al hazardurilor, managementul sistemelor de irigații etc., permițând o vedere de ansamblu asupra acestora.

Echipamentul caracteristic pentru teledetecția satelitară este un radiometru *imager* de baleiaj („scanning radiometer”) care prelevează imagini numerice în sistem raster sau pixel detectând caracteristicile terenului și fenomenele care se petrec la suprafața acestuia prin reflexia undelor electromagnetice.

În funcție de domeniile de lungime de undă, sateliții de teledetecție pot fi de tipul microunde, optici sau prin infraroșu. [108] Cei optici sau prin infraroșu se clasifică la rândul lor, conform schemei din figura 5.9.:

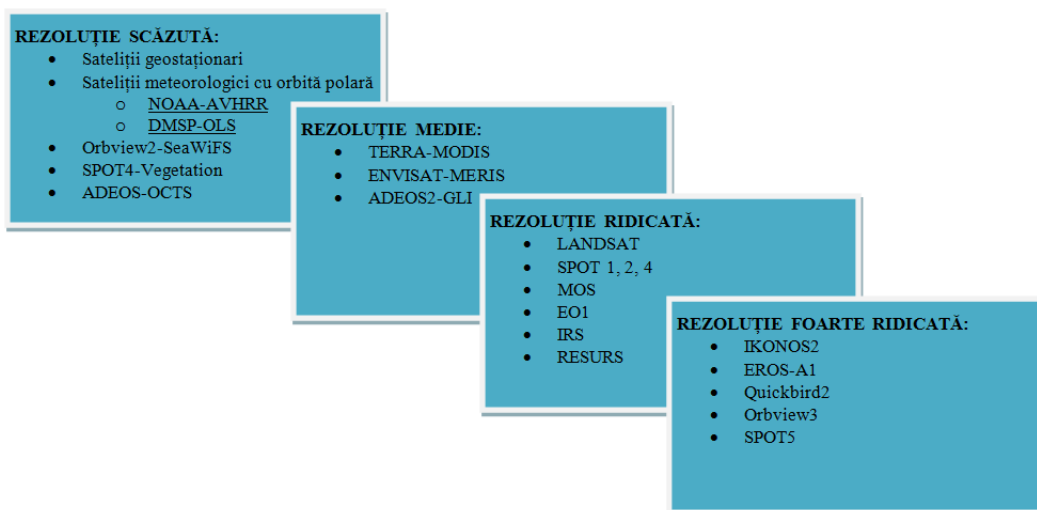


Fig. 5.9. Clasificarea sateliților de teledetecție optici/infraroșu

Produsele cartografice obținute prin imagini aeriene sau satelitare pot fi exprimate atât sub forma numerică digitală cât și sub formă analogică. Cele mai mari colecții de date geografice sunt imagini luate din satelit (imagini satelitare) (Fig. 5.10.), care, de regulă, conțin patru tipuri principale de informație ce sunt folosite pentru interpretarea acestora: informația radiometrică (strălucirea, intensitatea, tonul), informația spectrală (culoarea, nuanța), informația texturală și informația geometrică și contextuală.



Fig. 5.10. Imagine satelitară

Datorită capacității sistemelor radar de a opera independent de condițiile meteorologice, ziua și noaptea, și de asemenea, datorită naturii coerente a datelor au fost dezvoltate numeroase aplicații de mare importanță: cartografierea, monitorizarea hazardului/crizelor, evaluarea alunecărilor de teren, evaluarea mișcărilor seismice, observări ale mărilor și zonelor costiere etc. [79] Cu toate acestea, procesarea datelor obținute cu sistemele radar și extragerea informației nu sunt sarcini ușoare, necesitând tehnici interdisciplinare din domeniile: tehnologia radarului, electronică, prelucrarea semnalelor, statistică, fizica fenomenelor de dispersie, științe geospațiale, asimilarea datelor și a modelelor, geodezie ș.a.

5.2.4.1. Tehnologia InSAR

Interferometria radar (InSAR) este o tehnologie recentă, fiind utilizată pentru a dezvolta aplicații civile doar în ultimii 15 ani. Sistemele radar cu apertură sintetică (SAR) utilizează tehnici coerente de imagistică și prelucrare pentru generarea de imagini de înaltă rezoluție a terenului, independent de condițiile de timp și meteorologice. [104]

Principiul interferometriei constă în utilizarea fazei semnalului radar prin compararea a două imagini radar complexe preluate simultan sau la un anumit interval de timp. Interferometria produce două tipuri de informație: informația referitoare la altimetria terenului și informația referitoare la deplasarea planimetrică și altimetrică a suprafeței topografice. În primul caz, tehnica se numește interferometrie convențională sau simplu interferometrie (InSAR), iar produsul acesteia este modelul digital altimetric al terenului (MDA). În cel de al doilea caz, produsul final este harta deplasărilor suprafeței topografice, iar tehnologia poartă denumirea de interferometrie diferențială (DInSAR). [22], [36]

Tendința principală este de a lansa platforme care au capacitatea de a prelua imagini SAR interferometrice la un interval de timp cât mai scurt, lucru realizabil prin proiectarea unor constelații de sateliți care să funcționeze în tandem. Următoarele platforme satelitare sunt utilizate în prezent pentru preluarea imaginilor SAR interferometrice pe baza cărora poate fi generat modelul digital al terenului: RADARSAT 1-2 (tregeri succesive ale sateliților), TerraSAR – X1/2 (lansată în 2007, înregistrările InSAR sunt preluate la un interval de minim 11 zile), ENVISAT (lansată în anul 2002, are instalați la bord 10 senzori radar și optici), ERS – 1 (lansată în 1991), ERS – 2 (lansată în 1995 în același plan orbital cu ERS – 1), ALOS și COSMO SkyMed (constelații de patru sateliți cu aplicabilitate în sectoarele civil și militar). [80]

TerraSAR-X (Fig. 5.11.) este o platformă satelitară germană lansată pe data de 15 iunie 2007, pe care s-a instalat un sistem radar cu antenă sintetică (SAR).

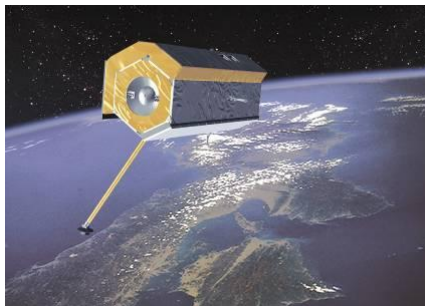


Fig. 5.11. Platforma satelitară TerraSar – X

Prin tehnologia InSAR se poate obține o precizie de măsurare milimetrică din spațiu (Fig. 5.12.), deoarece modul de achiziție a semnalului radar poate simula o antenă de dimensiuni suficient de mari, și cel mai important, măsurătorile sunt coerente.



Fig. 5.12. Diferite platforme satelitare pentru observarea Pământului din spațiu

În 2013 Agenția Spațială Europeană va începe lansarea sateliților Sentinel pentru monitorizarea mediului și climei în cadrul inițiativei „Monitorizare Globală pentru Mediu și Securitate” („Global Monitoring for Environment & Security – GMES)” desfășurată împreună cu Comisia Europeană.

5.2.4.2. Tehnologia LiDAR

Tehnologia LiDAR (Light Detection and Ranging = detectarea luminii și estimarea distanțelor) reprezintă o tehnică activă de teledetectie cu ajutorul căreia putem obține date de o acuratețe ridicată despre topografia terenului, vegetație, clădiri etc., la ora actuală fiind o tehnologie de cartografiere extrem de viabilă. Este o tehnologie optică al cărei *principiu* se bazează pe impulsuri laser ce măsoară proprietățile luminii dispersate pentru a determina poziția și/sau alte date ce caracterizează o țintă aflată la distanță. [47]

Informații despre principiile tehnologiei LiDAR apar dinainte de descoperirea laserului. Din anul 1930 datează prima încercare de măsurare a densității aerului în partea superioară a atmosferei.

Acronimul de LiDAR a fost introdus pentru prima dată în anul 1953 de către Middleton și Spilhaus.

În anul 1960, odată cu descoperirea laserului (implementat de compania Hughes Aircraft), se trece la dezvoltarea tehnologiilor LiDAR moderne (Fig. 5.13.), evoluție ce a continuat de-a lungul timpului.

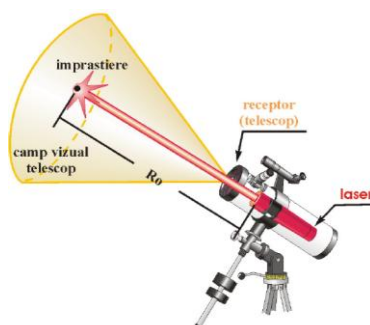


Fig. 5.13. Schema de principiu a unei instalații LiDAR

Prezentând tehnologia LiDAR pe scurt, este vorba de un senzor, fixat cu foarte mare precizie în carlinga unui avion special adaptat pentru astfel de operațiuni, ce transmite pulsuri laser spre pământ, pe care le re-primește cu ajutorul unui receptor. Procesorul integrat determină intervalul de timp în care pulsul părăsește aeronava, atinge solul și se întoarce, corelând poziția precisă a avionului, altitudinea, viteza de deplasare, pentru calculul, în final, al pozițiilor 3D ale punctelor de la sol (X, Y, Z), obținându-se un „nor de puncte”, alcătuit, din sute de mii, sau chiar milioane de puncte și permite culegerea datelor la o precizie de până la 35mm.

Tehnologia LiDAR folosește 3 sisteme de bază: [109]

1. scanarea laser pentru o cât mai bună măsurare a distanțelor,
2. sistemul de poziționare global (GPS) și
3. sistemul inerțial de măsurare (Inertial Measurement Unit – IMU) pentru înregistrarea orientării.

Toate aceste 3 sisteme necesită calculatoare puternice cu o capacitate ridicată de stocare și calcul. Cu ajutorul scanării laser sunt înregistrate diferențele de timp dintre impulsurile laser trimise din avionul ce efectuează zborul și cele reflectate de suprafața topografică.

Sistemul GPS (Global Position System) este reprezentat dintr-un receptor GPS situat în cadrul avionului ce realizează zborul pentru a înregistra poziția continuă a acestuia și o stație GPS (diferențial GPS) amplasată în teren pentru a corecta diferențele, astfel încât să se obțină o traiectorie cât mai bună a aparatului de zbor. [109]

Sistemul IMU constă într-un set de giroscopice și accelerometre ce măsoară continuu înălțimea, accelerația, avionului.

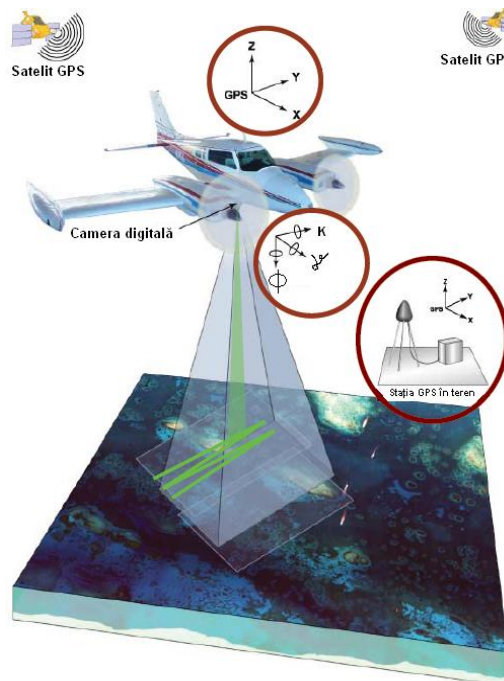


Fig. 5.14. Sistemul LiDAR

În fizica atmosferei, sistemul LiDAR (Fig. 5.14.) și-a găsit un loc aparte, fiind unul dintre cele mai bine văzute sisteme de către comunitatea științifică a domeniului. Cu ajutorul său, cercetătorii reușesc să obțină, practic în „timp real”, informații asupra constituenților atmosferici (de exemplu: apă, aerosoli, ozon etc.) și a profilurilor verticale ale parametrilor meteorologici. Numărul domeniilor în care aceste tehnici își găsesc aplicații este în continuă creștere, printre acestea numărându-se poluarea urbană și industrială, meteorologia, siguranța traficului aerian, monitorizarea globală a ozonului și a schimbărilor climatice. [106]

Deși tehnologia LiDAR este privită în prezent ca fiind greoaie, destul de costisitoare și ca ceva ce încă nu este suficient de mult testat pentru a se impune, prezintă diferite *avantaje*:

- nu are importanță altitudinea la care se efectuează zborul;
- sistemul LiDAR poate preleva date în condiții de iluminare redusă, chiar și noaptea;
- tehnologia LiDAR are nevoie doar de puls laser aproape vertical, ce poate penetra acoperirea cu nori cât și vegetația, pentru a obține coordonatele x, y, z ale unui punct;
- culegerea datelor prin metoda LiDAR nu este condiționată de starea vremii fiind posibilă inclusiv în lunile de iarnă, dacă nu este zăpadă. [113]

Se menționează preocuparea cercetătorilor științifici pentru analiza preciziei modelelor digitale ale terenului generate prin scanare laser, fotogrammetrie și interferometrie SAR prin comparație cu modelul generat pe baza punctelor determinate prin tehnologia GNSS (metoda cinematică în „timp real”). Rezultatele arată că modelul generat pe baza înregistrărilor făcute cu ajutorul tehnologiei LiDAR prezintă cea mai bună precizie (0,09m – 0,30m), urmat de modelul generat prin tehnici fotogrammetrice (1,35m – 2,43m) și de cel obținut prin interferometrie (4,26m – 19,39m).

Aplicabilitatea tehnologiei LiDAR acoperă din ce în ce mai multe domenii; unul dintre ele, extrem de important atât din punct de vedere al conservării resurselor naturale, cât și al protejării resurselor umane, este managementul situațiilor de urgență cauzate de hazarduri, în particular, de alunecările de teren.

5.2.5. Scanarea laser terestră

În condițiile în care știința și tehnologia au cunoscut o continuă dezvoltare, echipamentele topografice au devenit tot mai sofisticate. Cea mai recentă inovație în acest domeniu este tehnica de scanare laser terestră. La începutul acestui deceniu, un nou concept a revoluționat modalitatea de determinare rapidă a poziției spațiale a obiectelor, acesta fiind bazată pe scanarea laser 3D.

Un echipament de scanare 3D este compus din: sistemul de scanare laser 3D, computer și componenta soft de scanare, transfer și prelucrare a datelor preluate. [1], [19]

Acest concept a fost preluat și în măsurătorile topografice și geodezice, deoarece prin intermediul acestei tehnologii poate fi determinată automat geometria unui obiect, fără ajutorul unui mediu reflectorizant, cu precizie și viteză ridicată. [71]

Principiul: scannerul laser furnizează o reprezentare completă a unui obiect din spațiu (reprezentare 3D) prin efectuarea unor măsurători în plan orizontal și vertical, la intervale prestabilite. Coordonatele carteziene 3D ale fiecărui punct

măsurat sunt furnizate prin intermediul măsurării distanțelor, a direcțiilor orizontale și unghiurilor verticale. [78]

Scanerile laser terestre măsoară zeci de mii de puncte pe minut, iar rezultatul măsurătorilor este reprezentat de o mulțime de puncte, numită în literatura de specialitate **„nor de puncte”**. „Norul de puncte” (Fig. 5.15.) trebuie procesat în vederea creării unui model 3D al obiectelor foarte precis. [128]

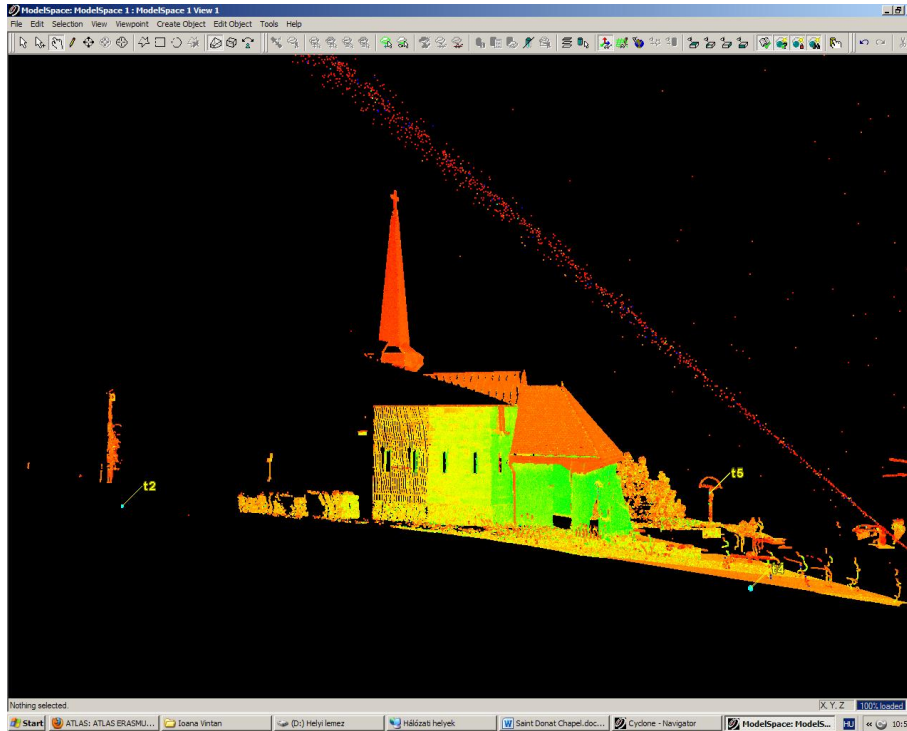


Fig. 5.15. „Nor de puncte” obținut la scanarea bisericii St. Donat, Székesfehérvár, Ungaria

Se poate spune că nu există un scanner laser universal, pentru orice aplicație tehnică. Unele sunt adecvate pentru domenii mici ale distanțelor (în incinte în care distanțele sunt mai mici de 100m), altele pentru domenii ale distanțelor care depășesc cu mult 100m. În concluzie tipul de aplicație tehnică decide tipul de scanner laser (Fig. 5.16.). [100]

Scanarea laser terestră își găsește aplicabilitate în foarte multe domenii ale măsurătorilor terestre precum proiectele ingineresti: structuri ale podurilor, monitorizarea autostrăzilor, tunelelor; înregistrarea patrimoniului cultural și a siturilor istorice, cuantificarea eroziunii malurilor unor râuri, monitorizarea alunecărilor de teren etc..

Caracteristicile tehnice (înalță rezoluție, precizia și rapiditatea preluărilor) permit și asigură realizarea modelelor de proiectare și a documentațiilor într-un format digital:

- documentații în ingineria civilă;
- urbanism, arhitectură, arheologie, restaurarea siturilor istorice;
- construcții de tunele;

- documentații pentru instalații tehnice (industria petrochimică, centrale termice, centrale nucleare);
- aplicații în realitatea virtuală;
- documentații tehnice pentru domeniul criminalisticii, accidente de circulație etc.

Una dintre utilizările cele mai recente a tehnicii de scanare laser terestră se situează în domeniul monitorizării deformațiilor și deplasărilor. [20] În ciuda numărului mare de soluții prezentate, domeniul determinării deplasărilor cu o precizie milimetrică rămâne deschis investigațiilor.



Fig. 5.16. Scanerul C10

Avantaje ale utilizării tehnicii de scanare laser terestră:

- unele date obținute prin scanarea laser terestră sunt dificil sau chiar imposibil de măsurat cu instrumentele topografice tradiționale;
- munca de teren este redusă semnificativ;
- probabilitatea de a avea zone nescanate datorită fenomenului de umbră este minimă, deoarece se pot face scanări din diferite unghiuri și apoi suprapune rezultatele scanării.
- cost mai mic decât în cazul folosirii tehnologiilor aeropurtate pentru zone de mici dimensiuni;
- nivel de detaliere foarte ridicat, măsurându-se toată structura vizibilă a unor obiecte, nu numai anumite puncte predefinite, oferind astfel posibilitatea unor investigații precise: deformații ale pilonilor, deplasarea unor rețelelor de utilități (cabluri, conducte de apă etc.).

5.2.6. Sisteme Informatic Geografice

De-a lungul ultimelor trei decenii, o tehnologie puternică a schimbat încet modul în care oamenii privesc și trăiesc în cartierele, localitățile și metropolele lor. Această tehnologie este reprezentată de SIG (Sisteme Informatic Geografice).

Un SIG este deseori asociat cu o hartă. Totuși, harta este doar unul din modurile în care se poate lucra cu date spațiale într-un SIG și doar unul din tipurile de produse generat de un SIG. Un sistem informatic geografic poate oferi un randament mult mai ridicat în ceea ce privește rezolvarea de probleme față de folosirea unui simplu program de cartografiere sau de adăugarea de date la un instrument de cartografiere online. [21]

Există trei moduri de percepție asupra unui Sistem Informatic Geografic:

1. vizualizare sub formă de bază de date: un SIG este un tip unic de bază de date ce cuprinde întreaga lume – o bază de date geografică (geobaze de date). Este un „Sistem informațional pentru geografie”. În principiu, un SIG are ca fundament o bază de date structurată ce descrie lumea în termeni geografici; [123]
2. vizualizare cartografică: un SIG este un set de hărți inteligente, împreună cu alte imagini ce prezintă proprietăți și relații dintre proprietăți pe suprafața pământului. Se pot realiza hărți cu informațiile geografice de bază, ce pot fi folosite ca „ferestre ale bazei de date” pentru a veni în sprijinul întrebărilor, analizelor și a editării de informații;
3. vizualizare sub formă de model: un SIG este un set de instrumente de transformare informaționale, prin care sunt obținute seturi de date geografice noi din seturile de date existente. Aceste funcții geoprocresoare iau informația din seturile de date existente, aplică funcții analitice și scriu rezultatele în seturile de date nou obținute.

Împreună, aceste trei tipuri de vizualizare, sunt părți esențiale ale unui SIG inteligent și sunt folosite la diverse nivele în cadrul tuturor aplicațiilor SIG. [11], [91]

O definiție general acceptată a unui SIG (Sistem Informatic Geografic) este cea menționată de Hughes (1994): „Un SIG este un sistem pentru culegerea, înmagazinarea, controlul, integrarea, manipularea, analiza și afișarea informațiilor care sunt referite spațial la Pământ. Aceasta implică în mod normal o bază de date pe calculator referită spațial și aplicații software corespunzătoare”. Altfel spus, un Sistem Informatic Geografic este un ansamblu (Fig. 5.17.) de persoane, echipamente (hardware), programe (software), algoritmi și proceduri (metode) care asigură prelucrarea, gestiunea, manipularea, analiza, modelarea și vizualizarea datelor spațiale în scopul rezolvării unor probleme complexe de planificare și gestiune a teritoriului.

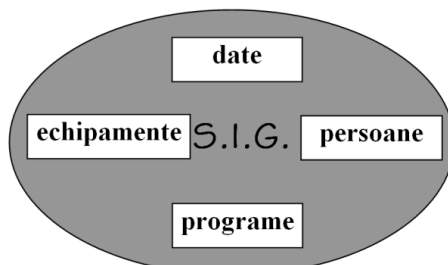


Fig. 5.17. Componentele unui Sistem Informatic Geografic

Sistemele Informatice Geografice cuprind două tipuri de (baze de) date: date grafice (geospațiale, cartografice, geodezice, topografice, topologice) și date atribut (descrieri textuale/valorice asociate entităților grafice, organizate structurat), legate între ele prin identificatori unici și înglobate pe straturi (Fig. 5.18.). [40], [45]

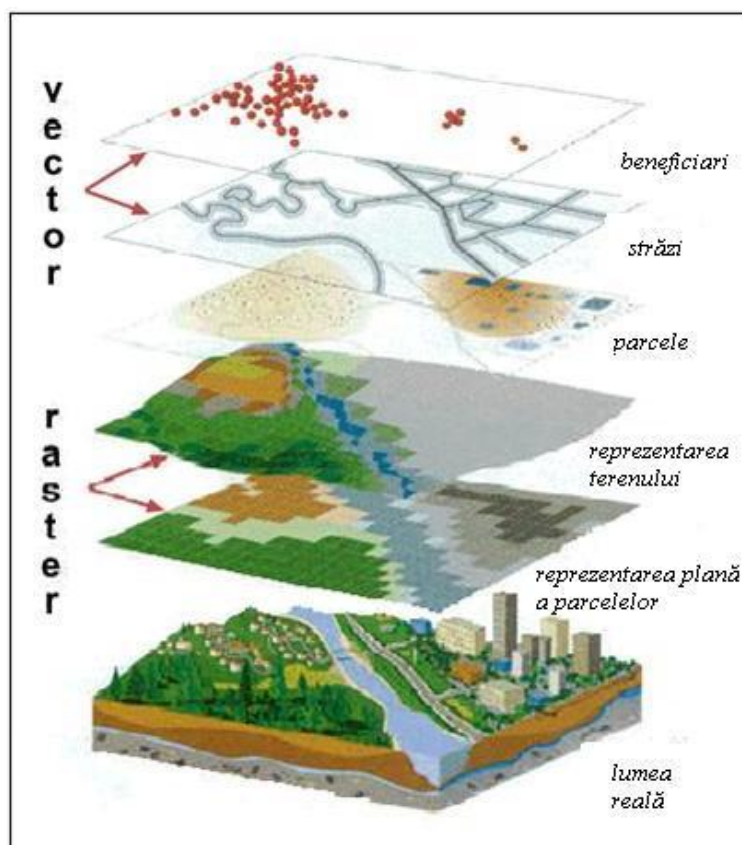


Fig. 5.18. Conceptul de strat

Achiziția datelor se realizează prin intermediul tehnologiilor descrise mai sus (stația totală, GPS, metode fotogrammetrice, teledetecție, scanare laser) în cazul în care sunt necesare date spațiale noi. În cazul în care se dorește integrarea datelor existente într-un SIG, achiziția lor se poate face prin digitizarea hărților și planurilor deja existente, scanare (a fotografiilor, imaginilor satelitare, desene etc.) și manual, prin introducerea coordonatelor (Fig. 5.19.). [49]

Culegerea datelor spațiale bineînțeles nu exclude posibilitatea culegerii datelor atributive în același timp. Problema esențială la culegerea datelor este calitatea acestora. Aceasta trebuie să fie în concordanță cu cerințele aplicațiilor și influențează decisiv eficiența utilizării unui SIG. [55] Calitatea datelor depinde în egală măsură de: originea datelor geometrice și atributive, de precizia lor, de integritatea lor, de actualitatea lor, de accesibilitatea lor (securitatea datelor, dreptul de licență etc.), dreptul de modificare a datelor. [16]

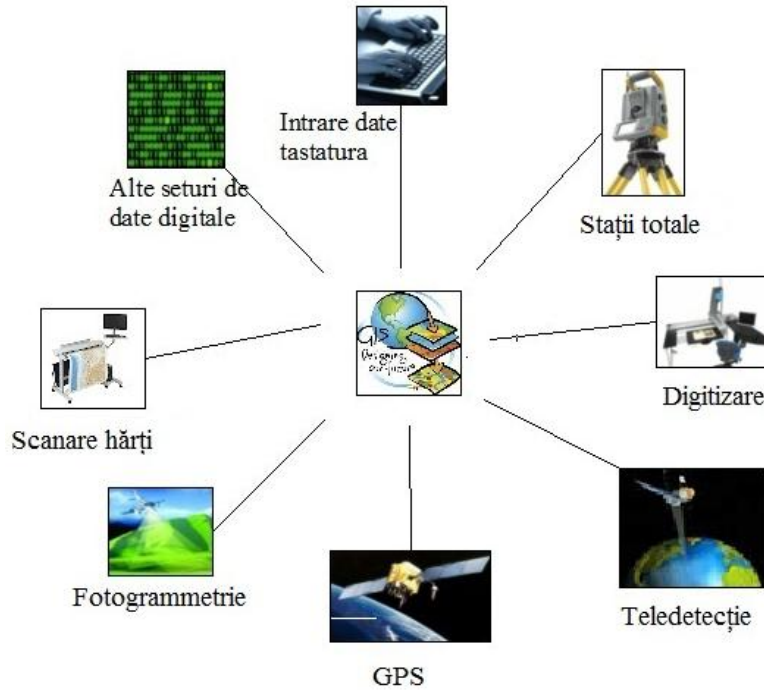


Fig. 5.19. Surse de date pentru SIG

Credibilitatea datelor este cheia eficienței sistemelor informatice, iar „aplicațiile SIG-ului sunt limitate doar de imaginația celor care îl folosesc”.



Fig. 5.20. Aplicații SIG

SIG acoperă o arie vastă de aplicații (Fig. 5.20.): de la mediul înconjurător până la domeniul bancar, de la cadastru și cartografie până la asigurări, de la urbanism și gestiunea localităților până la conducerea activității unei întreprinderi, ca să nu mai vorbim de apărare și siguranța națională, fiind una dintre cele mai mari și mai spectaculoase aplicații ale calculatoarelor.

Domeniile de utilizare ale unui SIG sunt: [66], [102]

- administrație publică locală (Consilii Locale, Consilii Județene, Prefecturi, Primării);
- utilități municipale (rețele de telefonie, apă, electricitate, gaz, canalizare, etc.);
- administrație guvernamentală;
- transporturi;
- afaceri;
- telecomunicații;
- educație;

- petrol;
- demografie (analize demografice și de marketing);
- arheologie (concluzii fundamentate topografice, asociații spațiale);
- exploatarea miniere (urmărirea dinamicii de extracție pentru exploatarea de suprafață, gestionarea resurselor);
- turism (la dispeceratele de cazare);
- repartizarea forței de muncă (orientare școlară și profesională);
- asigurări (susceptibilități, răspuns în caz de dezastre naturale, analize de risc, procesarea plângerilor);
- justiție (analiza diferitelor tipuri de activități infracționale prin locație, timp și vecinătate);
- bănci (analiza ipotecilor pe case, analiza localizării filialelor din rețea, administrarea împrumuturilor);
- hidrografie (supravegherea distribuției de apă și canalizare, supravegherea bazinelor hidrografice, etc.);
- silvicultura (studierea zonelor de exploatare și reîmpădurire, stabilirea drumurilor de acces, inventarierea pădurilor, cartarea vegetației, gestionarea resurselor);
- energie electrică (monitorizarea rețelelor de distribuție a energiei electrice, exploatarea și conservarea energiei);
- construcții (localizare, dinamică evolutivă, modelare, interacțiune, necesar de materiale de construcții);
- cartografie (realizarea de hărți tematice);
- agricultura (estimarea unei recolte, situațiile operative în campaniile agricole, optimizarea lucrărilor agricole prin alocarea dinamică și adecvată a resurselor umane și materiale, urmărirea culturilor agricole);
- apărare (planificarea bazelor militare, hărți de bază, analiza terenului, dirijarea vehiculelor, planificarea misiunilor, managementul folosirii terenului, analize și planificări ale mediului);
- protecția mediului (administrarea și exploatarea rațională a pădurilor, analiza habitatelor de viață sălbatică, simulări pentru evaluarea impactului asupra mediului înconjurător a unei investiții, impactul a diverși factori asupra mediului înconjurător, contaminarea apelor subterane, depozitarea subterană a substanțelor chimice, poluări în lacuri sau fluvii, managementul resurselor naturale);
- urbanism (identificarea celui mai potrivit loc pentru amplasarea unui obiectiv în funcție de diverse criterii: densitatea de populație, posibilitatea de acces, existența unor facilități de același tip, gestiunea și administrarea teritoriului); [53]
- poșta (urmărirea vehiculelor în timp real, folosind GPS);
- planificarea dezastrelor (crearea de sisteme de avertizare timpurie cu posibilitatea de a anunța toți proprietarii dintr-o „zonă periculoasă”, permițând evacuarea mai rapidă);
- servicii de urgență (folosirea în cadrul dispeceratelor unităților de ambulanță, pompieri, poliție, a sistemelor avansate de analiză a traseelor – trafic minim, viteza optimă de deplasare, evitarea blocajelor de trafic – permite o intervenție rapidă și eficientă, esențială în cazuri de urgență);
- sănătate (organizarea intervențiilor de urgență, plasarea resurselor medicale, urmărirea gradului de răspândire a SIDA și a altor boli);
- pompieri (localizarea hidranților dintr-un imobil pentru o intervenție de forță majoră, automatizarea intervențiilor);

- poliție (diverse evidențe, analiza datelor despre crime descoperind modele de activitate criminală);
- topografie;
- geologie;
- cercetare.

Gestionarea alunecărilor de teren la nivelul autorităților locale prin intermediul SIG-urilor prezintă reale avantaje, în sensul că acestea se constituie în instrumente de management prin caracteristicile lor de analiză spațială și exploatare, putând fi adoptate măsurile adecvate pentru prevenirea riscului la fenomenele de instabilitate. [57]

Exploatarea Sistemelor Informatice Geografice se face prin acțiuni numite analiză, interogare, consultare sau raportare. Majoritatea SIG-urilor dispun de tipuri de analiză detaliate în schema din figura 5.21.

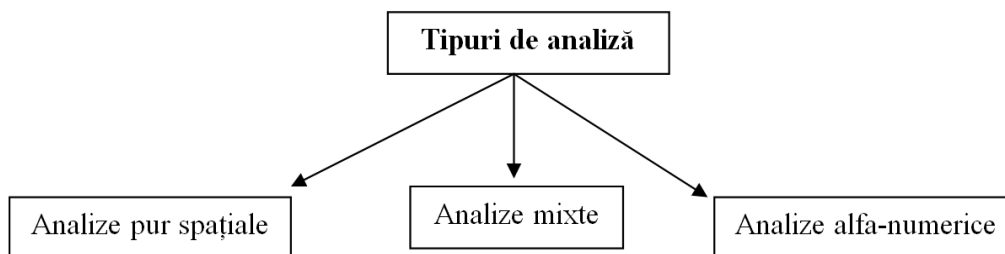


Fig. 5.21. Tipuri de analiză SIG

Analizele pur spațiale angrenează doar componenta grafică, referindu-se la topologia entităților reprezentate. Acestea sunt bine reprezentate, pornind de la banalele măsurători directe de distanțe și perimetre (harta digitală este – ca și în varianta tradițională – un „produs metric”, permițând măsurători precise), și ajungând până la interacțiunile dintre categorii/straturi distincte, la analizele de proximitate, sau până la căutările de trasee.

Analizele mixte angrenează ambele tipuri de date: de la cele mai simple – aflarea informațiilor asociate unei entități grafice selectate sau localizarea entității corespunzând înregistrării tabelare selectate – până la cele complexe (de genul: amplasarea optimă a unei facilități publice/comerciale/industriale în funcție de condițiile zonale; resurse, populație, arondare).

În derularea de studii și alcătuirea de rapoarte cu aplicația SIG, una dintre cele mai frecvente analize este cea bazată pe selectarea entităților informaționale. Efectul vizual al acestei operații este evidențierea entităților selectate, iar selectarea propriu-zisă se poate face:

- punctând cursorul mouse-ului pe entitatea grafică vizibilă pe ecran;
- prin căutare după un text afișat pe compoziția cartografică de pe ecran;
- prin aplicarea unor criterii de selecție – geometrice sau descriptive;
- mixt (prin combinarea mai multor tipuri de selecții). [7]

Se observă că, indiferent dacă seturile de selecție provin din analize spațiale (punctări, zone buffer, interferențe între categorii, alte condiționări geometrice) sau din interogări specifice bazelor de date clasice (query), acestea se comportă la fel, și pot fi folosite în mod egal pentru continuarea studiului, generând informații spațiale noi.

Analiza de tip „buffer” este de obicei o selecție (integrală sau parțială) obținută prin interferența virtuală dintre două categorii de entități grafice: dacă se

consideră o entitate de referință atunci efectul analizei constă în selectarea acelor entități care se află, în raport cu entitatea centrală, la o distanță mai mică decât o distanță specificată (zona tampon parametrică). Se mai numește și „analiză de proximitate” (Fig. 5.22.).

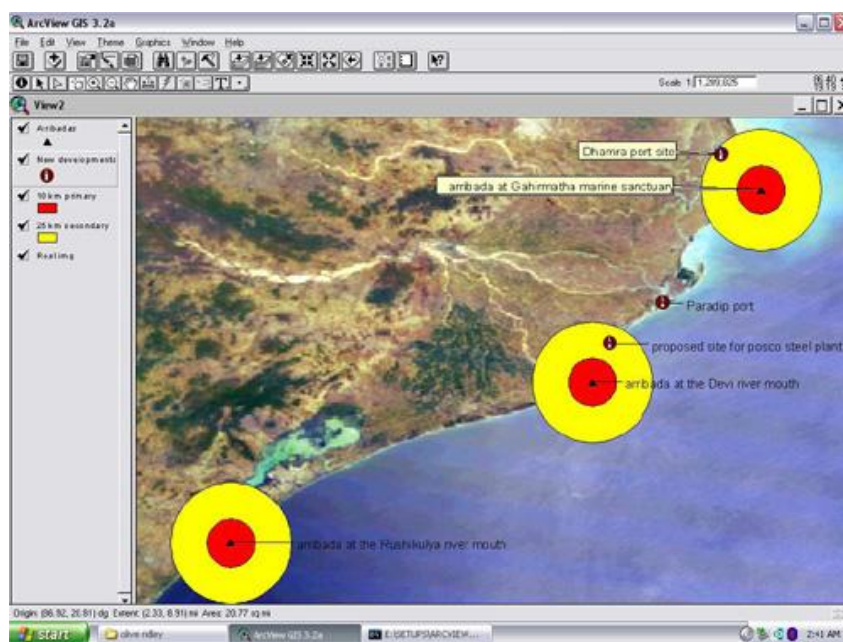


Fig. 5.22. Analiză buffer

În categoria altor analize spațiale interesante bazate pe interferența dintre straturi/categorii diferite intră:

- evidențierea/selectarea entităților punctiforme cuprinse în interiorul entității(lor) poligonale;
- generarea zonelor de suprapunere/intersecție ale entităților poligonale din straturi distincte;
- semnalarea punctelor de intersecție cu un strat de entități filare (de exemplu, intersecțiile dintre rețele diferite, sau dintre rețele și poligoane).

5.2.6.1. Clasificarea analizelor

Odată introdus fondul grafic și create legăturile dintre entitățile grafice și înregistrările din baza de date, Sistemul Informatic Geografic poate suporta o gamă largă de analize, ca materializări ale activității de exploatare. [7]

Deși un SIG este perfect capabil să tipărească planuri/hărți (uzual pe format mare, implicând plottere), aceasta nu este cea mai frecventă finalitate (tipăritura reflectă starea informațiilor la un moment dat, ori SIG-ul este făcut să evolueze continuu), valențele deosebite le are exploatarea prin analize afișate pe ecran. [7]

Deoarece se face referire la un cumul complex de informație este greu de relevat un set limpede de criterii pentru definirea disjunctă a tipurilor de analize SIG (Fig. 5.23.)

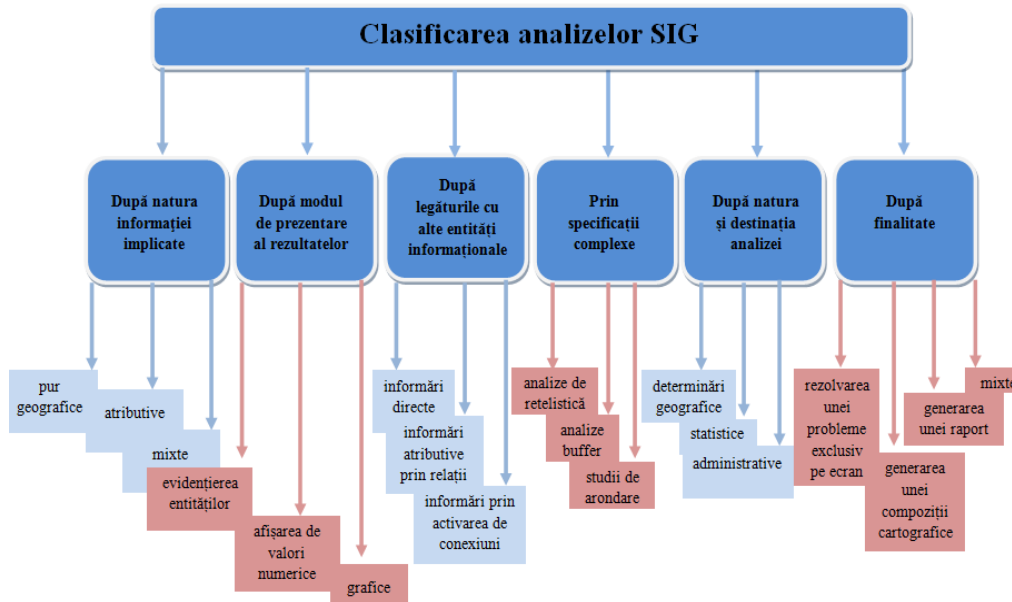


Fig. 5.23. Criterii de clasificare a analizelor SIG

A. *După natura informației implicate:*

- analize pur geografice: localizări/căutări de entități, măsurări de distanțe/arii, determinări de coordonate (poziționări), localizări condiționate prin relații spațiale (între categorii distincte de entități), determinarea traseelor optime, aplicarea de operații booleane poligoanelor (uniune, intersecție, scădere) etc.;
- analize alfa-numerice: interogări specifice bazelor de date, adică filtrări ale informației după criterii aplicate atributelor acumulate în baza de date asociată entităților grafice;
- mixte: implică ambele tipuri de informație.

Aici se poate aplica și o subclasificare după modul de identificare/selectare a entităților: manual (prin punctarea de către utilizator a entităților vizate) și automat (filtrare prin impunerea de condiții).

B. *După modul de prezentare a rezultatelor:*

- prin evidențierea entităților (grafice sau alfa-numerice) filtrate/selectate de analiza derulată (fie prin colorare/supraluminare, fie prin ascunderea celorlalte entități);
- prin afișarea de valori numerice (în cazul determinărilor cantitative);
- prin grafice (cartograme, histograme), tabele sau rapoarte generate.

C. *După legăturile cu alte entități informaționale:*

- informări directe: punctând cu mouse-ul pe o entitate (vizată cu ochiul sau evidențiată printr-o metodă de selectare) se obțin informații descriptive asociate implicit acesteia (exemplu: identificator, suprafață, nume proprietar, cod Siruta etc.);
- informări alfa-numerice prin relații: punctând pe o entitate se obțin, pe lângă informațiile descriptive asociate, și alte informații alfa-numerice (atributive);

- informări prin activarea de conexiuni: punctând cu mouse-ul pe o entitate se deschide documentul asociat acesteia (desen tehnic, fotografie, document descriptiv, aplicație etc.).
- D. *Prin specificații complexe:*
 - analize de retelistică – determinarea rutei de parcurs dintre două puncte ale unei rețele filare;
 - analize buffer – selectarea entităților din zone tampon;
 - studii de arondare – repartiții calitative/cantitative încrucișate etc.
- E. *După natura și destinația analizei:*
 - determinări geografice: deserveșc domeniile topografie, cadastru, geodezie, cartografie;
 - statistice: prin aplicarea unor funcții matematice specializate – sume, medii aritmetice, medii ponderate, deviații, maxime, minime etc.;
 - administrative: organizatorice, economice, juridice etc.
- F. *După finalitate:*
 - rezolvarea unei probleme exclusiv pe ecran (consultare);
 - generarea unei compoziții cartografice (pentru tipărire, exportare sau pentru publicare pe Internet);
 - generarea unui raport (document textual, deseori având constituență tabelară);
 - mixte.

Analizele sunt posibile și în combinații ale tipurilor clasificate mai sus (mai mult, ipotezele pentru scenarii „what-if” = „ce se întâmplă dacă” pot include atât date brute cât și rezultate din alte interogări). [7]

5.2.6.2. Exemple de analize complexe

- Evidențierea entităților pentru care un atribut numeric se încadrează într-un anumit domeniu de valori. Exemple: selectarea parcelelor având suprafața mai mică decât o anumită dimensiune, selectarea comunelor a căror populație este mai mare de 10000 locuitori.
- Determinarea distanței dintre două locații din planul geografic măsurată de-a lungul unei rețele (și cu eventuale condiționări de traseu). Exemple: aflarea timpului de parcurgere a unui drum de către un transport și calcularea costului pentru combustibilul consumat.
- Selectarea entităților punctiforme aflate sub o anumită distanță față de o locație specificată (analiză buffer particulară).
- Evidențierea entităților grafice aflate în interiorul unei zone tampon (buffer) stabilită la o distanță specificată de o entitate filară (rețea). Exemplu: care sunt gospodăriile ce trebuie să cedeze teren pentru perimetrul de siguranță al viitoarei aducțiuni de apă?
- Evidențierea intersecțiilor de rețele. Exemplu: săpând pentru intervenția la un cablu telefonic vom întâlni sau nu cablu de înaltă tensiune? (Aplicare consacrată sub numele „Call before you dig”, adică telefonează/informează-te la dispecer înainte de a săpa într-un loc din oraș).
- Studiarea de poziții, delimitări și vecinătăți (Fig. 5.24.). Exemple: verificări și documentări în vederea emiterii titlurilor de proprietate sau a avizelor cadastrale, optimizări ale unor viitoare amplasamente de investiții/locuințe (în raport cu distanțele față de resurse sau căi de transport).
- Studiarea impactului amplasării unui obiectiv într-o zonă – întreprindere, școală, supermarket, (aero/auto)gară, centrală nucleareo-electrică –

respectiv evidențierea în „coordonate” geo-spațiale a implicațiilor economice, sociale, ecologice.

- Analize comerciale sau de marketing (cea ce se numește tot mai frecvent „geo-marketing”):
 - repartitia spațială a centrelor comerciale;
 - arondarea punctelor de desfacere în raport cu răspândirea și profilul populației;
 - repartitia statistică a consumatorilor pe zone specifice, etc.
- Determinarea tendințelor de evoluție a unui proces/fenomen (pe baza modelelor intuite în modificările anterioare, condiționate logic/deductiv de diverse particularități de natură geo-spațială sau descriptivă).

Referitor la analize SIG particularizate pe beneficiari, se menționează:

- Pentru companiile ce furnizează energie electrică: evidențierea distinctivă a consumatorilor electrici împărțiți după diferite criterii: energia consumată, tipul puterii absorbite, specificul temporal al consumului, priorități, etc.
- Rapoarte despre parametri tehnici/tehnologici sau administrativ/economici ai unor rețele de distribuție repartizate spațial (gaz metan, apă, canalizare, termoficare, energie electrică, telefoane). Afișarea de imagini pentru obiective speciale din nodurile rețelei (stații de transfer, posturi de transformare, cămine, guri de vizitare, racorduri).
- Administratorii rețelelor de furnizare a apei detectează și localizează fraudele din sistem prin analizarea modificărilor substanțiale ale consumului monitorizat.

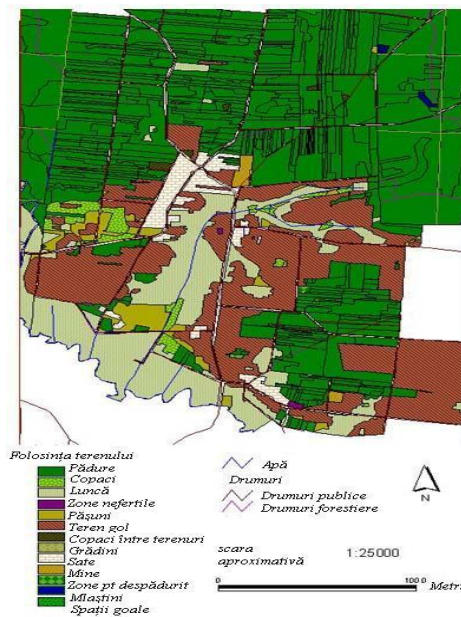


Fig. 5.24. Exemplu de analiză SIG

- Administrarea și gestionarea cimitirelor pe baza informațiilor înregistrate privind toate datele cu privire la fiecare parcelă din cadrul unui cimitir.
- Calcularea volumelor de canalizare în nodurile rețelei pe baza informațiilor acumulate/înregistrate privind debitele de apă reziduală.

- Planificarea traseelor și a fluxurilor pentru transportul de persoane sau de mărfuri sau stabilirea de rute optime pentru operațiile de colectare și distribuție.
- Un mic extras din analizele specificului cadastrelor agricol și forestier:
 - repartizarea terenurilor pe culturi;
 - evidențierea potențialului de exploatare;
 - determinarea gradului de poluare;
 - planificarea strategică și tactică a însămânțărilor și a recoltărilor;
 - repartizarea suprafețelor de păduri și a masei lemnoase exploatabile.
- Analize 3D: simularea creșterii nivelului apei în caz de inundație (evidențierea terenului afectat, în funcție de particularitățile de altitudine), evidențierea statistică a altitudinilor, zonelor și traseelor unde zborurile avioanelor sunt afectate de coliziuni cu păsările.
- Scenarii operative pentru analiza comparativă a variantelor de intervenție într-o anumită zonă în cazul situațiilor de necesitate/urgență. [7]

5.2.6.3. Hărți și analize tematice

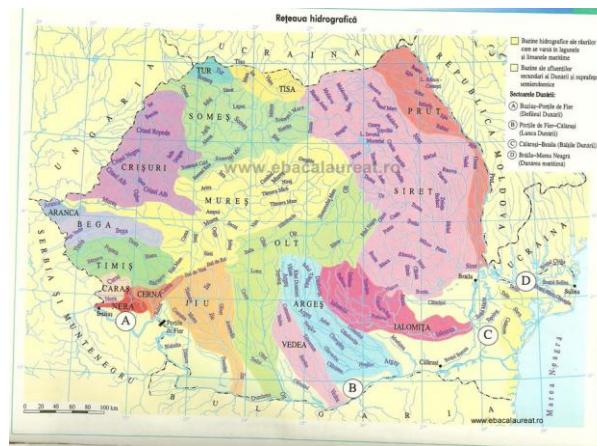


Fig. 5.25. Cartografiere tematică

Prin „cartografie tematică” se denumesc acele compoziții grafice bazate pe reprezentări geospațiale care deservesc un scop distinct, respectiv care evidențiază o „temă” dată, fie pentru folosire independentă (cartografie), fie pentru includerea în rapoarte/documente. Deci, sub acest termen, se pot include majoritatea producțiilor cartografice. Se pot menționa ca exemple, de la clasicele „harta politică a lumii”, „harta economică a țării” sau „harta turistică a județului”, până la „reprezentarea producției de cereale”, sau de la „repartizarea și densitatea șomajului pe județe” până la „distribuția calitativ – cantitativă a potențialilor clienți după puterea de cumpărare” (Fig. 5.25.). [58]

În contextul digital, ideea de „hartă tematică” este mai bine înțeleasă prin prisma obiectivelor uzuale ale analizelor SIG: [7]

- afișarea de reprezentări cartografice (geografice);
- evidențierea caracteristicilor terenurilor;
- extragerea/furnizarea de informații referitoare la entitățile modelate;
- selectarea sau evidențierea entităților după diverse criterii (probabil cea mai importantă din perspectiva „cartografiei tematice”).

Cum scopul final al realizării unei „hărți tematice” este, de regulă, tipărirea sau publicarea digitală (prin rețea, prin Internet, prin proiecție optică a unui document „slide-show”) compoziția cartografică trebuie întregită cu: [58]

- elemente clasice: titluri, grilă ajutătoare pentru coordonate, specificație/simbol de scară, simbol de nord;
- elemente auxiliare: grafice, histograme, tabele, obiecte grafice, sigle/logo-uri, specificații privind standardele, explicații/adnotări, etc.

Aceste compoziții cartografice (Fig. 5.26.) reprezintă produse ale Sistemelor Informatice Geografice.

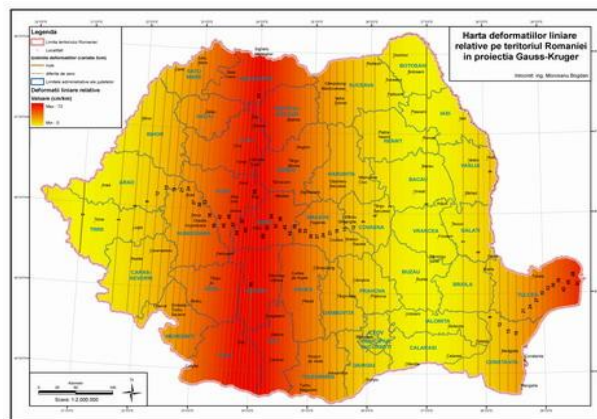


Fig. 5.26. Cartografiere tematică

Folosirea unui sistem SIG înseamnă pe de-o parte a răspunde activ la noile provocări tehnologice și conceptuale prin posibilitatea de a combina informații de diferite tipuri (cifre, imagini, hărți, componente hardware și software, toate aflate sub directa coordonare și determinare a componentei umane). [65]

Ca orice alt sistem, clasic sau modern Sistemul Informatic Geografic are în același timp *avantaje* și *dezavantaje*. Din prima categorie putem enumera faptul că datele sunt mult mai eficient organizate, redundanțele în stocarea datelor sunt eliminate, utilizatorii au o productivitate mărită și până la urmă, analizele, statisticile și căutările sunt realizate mult mai ușor. Mai mult decât atât, aspectele care denotă valoarea și potențialul de aplicare superioară a implementării SIG sunt:

- îmbunătățirea calității serviciilor prin abilitatea de a pune la dispoziție informații SIG sintetizate din arhive mari de imagini (de proveniență satelitară/ fotogrammetrică);
- optimizarea circuitului de informare dintre organizații;
- reducerea personalului;
- combinarea datelor vectoriale, raster și atributive, și respectiv managementul cât mai coerent și eficient al informațiilor stocate (stocarea distribuită cu gestionarea unitară/centralizată astfel încât utilizatorii să poată accesa/actualiza bazele de date SIG).
- recuperarea rapidă a datelor;
- capacitatea de întreținere și actualizare a datelor;
- producerea interactivă a hărților standardizate;
- evitarea menținerii de bănci de date duplicat;
- îmbunătățirea deciziilor etc.

Unul dintre riscurile asociate Sistemelor Informatic Geografice este acela de a uita că produsele digitale nu sunt mult mai precise decât hărțile și imaginile satelitare de la care provin, având în vedere acuratețea datelor prelevate în teren. [59] Culegerea unor date eronate poate duce la erori și mai mari, având ca rezultat un sistem greșit, metodele și tehnicile neavând nici o vină, totul pornind de la munca de teren.

Abilitatea de a gestiona, corela, modela, prezice și disemina informațiile face din SIG un instrument de analiză prin excelență. Informațiile geospațiale asigură deciziilor o perspectivă mai largă, facilitând totodată coordonarea la nivelul comunității sau al unității administrate.

5.3. Situația actuală pe plan internațional

Pentru a evidenția importanța platformelor de monitorizare detaliate în subcapitolul anterior, în continuare sunt prezentate aplicații ale acestora, întreprinse în diferite țări, pe problematica alunecărilor de teren.

5.3.1. Monitorizarea alunecărilor de teren pe continentul American

5.3.1.1 Canada

În ultimul deceniu, Agenția Spațială Canadiană s-a implicat în susținerea inițiativelor științifice, proiectelor demonstrative și activităților de implementare operaționale legate de managementul hazardurilor. Autoritățile sunt conștiente de faptul că alunecările de teren reprezintă o mare amenințare pentru populație și societate, de aceea au inițiat sisteme de avertizare timpurie prin monitorizarea lor printr-o abordare interdisciplinară. Agenția Spațială Canadiană împreună cu partenerii săi din sectoarele public și privat au încurajat dezvoltarea sistemelor de observare a Pământului și implementarea unor tehnici noi de monitorizare a hazardurilor.

Constelația RADARSAT (Fig. 5.27.) a fost concepută pentru a asigura Canadei și întregii lumi un sistem satelitar radar operațional, capabil să capteze cantități mari de date pe timp de vreme rea: nori, ceață etc. Sateliții radar componenți sunt RADARSAT-1 care monitorizează schimbările de mediu și resursele naturale ale planetei și RADARSAT-2, satelitul radar comercial care asigură supraveghere maritimă, monitorizarea ghețarilor, managementul hazardurilor și al resurselor, monitorizarea mediului și cartare atât pentru Canada, cât și pentru alte țări din lume.



Fig. 5.27. Constelația RADARSAT concepută cu trei scopuri principale: supraveghere maritimă, managementul dezastrelor și monitorizarea ecosistemelor

În particular, determinarea deformațiilor cu ajutorul tehnologiei InSAR ca metodă de evaluare a hazardurilor era încă în primă fază în Canada, în anul 2005. A fost necesară dezvoltarea unor studii de caz convingătoare în locații dificile, care prezentau risc crescut, ce urmau să fie folosite pentru stabilirea unei linii principale de acțiune în vederea unei monitorizări continue integrate de-a lungul coridoarelor strategice pentru transport și energie ale Canadei. Au fost selectate zonele care urmau să fie investigate și acestea au constat în: alunecări de teren active de-a lungul coridoarelor strategice pentru transport și energie (Autostrada „Trans Canada” din Munții Stâncosi, Conducta de țiței din valea Mackenzie, orașul „Peace River” și Autostrada 49 ce trece prin Muntele „Turtle”, Alberta) și falia activă seismic ce afectează orașul Victoria. [5]

Obiectivele proiectului au fost:

1. de a realiza elemente InSAR ce țin de zonele active de alunecări de teren de-a lungul coridoarelor strategice de transport și energie și de zone active din punct de vedere seismic din Canada, alese selectiv;
2. de a produce o arhivă de imagini InSAR cu zonele selectate cu potențial crescut de pericol din punct de vedere geologic din Canada.

O zonă de studiu afectată de alunecări de teren încă din anul 1903 (Fig. 5.28.) este muntele „Turtle”, situat în ținutul Alberta. Pentru început specialiștii au cercetat geologia locală și regională a versantului, precum și geneza formațiunilor afectate, apoi au stabilit suprafața de alunecare (Fig. 5.28.). [5]

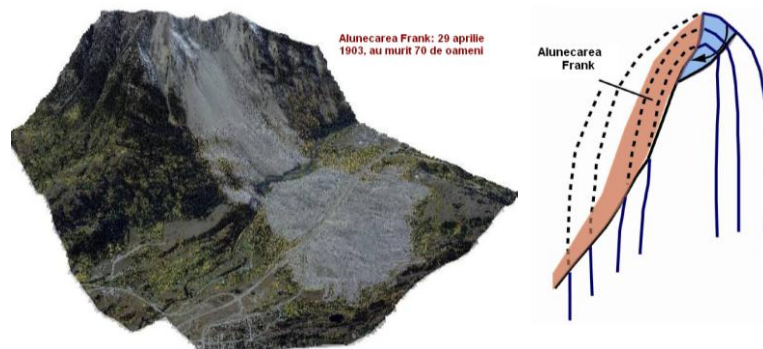


Fig. 5.28. Alunecarea Frank produsă în Canada și planurile de alunecare din muntele „Turtle” [5]

Metodele geodezice de investigare a zonei afectată de alunecări de teren au constat în tehnologii LiDAR terestre (Fig. 5.29.)

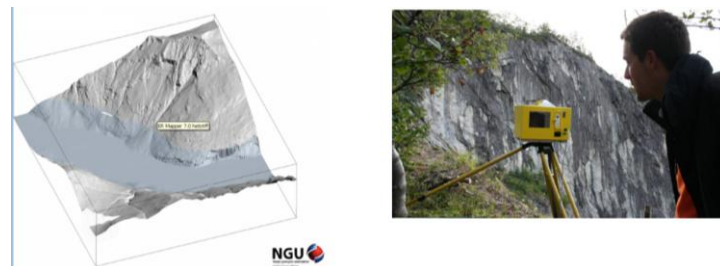


Fig. 5.29. Metodele de investigare folosite – LiDAR terestru [5]

Investigarea deplasărilor (Fig. 5.30.) s-a realizat folosind tehnologii precum InSAR, fotogrammetrie, GPS, măsurători de distanțe (folosind stații totale), tehnologia LiDAR terestră.

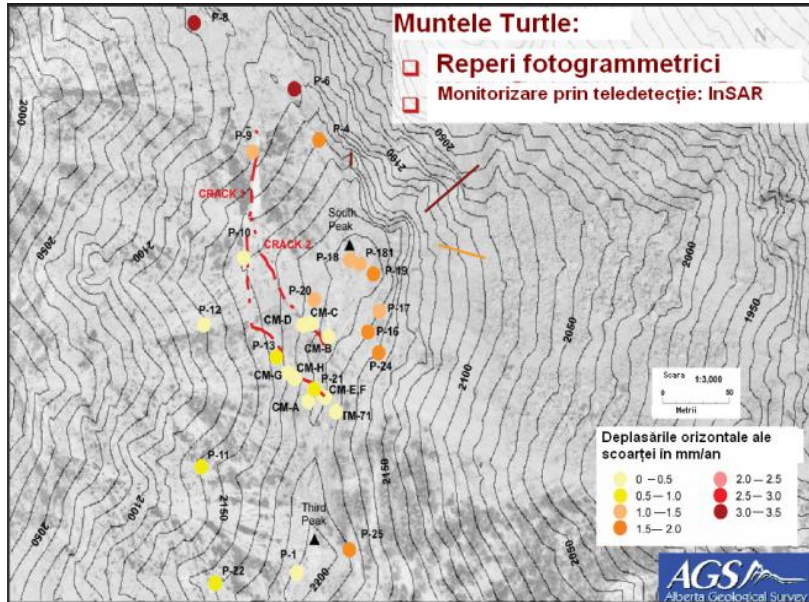


Fig. 5.30. Determinarea deplasărilor orizontale [5]

Pentru măsurarea deformațiilor (Fig. 5.31.) s-a folosit o rețea de senzori formată din trei tipuri de senzori:

1. senzori primari – fiabili, dar trebuiau supravegheați pe vreme rea – înclinometre, extensometre;
2. senzori secundari: stațiile totale, GPS, scanner terestru;
3. senzori terțiari – pentru culegerea de informații – senzori microseismici, stații meteorologice, piezometre.

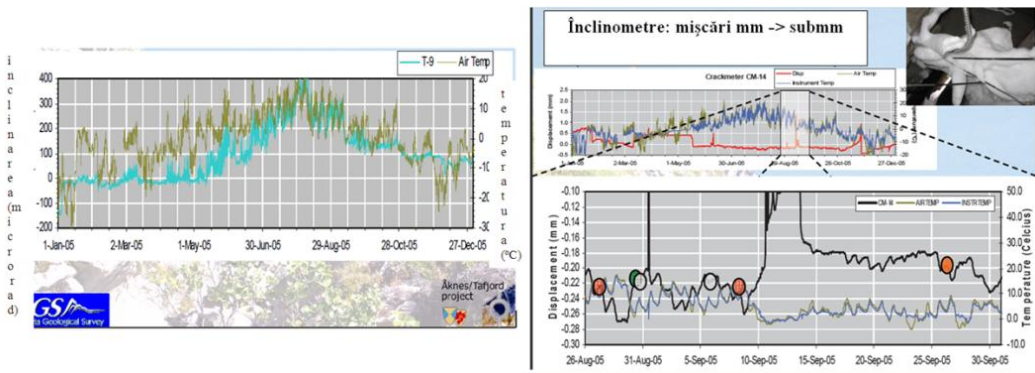

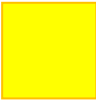




Fig. 5.31. Graficul deformațiilor obținute pentru Muntele „Turtle”: mici deplasări cauzate de fluctuațiile de temperatură [5]

În final, centralizând toate datele descrise, s-a putut crea un sistem de avertizare timpurie [5] detaliat în tabelul 5.2.

Tabelul 5.2. Schema sistemului de avertizare timpurie

Condiția	Tipul activității	Consultarea datelor înregistrate de rețelele de monitorizare	Răspuns
Verde – nici un risc imediat 	1. zgomot de fundal sau fluctuații sezoniere;	1. nici o schimbare a datelor înregistrate;	1. operațiuni normale, autoritățile locale verifică fluctuațiile;
	2. fluctuații sezoniere considerate normale în procesele de masă;	2. nici o schimbare semnificativă a datelor;	2. continuarea monitorizării;
	3. se declanșează alarma la unul din senzori.	3. se observă o schimbare a datelor.	3. verificarea senzorului în teren și cercetare pentru a vedea dacă urmează cod galben.
Galben – atenționare 	1. mai mulți senzori înregistrează schimbări care nu sunt sezoniere, dar depășesc foarte puțin limita admisă	1. potențial de producere a unor deplasări masive ale rocilor versanților.	1. înregistrarea datelor cu o frecvență mai mare și atenționarea autorităților locale.
Portocaliu – avertisment 	1. mai mulți senzori înregistrează date care depășesc valorile admise	1. deplasări accelerate pe o arie extinsă, potențial crescut de producere a unor alunecări de teren	1. verificarea datelor la intervale mici, cercetarea terenului (versanților) și anunțarea autorităților cu putere de decizie, evacuarea zonelor periculoase.
Roșu – evenimentul este în curs de producere 	1. accelerări foarte mari, catastrofice înregistrate de senzori. Mișcarea unor mase de roci ducând la alunecări de teren	1. accelerări majore ale deplasărilor, observarea vizuală a deplasărilor rocilor pe zone întinse, îngrijorare pentru siguranța publică.	1. evaluarea continuă a datelor, verificarea în teren a versanților, evacuarea, mobilizarea serviciilor de urgență, închiderea circulației pe drumurile afectate.

5.3.2. Monitorizarea alunecărilor de teren pe continentul Asiatic

5.3.2.1. China

În anul 2006, un proiect de cooperare între agențiile China Geological Survey și Geological Survey of Canada, a prins contur, având ca scop monitorizarea unei alunecări de teren (Fig. 5.32.) produse de-a lungul unei văi adânci în vestul regiunii Sichuan (satul Jiaju) folosind observații integrate obținute cu tehnologii precum InSAR și GPS. Tehnicile GPS și InSAR au asigurat măsurători complementare, prin GPS au fost determinate deplasările orizontale și prin InSAR, cele verticale, în zone cu o geologie complexă și topografie dificilă. În același timp, imaginile InSAR și-au demonstrat utilitatea în recunoașterea noilor alunecări de teren în regiunile abrupte de munte. Observațiile GPS au asigurat date pentru o monitorizare continuă, în timp ce datele InSAR au fost preluate lunar. Rezultatele InSAR (tipul deformațiilor) au dus la divizarea alunecării de teren Jiaju în 2 zone, cea de nord și cea de sud, partea de nord prezentând un caracter mai pronunțat de instabilitate.

Deplasările determinate prin GPS între 2006 – 2008 au arătat că partea de nord avea deplasări orizontale de 55 – 207mm/an și verticale de –23mm/an, în timp ce partea de sud se deplasa orizontal 12 – 34mm/an, iar deplasările verticale erau cuprinse în intervalul 0,05 – 12mm/an. Calculând media observațiilor, a reieșit că partea de nord se deplasa orizontal 41,6mm/an și vertical 43,9mm/an, pe când partea de sud 16,1mm/an orizontal și 17,5mm/an vertical.

Investigațiile geologice în zona instabilă Jiaju au scos la iveală alunecări secundare, crăpături și fisuri care puteau fi cauzate de factori precum: drenarea insuficientă a apelor de suprafață, eroziunea malurilor râurilor, inclinarea mare a versanților sau suprasarcini datorate construcțiilor existente. [133]



Fig. 5.32. Vedere alunecarea de teren Jiaju, județul Daban, regiunea Sichuan [133]

Practic, a fost stabilit un sistem tridimensional de monitorizare care asocia tehnicile GPS și InSAR cu dispozitive geotehnice pentru monitorizare precum extensometre, înclinometre și un pluviograf. Sistemul a inclus 22 reperi de urmărire staționați cu receptori GPS de dublă frecvență, 10 ținte ale sistemului radar InSAR, 5 foraje pentru determinarea deplasărilor din adâncime, 27 reperi pentru crăpăturile caselor și 1 stație pluviometrică, detaliați în tabelul 5.3.

Tabelul 5.3. Metodele și tehnologiile folosite în cadrul sistemului de monitorizare

Metoda	Instrumentul	Precizia	Numărul	Frecvența
GPS	receptori GPS Trimble 4000 cu dublă frecvență	5mm pe orizontală, 10mm pe verticală	22	continuă
InSAR	satelit radar	1cm	10	lunară
Deplasări în adâncime	foraje cu înclinometrul	4mm / 15m	3	la 45 zile
Monitorizarea precipitațiilor	stația pluviometrică CR2 – J	0,21mm	1	continuă

Figurile 5.33. și 5.34. ilustrează deplasările orizontală și verticală, precum și unghiul de înclinare determinate în cadrul acestui proiect.

Numărul reperului	Deplasarea orizontală (mm)	Direcția (°)	Deplasarea verticală (mm)
G1	2.55	66	-0.11
G2	9.56	275	-0.89
G03	24.10	56	22.10
G04	26.34	72	-1.36
G05	245.57	117	-18.68
G06	57.23	42	-9.42
G07	48.06	47	-14.08
G08	110.34	87	17.35
G09	334.04	96	-45.04
G10	297.38	114	-22.52
G11	33.01	39	-20.59
G12	68.37	60	-23.11
G13	120.41	88	-19.13
G14	345.14	91	-12.53
G15	58.09	77	-12.32
G16	276.63	87	-18.11
G17	414.53	92	3.35
G18	307.86	90	4.98
G19	33.98	94	1.53
G20	50.66	95	-13.04
G21	112.42	84	-11.90
G22	196.71	93	-40.06

Fig. 5.33. Deplasările și direcția reperilor GPS (august 2006 – octombrie 2008) [133]

Programul de monitorizare a constatat în 8 sesiuni de măsurători GPS, datele cu privire la deplasări fiind achiziționate la fiecare 3 luni și, folosind tehnologia InSAR, 25 de imagini de la satelitul radar RADARSAT – 1 din 17 iunie 2006 până în 13 mai 2008, din care 24 au fost procesate. Spre deosebire de datele obținute prin măsurători GPS, datele InSAR au fost obținute la fiecare 24 zile. Din analiza rezultatelor InSAR a reieșit că partea nordică a regiunii Jiaju prezenta deplasări mai mari decât partea de sud, iar deplasările au fost mai mari în anul 2008 decât în 2006, deci a fost constatată o accelerare a deplasărilor. Datele achiziționate folosind tehnologia InSAR au coincis cu datele din măsurătorile GPS. [133]

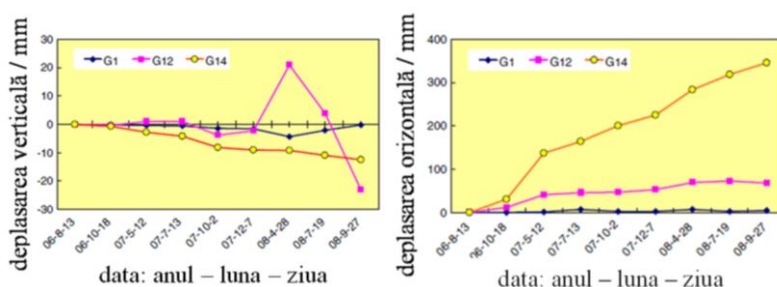


Fig. 5.34. Deplasările în timp pentru reperii G1, G12, and G14 (august 2006 – octombrie 2008) [133]

Monitorizarea geologică complexă, efectuată prin intermediul tehnicilor GPS, InSAR, forajelor cu înclinometrul etc., a dus la concluzia că fenomenele de instabilitate prezente în satul Jiaju puneau în pericol siguranța așezării și a locuitorilor, deformațiile fiind induse de următorii factori:

- drenarea insuficientă a apelor de suprafață: existența a 3 pâraie în zona afectată de deformații și a unor șanțuri de irigație care formau o rețea de apă de suprafață. Fenomenele de levigare și eroziune datorate debitului de apă au fost principalele motive ce au dus la prăbușiri locale și fisuri în versant;
- eroziunea malurilor râurilor la baza versantului: râul Dajinchuanhe avea debit torențial și prezenta modificări ale nivelului apei între 5 – 12 m/an, în timpul sezonului ploios nivelul apei fiind mult mai mare decât în sezonul secetos, iar debitul de apă în timpul inundațiilor fiind mai mare de 650 m³. [133]

O altă abordare de monitorizare a alunecărilor de teren în China constă în folosirea unui sistem de avertizare timpurie. Plecând de la premiza că, dintre alunecările de teren, cele declanșate de precipitațiile atmosferice au cea mai mare distribuție spațială și temporală și cea mai mare probabilitate de producere, autoritățile chineze au dezvoltat un sistem de prognoză în „timp real”, numit aiNet-GISPSRIL. Începând cu anul 2003, acest sistem a fost folosit pentru predicția alunecărilor de teren din sezoanele ploioase în provincia Zhejiang (101.800 km²), situată în regiunea de coastă din sud – estul Chinei. aiNet-GISPSRIL folosește prognoza meteo regională pe 24 ore și datele monitorizării în „timp real” a ploilor torențiale obținute de la stația pluviometrică și apoi asigură predicția asupra probabilității de producere a alunecărilor de teren în regiunea respectivă. [26]

Studiile au arătat că acest sistem a prezis cu succes datele de producere a 304 alunecări de teren și localitățile care urmau să fie afectate, reprezentând 66,2% din fenomenele de instabilitate care au apărut în perioada respectivă. Între anii 2003 și 2007, deoarece sistemul a asigurat predicția producerii alunecărilor de teren cu 24 ore în avans, cu specificarea locațiilor potențialelor alunecări și a permis anunțarea din timp a locuitorilor zonelor respective, mai mult de 1700 persoane care locuiau în zone cu risc au fost evacuate la timp de către autorități, astfel putând fi evitate pierderile de vieți omenești.

Acest sistem computerizat poate fi adaptat și pentru alte zone predispușe la fenomene de instabilitate. De asemenea, i se pot aduce îmbunătățiri prin completarea cu date geologice, geotehnice, topografice ale zonei în care se dorește implementarea lui, crescând procentul de obținere a unor rezultate cât mai exacte.

Tehnologia de scanare laser este folosită, de asemenea, în urmărirea fenomenelor de instabilitate. [132] Un studiu de caz elocvent în acest sens este alunecarea Jinpingzi (Fig. 5.35.), poziționată pe malul drept al râului Jinshajiang, în avalul cascadei Wudongde, sudul Chinei. Din interpretarea datelor preluate cu teledetecție satelitară a reieșit volumul alunecării de aproximativ 620 milioane de metri cubi.



Fig. 5.35. Versantul afectat de alunecarea de teren împărțit pe zone

Monitorizarea fenomenului ilustrată în figura 5.36. a început în anul 2004 și implica 17 reperi amplasați pe corpul alunecării, în scopul determinării deplasărilor verticale și orizontale.

Sesiunile de scanare au constat în 2 cicluri de măsurători realizate în 2009 și 2010, în care s-au materializat 5 puncte de stație.

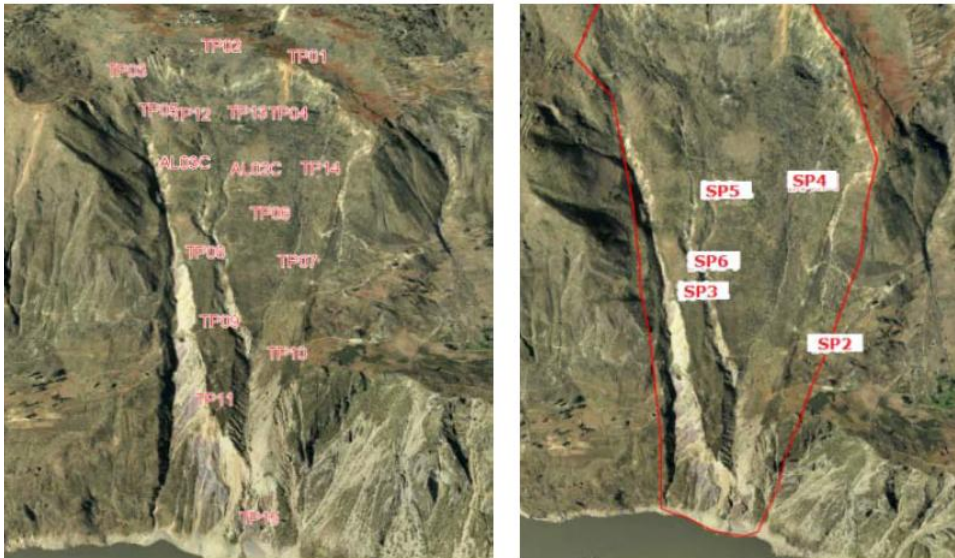


Fig. 5.36. Amplasarea reperilor pentru monitorizare (stânga) și a stațiilor de scanare (dreapta)

Prin procesarea datelor scanate au fost create modelele digitale ale terenului și s-au determinat volumele de teren (Fig. 5.37.) care au suferit pe de-o parte, tasări ($393,728\text{m}^3$) – volum de săpătură – și pe de altă parte, volumul de umplură ($270,108\text{m}^3$) și diferențe de nivel din profilul longitudinal (Fig. 5.38.).

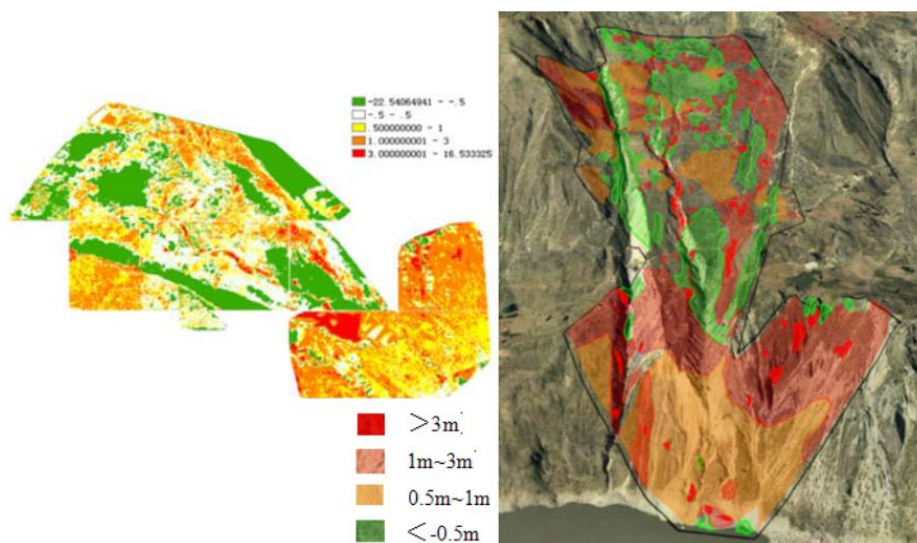


Fig. 5.37. Determinarea volumelor de pământ dislocat



Fig. 5.38. Crearea unei secțiuni longitudinale prin cele 2 suprafețe scanate

5.3.3. Monitorizarea alunecărilor de teren pe continentul Australian

Specialiștii din Australia au realizat o aplicație SIG adaptată la cerințele concrete ale aplicației, pentru o clasificare semi – automată a elementelor alunecării de teren, bazată pe atribute topografice precum curbura terestră și panta. Acești parametri derivă din modelul digital de altitudine (DEM) și reprezintă punctul de plecare în clasificarea elementelor unei alunecări de teren, precum suprafața de alunecare, fruntea alunecării, piciorul alunecării, panta versantului sau roca. Într-o subclasificare, versanții au fost împărțiți, în funcție de pantă (cu pantă mare, medie și mică) în puncte importante din profilul transversal.

Algoritmul a fost creat pentru a putea face o analogie între harta generată de „LANDFORM” și interpretările, bazate pe fotografii, făcute de un expert în geotehnică, asupra aceleiași zone de studiu. Rezultatele exemplificate în figura 5.39. pot fi folosite în aplicații pentru agricultură, studii de degradare a solului, analiză

spațială și modelare pentru zone în care morfologia terenului este un factor esențial în studierea fenomenului de instabilitate. [77]

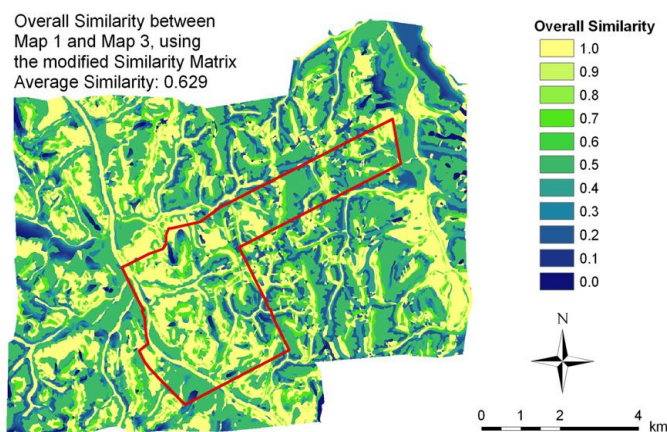


Fig. 5.39. Analiza spațială pentru a face analogie între 2 hărți [77]

Dezvoltarea și implementarea proiectului semi – automat „LANDFORM” a fost realizată folosind programul specializat de tip SIG, GeoMedia, adaptat cerințelor, în sensul că permite utilizatorilor să acceseze baza cartografică existentă și să o adapteze apoi în funcție de specificul zonei studiate și rezoluția modelului digital de altitudine (DEM). Suița de programe GeoMedia, incluzând Professional, și celelalte programe Grid și Terrain, au fost alese deoarece prezintă capacitatea de a asigura cadrul tehnologic necesar bunei desfășurări a respectivului studiu, prin capacitățile sale de a gestiona atât date spațiale, cât și atributive.

Pentru realizarea aplicației „LANDFORM”, obiectele din GeoMedia Grid au fost utilizate pentru a construi modele spațiale practice și funcționale, adaptate la o anumită aplicație și la cerințele utilizatorilor. Atribute topografice pot fi extrase dintr-un DEM în scopul modelării proceselor hidrologice și geomorfologice, pentru a prezice distribuția spațială a proprietăților solului, precum și poziția topografică a diferitelor specii dintr-o regiune. Pe de altă parte, aceste atribute folosite pentru clasificarea versanților, se pot obține/calcula folosind comenzi ale GeoMedia Grid, create special în acest scop. [77]

Metodologia clasificării alunecărilor de teren folosită la acest proiect subliniază importanța ajustării sistemelor SIG la aplicațiile specifice fiecărui utilizator, deoarece majoritatea software-urilor SIG industriale nu includ toate funcțiile necesare calculelor topografice pentru suprafețe. De aceea, un mediu dezvoltat pe o documentare solidă anterioară, este esențial pentru o adaptare eficientă și economică la cerințele clientului.

Algoritmul prezentat aici pe scurt, a fost aplicat atât în vestul Australiei cât și într-o zonă din Austria.

5.3.4. Monitorizarea alunecărilor de teren pe continentul European

5.3.4.1. Norvegia

Monitorizarea alunecărilor de teren în această țară se face folosind, în mare parte, aceleași tehnici ca și în Canada.

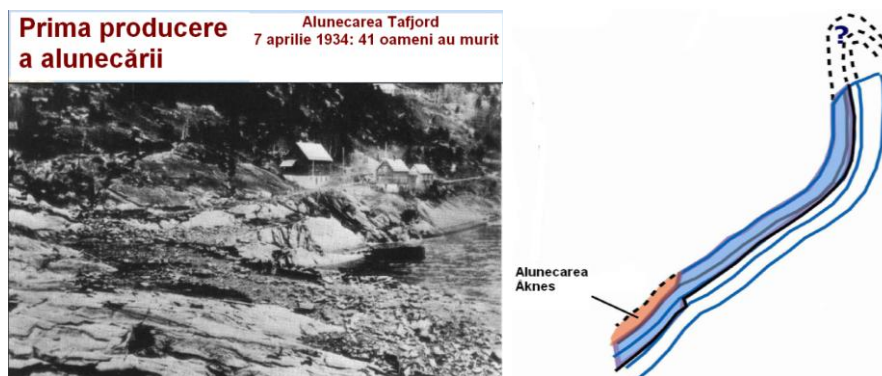


Fig. 5.40. Alunecare de teren produsă în Norvegia și suprafața de alunecare Åknes

Exemplul prezentat aici (Fig. 5.40.) constă într-o alunecare de teren produsă în Åknes, în vestul Norvegiei. Primul pas a constat în stabilirea suprafeței de alunecare, apoi au fost folosite pentru monitorizare aceleași tehnologii menționate în studiul prezentat referitor la Canada (Fig. 5.41).

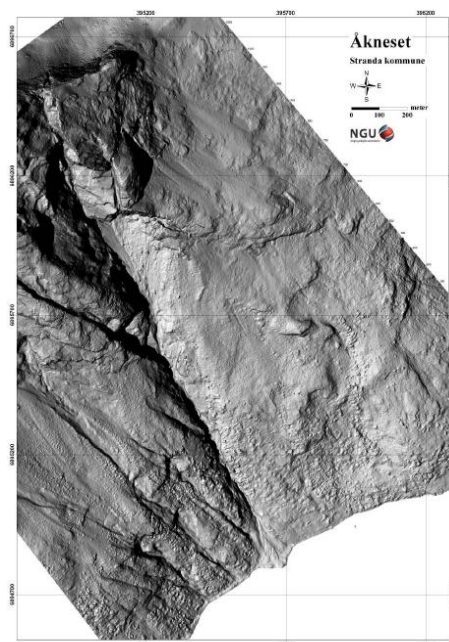


Fig. 5.41. Modelul digital al terenului obținut cu LiDAR

Rețeaua de senzori creată pentru monitorizare s-a axat pe urmărirea deplasărilor de la suprafață, din adâncime, determinarea nivelului apelor subterane și a presiunii acestora, a activității seismice și a climei (Fig. 5.42.).

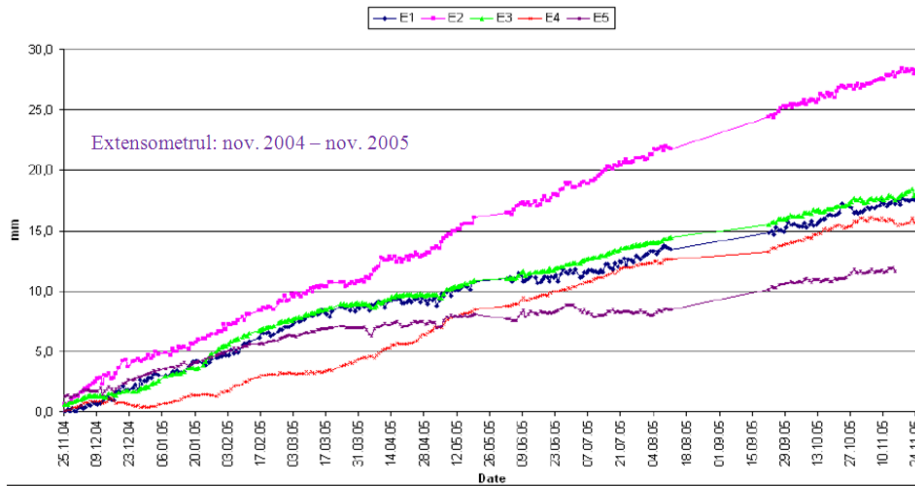


Fig. 5.42. Deplasări continue în muntele „Åknes” între 2 – 10cm/an datorate topirii zăpezilor

Datele obținute au contribuit la realizarea unui sistem de avertizare timpurie (Fig. 5.43.).

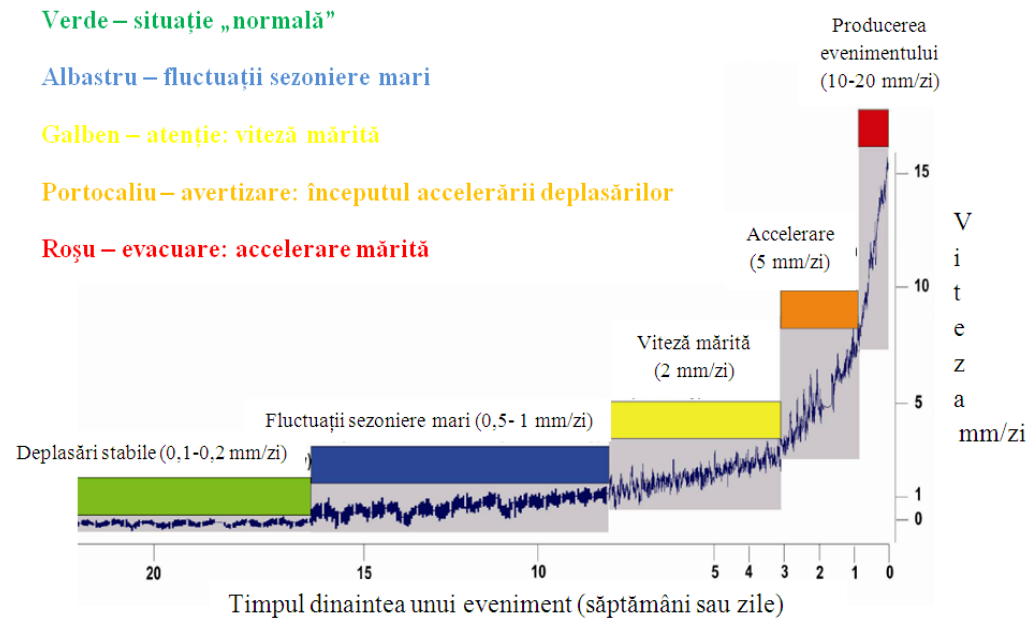


Fig. 5.43. Schema sistemului de avertizare timpurie bazat pe datele monitorizării

5.3.4.2. Suedia

Mai multe domenii ale geo-științelor pot profita de evoluția recentă a tehnologiei, în sensul disponibilității hărților digitale ce cuprind informații, obținute prin teledetecție satelitară, referitoare la altitudinea terenului și a software-urilor cu

care se pot vizualiza condițiile din teren pe orice computer. Un exemplu elocvent în acest sens, este preocuparea suedezilor pentru studiul legăturilor dintre rocile de bază, morfologia versanților și procesele geomorfice. Continuarea cercetărilor „in situ” s-a materializat în găsirea unor modalități de vizualizare a condițiilor din teren și a distribuției generale a caracteristicilor regiunii „Torneträsk”, situată în nordul Suediei, prin utilizarea concomitentă a datelor referitoare la fenomenele de instabilitate și a condițiilor geotehnice.

Cartările inginerо – geologice ale alunecărilor de teren existente pentru regiunea „Torneträsk” au fost combinate cu hărți geologice și modele digitale de altitudine ale terenului pentru a face posibilă vizualizarea zonelor afectate de alunecări de teren. Hărțile au rezultat în urma interpretării aerofotogramelor și a măsurătorilor de teren, iar modelele digitale de altitudine ale terenului au fost obținute din diferite surse, inclusiv digitizarea unei hărți obținută prin metode fotogrammetrice corelate cu măsurători de monitorizare ale alunecărilor de teren. Pregătirea pentru vizualizare, cu ajutorul modelelor digitale de altitudine (DEM), a hărților și imaginilor satelitare a fost îndeplinită prin folosirea a trei software-uri, Vistapro, Erdas Imagine și Intergraph MGE Terrain Analyst. [118]

Utilizarea modelului digital de altitudine (Fig. 5.44.) asociat cu date din harta geologică facilitează evaluarea terenului în ceea ce privește distribuția diferitelor tipuri de procese de instabilitate, în particular a alunecărilor de teren. [118]

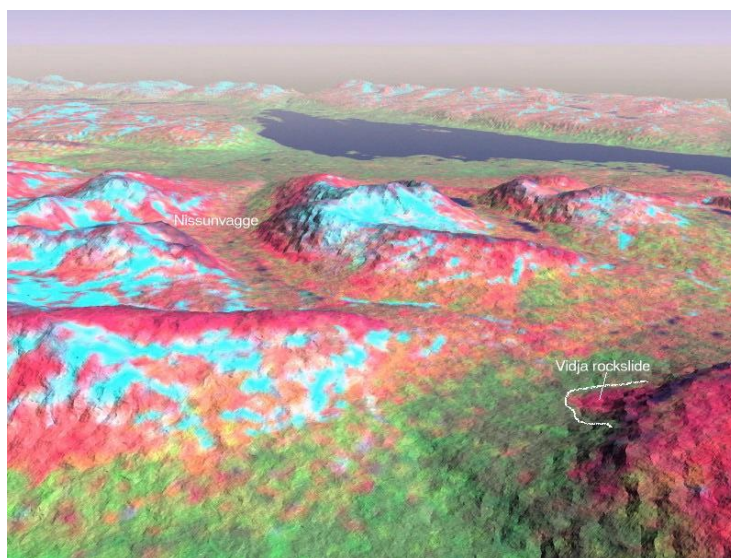


Fig. 5.44. Modelul digital de altitudine al terenului din zona „Torneträsk”, Suedia [118]

5.3.4.3. Elveția

Tehnologia cea mai des folosită în această țară pentru monitorizarea fenomenelor de instabilitate este GPS, datorită avantajelor sale: precizie ridicată, funcțional indiferent de condițiile meteo, nu necesită vizibilitate între puncte etc.. Totodată, dinamica lentă asociată cu mișcările geotehnice (mm/an până la cm/zi) nu impun achiziția datelor foarte frecventă. De obicei, la asemenea aplicații, sunt

adevrate intervale de 15 – 30 minute între sesiunile de măsurători pentru a observa posibilele mișcări lente ale terenului (Fig. 5.45.) sau anumite tendințe.

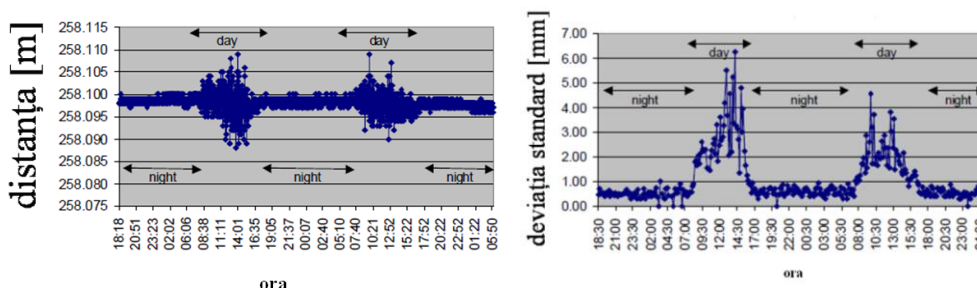


Fig. 5.45. Măsurători de distanțe cu laserul ziua/noaptea (necorectate) – stânga și deviația standard ziua/noaptea [87]

Tendința este de a se trece la o monitorizare complexă, prin combinarea măsurătorile GPS cu alte tehnologii moderne precum scanarea laser sau stațiile totale motorizate, avându-se în vedere beneficiile:

- pentru măsurarea deplasărilor relative: lățimea crăpăturilor; poziția/distanța unui versant sau a unei construcții față de un punct de referință din zona studiată; [87]
- pentru determinarea deplasărilor în coordonate absolute în rețeaua GPS creată: minimizarea dezavantajului GPS dat de limitarea vizibilității spre sateliți din cauza vegetației prea dese sau anumitor obstacole; măsurarea facilă a cotelor utilizând scannerul laser terestru ce oferă o precizie bună în acest domeniu, spre deosebire de precizia GPS-ului care este mai mică la măsurătorile altimetrice decât la cele planimetrice.

5.3.4.4. Portugalia

Zona urbană a județului „Almada”, din aria metropolitană a Lisabonei, a cunoscut o creștere semnificativă. Totuși, au existat câteva exemple de planificare a teritoriului în zone cu caracteristici geotehnice slabe, și un număr de construcții ilegale, care au întrerupt evoluția geomorfologică naturală, creând astfel posibilitatea apariției anumitor hazarduri care să afecteze atât populația cât și proprietățile din zonă. În plus, planul actual municipal de dezvoltare a „Almadei” nu a luat în considerare informațiile geologice și geotehnice. [34]

Ca urmare, o echipă de specialiști a demarat un proiect de cercetare cu scopul de a întocmi o serie de hărți geologice inginerești, ca parte a bazei de date spațiale geo-științifice, care să fie disponibile pe internet potențialilor utilizatori. Această bază de date trebuia să includă mii de rezultate obținute în urma testelor „in situ” și de laborator. Informațiile au fost integrate în sistemul informatic geografic (Fig. 5.46.) denumit „GEO-ALMADA” (SIGEO-ALMADA). [34]

Dezvoltarea sistemului informatic geografic „GEO-ALMADA” a avut ca obiectiv determinarea caracteristicilor terenurilor pentru a le asigura destinația corectă, bune de construit, zone improprie etc.. Manipularea și analiza spațială a informațiilor în acest sistem au permis crearea unor hărți geologice inginerești în format digital la scara 1:10.000 care conțin formațiunile geologice, potențialul de producere a alunecărilor de teren și al fenomenelor de eroziune și aveau scopul de a facilita adoptarea strategiilor viitoare de planificare a teritoriului. Produsul final a

constat într-o hartă inginerescă cu zonarea geologică a zonei, care arată principalele restricții geotehnice pentru dezvoltarea urbană.

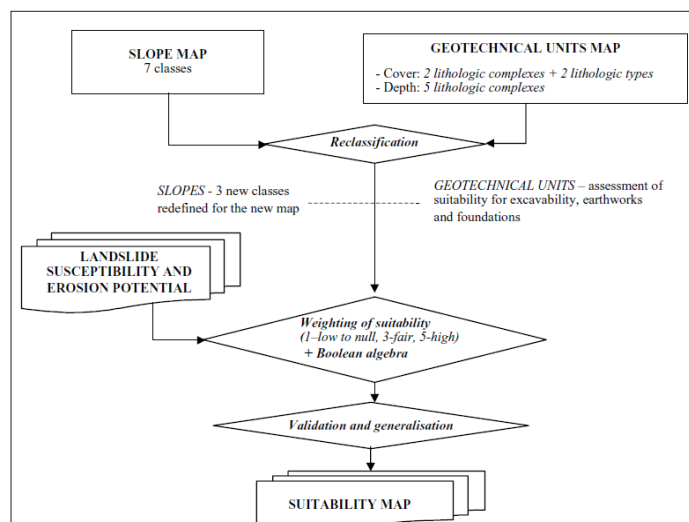


Fig. 5.46. Schema metodologiei folosite pentru întocmirea hărții care să permită amplasarea adecvată a construcțiilor [34]

Primul pas a constat în constituirea unor baze de date care să lege caracteristicile geotehnice și geologice de geometria elementelor din hărți și informațiile atributive asociate. Astfel, banca de date putea fi interogată, cu obținerea unor informații precum litologia, tectonica, caracteristicile geotehnice și date provenite din investigații de teren, actualizată și extinsă pe măsură ce date noi deveneau disponibile. A fost creată, inclusiv, o legătură cu o altă bază de date ce avea la dispoziție datele din forajele efectuate în județ și caracteristici calitative ale apei. GEO-ALMADA a venit ca o completare a SIG-ului urban al orașului „Almada” numit (SIGMA), adăugându-i acestuia informații specifice geo-științelor.

O etapă importantă în implementarea acestui SIG a constat în colectarea informațiilor geologice și geotehnice specifice zonei studiate și pregătirea hărților digitale tematice la scara 1:5.000:

- hartă a versanților (derivată din modelul digital al terenului) care utilizează 7 clase de pante ale acestora (0 – 2%, 2 – 5%, 5 – 8%, 8 – 15%, 15 – 30%, 30 – 50% și >50%) pentru a determina legăturile dintre panta versanților și procesele de alunecare sau eroziune – principalul hazard geologic care trebuia monitorizat în județul „Almada”;
- hartă cu diversitatea litologică și tectonică;
- hărți de inventariere a zonelor afectate de alunecări de teren și fenomene de eroziune;
- hartă de localizare a foraje și zonelor investigate.

Programul specializat GeoMedia Professional produs de Intergraph a fost folosit pentru analiza extinsă a seturilor de date spațiale, manipularea fișierelor și hărților digitale pentru a genera hărți noi (hartă a condițiilor geotehnice, hartă a zonelor cu potențial de producere a fenomenelor de instabilitate și eroziune) și o hartă de sinteză (zone indicate pentru a fi construite).

Harta ce cuprindea condițiile geotehnice a fost una din primele hărți generate și s-a bazat pe corelațiile stabilite între investigațiile din teren și rezultatele obținute în laborator (determinarea parametrilor geotehnici), pe caracteristicile geotehnice ale succesiunii litologice și variația acestora în suprafață și la adâncimi mari. Prin combinarea datelor succesiunii litologice cu cele referitoare la pantele versanților, împreună cu reclasificarea și categorisirea diferitelor atribute, au fost produse și celelalte 2 hărți, și anume: zonarea potențialului de producere a alunecărilor de teren și zonarea potențialului de producere a fenomenului de eroziune. Aceste hărți au fost validate prin comparația directă cu hărțile de inventariere existente.

Pentru a interoga și face datele spațiale accesibile atât specialiștilor în științele pământului, cât și publicului larg, și pentru a facilita accesul la acestea, dezvoltatorii SIG-ului au folosit pentru hărți un cadru cunoscut de culori (culorile semaforului), o terminologie standard și au adoptat sistemul internațional de unități de măsură.

Acest proiect reflectă strânsa colaborare dintre comunitatea științifică portugheză și societate, iar metodologia de realizare a proiectului a fost una generală pentru a putea fi implementat și în alte regiuni din lume. Printre avantajele acestui SIG se numără: revizuirea planurilor de folosință a terenurilor, planificarea teritoriului cu luarea în considerare a condițiilor geologice și geotehnice, asigurarea dezvoltării durabile și managementul regiunii „Almada”, promotor pentru derularea altor studii în domeniul științelor pământului. Un alt avantaj important este reprezentat de reducerea costurilor investigațiilor de teren necesare pentru dezvoltarea urbană a zonei respective, deoarece datele spațiale vor fi disponibile, având o precizie ridicată. [34]

5.3.4.5. Italia

În această țară, tendința cea mai pronunțată este de a realiza hărți de inventariere a alunecărilor de teren deoarece sunt surse importante de informații privind zonele predispuse la fenomene de instabilitate și estimarea pagubelor produse de hazarduri. [28] Ele au o semnificație aparte deoarece, dacă sunt corect întocmite, înseamnă că sunt complete și oferă date despre fiecare factor care a dus la producerea unei alunecări de teren, spre exemplu precipitațiile atmosferice, producerea cutremurelor, topirea rapidă a zăpezii de pe un versant.

Pornind de la premisele dezvoltării durabile și având în vedere reducerea riscului de dezastre, în Italia a fost implementat **proiectul „SLAM”** (Serviciul pentru monitorizarea alunecărilor de teren) care a avut drept scop dezvoltarea unor produse pentru predicția alunecărilor de teren care să fie la îndemâna instituțiilor ce se ocupă cu managementul riscului de dezastre hidro – geologice. În cadrul acestui proiect, finanțat de Agenția Spațială Europeană, metodele tradiționale de cartare și monitorizare a masivelor de pământ au fost combinate cu aplicațiile teledetecției satelitare, apoi integrate într-un SIG. [42]

Inițial a fost făcut un inventar al alunecărilor de teren active și latente pentru o zonă din munții Apennini de Nord, bazinul râului Arno, pe o hartă la scara 1:10.000, iar apoi au fost procesate 350 imagini SAR de la satelitul ERS1/2 ale aceleiași zone. Acest pas a urmărit determinarea morfologiei și caracteristicilor terenului, versanții abrupti, vegetația și disfuncționalitățile în sistemul de drenare a apelor de pe versanți, aceștia fiind factori declanșatori ai fenomenelor de alunecare. Produsul final a constat într-o hartă a deformațiilor pentru zonele instabile (Fig. 5.47.). [43]

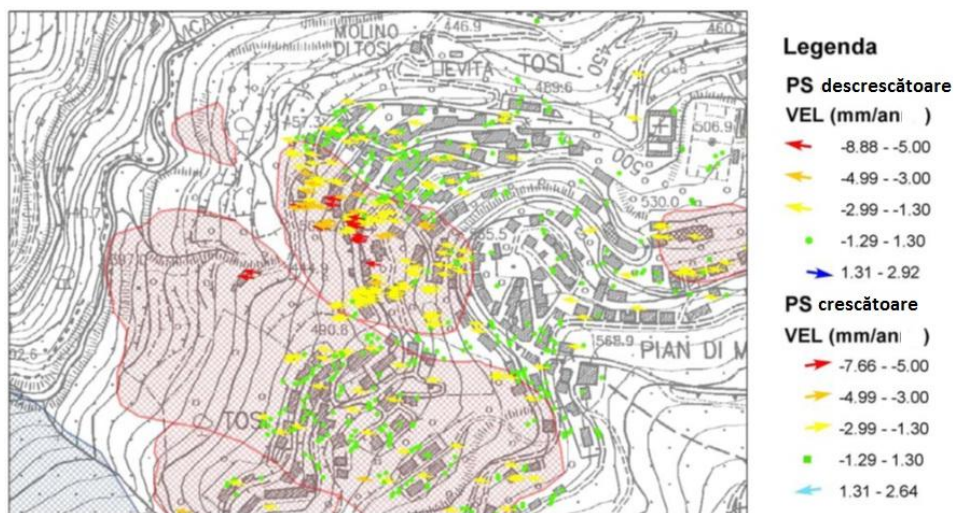


Fig. 5.47. Hartă de inventariere a alunecărilor de teren din zona Arno, viteza deplasărilor [43]

Predicția evoluției fenomenelor de instabilitate se poate face doar cunoscând date dintr-o monitorizare permanentă, pe termen lung. Astfel, monitorizarea zonei s-a făcut printr-un sistem integrat cu o abordare care combină tradiționalele măsurători „in situ” cu informațiile provenite din interferometria radar (Fig. 5.48.).

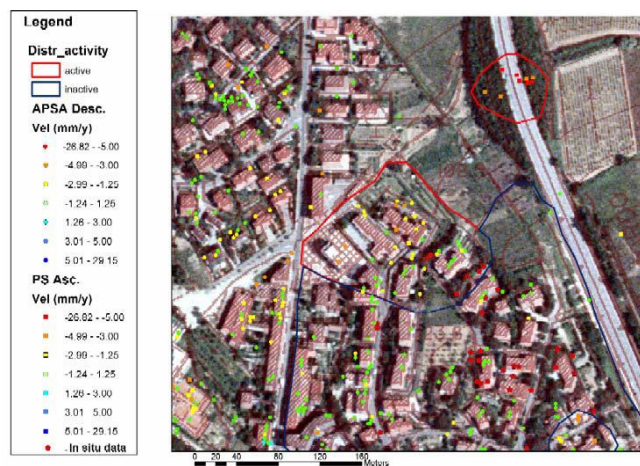


Fig. 5.48. Determinarea deplasărilor prin măsurători „in situ” și InSAR pentru zonele instabile din satul „Casalino”[42]

Produsul final al unei astfel de abordări a constat într-un raport pentru fiecare dintre situările monitorizate, care includea o modelare geologică a fenomenului, obținută prin integrarea datelor de monitorizare („in situ” și InSAR) cu caracteristicile geologice – geomorfologice ale terenului.

Datele furnizate au fost utile pentru evaluarea temporală a deformațiilor, subliniind tendințele de accelerare sau decelerare a acestora, au permis

diferențierea clară a zonelor instabile de cele stabile și o mai bună înțelegere a modelului geologic al deplasărilor, atât a cinematicii cât și a posibilei evoluții a lor (Fig. 5.49.). [42], [43]

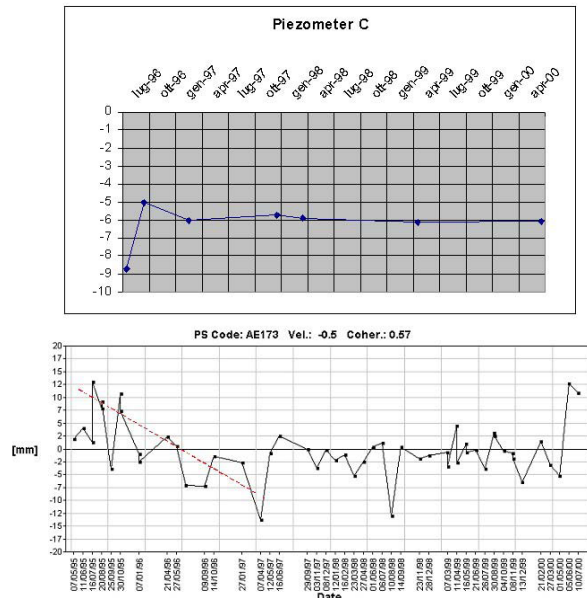


Fig. 5.49. Deplasările măsurate cu piezometre și tehnologia InSAR în zona „Casalino” [42], [43]

Hărți geologice și de mediu pentru golful „San Fruttuoso”

Valoarea peisajului și a patrimoniului cultural din această zonă este imensă, dar este supusă riscului de hazarduri. Golful „San Fruttuoso” prezintă toți factorii declanșatori ai curgerilor de debris: versanți, caracterul abrupt al cursurilor de apă, colmatarea albiilor râurilor și ploii torențiale. Aceste fenomene pot fi comparate cu cele tipice mediului alpin, luând în considerare geometria, magnitudinea și caracteristicile depozitelor sedimentare. Alunecările de teren și inundațiile sunt alte hazarduri naturale care pot avea loc în zona golfului. [41]

Studiul pentru această zonă, care a constat în redactarea hărților de risc la diferite hazarduri, a fost demarat deoarece autoritățile aveau nevoie de mijloace prin intermediul cărora să asigure managementul teritoriului. În cazul golfului „San Fruttuoso” a fost cu atât mai important, cu cât exista și nevoia de a conserva un patrimoniu natural de talie mondială. [41]

Hărțile realizate în cadrul acestui proiect se bazează pe date geologice, geomorfologice și de mediu care au fost achiziționate folosind următoarele metode: analiza ortofotoplanurilor la scara 1:13.000, investigații geologice în teren, compararea imaginilor vechi cu hărțile existente, analiza granulometrică a probelor de pământ și cercetări subacvatice. [41]

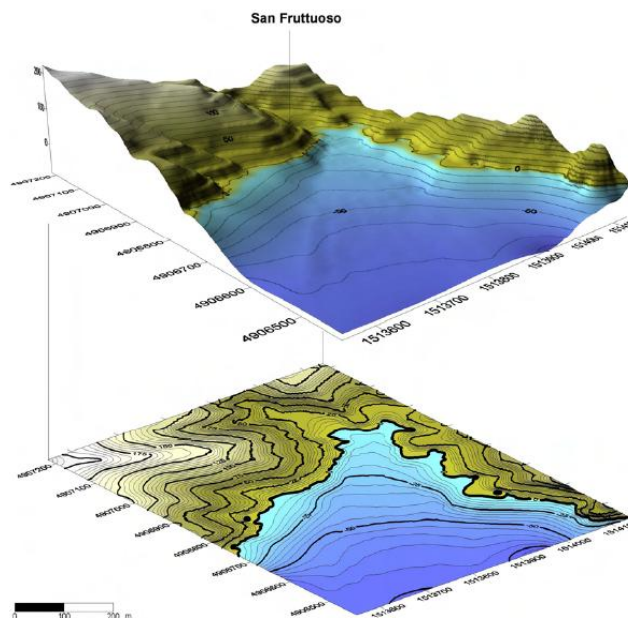


Fig. 5.50. Modelul digital altimetric al terenului din golful „San Fruttuoso” [41]

În concluzie, bazinul de recepție a apei „San Fruttuoso” poate fi considerat un laborator natural unde formațiunile geologice pot fi studiate printr-o abordare interdisciplinară. Această abordare este esențială în identificarea sectoarelor critice și planificarea strategiei pentru reducerea riscului de dezastre o dată cu sporirea valorii așezării umane: aceasta nu poate fi făcută fără a asigura condiții sigure locuitorilor. [41]

Software-ul Corel DRAW 11 a fost utilizat pentru desenarea hărților geologice și de mediu. Modelul digital altimetric (Fig. 5.50.) a rezultat din folosirea curbelor de nivel trasate pe hărțile tehnice regionale și procesate cu programul Golden Surfer 8. Programul GeoMedia a fost folosit ca SIG pentru procesarea tuturor datelor. [41]

SIG și analiză statistică pentru hărți de risc la alunecări de teren în zona „Daunia”

Obiectivul studiului a fost crearea hărților pentru terenurile susceptibile la fenomene de instabilitate din zona „Daunia” (Fig. 5.51.) și a fost atins prin folosirea simultană a unei metode multidimensionale statistice cu procesarea datelor într-un mediu SIG.

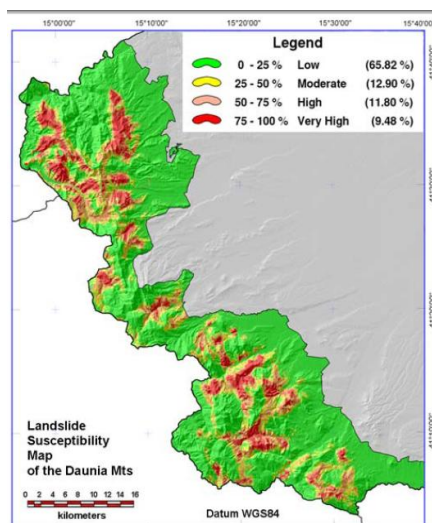


Fig. 5.51. Hartă cu potențialul de alunecare produsă de analiza RL [83]

Metoda regresiei logaritmice (RL) a fost aleasă pentru producerea hărții ce cuprindea terenurile cu potențial de alunecare dintr-o zonă de 130.000ha, în care micile așezări umane sunt amenințate de alunecări de teren. Cu ajutorul analizei RL, tendința de producere a fenomenelor de instabilitate a fost astfel evaluată, prin asocierea unei inventarieri a alunecărilor de teren (variabilă dependentă) cu o serie de factori cauzatori (variabile independente) care au fost gestionați de SIG, în timp ce analiza statistică a fost efectuată cu software-ul SPSS (Pachetul Statistic pentru Științe Sociale). Cu alte cuvinte, managementul și procesarea datelor caracteristice factorilor individuali a fost asigurat de mediul SIG (GeoMedia Professional), iar analiza statistică s-a realizat cu SPSS, după ce datele au fost exportate cu un format potrivit. În urma analizei RL a rezultat o hartă demnă de încredere cu potențialul de alunecare, iar nivelul de probabilitate de producere a alunecărilor a fost împărțit în 4 clase. Per ansamblu, eficiența obținută cu analiza RL a fost evaluată prin comparații locale între presupusa susceptibilitate și un set de date independent, extrapolat din inventarul alunecărilor de teren. [83]

Variabilele dependente proveneau din inventarierea alunecărilor de teren, prin reprezentarea poligoanelor folosind metoda raster, codificând apoi celulele aflate în zonele afectate de alunecări. În analiza RL, celulele moșteneau aceste atribute, asigurând informații despre prezența sau absența fenomenului de alunecare pe o zonă de 40m². Urma recombinația coeficienților folosind anumite sisteme de ecuații, iar predispoziția la fenomene de instabilitate a zonei studiate era computerizată și finalizată cu o hartă de risc. [83]

Harta cu potențialul de alunecare întocmită prin acest procedeu constituie un pas înainte în managementul hazardului dat de alunecările de teren din zona „Daunia”. Metodologia RL a demonstrat că este un instrument potrivit pentru analiza relațiilor dintre producerea alunecărilor de teren și factorii cauzali. Un asemenea rezultat provine din examinarea coeficienților de regresie care determină influența factorilor cauzali în declanșarea fenomenului studiat. [83]

afectate au scăzut cu 39%. Aceste informații sunt importante pentru specialiștii din domeniu interesați de statisticile referitoare la zonele afectate de fenomene de instabilitate și au implicații în evaluarea consecințelor produse de hazardul dat de alunecările de teren și în predicția acestor fenomene. În final, DEM 2 a fost comparat cu DEM 10 pentru a stabili corectitudinea și precizia celor 2 reprezentări digitale ale zonelor afectate de alunecări de teren. Rezultatele au arătat că, datorită rezoluției mai mari a DEM 2, acesta conținea o topografie mai complexă decât modelul grosier DEM 10. [2]

Monitorizarea alunecărilor de teren folosind tehnicile de scanare laser terestră și fotogrammetrie digitală

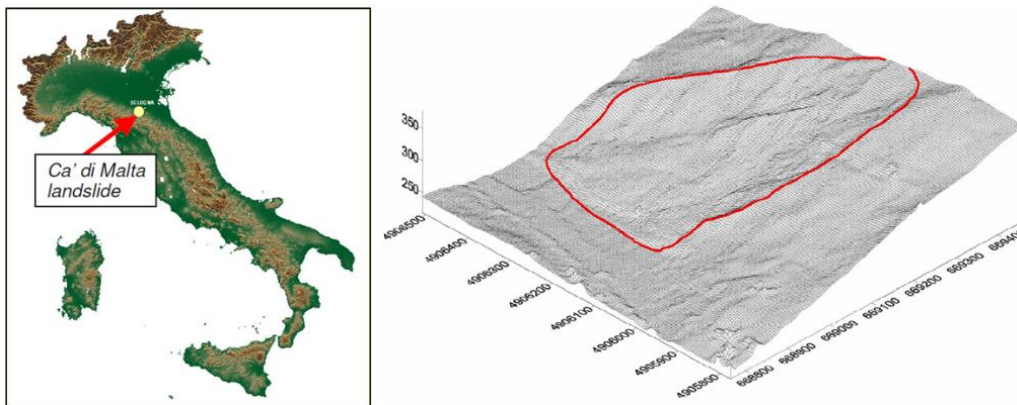


Fig. 5.53. Localizarea geografică și forma alunecării de teren

Încă de la începutul anilor 2000, specialiștii italieni erau preocupați de generarea suprafețelor de alunecare în spațiul 3D. Astfel, tehnicile fotogrammetrică și de scanare laser terestră au fost aplicate și comparate în studiul alunecării de teren „Cà di Malta” localizată în orașul „Vergato”, în apropierea de Bologna, ilustrată în figura 5.53.. Zona afectată este de 40.000m² și aparține munților Apennini de Nord, pe versantul estic din valea râului Reno, ce are o înclinare de 13 grade.

În acest sens, s-a dispus de un set de fotograme aeriene ale zonei respective preluate în anul 2000, apoi s-au realizat 2 sesiuni de scanare laser, prima în mai 2001 și cea de-a doua în aprilie 2004, pentru a evidenția strategiile de monitorizare, importanța procesării datelor din scanare și rezultatele din studiul comparativ preliminar.

În urma zborului de aerofotografiere s-a realizat modelul digital al terenului cu o echidistanță de 2m (Fig. 5.54.).

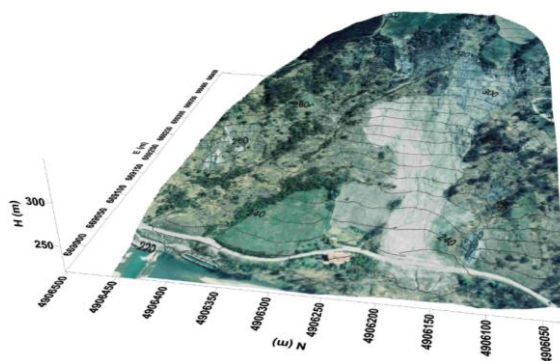


Fig. 5.54. Vedere în perspectivă tridimensională a alunecării studiate

Analiza rezultatelor între modele digitale din 2001 și 2001 nu a evidențiat mișcări semnificative în teren (Fig. 5.55. A). Schimbările topografice majore au fost vizibile pe hărțile generate cu suprapunerile între modelele 2004 – 2000 și 2004 – 2001. Figurile 5.55. B și C arată că valorile negative (tasările) au fost înregistrate pe panta cea mai abruptă și în mijlocul corpului alunecării, iar valorile pozitive s-au localizat în zonele cele mai degradate, dar acestea nu corespundeau cu poziția teoretică, și anume, piciorul alunecării. De asemenea, s-au făcut simțite lucrările de stabilizare efectuate.

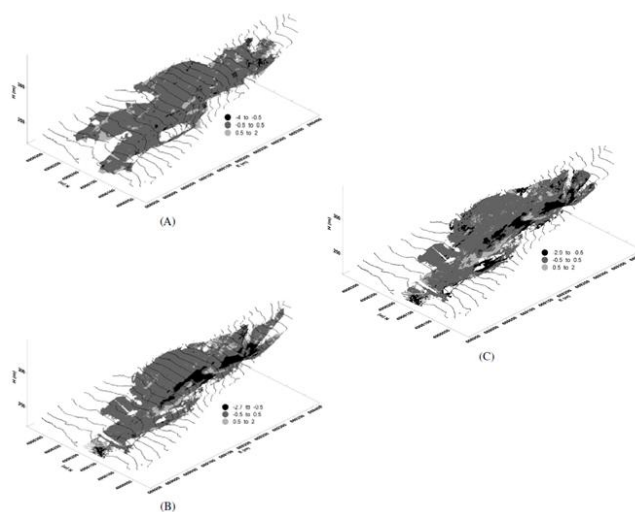


Fig. 5.55. Diferențe de nivel între modelele digitale ale terenului obținute fotogrammetric și prin scanare laser terestră indicate în metri prin valori diferite de gri, A) 2001 – 2000; B) 2004 – 2000; C) 2004 – 2001.

Sesiunile de scanare laser terestră realizate în cadrul acestui studiu au demonstrat capacitatea acestei tehnologii de a fi folosită în procesul de investigare a alunecărilor de teren, constând într-o soluție rapidă și eficientă de a produce, într-un mod economic și precis, modele digitale ale terenului. Mai mult decât atât, în contrast cu măsurătorile clasice, nivelul de detaliere este foarte mare și nu trebuie aleși anumiți reperi pentru a fi monitorizați.

5.3.4.6. Serbia

Municipalitatea „Ub” este situată în Serbia centrală, în districtul „Kolubara”, se întinde pe 456,14km² și, în urma recensământului din 2002, avea 32.104 locuitori.

Ideea principală a proiectului implementat aici a fost determinarea și analiza zonelor cu potențial de instabilitate de pe teritoriul municipalității „Ub”, aceasta reprezentând principalul factor în alegerea locațiilor și planificarea categoriilor de folosință ale terenurilor, precum și în stabilirea gradului de concentrare a structurilor fizice și infrastructurii. Acest tip de analiză este întotdeauna necesar strategiei pentru dezvoltarea spațială a unor teritorii. Cerința proiectului a fost analiza factorilor relevanți ce duc la apariția proceselor de alunecări de teren, stabilirea ariei de răspândire a acestora pe teritoriul municipalității „Ub” și discutarea posibilelor consecințe în cazul în care procesele de alunecare se intensifică. [39]

Selectarea zonelor cu potențial de producere a alunecărilor de teren pe teritoriul municipalității „Ub” s-a desfășurat în etape: s-a studiat literatura existentă pentru zona cercetată, s-au analizat hărțile geologice existente, s-au făcut interpretări ale hărților topografice (analize geomorfologice cantitative), cercetarea terenului, analiza în laborator și la birou a datelor colectate. După analiza amănunțită a hărților geologice și topografice, s-au conturat anumite zone periculoase, excluzând toate acele suprafețe cu o petrografie și structură stabilă, deci unde nu exista riscul declanșării acestui tip de procese geomorfologice. Testarea zonelor afectate de procesele de instabilitate a fost efectuată pe teren, împreună cu cartarea și vizitarea alunecărilor de teren produse recent și a versanților afectați de fenomenul de eroziune (Fig. 5.56.). [39]

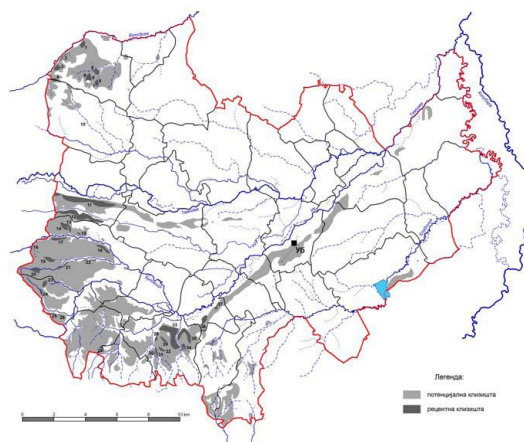


Fig. 5.56. Hartă realizată cu programul GeoMedia pentru fenomenele de eroziune apărute pe partea dreaptă a văii râului „Reka” [39]

Cercetarea condițiilor naturale de riscuri de pe teritoriul municipalității „Ub” reprezintă baza necesară în analiza elementelor și cauzelor proceselor de alunecare din zona studiată. Având în vedere o analiză complexă a condițiilor de riscuri naturale care duc la apariția alunecărilor de teren pe anumite teritorii, a fost necesar să se ia în considerare acțiunile multiple ale diversilor factori, atât naturali cât și antropici. Prin definirea tuturor factorilor mai sus menționați și a cercetărilor din

teren, toate zonele municipalității „Ub” cu risc de producere a fenomenelor de instabilitate au putut fi reprezentate pe hartă.

Această abordare prezintă o importanță deosebită în dezvoltarea strategiei de management pentru reducerea riscului de dezastre, în care intră definirea utilității terenurilor, prevenirea degradării mediului etc. Totodată, cercetarea întreprinsă în acest scop poate fi extrapolată tuturor activităților economice din domeniul construcțiilor – alegerea zonelor în care să fie amplasate construcții rezidențiale, industriale, dezvoltarea infrastructurii, lucrări hidrotehnice – precum și autorităților locale pentru planurile de dezvoltare regională.

Pentru o evaluare corectă a gradului de degradare a unui anumit teritoriu, și anume limitarea folosinței și dezvoltării sale, și pentru o planificare optimă a respectivului teritoriu, este necesar să se monitorizeze, prin metode specifice topografiei, riscul la anumite dezastre.

Cu aceste cunoștințe rezultate în urma cercetărilor îndelungate, au putut fi întocmite hărțile de risc la alunecări de teren, folosind pachetul de programe GeoMedia datorită avantajelor sale (suportă stabilirea unor conexiuni dinamice și ierarhice între straturi, ceea ce înseamnă că o schimbare făcută pe orice strat aflat la nivel inferior va produce schimbări în straturile din nivelele superioare aferente și oferă posibilitatea suprapunerii straturilor cu conținuturi aparținând unor sisteme de coordonate diferite), pe baza cărora se pot face previziuni cu privire la apariția și consecințele proceselor de instabilitate și dezvolta planuri de acțiune pentru protecția locuitorilor.

Luând în considerare factorii de influență: configurația terenului natural (pantei), caracteristicile fizico – mecanice ale straturilor de teren cu potențial de alunecare, precipitațiile abundente din perioada de primăvară și toamnă, intervențiile antropice, realizarea construcțiilor pe terenuri în pantă, autoritățile locale din Serbia au conștientizat importanța întocmirii hărților de risc în adoptarea deciziilor pentru depistarea în timp util a zonelor cu potențial de alunecare și prevederea de soluții pentru stabilizarea acestora conducând, în final, la diminuarea distrugerilor materiale și pierderilor de vieți omenești.

5.3.4.7. Marea Britanie

Potențialul scannerului laser terestru de evaluare a deplasărilor produse de alunecările de teren a fost examinat prin aplicarea unui test pe un site din nordul Marii Britanii – Northumberland, un terasament de autostradă modernă, A69 (Fig. 5.57.).



Fig. 5.57. Terasamentul „Haltwhistle” (capătul vestic)

Măsurătorile au fost efectuate cu scanerul laser HDS2500, predecesorul ScanStation C10, ce asigură o precizie de $\pm 6\text{mm}$ și oferă vizibilitate până la 50m. Terasamentul a fost construit în anul 1997 pentru podul necesar ca autostrada A69 să traverseze calea ferată și un drum mai puțin important, are aproximativ 15m înălțime și un gradient de pantă relativ de 30°. Zona studiată se întinde pe aproape 100m în partea estică a podului. [92]

Scanările au fost realizate la sfârșitul lunii octombrie și la mijlocul lunii decembrie 2007, deoarece s-a dorit a se face o analiză a influenței vegetației și schimbărilor sezoniere, în luna octombrie vegetația fiind prezentă, pe când în decembrie aceasta era uscată. Scopul principal al monitorizării a fost acela de a afla dacă terasamentul prezenta deformații și dacă acestea puteau fi determinate precis utilizând tehnologia laser terestră. [92]

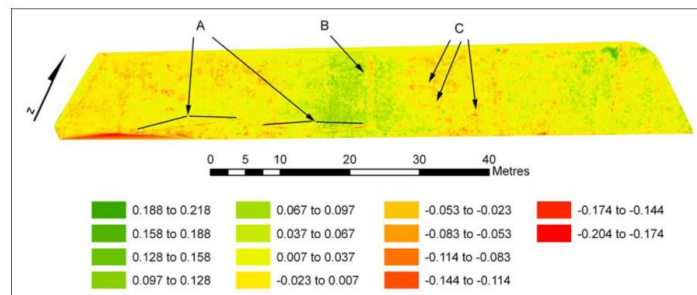


Fig. 5.58. Diferențe de nivel (m) înregistrate, iulie 2007 – martie 2008 [92]

Nu s-au înregistrat deformații majore pentru partea de sud a terasamentului din rezultatele măsurătorile realizate în iulie 2007 și martie 2008, însă câteva diferențe minore au fost vizibile (figurile 5.58, 5.59.):

- elementele liniare notate A se referă la dispozitive de scurgere ale apelor executate cu câteva săptămâni înainte de măsurătorile din martie 2008;
- elementele notate B subliniază apariția fenomenului de eroziune în partea centrală, fenomen ce fusese observat și vizual pe teren;
- elementele C reliefează schimbări negative minore apărute de la un capăt la celălalt al terasamentului, cel mai probabil datorate deplasării/cedării lente a pământului. [92]

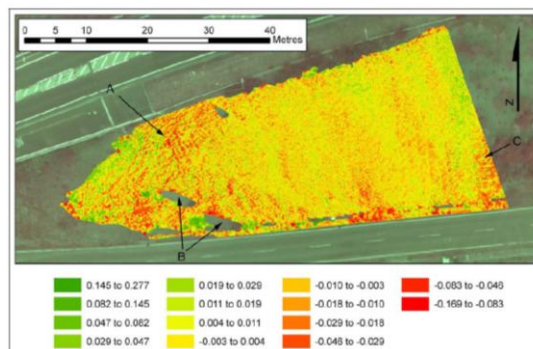


Fig. 5.59. Diferențele de nivel (m) determinate, octombrie – decembrie 2007 [92]

În total, 12 scanări au fost efectuate din 4 puncte de stație diferite pentru o acoperire uniformă a terasamentului. Rezultatele au confirmat potențialul tehnologiei de scanare laser terestră pentru evaluarea stabilității terasamentelor, dar au și evidențiat câteva limității practice, o problemă întâmpinată la scanare fiind vegetația. [92]

5.4. Situația actuală pe plan național

După cum am mai precizat, condițiile geologice și fizico-geografice situează România în categoria țărilor cu potențial ridicat de producere a unor fenomene de instabilitate, în special, a alunecărilor de teren. Ariile cu potențial ridicat în ceea ce privește probabilitatea de declanșare a unor alunecări de teren sunt legate de condițiile de relief, fiind situate în cea mai mare parte în zonele subcarpatice ale țării noastre, și de abundența precipitațiilor căzute în ultimii ani, care a favorizat declanșarea și extinderea alunecărilor pe mari suprafețe de teren agricol. Prin procesul de alunecare a terenului, au avut de suferit nu numai suprafețele agricole, ci au fost avariate și distruse sute de construcții în vetre de sat sau orașe, s-au produs numeroase degradări de șosele, căi ferate, au fost afectate obiective industriale și construcții hidrotehnice. [90]

Datele obținute prin monitorizarea fenomenelor de instabilitate constituie o sursă de informații foarte utilă pentru completarea bazei topografice și cartografice existente și este necesară pentru a se putea urmări comportamentul în timp al versanților. Totodată, monitorizarea unor zone predispușe la alunecări de teren este esențială pentru reducerea riscului la aceste hazarduri.

Zonarea potențialului de producere a alunecărilor de teren și asigurarea stabilității versanților reprezintă premisele de la care se pornește atunci când este vorba despre managementul alunecărilor de teren. În acest sens, autoritățile locale (Fig. 5.60.) în colaborare cu un număr mare de specialiști au realizat diferite hărți care să pună în evidență susceptibilitatea la fenomenele de instabilitate.

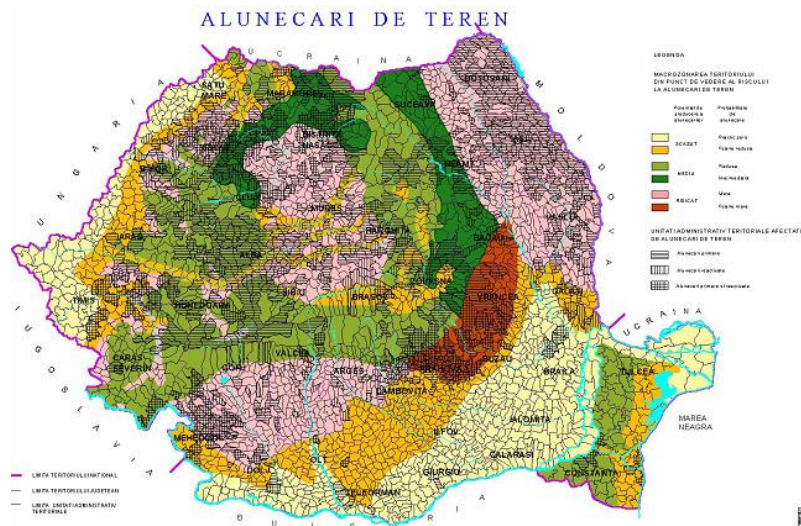


Fig. 5.60. Zone de risc natural la alunecări de teren [143]

Procesele legate de circulația apei pe versant (eroziune, transport, sedimentare, alunecări de teren și curgeri de noroi) sunt dominante, la noi în țară, în Carpații și Subcarpații de Curbură (Fig. 5.61.).



Fig. 5.61. Procese de deplasare în masă în Subcarpații Buzăului (Curgerea de noroi de la Cuculești, iulie 2003) [8]

S-au înregistrat alunecări de teren în Județul Cluj, zonele cele mai predispuse la alunecări de teren fiind Cojocna, Feleacu, Petreștii de Jos și Cristur, precum și o suprafață de teren alunecată care se află situată în partea de sud-vest a Municipiului Cluj-Napoca, cartierul Mănăstur. Această suprafață de teren s-a degradat prin procesul de alunecare a terenului și prin depozitarea necorespunzătoare a deșeurilor menajere în vecinătatea apelor curgătoare din perimetrul orașului Cluj-Napoca (Fig. 5.62.). Degradarea terenului prin alunecare s-a produs în primăvara anului 2005, ca urmare a cantităților mari de precipitații căzute, a rețelelor de canalizare colmatate de pe marile artere ale Clujului și a trotuarelor nereparate. În aceste condiții, șuvoaiele de apă de pe străzi, în urma ploilor torențiale, s-au revărsat în grădinile învecinate străzilor, producând dislocări apreciable de mase de pământ în apropierea pâraielor neregularizate și colmatate cu gunoaie.



Fig. 5.62. Alunecări de teren în județul Cluj

Folosind date de la senzorul TerraSAR – X, deci prin metoda interferometriei (InSAR) s-au monitorizat alunecări de teren în țara noastră, în diferite zone. [104]

Barajul Siriu – zona Siriu (Fig. 5.63.) a fost aleasă ca zonă de test datorită bine-cunoscutelor alunecări de teren. Inițial, monitorizarea s-a concentrat la „Groapa Vântului”, dar după analiza rezultatelor au fost identificate și alte zone cu deplasări semnificative, fără o cunoaștere prealabilă a lor.

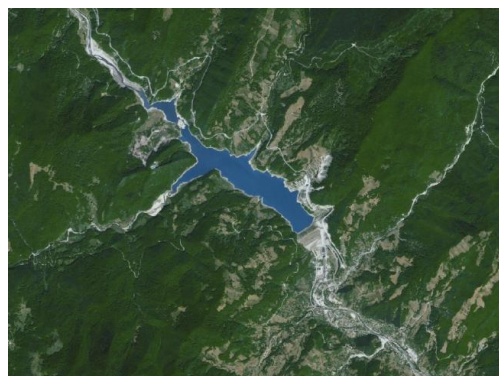


Fig. 5.63. Zona Siriu, județul Buzău, România

Alunecarea de la „Groapa Vântului” s-a declanșat în primăvara anului 2006, iar faza de deplasare rapidă a depozitelor a durat circa o săptămână, interval în care a fost barată chiuveta lacului (Fig. 5.64.).

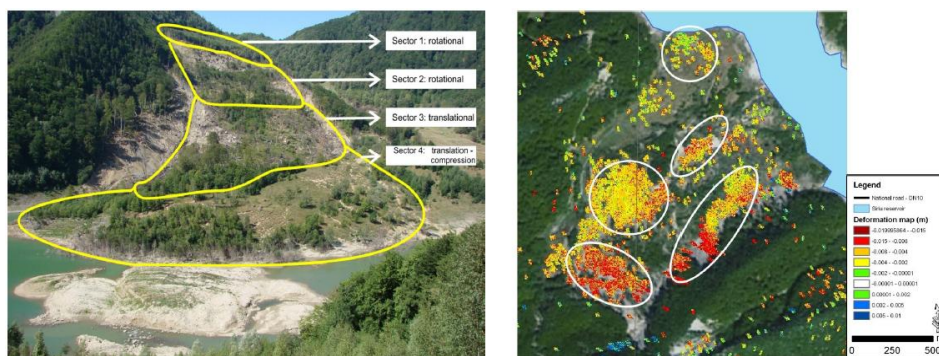


Fig. 5.64. Zona „Groapa Vântului” (stânga – fotografie, dreapta – hartă cu deformații) [104]

Sectorul drumului național DN10: de-a lungul drumului național DN10 a fost detectată o alunecare de teren extinsă cu valori de deplasare variate, de la foarte mici până la extreme (2 cm/11 zile). De asemenea, alunecări de teren proaspete care au avut loc între cele două date de achiziție ale imaginilor radar, au fost detectate prin scăderea nivelului de coerență în zonele alunecărilor (Fig. 5.65.).

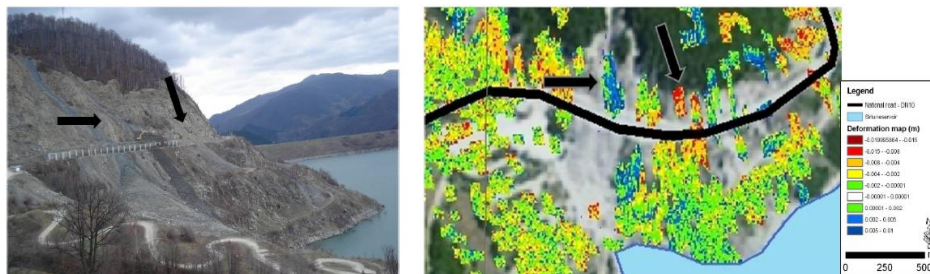


Fig. 5.65. Alunecare de teren afectând DN10 (stânga – fotografie, dreapta – hartă cu deformații) [104]

Sectorul canalului deversor: un caz interesant este reprezentat de canalul deversor, care este prins între două areale cu deplasări convergente ce pot fi considerate un risc pentru stabilitatea și funcționalitatea sa în timp. Pe harta deformărilor, acest lucru este evidențiat de arealele colorate diferit (galben – portocaliu/albastru) care reflectă deplasări cu sens contrar cu viteze de 5 – 8mm /11zile în partea vestică și 3 – 5mm/11zile în partea estică. Partea estică este de asemenea conectată la un versant format din straturi de gresie acoperite de depuneri argiloase instabile a căror mișcare de alunecare măsurată prin interferometrie indică valori relativ ridicate (până la 10mm/11zile, verde/albastru) (Fig. 5.66.).

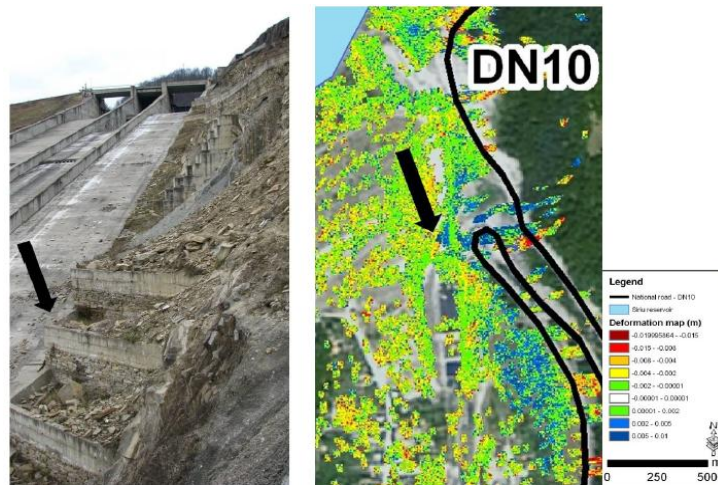


Fig. 5.66. Canalul deversor (stânga) și harta de deformare (dreapta) [104]

Sectorul baraj – colonie: din măsurătorile interferometrice se observă o mișcare ușoară de subsidență a barajului și a întregii zone în aval de baraj, aproximativ până la confluența cu pârâul Cașoca, cu viteze de deformare 2 – 5mm/11zile. La sud de pârâul Cașoca, satul Siriu apare ca zonă stabilă, de aceea a și fost luat ca zonă de referință pentru calculul hărții de deformare (Fig. 5.67.).



Fig. 5.67. Harta deformațiilor în zona barajului și a satului Siriu [104]

Produsul final a constat în obținerea hărții de deformații pentru toată zona Siriu (Fig. 5.68.).

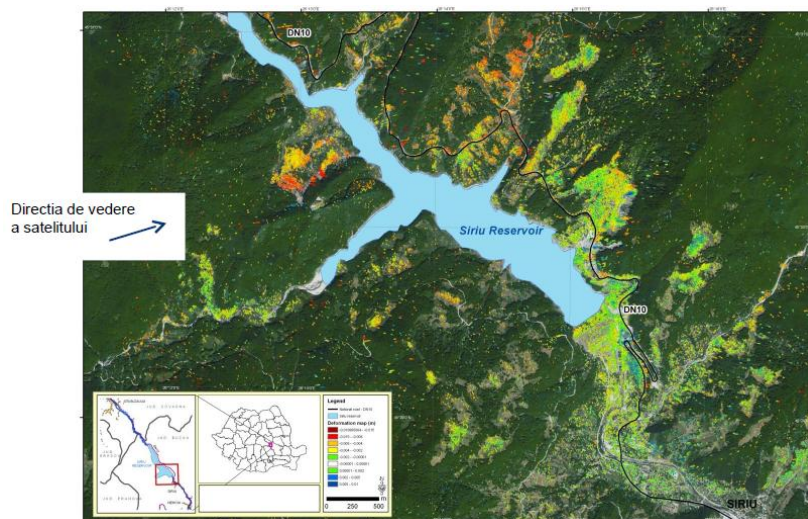


Fig. 5.68. Harta deformațiilor incluzând toată zona Siriu [104]

O altă zonă care a fost monitorizată cu ajutorul tehnologiei InSAR este *București*. A fost creat un model de elevație pe București din date TerraSAR – X (Fig. 5.69.). Rezultatele obținute au fost comparate, pentru un caz particular (Casa Poporului), cu un model 3D disponibil în Google Earth (Fig. 5.70.).



Fig. 5.69. Imagine TerraSAR – X a Bucureștiului

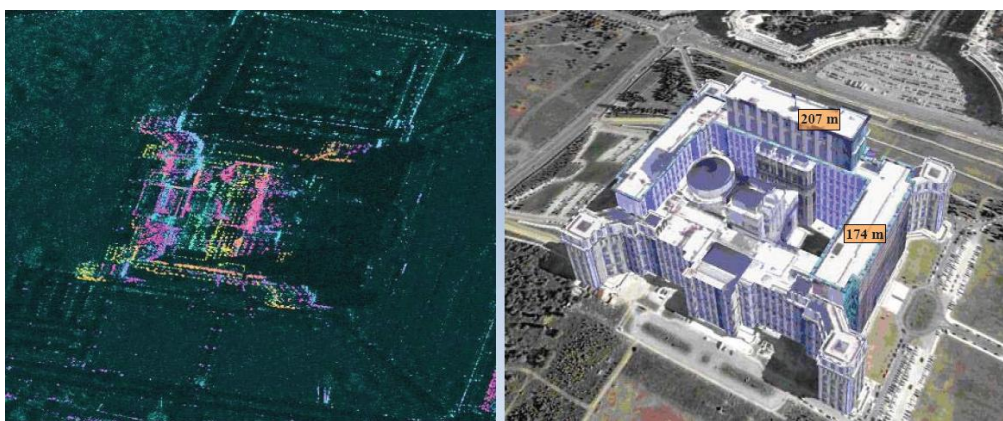


Fig. 5.70. Model de elevație al Casei Poporului Model 3D al Casei Poporului (Google Earth) [104]

Analiza de erori a evidențiat diferite aspecte, dintre care se menționează faptul că pentru o rezoluție bună (sub un metru) este posibilă identificarea și măsurarea directă a unui număr de puncte pentru a testa calitatea datelor, calitatea fazei poate fi calculată și tradusă în eroare topografică, iar ca ultim test de calitate a fost extrasă informația topografică relativă între două zone de pe Casa Poporului. Produsul final a constat în harta deformațiilor (Fig. 5.71.) pe care se pot identifica zone care suferă un proces de tasare.

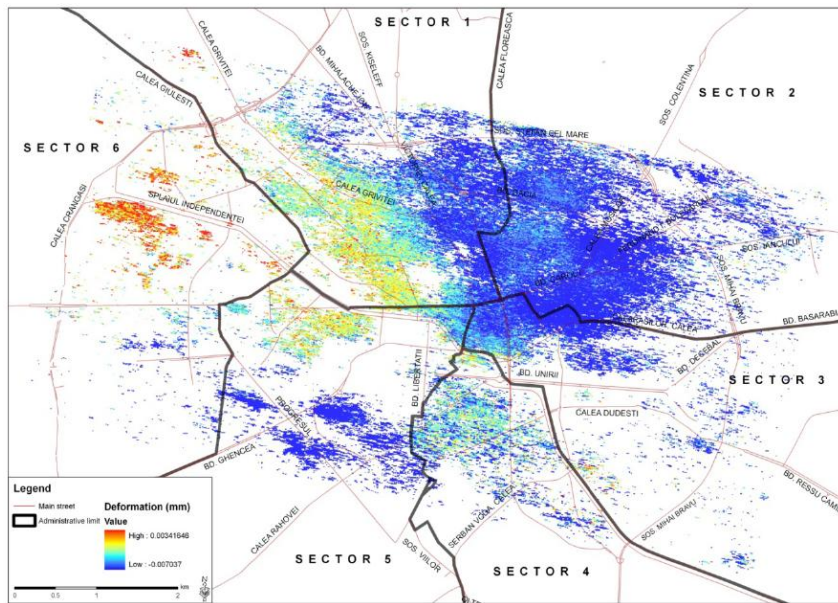


Fig. 5.71. Hartă a deformațiilor pentru București

Scanarea laser terestră se folosește și la noi în țară pentru monitorizarea suprafețelor de teren situate în zone în care au avut loc repetate fenomene de alunecare, având în vedere că în subteran s-au desfășurat în trecut lucrări de exploatare minieră. Un exemplu elocvent îl constituie *salina Slănic Prahova*, județul Prahova (Fig. 5.72.).



Fig. 5.72. Imagine panoramică a zonei monitorizate realizată cu scannerul

Scopul proiectului derulat a fost determinarea volumului de pământ dislocat în urma alunecării și identificarea zonelor în care alunecarea de teren a fost cea mai însemnată.

Colectarea datelor din teren (Fig. 5.73.) a implicat crearea rețelei de sprijin formată din puncte determinate GPS. Scanarea 3D propriu-zisă s-a efectuat cu scanner-ul Leica ScanStation C10, stabilindu-se o rezoluție de măsurare mai mică de 1cm, rezultând un nor de puncte măsurate de aproximativ 23 milioane de puncte, cu o densitate de aproximativ 600puncte/m². Timpul total de colectare a datelor a fost de 13ore.



Fig. 5.73. Colectarea datelor din teren cu scannerul

Modelul digital de referință a fost obținut prin vectorizarea curbilor de nivel (Fig. 5.74.) conținute de cel mai recent plan din zonă.

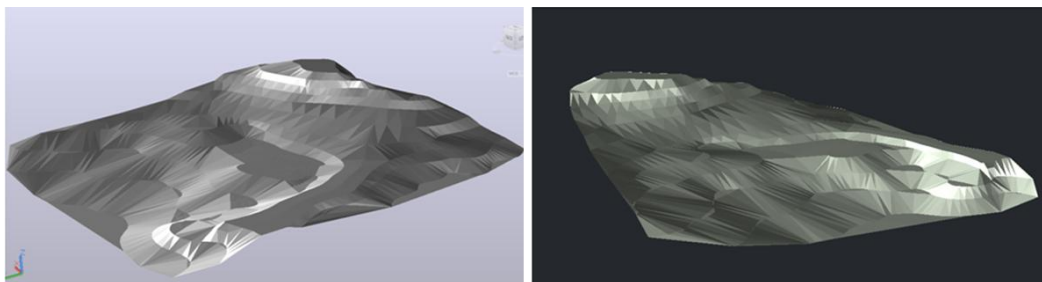


Fig. 5.74. Vectorizarea curbilor de nivel pentru obținerea suprafeței de referință

Modelul digital al terenului scanat (Fig. 5.75.) a fost obținut după utilizarea unui algoritm de filtrare a datelor. Acesta asigură filtrarea norului de puncte de acele puncte care nu sunt relevante pentru crearea suprafeței dorite. Îndepărtarea zgomotului de măsurare și a punctelor nerelevante sunt operațiuni deosebit de importante, care determină acuratețea modelului obținut.

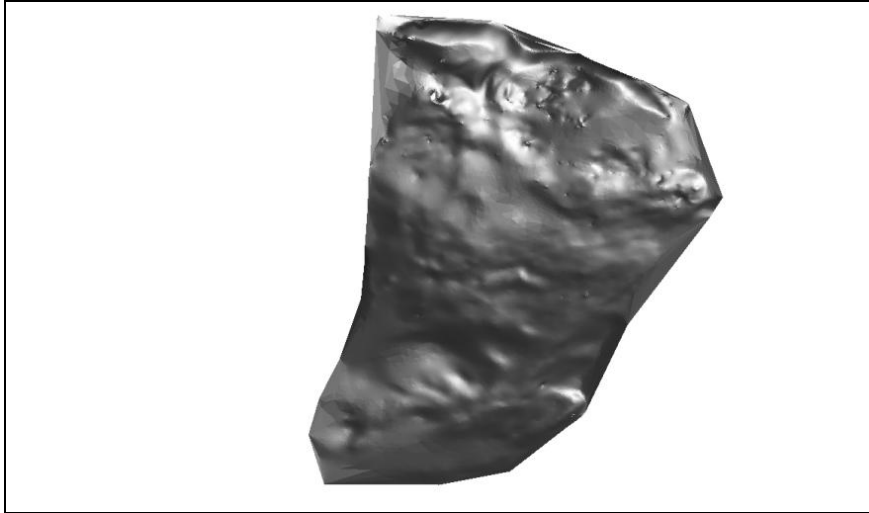


Fig. 5.75. Modelul digital al suprafeței de referință – vizualizare 3D

În cazul de față, au fost utilizate funcții ale programului specializat Cyclone (filtrare pe bază de densitate a punctelor), cât și funcții ale Civil 3D 2012. Acestea determină prin calcul cele mai probabile puncte ale suprafeței terenului și le include în model.

Crearea profilurilor longitudinale prin cele două suprafețe (modelul digital de referință și modelul digital al terenului scanat) s-a realizat pentru ilustrarea diferențelor survenite în urma alunecărilor de teren. Au fost alese direcții din 15 în 15 metri, rezultând un număr de 12 profiluri (figurile 5.76. și 5.77.).

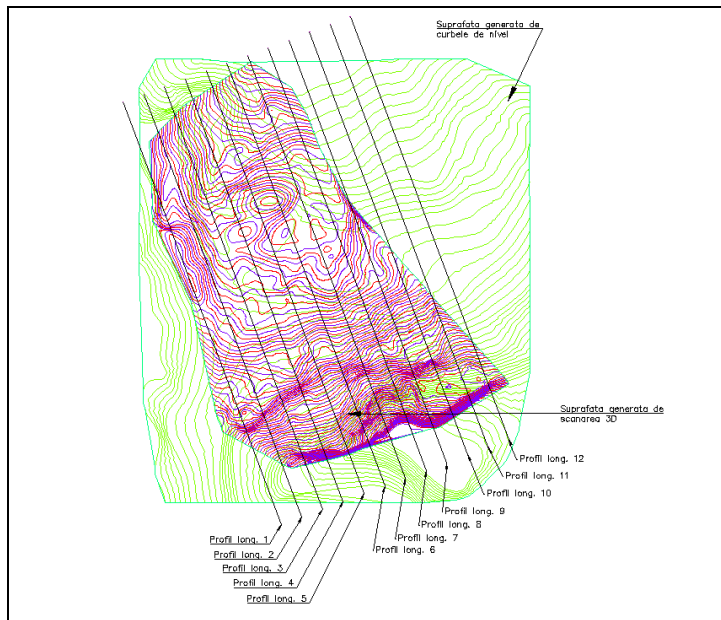


Fig. 5.76. Direcțiile de generare a profilurilor longitudinale

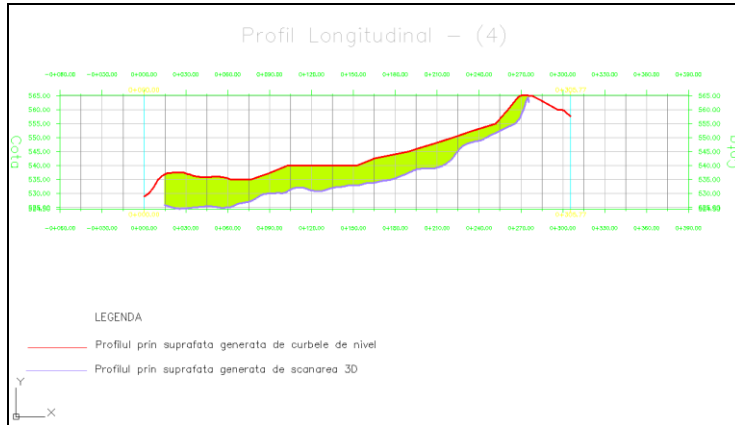


Fig. 5.77. Profil longitudinal prin cele 2 suprafețe

Produsul final a fost procesat și analizat vizual pentru a putea determina deformațiile terenului. Natura deformațiilor și mărimea acestora ilustrate în figura 5.78. au fost evidențiate pentru a fi inspectate vizual și identificate rapid prin intermediul unei analize comparative. Cele mai importante deformații sunt cele simbolizate prin culorile roșu și portocaliu.

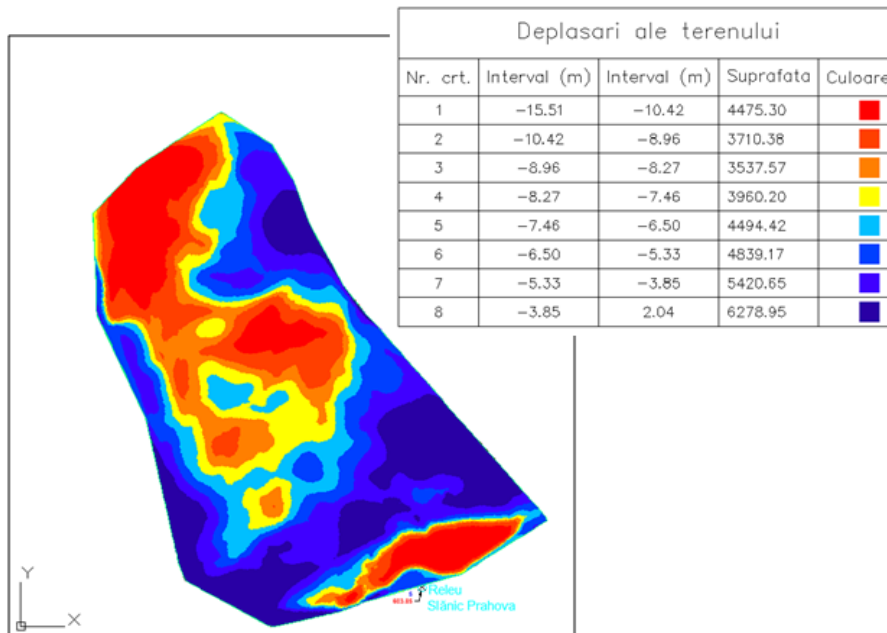


Fig. 5.78. Reprezentarea prin culori a deformațiilor terenului și explicația acestora prin legendă

Preocuparea constantă pentru fenomenele de subsidență în țara noastră este relevată într-un alt studiu de caz, monitorizarea suprafeței Salina Praid prin măsurători topografice, GPS și scanare 3D. Figura 5.79. ilustrează modelele obținute.

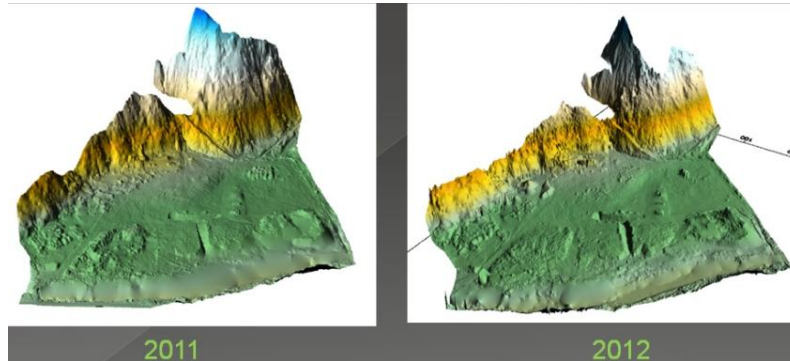


Fig. 5.79. Modelele digitale obținute după procesarea datelor din scanare laser

Salina este situată în localitatea Praid, județul Harghita și a fost urmărită în timp prin 2 cicluri de scanare laser desfășurate în anii 2011 și 2012. Scanarea a fost efectuată din 8 puncte de stație, cu o rezoluție de 5cm, densitate 400puncte/mp, au fost citite aproximativ 80.000.000puncte (Fig. 5.80.), precizia fiind mai mică de 1cm.

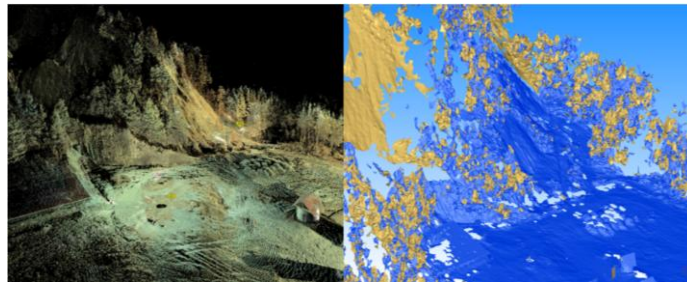


Fig. 5.80. Procesarea norului de puncte pentru obținerea modelului digital al terenului

În urma suprapunerii celor 2 suprafețe rezultate din scanarea din anul 2011, respectiv 2012, a rezultat un volum de săpătură de 7.06m.c. și un volum de umplură de 5.525m.c. care au putut fi calculate după generarea profilurilor exemplificate în figurile de mai jos (5.81., 5.82.).

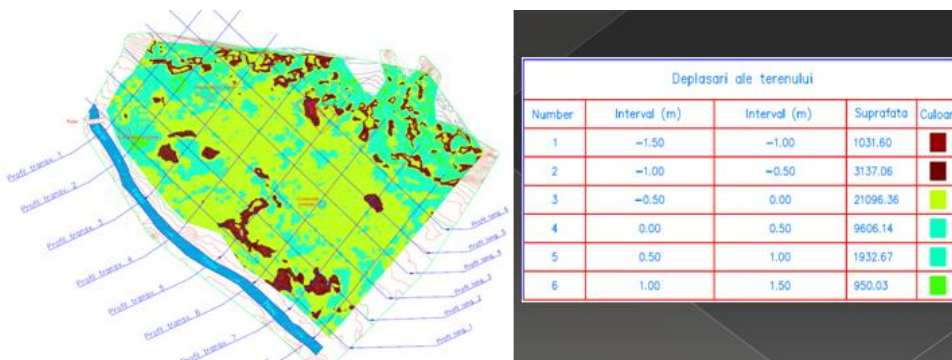


Fig. 5.81. Direcțiile de generare a profilurilor longitudinale și transversale

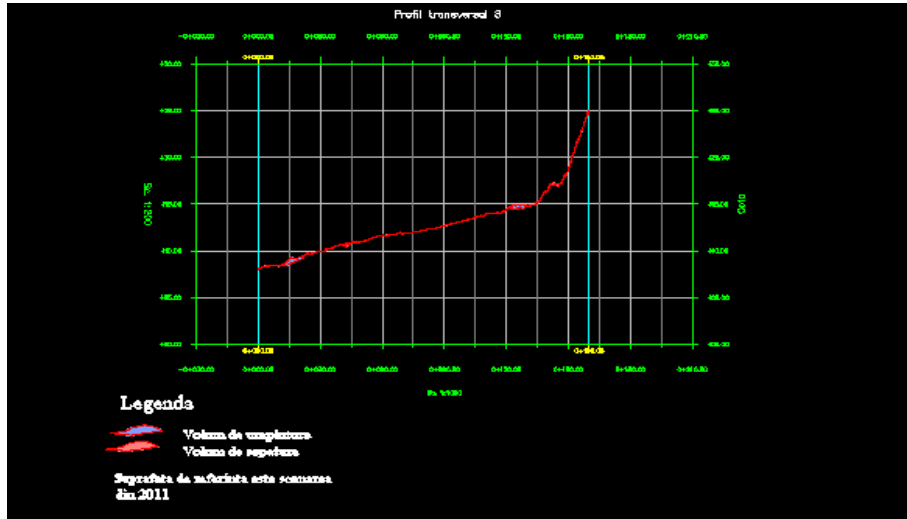


Fig. 5.82. Generarea automată a profilurilor în Civil 3D 2013

Pentru monitorizare s-a creat un caroiaj format din 44 puncte (reperi exemplificați în figura 5.83.) ale căror cote au fost analizate în urma celor 2 sesiuni de scanare.

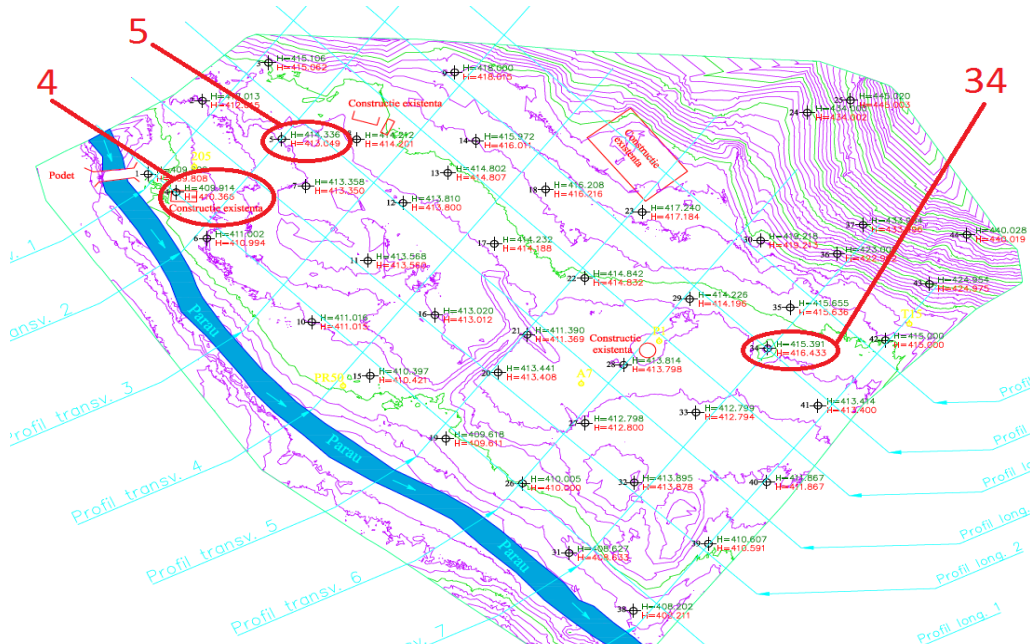


Fig. 5.83. Punctele virtuale formează un grid de 44 de puncte amplasate în zonele cu densitate mare a norului de puncte pentru a obține o precizie maximă

În urma analizei redată în figura 5.84., au reieșit diferențe mari între 3 reperi, punctele 4, 5 și 34.

Punct	Anul 2011 Cota (m)	Anul 2012 Cota (m)	Diferență 2011-2012 (cm)
1	409,809	409,808	-0,1
2	412,013	412,015	0,2
3	415,106	415,062	-4,4
4	409,914	410,366	45,2
5	414,336	413,049	-128,7
6	411,002	410,994	-0,8
7	413,358	413,350	-0,8
8	414,212	414,201	-1,1
9	418,000	418,015	1,5
10	411,016	411,015	-0,1
11	413,568	413,560	-0,8
12	413,810	413,800	-1,0
13	414,802	414,807	0,5
14	415,972	416,011	3,9
15	410,397	410,421	2,4
16	413,020	413,012	-0,8
17	414,232	414,188	-4,4
18	416,208	416,216	0,8
19	409,618	409,611	-0,7
20	413,411	413,408	-0,3
21	411,390	411,369	-2,1
22	414,842	414,832	-1,0
23	417,240	417,184	-5,6
24	434,000	434,002	0,2
25	445,020	445,003	-1,7
26	410,005	410,000	-0,5
27	412,798	412,800	0,2
28	413,814	413,798	-1,6
29	414,226	414,196	-3,0
30	419,218	419,213	-0,5
31	408,627	408,633	0,6
32	413,895	413,878	-1,7
33	412,799	412,794	-0,5
34	415,391	416,433	104,2
35	415,655	415,636	-1,9
36	423,008	422,992	-1,6
37	433,984	433,996	1,2
38	408,202	408,211	0,9
39	410,607	410,591	-1,6
40	411,867	411,867	0,0
41	413,414	413,400	-1,4
42	415,000	415,000	0,0
43	424,954	424,975	2,1
44	440,028	440,019	-0,9

Fig. 5.84. Studiul diferențelor de nivel între punctele virtuale

O altă alunecare de teren din România, cu pierderi materiale semnificative, a fost cea din localitatea Ocna Mureș (Fig. 5.85.), județul Alba, produsă în data de 22.12.2010. Fenomenul a fost provocat de apa care s-a infiltrat în niște galerii de mină părăsite, formând un crater cu o suprafață de aproximativ 10km². Valoarea pagubelor produse de surparea de la Ocna Mureș, petrecută în urma prăbușirii unei foste mine de sare din oraș, s-a ridicat la aproape 17 milioane de lei.



Fig. 5.85. Alunecare de teren produsă la Ocna Mureș

În primăvara anului curent, creșterea temperaturilor care a dus la dezghețul zăpezii și, implicit, a pământului, a reactivat două alunecări de teren în localitatea prahoveană Telega (Fig. 5.86.). Comuna se confruntă anual cu această situație, atât pe DC 133 care face legătura cu Bușteni, sat ce riscă să rămână izolat deoarece nu există altă cale de acces în zonă, cât și în punctul Chiriac, unde pământul s-a rupt pe câțiva zeci de metri lungime, dar și în adâncime.



Fig. 5.86. Alunecare de teren produsă în localitatea Telega

În satul Buștenari sunt peste 600 de familii, iar prin zona în care pământul s-a surpat din nou trece (Fig. 5.87.) atât șoseaua, cât și conducta de alimentare cu apă.



Fig. 5.87. Alunecare de teren produsă în satul Buștenari

Din păcate, studiul de caz apar anual, fapt care denotă importanța și actualitatea temei abordate în cadrul acestei teze, reliefând totodată și necesitatea unui management adecvat la nivel național pe problematica alunecărilor de teren care se poate îndeplini doar printr-o colaborare deplină a specialiștilor ingineriei geodezice și ingineriei geotehnice, cu utilizarea tehnologiilor de ultimă oră din aceste domenii.

5.5. Discuții

În acest capitol este analizată relația complexă dintre hazarduri, în particular alunecări de teren, și tehnica monitorizării lor prin metode geodezice și duce la concluzia că dezvoltarea durabilă este legată în mod direct de frecvența și intensitatea hazardurilor. Dacă toate țările ar aplica măsuri de reducere a riscului precum creșterea conștientizării, educarea populației în probleme de mediu, management de mediu, creșterea nivelului de trai al populației, protejarea utilităților vitale, utilizarea eficientă a terenurilor, evitarea despăduririlor, întocmirea de planuri urbanistice, monitorizarea continuă a zonelor cu probleme, s-ar identifica riscul, pentru o avertizare timpurie a populației și autorităților, iar aceștia nu ar mai fi luați prin surprindere ci ar fi pregătiți pentru a gestiona impactul hazardului. Configurația terenurilor afectate de alunecări de teren constituie baza incontestabilă a considerării monitorizării geodezice și topografice.

Tendința pe plan internațional este de a utiliza seturi de date spațiale pentru cartarea și managementul activităților din sectoarele ingineresti, preluate cu platformele de monitorizare prezentate în lucrare. Acestea au un rol imens și o adevărată valoare în managementul hazardurilor, micșorarea, răspunsul și impactul socio-economic asupra mediului și, de asemenea oferă, siguranță.

Principalele avantaje ale **teledetecției satelitare** sunt legate îndeosebi de lucrul în „timp real” sau aproape de caracteristicile „timp real” pentru urmărirea fenomenelor dinamice cum ar fi: evoluția culturilor, evoluția factorilor de mediu, controlul calamităților naturale și al dezastrelor, managementul sistemelor de irigații etc.

Principalul beneficiu al analizei pe bază de *interferometrie* constă în posibilitatea de a verifica eficacitatea măsurilor de stabilizare a versanților adoptate până la momentul respectiv.

Avantajele majore ale *tehnologiei LiDAR* sunt:

- obținerea unei mulțimi de puncte stă la baza aproximării corecte a suprafeței;
- poate să vadă prin golurile dintre copaci și rezultă o topografie corectă a Pământului;
- asigură informații detaliate despre distribuția verticală a coronamentelor;
- topografie de înaltă rezoluție în apele relative clare de mica adâncime;
- culegerea datelor prin metoda LiDAR nu este condiționată de starea vremii în aceeași măsură ca și aerofotografierea, fiind posibilă inclusiv în lunile de iarnă, dacă nu este zăpadă.

Vizualizarea, pe computer, a **modelului digital de altitudine** al zonei din teren afectată de fenomene de instabilitate poate fi folosită alternativ cu fotograme sau imagini satelitare în scopul evidențierii caracteristicilor terenului. Un avantaj al acestui tip de vizualizare este faptul că oferă posibilitatea de a alege, cu ușurință, diferite perspective asupra zonei, lucru care nu poate fi îndeplinit, din motive practice, prin alte metode. Un alt beneficiu, plecând de la premisa că se dispune de un model digital de altitudine al terenului cu rezoluție ridicată, este viteza mărită de obținere a statisticilor pentru zone numeroase, de exemplu gradientul versanților sau distanțele curgerilor de debris.

Tehnicile de vizualizare capătă valoare practică atunci când afișează întinderea zonelor de hazard la alunecări de teren. Mai mult decât atât, prin combinarea tehnicilor de teledetecție satelitară cu modelul digital de altitudine și SIG, instrumente de lucru, cum ar fi modelarea și analiza spațială, devin disponibile.

6. CERCETĂRI PROPRII, REZULTATE ȘI INTERPRETĂRI OBȚINUTE ÎN MONITORIZAREA ALUNECĂRILOR DE TEREN DIN ZONA DE S-V A ROMÂNIEI FOLOSIND TEHNOLOGII GEODEZICE MODERNE

6.1. Impactul alunecării de teren în perioada 2010 – 2013 asupra drumului tehnologic de acces Culmea Dranic – Orșova

Regiunea de sud – vest a României se confruntă cu fenomene de instabilitate, fiind necesară depistarea în timp util a zonelor cu potențial de alunecare prezente aici pentru a stabili măsurile de prevenire și pentru redactarea hărților de risc. Alunecările de teren nu sunt caracteristice pentru județul Mehedinți, însă în ultimii ani s-au produs multe astfel de fenomene ca urmare a precipitațiilor abundente căzute, a defrișărilor masive și a lipsei de lucrări de consolidare a malurilor și versanților de-a lungul arterelor de circulație.

Studiul de caz detaliat în acest subcapitol are ca obiectiv urmărirea în timp prin metode geodezice moderne a unei alunecări de teren produsă în județul Mehedinți, ce a afectat drumul de acces către 2 (două) centrale eoliene 3MW amplasate pe culmea Dranic. Necesitatea monitorizării evoluției fenomenului menționat este impusă de retehnologizarea centralelor respective.

6.1.1. Studiu realizat în vederea determinării parametrilor geotehnici specifici pentru caracterizarea comportării versantului – Culmea Dranic

Prezentul studiu geotehnic a fost întocmit pentru proiectul de execuție a alunecării corpului de drum la km 1+642 (pe drumul de acces) între localitatea Orșova și Platoul Topleț, culmea Dranic, în județul Mehedinți (Fig. 6.1.).

Studiul preliminar a avut la bază o cartare geotehnică efectuată pe teren, materiale bibliografice de specialitate, investigații de teren și de laborator efectuate conform prevederilor normativelor în vigoare.



Fig. 6.1. Prima producere a alunecării de teren, 2011

6.1.1.1. Categoria geotehnică a lucrării

Potrivit Normativului NP 074 / 2007 intitulat „Normativ privind principiile, exigențele și metodele cercetării geotehnice a terenului de fundare”, s-a stabilit nivelul de risc geotehnic, pentru infrastructura drumului conform tabelului 1.

Tabelul 6.1. Nivelul de risc geotehnic pentru infrastructura drumului

Factori de influență	Caracteristici ale amplasamentului	Punctaj
Condiții de teren	Terenuri alunecătoare și PUCM	6
Apa subterană	Cu epuismențe normale	2
Clasificarea construcției după categoria de importanță	Normală	3
Vecinătăți	Risc moderat	3
TOTAL PUNCTAJ		14

La punctajul stabilit pe baza celor 4 (patru) factori se adaugă puncte corespunzătoare zonei seismice de calcul al amplasamentului (Fig. 6.2.).

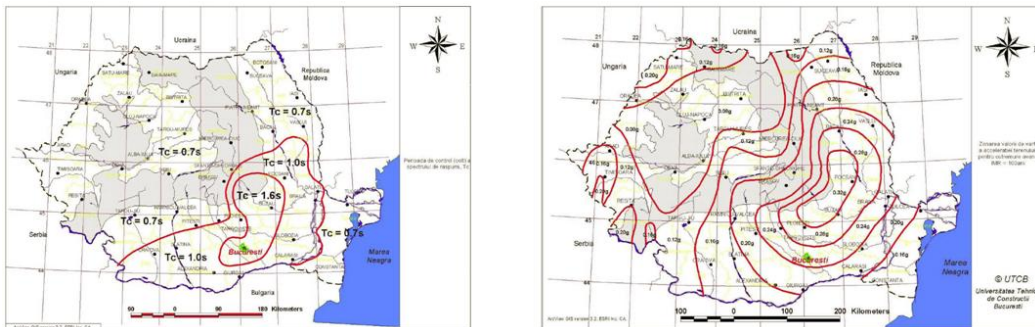


Fig. 6.2. Zonarea teritoriului României în termeni de valori de vârf ale accelerației terenului pentru proiectare ag pentru cutremure având intervalul mediu de recurență IMR = 100 ani și în termeni de perioadă de control (colț), TC a spectrului de răspuns Codul de proiectare P100-1/2006

Amplasamentul cercetat se situează în zona cu accelerația terenului pentru proiectare (pentru componenta orizontală a mișcării terenului) $a_g = 0,16g$, în consecință se va adăuga 1 (un) punct.

Rezultă un total de 15 (cincisprezece) puncte, ceea ce încadrează lucrarea din punct de vedere al riscului geotehnic în tipul „major”, iar din punctul de vedere al categoriei geotehnice în „categoria 3”.

6.1.1.2. Date generale privind amplasamentul

6.1.1.2.1. Geologia și geomorfologia zonei

Amplasamentul cercetat este reprezentat de traseul drumului care face legătura între localitatea Orșova și Platoul Topleş, fiind situat în Podișul Mehedinți (Fig. 6.3.). [127]

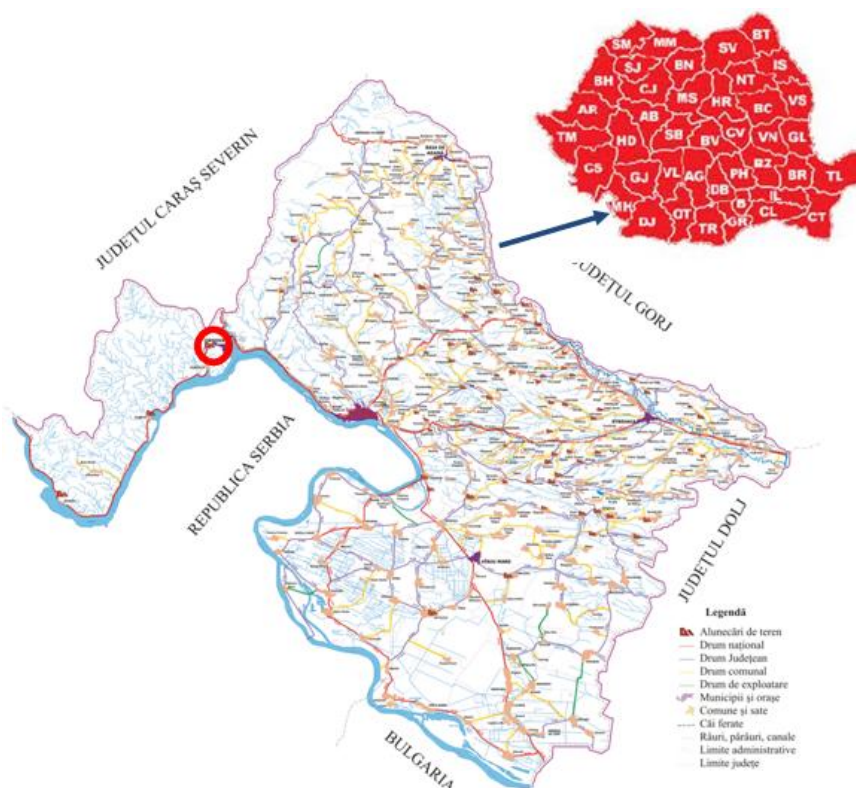


Fig. 6.3. Încadrarea în teritoriu a zonei studiate

Podișul Mehedinți formează o prispă mai coborâtă în partea estică a Munților Mehedinți și se înscrie în relief ca o regiune bine individualizată, distinctă din punct de vedere fizico-geografic în raport cu regiunile vecine. [101]

Ca urmare a structurii ei geologice (șisturi cristaline, calcare mezozoice), a formelor de relief (văi adânci și strâmte, uneori în formă de chei, peșteri), a fragmentării tectonice etc., această unitate poate fi încadrată în categoria munților, dar în același timp, ca urmare a altitudinii reduse (500m...600m), a culmilor netede, a intensei umanizării, poate fi încadrată și regiunilor deluroase. Cele mai mari înălțimi se găsesc în Vârful Paharnicului (887m), Cornetul Cerboanei (803m), Cornetul Babelor (771m), Chicioara Godeanului (762m), Nevăț (715m) etc.

Podișul Mehedinți se întinde pe o lungime de peste 50 de km de la nord-est spre sud-vest, pe o lățime de 20 de km, cuprinzând o suprafață de aproximativ 1200km².

Deși aspectul general al reliefului este neted, în detaliu relieful este intens fragmentat, fiind traversat de numeroase văi adânci și înguste cu versanți abrupti, greu accesibili (ex. văile Topolniței, Coșuștei și Bahnei).

Rocile cristaline și calcarele, acționând variat față de factorii naturali, prezintă o morfologie aparte, cu peisaje foarte variate. [103] Rocile cristaline generează forme domoale, rotunjite, iar cele calcaroase un relief mai spectacular format din abrupturi stâncoase, ponoare, doline, polje, avene, poduri naturale („Podul lui Dumnezeu” (Fig. 6.4.) – Ponoare), peșteri etc.



Fig. 6.4. Podul lui Dumnezeu, județul Mehedinți

Din punct de vedere geologic, Podișul Mehedinți este alcătuit din șisturi cristaline (gnaise, micașturi, amfibolite etc.), și din depozite sedimentare de vârstă mezozoică, multe din ele fiind formate din roci calcaroase ce dau un peisaj carstic deosebit.

6.1.1.2.2. Clima și regimul pluviometric

Condițiile climatice din zonă pot fi sintetizate prin următorii parametri:

- Temperatura aerului:
 - media lunară minimă: -1°C – Ianuarie;
 - media lunară maximă: $+20^{\circ}\text{C}$ – Iulie–August;
 - temperatura minimă absolută: $-26,6^{\circ}\text{C}$;
 - temperatura maximă absolută: $+40,9^{\circ}\text{C}$;
 - temperatura medie anuală: $+8^{\circ}\text{C}...9^{\circ}\text{C}$;
- Precipitații:
 - media anuală: 800mm...900mm.

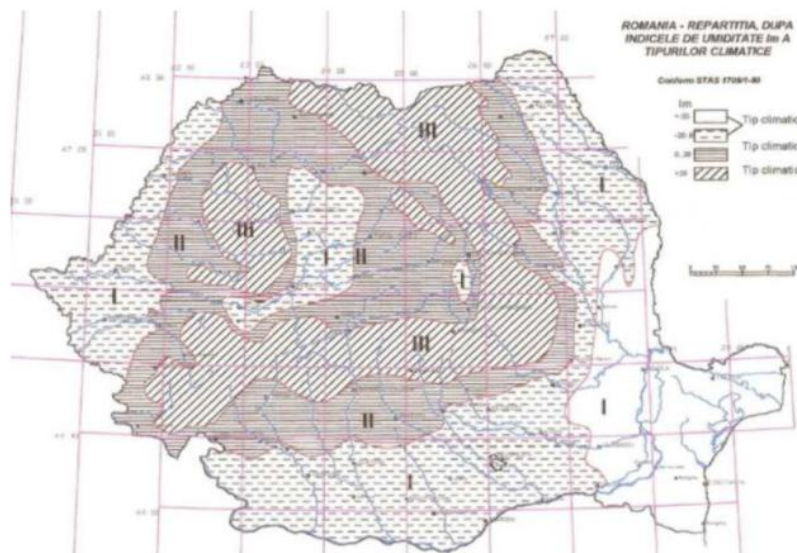


Fig. 6.5. Harta cu repartitia tipurilor climaterice

Din punctul de vedere al căilor de comunicație din zonă, amplasamentul se situează, conform STAS 1709/1-90, în zona de tip climateric II, având valoarea indicelui de umiditate $I_m=0...20$ (Fig. 6.5.).

Prin poziția sa în partea de sud-vest a țării, județul Mehedinți are o climă temperat continentală, în care se simt influențe mediteraneene. În tot timpul anului, dar mai ales iarna, deasupra județului au loc invazii de mase de aer umed și cald de origine mediteraneană și oceanică.

6.1.1.2.3. Regimul eolian

Direcția maselor de aer pe teritoriul județului este influențată de orientarea și dispunerea unităților de relief, predominante fiind vânturile de vest, nord-vest și nord-est. În zona Defileului Dunării și Podișului Mehedinți sunt predominante vânturile de vest și nord-vest. Viteza medie a vântului poate ajunge la 6...7m/s în regiunile montane și defileu și mai coborâte în Podișul Mehedinți și Piemontul Motrului. În schimb, vitezele maxime anuale ajung până la 20m/s în Defileul Dunării, unde se canalizează pe culoarul Dunării.

Caracteristicile acestei zone sunt vânturile locale generate de prezența treptelor de relief:

- Coșava în Defileul Dunării (vânt rece care produce uneori scăderea bruscă a temperaturii și atinge viteze de până la 20m/s);
- Fohnul, specific versanților estici ai Podișului și Munților Mehedinți;
- Briza de munte și Briza din lungul Dunării.

6.1.1.2.4. Adâncimea de îngheț

Adâncimea de îngheț în zona cercetată este de 70cm...80cm, conform STAS 6054 – 77.

Valoarea maximă a indicelui de îngheț este $I^{30}_{max} = 400$, valoarea medie pentru cele mai aspre trei ierni este $I^{3/30}_{max} = 290$, iar pentru cele mai aspre cinci ierni dintr-o perioadă de 30 ani este $I^{5/30}_{max} = 240$, conform STAS 1709/1 – 90.

Condițiile hidrologice ale amplasamentului se consideră defavorabile conform Pct. 3.4 din STAS 1709/2 – 90.

„Pct. 3.4: Condițiile hidrologice ale complexului rutier sunt defavorabile dacă se întrunesc cel puțin una din situațiile următoare:

- îmbrăcăminte bituminoasă sau din beton de ciment cu $I_{st. degr.} < -1$;
- îmbrăcăminte din macadam, pavaje de piatră brută sau bolovani, împietruire;
- șanțuri sau rigole neimpermeabilizate, cu funcționare necorespunzătoare;
- scurgerea apelor de pe terenul înconjurător drumului este neasigurată, cu excepția drumului situat în rambleu cu înălțimea $\geq 3,00m$; apele staționează temporar în zone depresionare, lipsite de scurgerea naturală;
- nivelul cel mai ridicat al apei freatice față de patul drumului este la o adâncime mai mică decât cea critică, h_{cr} ”.

Adâncimea de îngheț în pământul de fundație pentru categoriile de pământuri identificate în amplasament este:

- $Z = 76...91cm$, pentru structuri rutiere rigide.
- $Z = 57...67cm$, pentru structuri rutiere nerigide (pentru clasele de trafic greu și foarte greu).
- $Z = 58...63cm$, pentru structuri rutiere nerigide (pentru clasele de trafic mediu, ușor și foarte ușor).

6.1.1.2.5. Seismicitatea zonei

Conform Cod de proiectare seismică P 100-2006, accelerația terenului pentru proiectare (pentru componenta orizontală a mișcării terenului) este $a_g = 0,16g$, perioada de colț este $T_c = 0,70\text{sec}$, iar $\beta_0 = 2,75$; încadrând amplasamentul studiat într-o zonă cu risc seismic moderat.

6.1.1.3. Cercetări geotehnice și stratificația terenului

Pentru întocmirea studiului geotehnic și stabilirea cauzelor care au condus la fenomenele de instabilitate ale versantului natural și corpului de drum situat în curbă s-au efectuat 2 (două) foraje geotehnice, F1, F2 (Fig. 6.6.) conduse în terenul de fundare până la adâncimea de $-8,60\text{m}$, respectiv $-6,50\text{m}$.

Cu ocazia studiului geotehnic, specialiștii unei companii din județul Timiș ce activează în domeniul ingineriei geotehnice au executat de asemenea și 9 (nouă) penetrări dinamice ușoare PDU 1...PDU 9, conduse până la adâncimi de $-1,50\text{m}$... $-6,00\text{m}$ de la nivelul terenului natural pentru a fixa în masivul de pământ adâncimea la care apare planul alunecător. [13]



Fig. 6.6. Forajul geotehnic F1

Programul de investigații geotehnice a urmărit stabilirea următoarelor elemente semnificative din punct de vedere geotehnic ale amplasamentului:

- identificarea straturilor de pământ care alcătuiesc terenul de fundare din amplasament;
- determinarea caracteristicilor fizico-mecanice ale straturilor de pământ care alcătuiesc terenul de fundare din amplasament, prin analize și încercări de laborator;
- concluzii și recomandări privind condițiile geotehnice ale terenului de fundare din amplasamentul cercetat.

Asupra probelor de pământ recoltate din forajele geotehnice executate am efectuat în Laboratorul de Geotehnică și Fundații al Facultății de Construcții (Universitatea „Politehnica” din Timișoara) următoarele analize și determinări de laborator:

- analiza granulometrică a pământurilor;
- determinarea umidităților naturale (w) și a umidităților limită de plasticitate (w_L, w_P);
- stabilirea consistenței pământurilor prin determinarea indicilor de consistență și de plasticitate (I_C, I_P).
- evaluarea caracteristicilor fizico-mecanice prin analizarea rezultatelor penetrării dinamice cu con PDU 1;
- stabilirea unor caracteristici privind fenomenul de contracție-umflare al pământurilor (PUCM).

Forajul 1 s-a efectuat la baza versantului alunecat, iar stratificația terenului de fundare din amplasament este următoarea:

FORAJUL F1

- ±0,00m...-0,20m – Sol vegetal;
- 0,20m...-0,90m – Argilă prăfoasă gălbui maronie, vârtoasă;
- 0,90m...-2,00m – Argilă nisipoasă gri gălbuie cu pietriș, vârtoasă;
- 2,00m...-3,10m – Argilă nisipoasă gri gălbuie cu incluziuni feruginoase și pietriș mic, vârtoasă;
- 3,10m...-4,00m – Argilă prăfoasă nisipoasă gri gălbuie cu incluziuni feruginoase și pietriș mic, vârtoasă;
- 4,00m...-5,30m – Argilă nisipoasă gri cenușie, tare în suprafață și vârtoasă spre bază;
- 5,30m...-5,50m – Argilă prăfoasă gri cenușie, vârtoasă;
- 5,50m...-6,40m – Argilă prăfoasă nisipoasă gri gălbuie, tare;
- 6,40m...-6,80m – Argilă prăfoasă gri verzui, tare;
- 6,80m...-7,50m – Argilă prăfoasă nisipoasă gri verzui, tare;
- 7,50m...-8,20m – Praf nisipos argilos gri albastrui, tare;
- 8,20m...-8,60m – Argilă nisipoasă prăfoasă gri albastrui, tare;
- 8,60m...în jos – Stratul continuă.

Valorile parametrilor fizico-mecanici prezentați în fișele forajelor din ANEXA 1 pe fond galben, sunt valori obținute prin prelucrarea rezultatelor penetrărilor dinamice cu con PDU 1...PDU 9, conform prescripțiilor din Normativul C 159 – 89, intitulat „Instrucțiuni tehnice pentru cercetarea terenului de fundare prin metoda penetrării cu con, penetrare statică, penetrare dinamică și vibropenetrare”.

Penetrările dinamice ușoare PDU 1 și PDU 8 sunt efectuate în zona forajelor F1, respectiv F2. Penetrarea dinamică PDU 9 este efectuată în terenul natural stabil de la baza versantului. Penetrările ușoare PDU 1...PDU 7 sunt efectuate în corpul alunecător al masivului de pământ.

Penetrările PDU 2 și PDU 4 de la partea superioară a alunecării din zona corpului de drum ne indică un număr scăzut de lovituri N_{10} pe o adâncime foarte mică de circa 50 de cm. Această adâncime coincide cu suprafața prafului nisipos argilos gri, vârtos și activ (PUCM) după care s-a produs alunecarea corpului de drum. În această zonă panta geologică a straturilor care alcătuiesc versantul deluros este aproape identică cu înclinarea versantului.



Fig. 6.7. Forajul geotehnic F2

Forajul F2 (Fig. 6.7.) s-a efectuat în zona gabioanelor stabile, iar stratificația terenului de fundare din amplasament este următoarea:

FORAJUL F2

- ±0,00m...-0,10m – Sol vegetal;
- 0,10m...-1,00m – Argilă prăfoasă nisipoasă gri maronie, tare;
- 1,00m...-1,70m – Nisip mijlociu și mare gri maroniu;
- 1,70m...-2,20m – Argilă prăfoasă nisipoasă gri cenușie, tare;
- 2,20m...-2,90m – Nisip argilos gri maroniu, tare;
- 2,90m...-3,20m – Nisip mijlociu și mare gri maroniu;
- 3,20m...-4,30m – Argilă prăfoasă marnoasă cenușiu albastră, tare;
- 4,30m...-6,50m – Argilă prăfoasă nisipoasă marnoasă cenușiu albastră, tare;
- 6,50m...în jos – Stratul continuă.

Se poate concluziona că desprinderea prin alunecare a masivului de pământ s-a datorat umezirii excesive și a faptului că există o coincidență între înclinarea geologică a straturilor de pământ și panta versantului natural.

Penetrările PDU 3, PDU 5, PDU 6, PDU 7 ne arată că suprafața de alunecare a masivului de pământ alunecat este situată la adâncimi cuprinse între 2,3m și 3,7m. Aceste penetrări au fost efectuate între linia de dispunere a gabioanelor alunecate și forajul F1.

Penetrarea dinamică ușoară PDU 1 efectuată la baza masivului de pământ alunecat, în zona forajului F1, ne indică faptul că suprafața de alunecare atinge adâncimea de -4,70m.

În apropierea acestei zone, în masivul de pământ natural nealunecat a fost efectuată încercarea de penetrare dinamică PDU 9 care pune de asemenea în evidență un număr N_{10} foarte mic până la adâncimea de -4,50m. Această penetrare indică faptul că masivul de pământ se găsește într-o stare neconsolidată, instabilă, chiar și în zona versantului natural considerat stabil.

6.1.1.4. Apa de suprafață și apa subterană

Apa subterană a fost interceptată în forajul F1 la adâncimea de -3,50m. În perioadele cu precipitații apa meteorică bălțește la baza versantului și se infiltrează în masivul de pământ, transformând straturile de argile prăfoase și argile nisipoase din forajul F1 în pământuri moi alunecătoare.

Zona km 1+642 reprezintă o zonă în care se întâlnesc 2 versanți naturali a căror geomorfologie a fost parțial modificată prin construcția noului drum de acces. Apa meteorică de pe acești versanți se acumula la baza acestora producând modificări importante de umiditate a masivului de pământ și ca urmare a colmatării văii torențiale.

6.1.1.5. Descrierea fenomenului de instabilitate

În februarie 2011, la km 1+642 al drumului situat în curbă s-a produs o alunecare de teren (Fig. 6.8.) cu lățimea de circa 40m și pe o lungime de circa 70m în avalul versantului.

Având în vedere amplasarea celor 2 centrale eoliene 3MW pe culmea Dranic, care a presupus transportul materialelor necesare executării fundațiilor acestora, cât și al echipamentelor propriu-zise, infrastructura și suprastructura drumului tehnologic au avut de suferit întrucât nu au fost proiectate pentru trafic greu.

Factorul principal care a produs instabilitatea corpului de drum este cedarea versantului natural din aval până la valea torențială situată la baza versantului, ca urmare a umezirii excesive a acestei zone. De asemenea, au contribuit vibrațiile induse de traficul greu și presiunile exercitate asupra terenului de fundare.



Fig. 6.8. Efectele alunecării – gabioane distruse

Apa meteorică acumulată de pe versanții adiacenți și apa provenită din curgerea temporară a apei din valea torențială au produs umezirea excesivă a masivului de pământ situat între baza gabioanelor și valea torențială (Fig. 6.9.). În aceste condiții fenomenul de instabilitate al acestei zone s-a propagat și înspre corpul drumului producând fenomene de alunecare pentru peretele de gabioane și volumul de terasamente al corpului drumului.



Fig. 6.9. Șanțuri create de apa meteorică

Penetrările PDU 1 și PDU 9, efectuate înspre baza versantului în ebulment și teren natural, pun în evidență existența unui plan de alunecare la o adâncime cuprinsă între 4,50m...5,00m.

6.1.2. Măsurători geodezice

Studiul aplicativ, prin care au fost concretizate unele aspecte teoretice prezentate în capitolele anterioare ale tezei de doctorat, a presupus monitorizarea alunecării de teren în vederea caracterizării comportamentului versantului în timp și a prevederii de soluții de stabilizare.

6.1.2.1. Preocupări preliminare

Primul pas a constat în documentare și procurarea materialelor cartografice analogice și digitale existente pentru zona studiată, respectiv hărți la scara 1:100.000 (L-34-117, L-34-118, L-34-130) (Fig. 6.10.) care au fost georeferențiate (Fig. 6.11. și 6.12.).

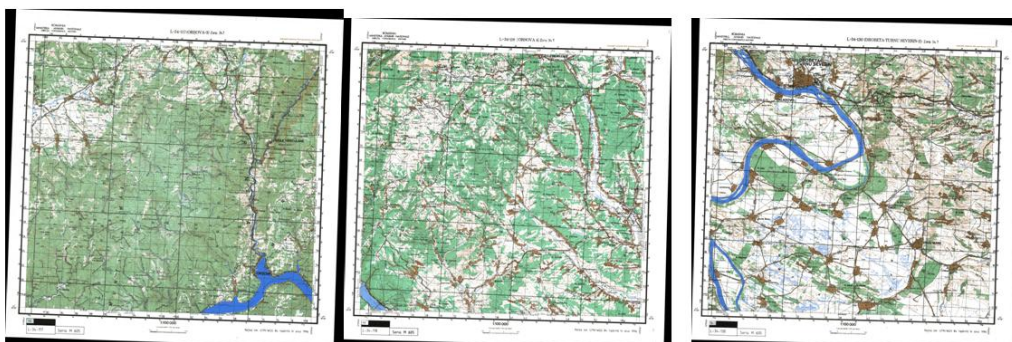


Fig. 6.10. Hărți scara 1:100.000 pentru zona Mehedinți

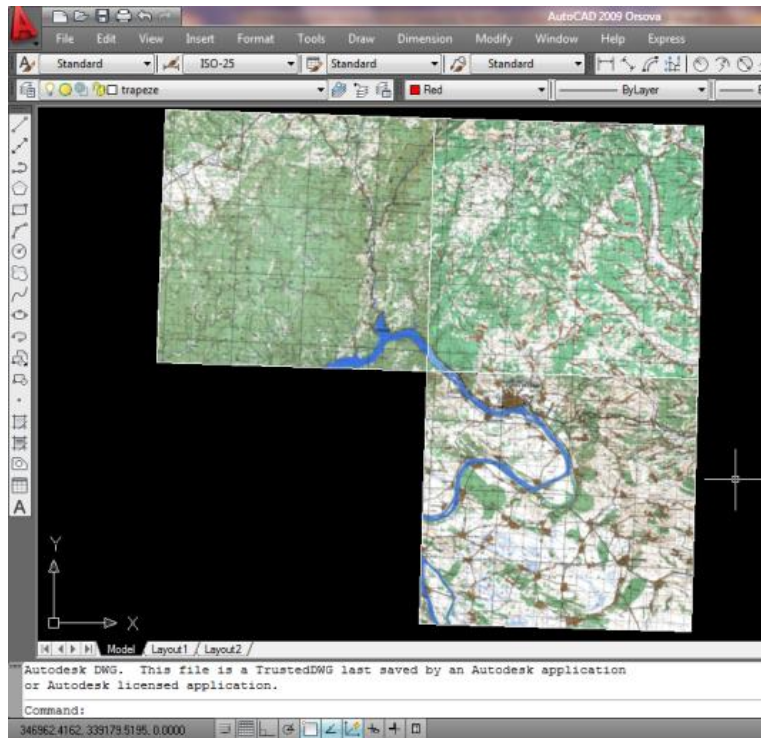


Fig. 6.11. Etapă la georeferențierea imaginilor

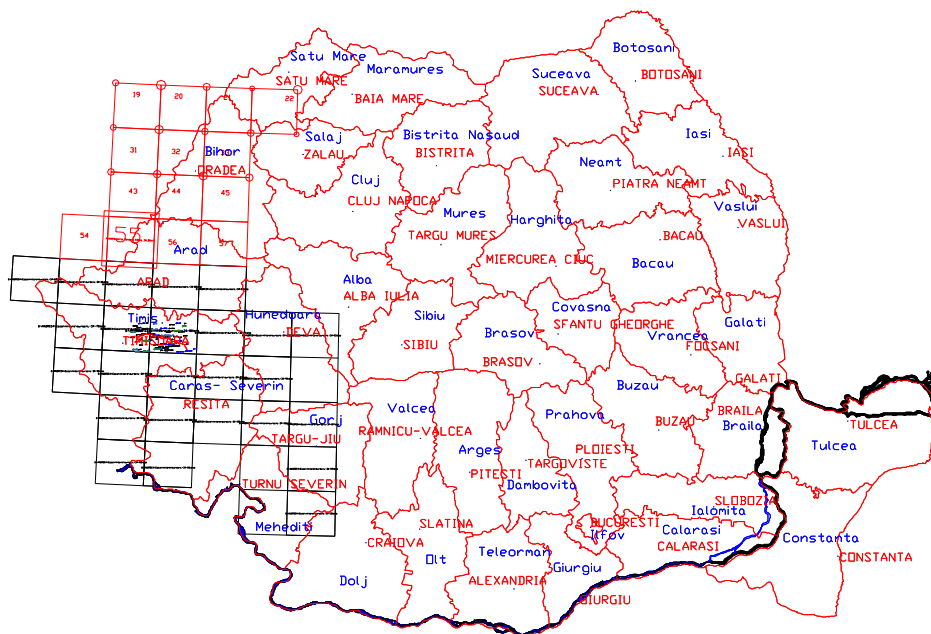


Fig. 6.12. Georeferențierea imaginilor

De asemenea, am avut la dispoziție hărți (Fig. 6.13.) la scara 1:25.000 (L-34-117-D-b, L-34-117-D-d), dar suprafața afectată de alunecarea descrisă în lucrare acoperă o porțiune prea mică pentru a putea digitiza curbele de nivel, cât și ortofotoplanul pentru zona studiată.

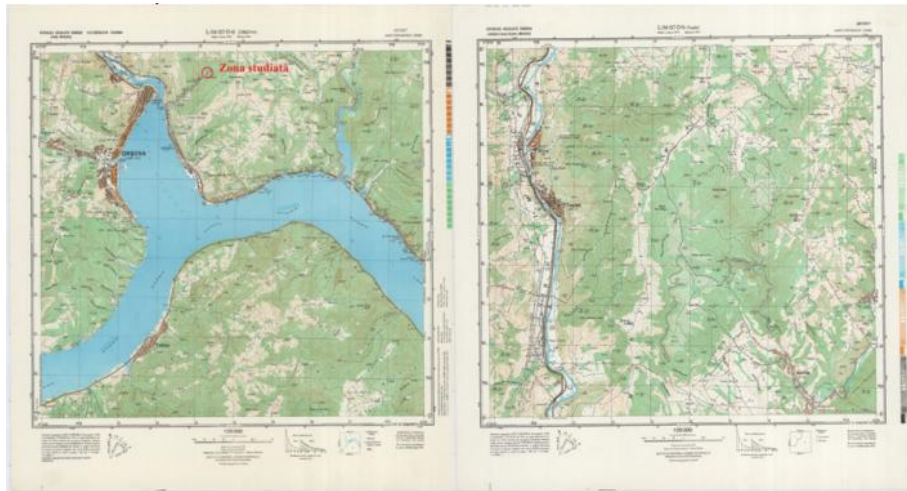


Fig. 6.13. Hărți scara 1:25.000 pentru zona Mehedinți

Am procurat apoi ridicarea topografică inițială, efectuată cu ocazia amplasării celor două centrale eoliene, prezentată în Anexa 2.

6.1.2.2. Realizarea rețelei geodezice de sprijin

După etapa de procurare a materialelor și recunoaștere a terenului, a fost creată în anul 2012 rețeaua geodezică de sprijin formată din 4 puncte care au fost materializate în teren prin borne de tip FENO (Fig. 6.14.) și, conform teoriei, amplasate în terenuri stabile și la distanțe de 200...300m de fenomenul observat, în scopul eliminării oricărei influențe a acestuia asupra lor.



Fig. 6.14. Borna FENO utilizată pentru materializarea punctelor din rețea

Coordonatele punctelor din rețeaua de sprijin (Fig. 6.15. – 6.17.) au fost determinate folosind tehnologia GNSS, cu ajutorul serviciului ROMPOS RTK, conectându-mă la stația de referință permanentă Drobeta Turnu – Severin din cadrul Rețelei Naționale de Stații GNSS Permanente (RN-SGP).

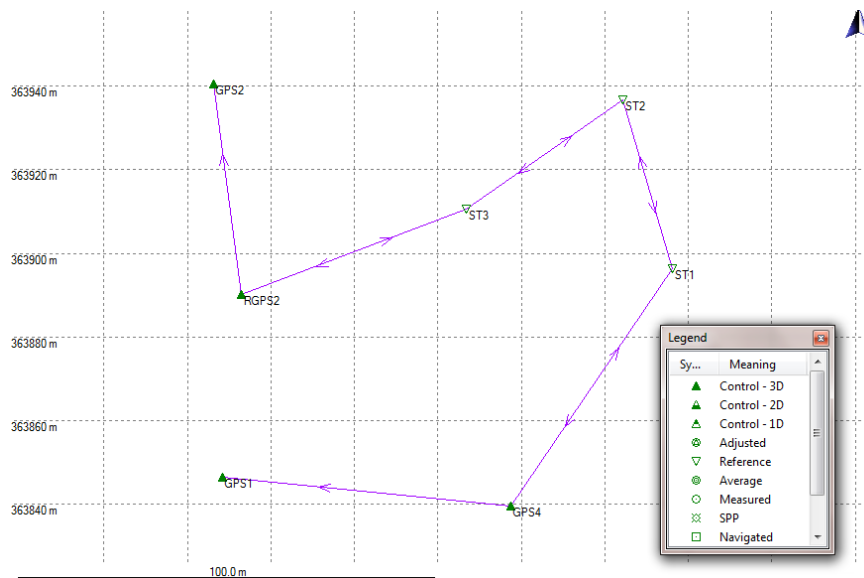


Fig. 6.15. Schița rețelei de sprijin (drumuire)

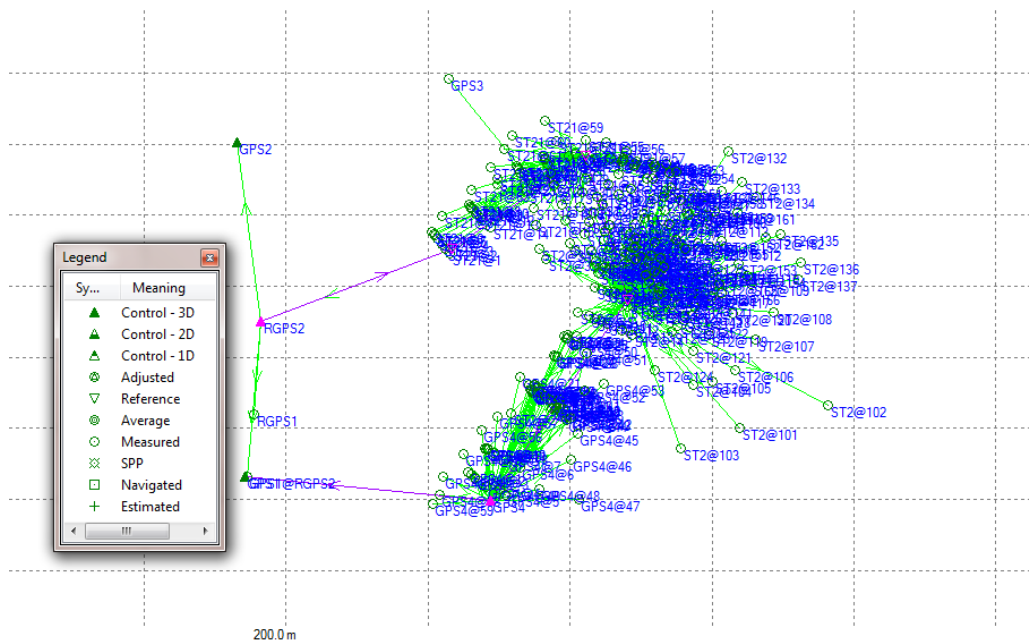


Fig. 6.16. Schița detaliilor ridicate

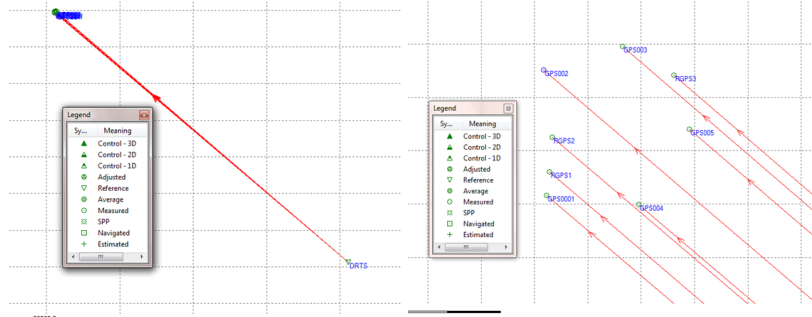


Fig. 6.17. Schița rețelei RTK

Rezultatele compensării drumuirii sunt detaliate în Anexa 3.

Ridicarea topografică terestră efectuată a avut ca scop obținerea planului topografic de detaliu ilustrat în Anexa 4.

Tabelul 6.2. Coordonatele punctelor din rețeaua de sprijin

Station	Easting Y[m]	Northing X[m]	Height H[m]
GPS4	296517.5931m	363839.7123m	131.1902m
ST1	296555.6426m	363896.1986m	138.8403m
ST2	296543.8275m	363936.6568m	145.4058m
ST3	296506.3540m	363910.4718m	150.1728m
RGPS2	296452.9216m	363890.1311m	156.3458m

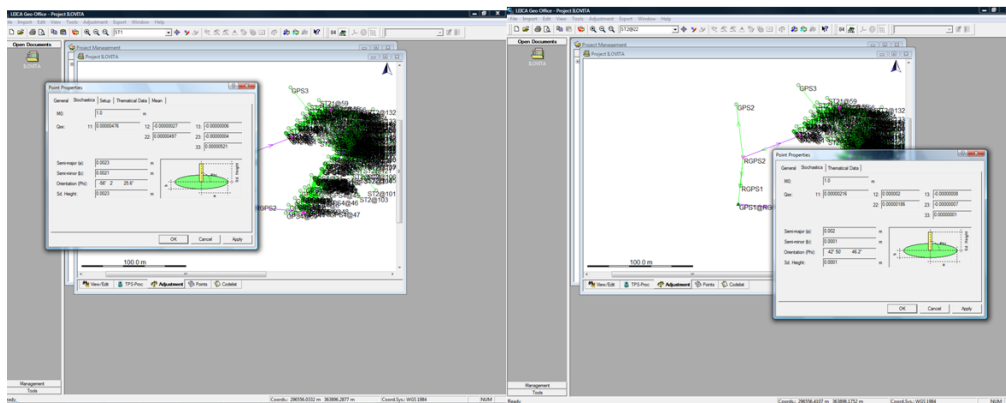


Fig. 6.18. Elipsa erorilor pentru punctele

Pentru evaluarea preciziei determinărilor, se evidențiază elipsele erorilor în punctele de drumuire și se observă că valorile semiaxelor acesteia corespund unei clase de precizie foarte ridicate (Fig. 6.18., 6.19.), încadrându-se în valori milimetrice, maximum fiind de 2.3mm pe semiaxa mare în cazul punctului de drumuire ST1.

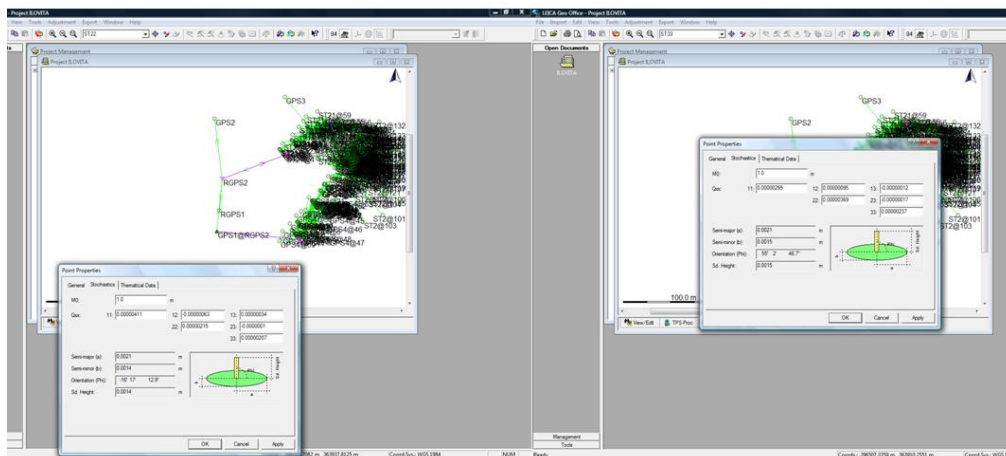


Fig. 6.19. Elipsa erorilor pentru punctele

6.1.2.3. Redeterminarea rețelei

În anul 2013 s-a realizat redeterminarea rețelei de sprijin în scopul determinării tasării punctelor din rețea, considerate puncte de referință de la care se determină eventualele modificări. Planul de situație este prezentat în Anexa 6.

Tabelul 6.3. Coordonatele punctelor din rețeaua de sprijin

Station	Easting Y[m]	Northing X[m]	Height H[m]
GPS4	296517.5931m	363839.7123m	131.1902m
ST1	296555.6426m	363896.1986m	138.8403m
ST2	296543.8275m	363936.6568m	145.4058m
ST3	296506.3540m	363910.4718m	150.1728m
RGPS2	296452.9216m	363890.1311m	156.3458m

Tabelul 6.4. Deplasările orizontale și verticale între 2012-2013

Pct.	$\Delta y(m)$	$\Delta x(m)$	$\Delta h(m)$
GPS4	-0.0013	0.0022	-0.0036
ST1	0.0018	0.0000	-0.0102
ST2	0.0005	0.0020	-0.0044
ST3	-0.0020	0.0011	-0.0083
RGPS2	0.0004	0.0027	-0.0084

Rezultatele compensării drumuirii sunt detaliate în Anexa 5.

Graficele cu diferențele dintre determinări (Fig. 6.20.) pun în evidență o tasare maximă de 1cm pe punctul ST1, situat în imediata apropiere a zonei afectată de alunecare.

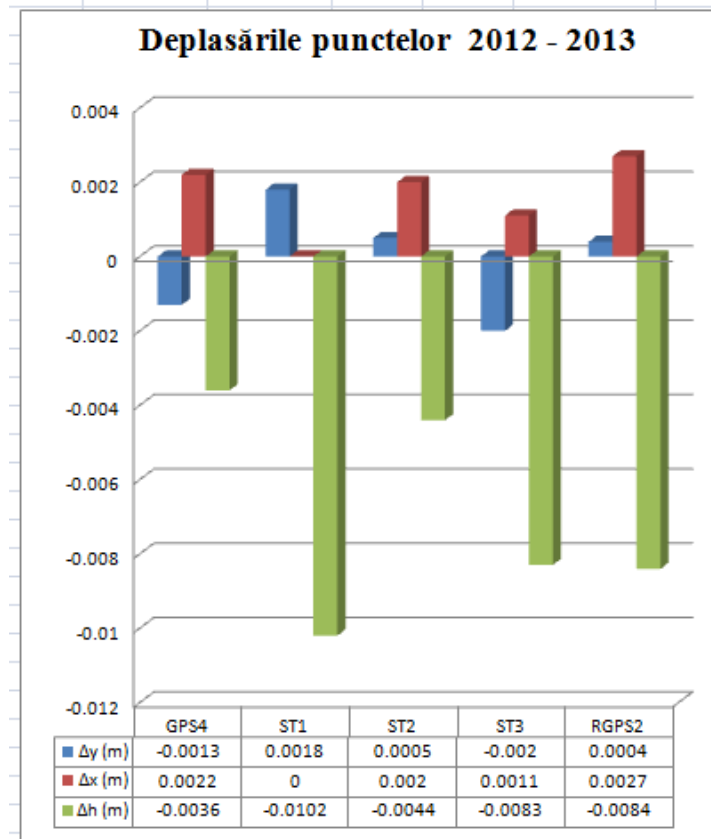


Fig. 6.20. Grafic al deplasărilor orizontale și verticale ale punctelor din rețea

În campaniile de măsurători topografice realizate (tranșele 2012 și 2013) în vederea monitorizării alunecării de teren descrise s-au folosit stația totală TCRA 1205+ care are o precizie unghiulară de 5^{cc} și a distanței de 2ppm, în condiții favorabile de temperatură și mediu și receptorul GNSS Viva, din dotarea specializării „Măsurători Terestre și Cadastru” Departamentul Căi de Comunicații Terestre, Fundații și Cadastru, al Facultății de Construcții din Universitatea „Politehnica” din Timișoara. Procesarea măsurătorilor de teren am realizat-o cu ajutorul unui program specializat în prelucrarea automată a datelor ce oferă rezultate foarte precise, Geo Office Combined.

6.1.3. Crearea modelelor digitale ale terenului din măsurători realizate cu stația totală

Pentru realizarea modelelor digitale ale terenurilor, măsurătorile trebuie să aibă un caracter tridimensional. După cum am mai menționat, acestea s-au realizat cu aparatură performantă TCRA 1205+. În urma măsurătorilor și a primelor iterații au rezultat fișiere de date cu coordonatele planimetrice și cotele absolute ale punctelor măsurate. Apoi, fișierele respective au fost importate în programe

specializate de tip CAD, în primul caz în AutoCad Civil 3D 2013, iar în al doilea caz am folosit programul Golden Surfer 9.

6.1.3.1. Prelucrarea 3D în Civil 3D 2013

Primul pas a constat în raportarea punctelor măsurate pe ortofotoplan (Fig. 6.21. – 6.23.).

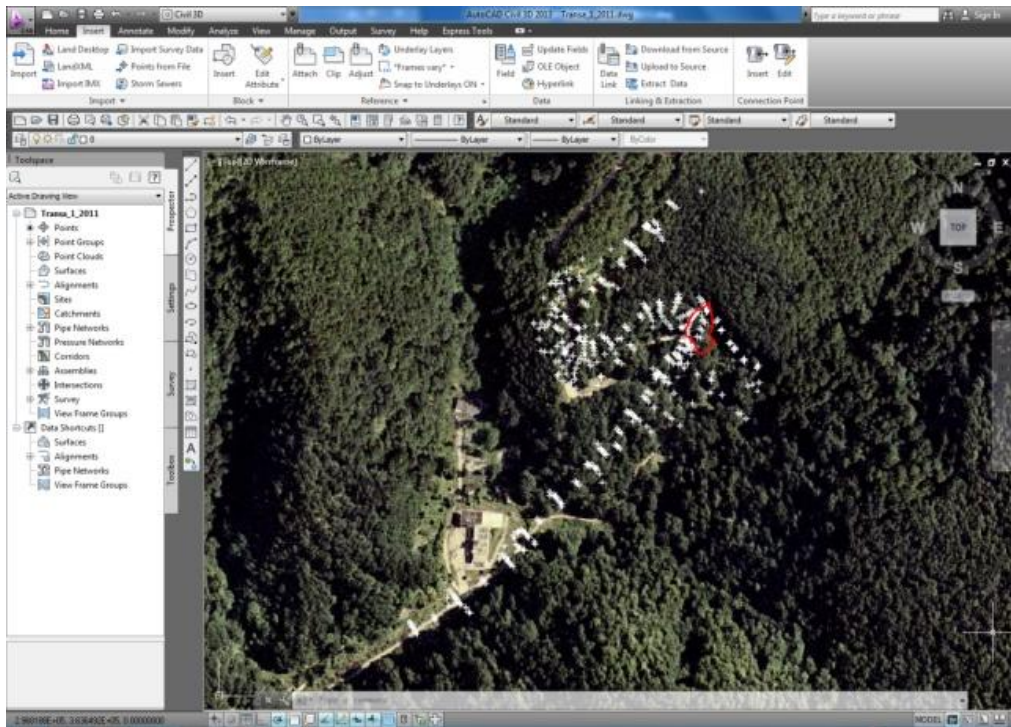


Fig. 6.21. Tranșa 1 – 2011

214 Cercetări proprii, rezultate și interpretări - 6

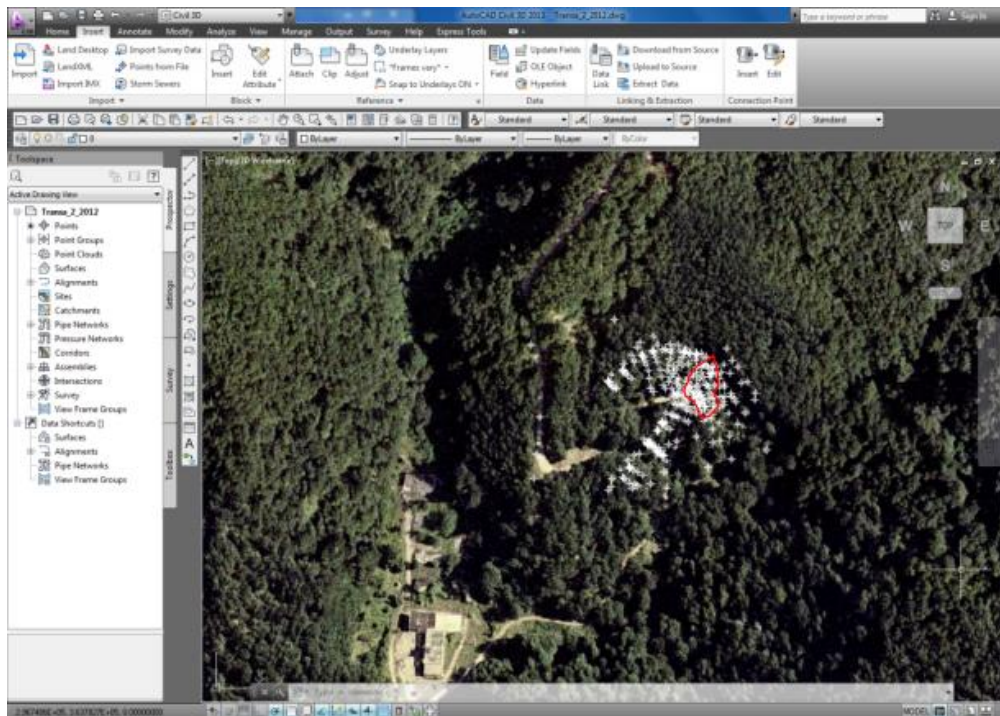


Fig. 6.22. Tranșa 2 – 2012

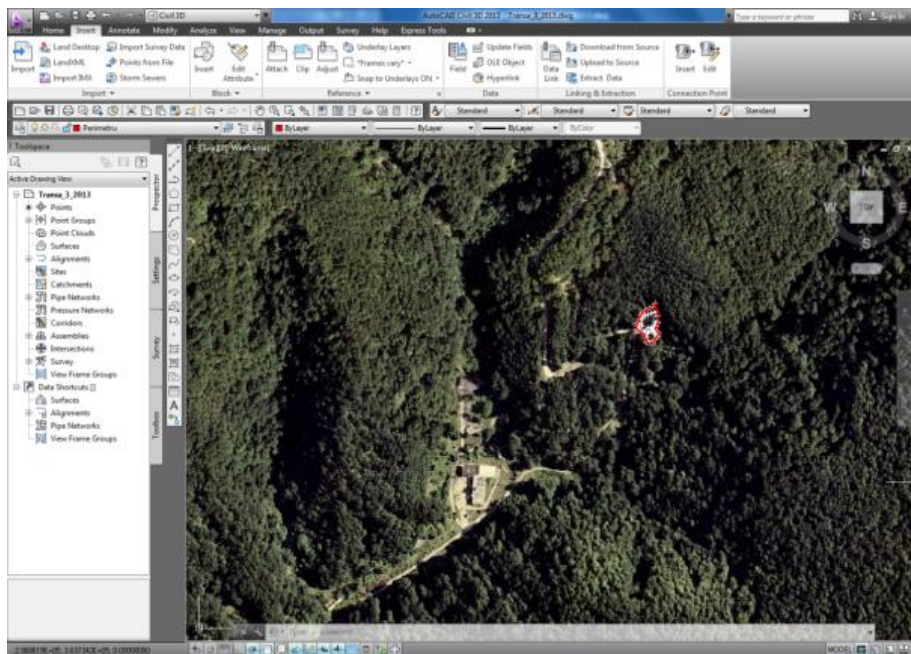


Fig. 6.23. Tranșa 3 – 2013

Apoi au fost create curbele de nivel și suprafețele 3D pentru toate cele 3 tranșe de măsurători (Fig. 6.24. – 6.26.).

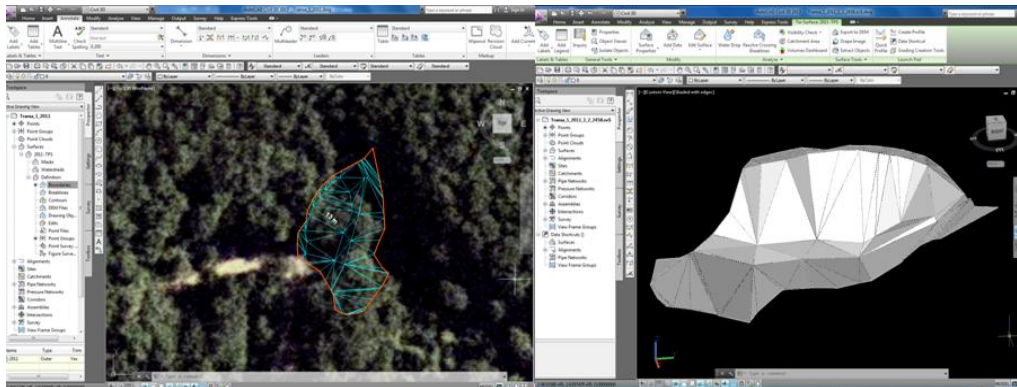


Fig. 6.24. Tranșă 1 – 2011

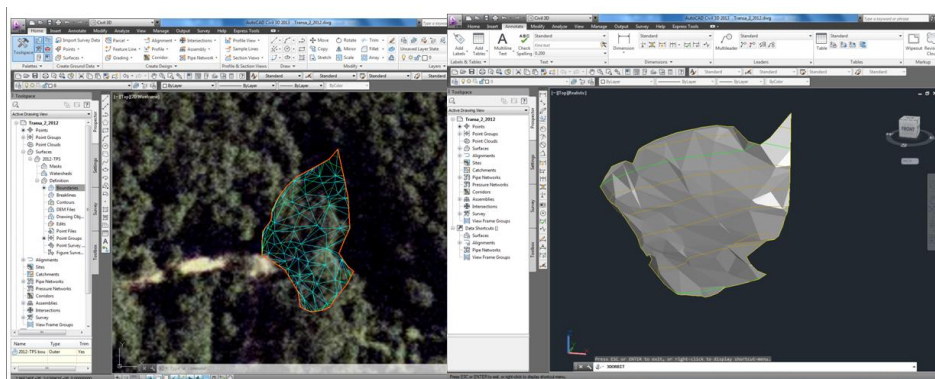


Fig. 6.25. Tranșă 2 – 2012

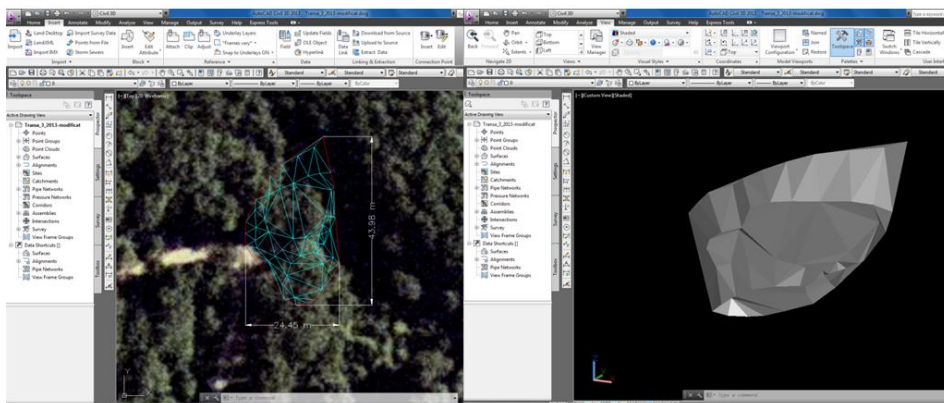


Fig. 6.26. Tranșă 3 – 2013

Suprafețe create au fost suprapuse în scopul determinării diferențelor (Fig. 6.27.)

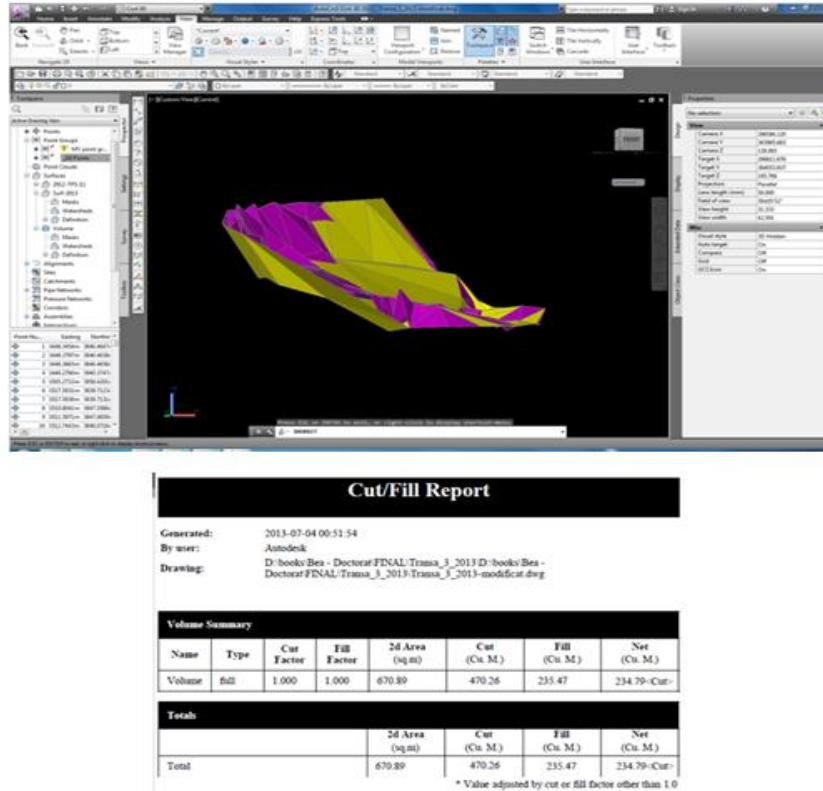


Fig. 6.27. Suprapunerea suprafețelor 2012-2013 și calcule volumetrice între acestea

În urma modelării am observat că în măsurătoarea considerată inițială, tranșa 2011, nu au fost ridicate suficiente puncte pe zona alunecată pentru a putea folosi suprafața 3D creată, în analiza ulterioară. Astfel, am decis să renunț la această tranșă de măsurători și să calculez volumul alunecat între tranșele de măsurători din anii 2012 și 2013 și să compar cu volumul obținut cu cel de-al doilea program folosit pentru a putea evidenția care dintre acestea se pretează a fi folosit în studiul alunecărilor de teren și oferă rezultatele cele mai bune.

Volumul de pământ alunecat este 470.26m^3 , volumul de umplutură: 235.47m^3 , diferența de volum săpătură – umplutură: 234.79m^3 .

Profilurile longitudinale prin aceste suprafețe sunt prezentate în Anexa 7.

6.1.3.2. Prelucrarea 3D în Golden Surfer 9

Principiul de prelucrare a datelor măsurate este același ca și în cazul detaliat anterior, cu diferența că acest program implică crearea unor caroiage inițiale cu ajutorul fișierelor de coordonate X,Y,Z din tranșele de măsurători 2012 și 2013, detaliate în Anexele 8, respectiv 9. Având la bază caroiagele din Anexele 10 și 11, care trebuie să aibă aceleași limite pentru fiecare campanie de măsurători, am generat curbe de nivel, vederile schematice „wireframe” și modelele 3D (Fig. 6.28., 6.29.).

6.1 – Impactul alunecării de teren în perioada 2010 – 2013 217

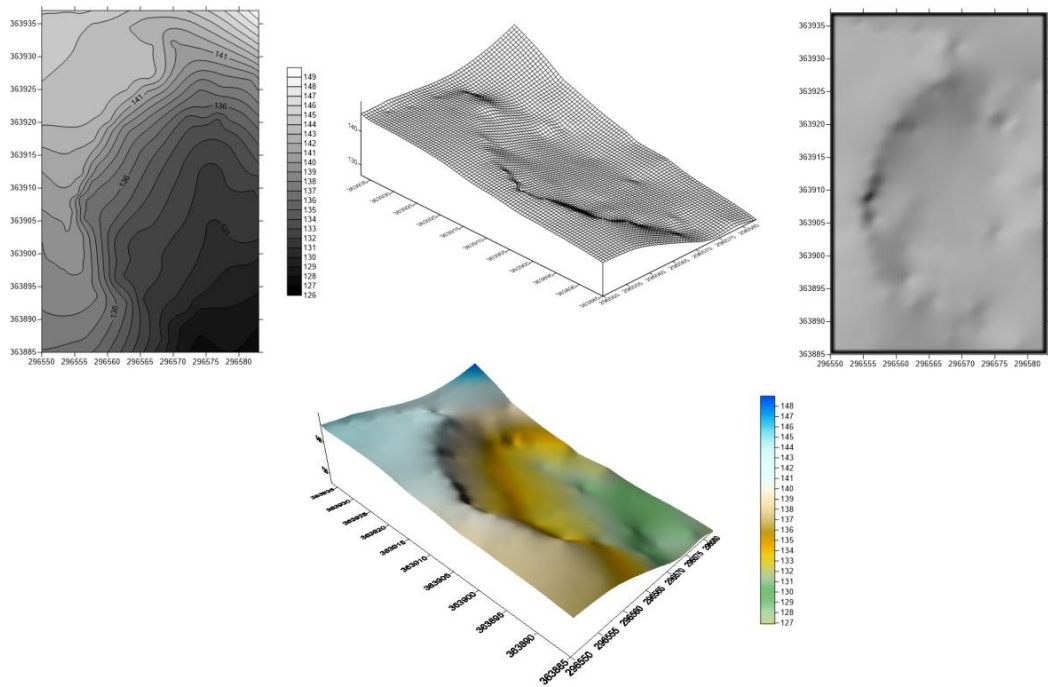


Fig. 6.28. Modelul 3D al terenului din tranșa 2012

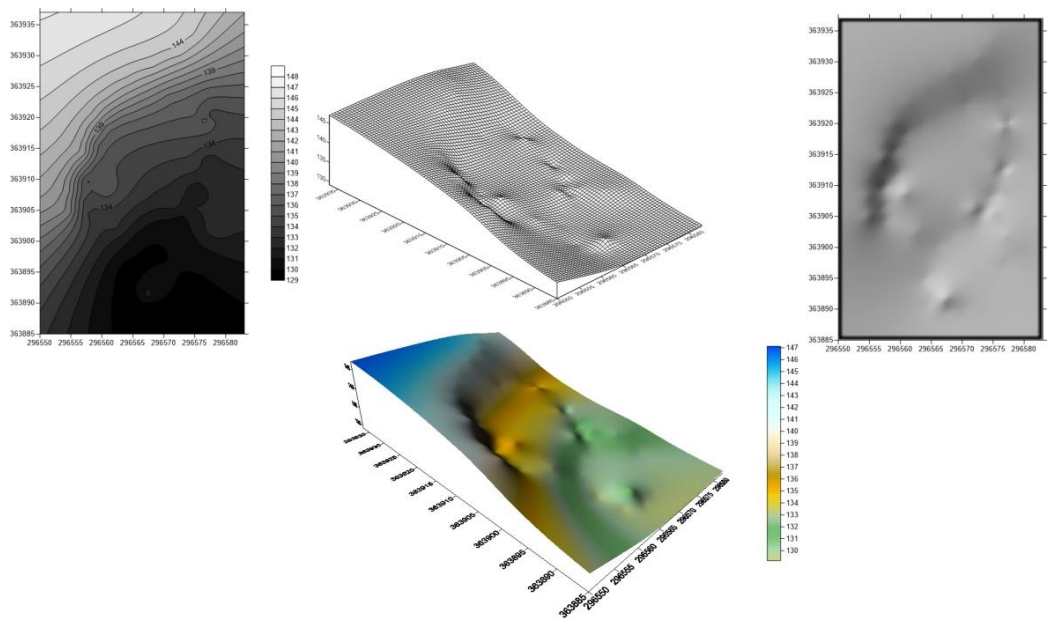


Fig. 6.29. Modelul 3D al terenului din tranșa 2013

Pentru a calcula diferența de volum între cele 2 tranșe de măsurători (2012 – 2013) se stabilește perimetrul de interes. Din acest perimetru de interes se extrag coordonatele X,Y ale punctelor ce definesc conturul și se creează un nou fișier de

coordonate. Extragerea coordonatelor punctelor din fișierul tip .dwg, ce definesc perimetrul, se face cu ajutorul programului Dxf2xyz 2.0 (Fig. 6.30.). [134]

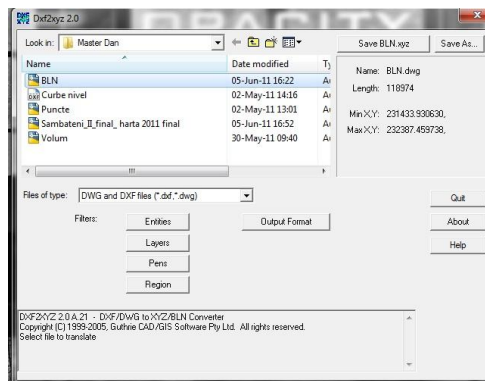


Fig. 6.30. Interfața programului Dxf2xyz 2.0 [134]

Coordonatele astfel obținute se introduc în programul Surfer 9 creând o nouă foaie de lucru. Deasupra primei coloane, se va trece numărul de puncte ce delimitează perimetrul și ale căror coordonate le-am introdus. Deasupra celei de-a doua coloane se trece cifra 0, aceasta cifră semnificând zona de interes. Cifra 0 coincide cu interiorul perimetrului, iar cifra 1 cu exteriorul perimetrului. De asemenea pentru a sugera programului o închidere corectă a perimetrului nostru, coordonatele primului punct vor trebui reintroduse la sfârșitul coloanelor de coordonate create. Se salvează apoi modificările fișierului perimetrul, se introduce o denumire sugestivă și se alege extensia corespunzătoare care este .bln. Astfel se pot realiza în program modelele 3D al zonei de interes (Fig. 6.31., 6.32.)

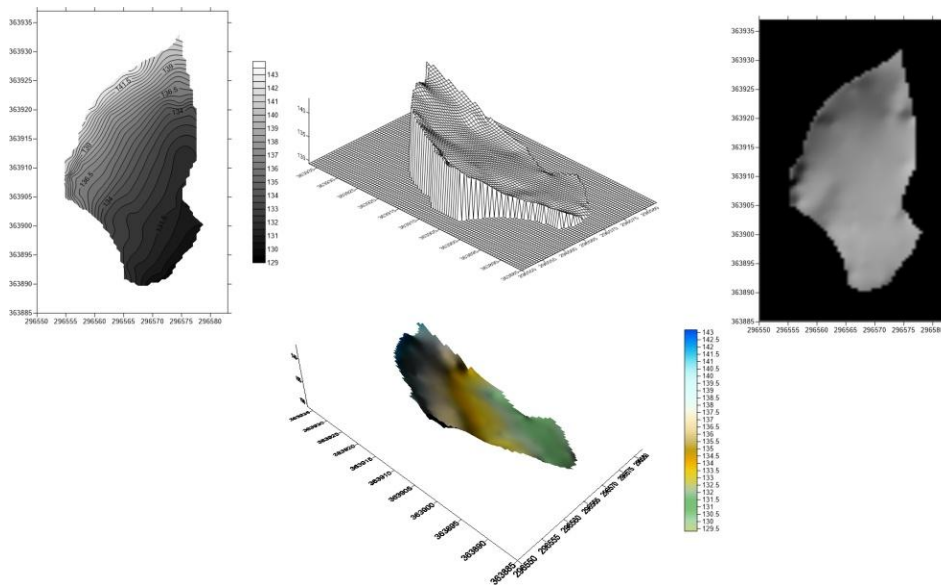


Fig. 6.31. Modelul 3D al zonei de interes din tranșa 2012

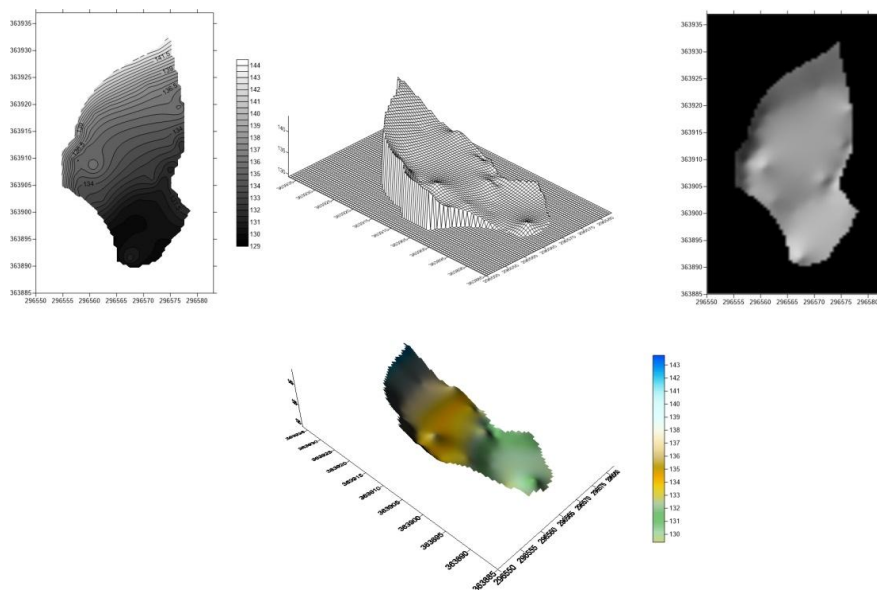


Fig. 6.32. Modelul 3D al zonei de interes din tranșa 2013

Înainte de a începe calculul volumetric propriu-zis vom suprapune caroiagele create inițial cu fișierul perimetru rezultat. Programul Surfer 9 va genera apoi un raport cu datele despre volumul de pământ existent în zona de interes – Anexa 12, volumul de săpătură (alunecat): 482.041m^3 , volumul de umplutură: 227.005m^3 , diferența de volum săpătură – umplutură: 255.035m^3 .

6.1.4. Scanarea laser terestră

Concomitent cu măsurătorile topografice realizate atât în 2012, cât și în 2013, am folosit și tehnologia de scanare laser terestră ale cărei avantaje au fost prezentate detaliat în capitolul 5.

Am considerat că efectuarea măsurătorilor folosind scannerul laser terestru ScanStation C10 poate fi schematizată în trei etape, și anume: planificarea, scanarea propriu – zisă și georeferențierea, denumită de programele specializate de prelucrare a acestor date „înregistrare” sau „registrare”. În această ultimă etapă se are în vedere asigurarea calității măsurătorilor și controlul acestora.

6.1.4.1. Etapa de planificare

În faza de planificare a unei campanii de măsurători folosind tehnica de scanare laser terestră se au în vedere:

- cerințele proiectului:
 - monitorizarea unei suprafețe de teren în loc de măsurători punctuale,
 - livrabile 3D,
 - structura unei suprafețe complexe,
 - rezultate care să poată fi utilizate de specialiști din domenii diferite în anumite scopuri, scoțând astfel în evidență caracterul interdisciplinar al cercetării,

- scopul lucrării: pregătirea modelului digital al terenului din zona afectată de alunecarea de teren, pentru a putea determina:
- numărul de stații necesare – 2, pentru a garanta atât o acoperire maximă a zonei cât și o precizie bună concomitent cu minimizarea numărului de puncte de stație și probabilității de a avea zone nescanate datorită fenomenului de umbră,
- locațiile optime ale punctelor de stație,
- numărul țintelor artificiale (3),
- tipul țintelor artificiale folosite (ținte HDS de 3") (Fig. 6.33.),
- locațiile optime ale țintelor artificiale (să fie vizibile din ambele puncte de stație).



Fig. 6.33. Ținta de 3" folosită la scanare

În momentul planificării numărului și locațiilor punctelor de stație (Fig. 6.34.), am luat în considerare câmpul de vedere al instrumentului (270 x 360grade), distanța de măsurare a instrumentului cuprinsă între 130–300m, impedimentele în linia de vizare înspre ținte sau corpul alunecării de teren datorate vegetației și prognoza timpului.

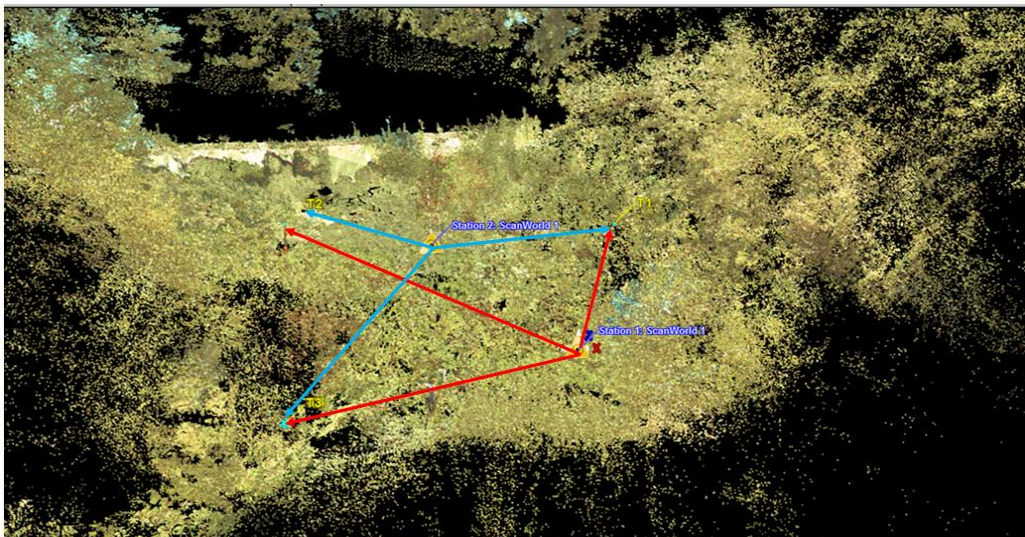


Fig. 6.34. Schiță cu amplasarea stațiilor de scanare

6.1.4.2. Etapa de scanare a obiectivului

Etapa de scanare a cuprins punerea în cele 2 stații a scannerului.

Principalele operațiuni realizate în această etapă au constat în:

- marcarea punctelor de stație pentru scanner și ținte cu țărâși de lemn,
- punerea în stație a scannerului (Fig. 6.35.);
- conectarea scannerului - înainte de a porni scannerul, însuși aparatul de scanat trebuie să fie conectat la un laptop care poate primi și stoca toate punctele care vin de la scanner și să controleze proprietățile scannerului.

Pașii necesari pentru a conecta scannerul la computer sunt următorii:

- se face conexiunea de la scanner la laptop utilizând un cablu adecvat (cablu de rețea standard pentru scannerelor clasice sau un cablu FireWire pentru scannerelor noi),
- se conectează bateria la scanner,
- se îndepărtează capul lentilei de la scanner și se deblochează scannerul (majoritatea scannerelor panoramice au un buton de blocare pentru a preveni pornirea lor în timpul transportului);
- se pornește scannerul și se așteaptă să se încălzească;
- se pornește programul scannerului pe laptop;
- se stabilește conexiunea dintre computer și scanner
- se deschide programul de control al scannerului și se inițiază conexiunea.
- se scanează aria de interes, precum și țintele.



Fig. 6.35. Prima stație de scanare

6.1.4.3. Etapa de „Înregistrare”

În majoritatea cazurilor, obiectul care urmează să fie scanat este prea mare pentru a fi scanat dintr-o singură poziție. De aceea, este necesară scanarea din multiple poziții. Poziția fiecărei scanări este definită în sistemele de coordonate ale scannerului. Pentru a putea alinia diferite poziții de scanare (Fig. 6.36.), este necesar să se cunoască poziția și orientarea exactă a acestor sisteme de coordonate ale scannerului conform cu un sistem de coordonate local/global al terenului. [78], [138]

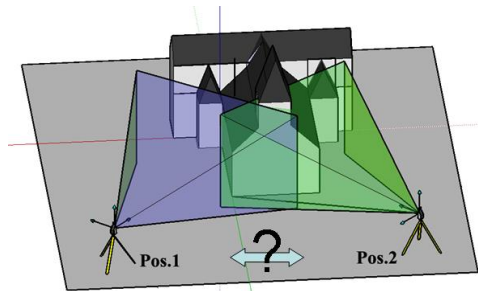


Fig. 6.36. Scanarea unui obiect din două puncte de stație diferite [138]

Aducerea scanărilor din diferite stații într-o stație comună, etapă ce poartă diferite denumiri în literatura de specialitate, și anume „georeferențiere”, „înregistrare”, „registrație”, se poate face în mai multe moduri (Fig. 6.37.).

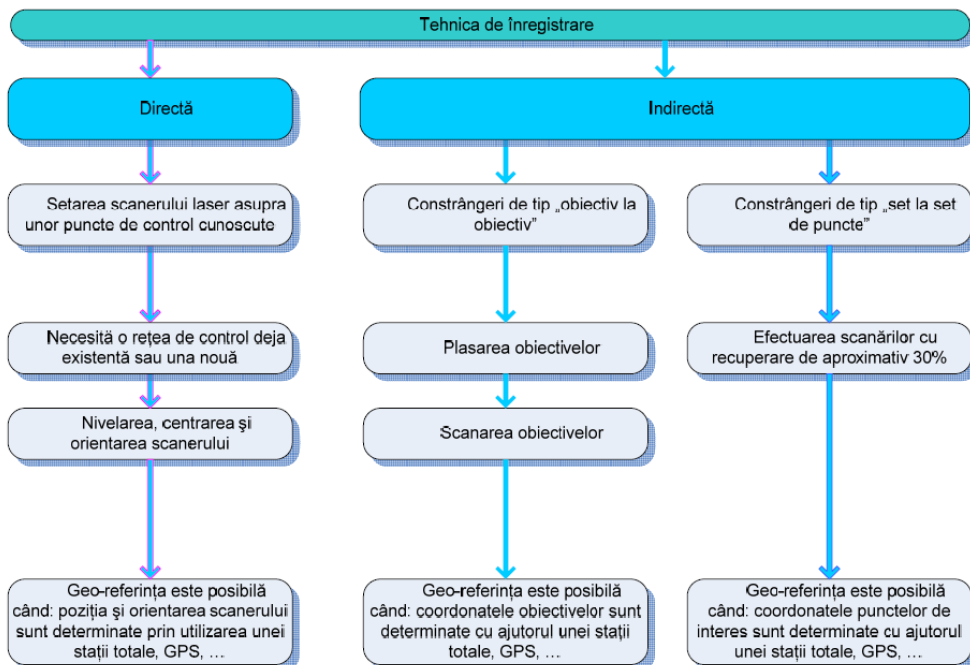


Fig. 6.37. Tipurile de înregistrări

Primul pas al prelucrării măsurătorilor realizate cu tehnica de scanare laser terestră constă în crearea unei baze de date în programul specializat de prelucrare Cyclone: Start–Programs–Leica GeoSystems–Cyclone 7.1.1–Cyclone (Fig. 6.38).

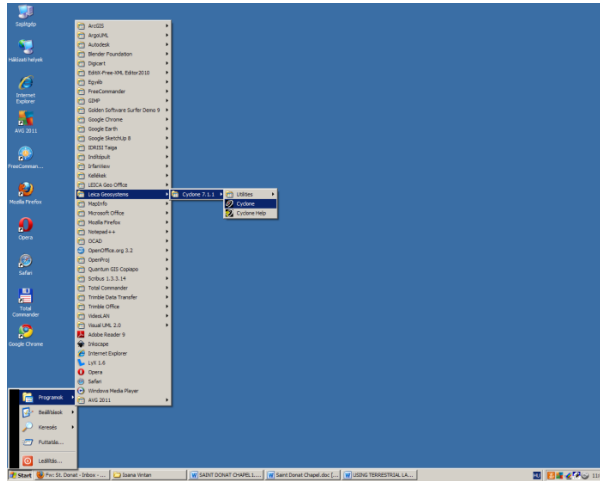


Fig. 6.38. Pornirea programului Cyclone

Înregistrare („registration”) pentru „nori de puncte” care provin din puncte de stație diferite: în Cyclone Navigator se selectează baza de date -> click dreapta -> Create -> Registration. Apoi, în fereastra de „Înregistrare” se introduc scanările denumite „ScanWorld-uri” corespunzând punctelor de stație care trebuie să fie incluse în înregistrarea respectivă (Fig. 6.39., 6.40.).

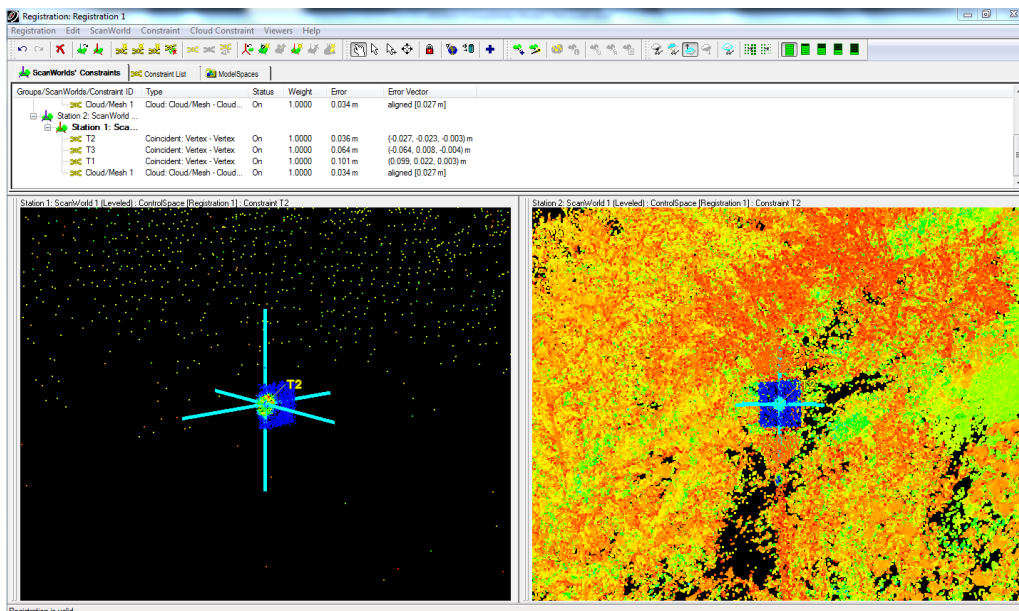


Fig. 6.39. Vizualizarea țintei T2 din două puncte de stație diferite



Fig. 6.40. Imaginea țintei pe baston utilizată la înregistrare

Se adaugă constrângerile automate (Constraints -> Advanced AutoAdd Constraints). Pentru ca aceste constrângeri să furnizeze o precizie de înregistrare bună trebuie să existe cel puțin trei ținte comune între puncte de stație consecutive și să nu existe greșeli în denumirea țintelor. Din fereastra de comandă „Registration” se selectează comanda „Register”, apoi „Create ScanWorld / Freeze Registration” pentru a bloca registrația (Fig. 6.41.).

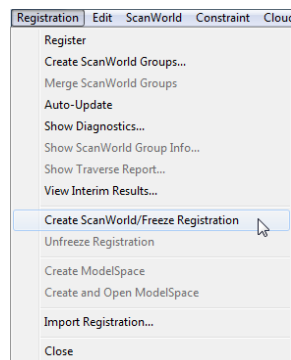


Fig. 6.41. Crearea înregistrării

Numai după blocarea registrației se poate genera spațiul de lucru (spațiu model, „ModelSpace-ul”) (Fig. 6.42.).

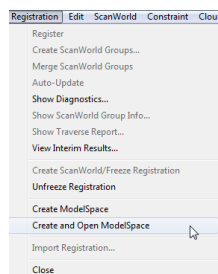


Fig. 6.42. Crearea spațiului de lucru

„Norii de puncte” din stații diferite vor fi incluși în același spațiu de lucru pe baza constrângerilor (Fig. 6.43. – 6.45.). [38]

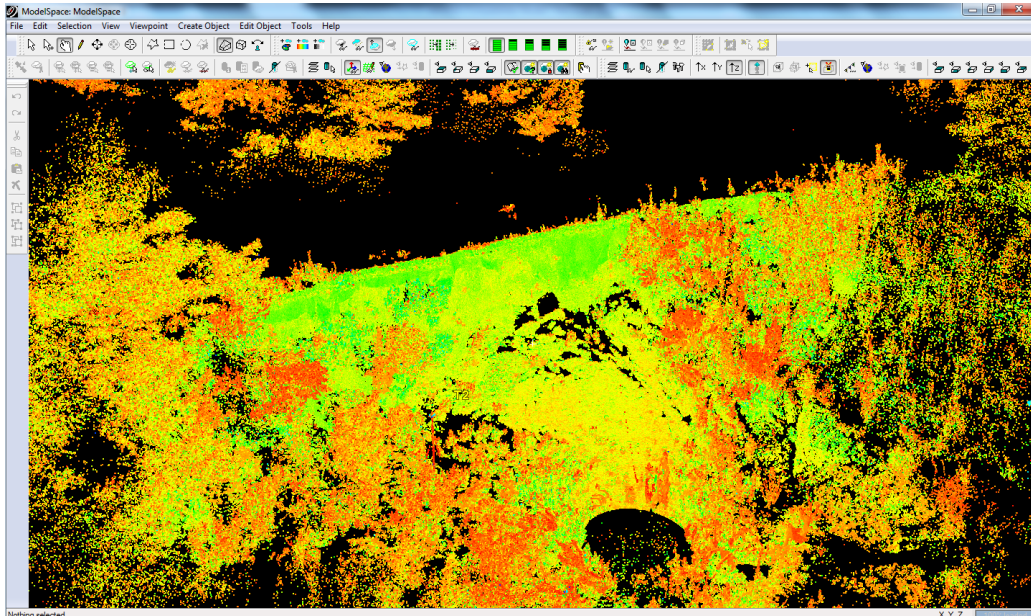


Fig. 6.43. „Norul de puncte” obținut după înregistrare – culori folosite de scanner

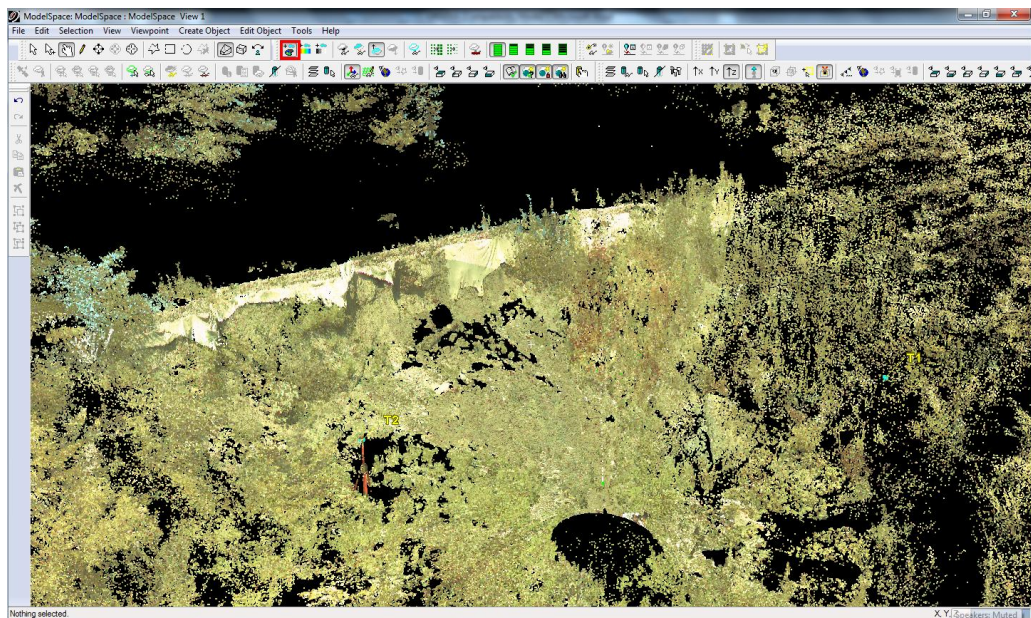


Fig. 6.44. „Norul de puncte” obținut după înregistrare – reprezentare prin culori realiste determinate pe baza fotografiilor panoramice realizate de scanner

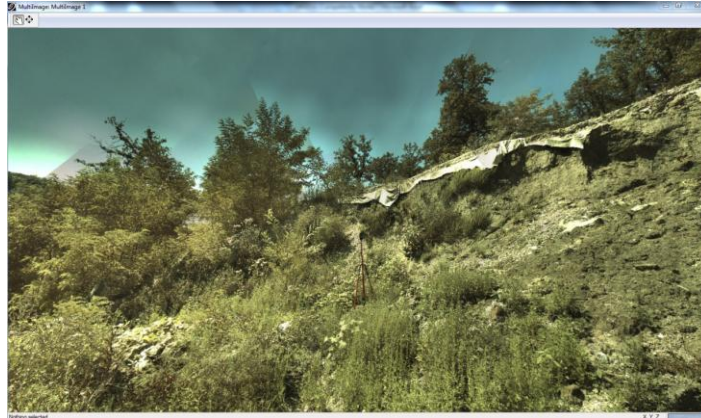


Fig. 6.45. Imagine panoramică realizată de scanner

La achiziția datelor se creează atâția nori de puncte de câte ori se apasă butonul „Scan”. Unificarea datelor (Fig. 6.46.) are rolul de a facilita lucrul cu norii de puncte și de a ușura vizualizarea lor, prin aducerea tuturor norilor de puncte în cadrul unui singur nor, pe care calculatorul îl poate gestiona mai ușor din punct de vedere al memoriei necesare.

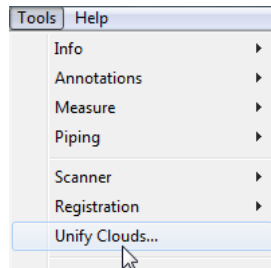


Fig. 6.46. Opțiunea de unificare a norilor de puncte din meniu

După ce datele au fost unificate, se urmărește reducerea norului de puncte pentru eliminarea punctelor nedorite (zgomotul de măsurare). [72] Se pot folosi funcții automatizate, care să segmenteze norul de puncte în funcție de intensitate – însemnând că vor fi selectate și izolate regiunile din zonele în care densitatea punctelor este mică (spre extremitățile zonei scanate) (Fig. 6.47, 6.48.).

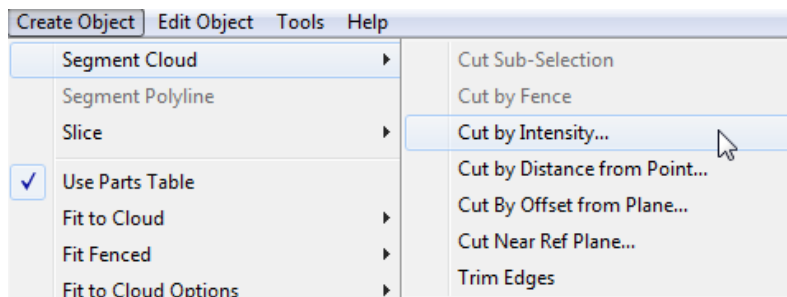


Fig. 6.47. Opțiune de eliminare a zgomotului de măsurare

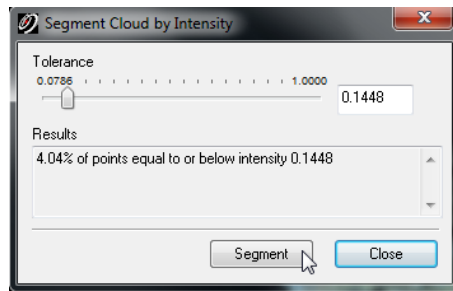


Fig. 6.48. Opțiunea de segmentare a norilor de puncte din meniu – în funcție de intensitate

O altă metodă de eliminare a datelor nefolositoare este reprezentată de selectarea datelor cu opțiunea „Fence” și ștergerea acestora (Fig. 6.49, 6.50).

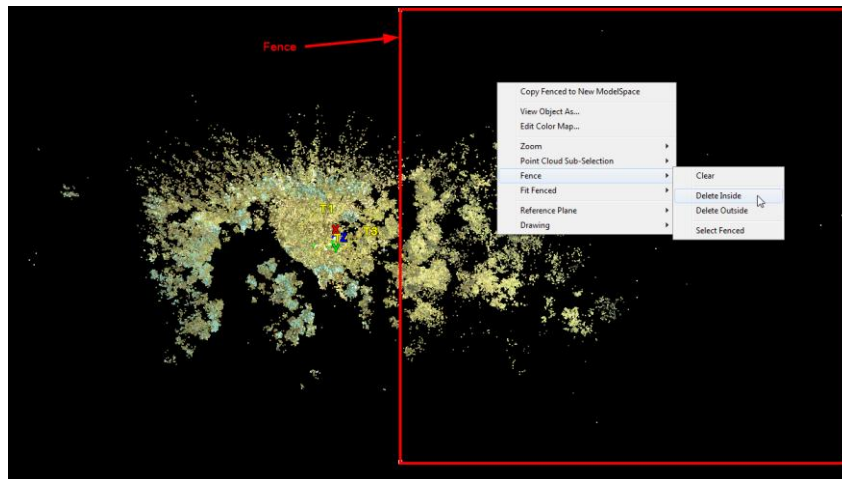


Fig. 6.49. Eliminarea zgomotului de măsurare în mod manual

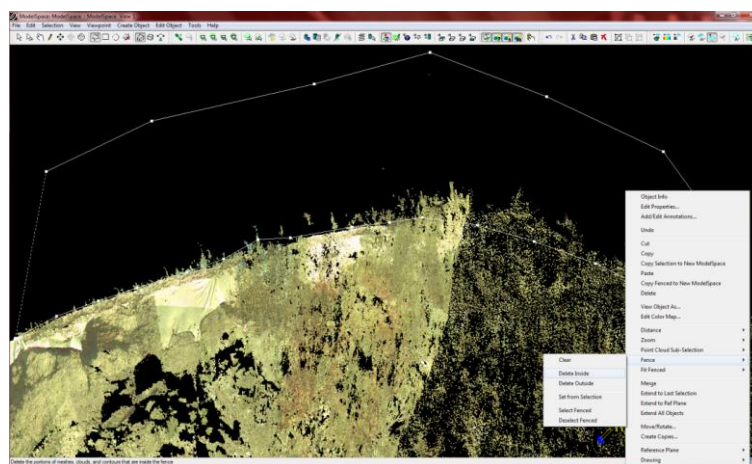


Fig. 6.50. Eliminarea zgomotului de măsurare în mod manual

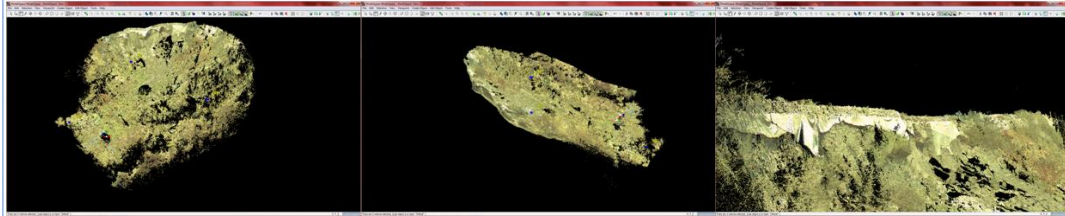


Fig. 6.51. „Norul de puncte” curățat de vegetație

Exportarea norului de puncte (Fig. 6.51.) pentru utilizare în Civil 3D 2012 se poate face în format text (*.pts) (Fig. 6.52.)

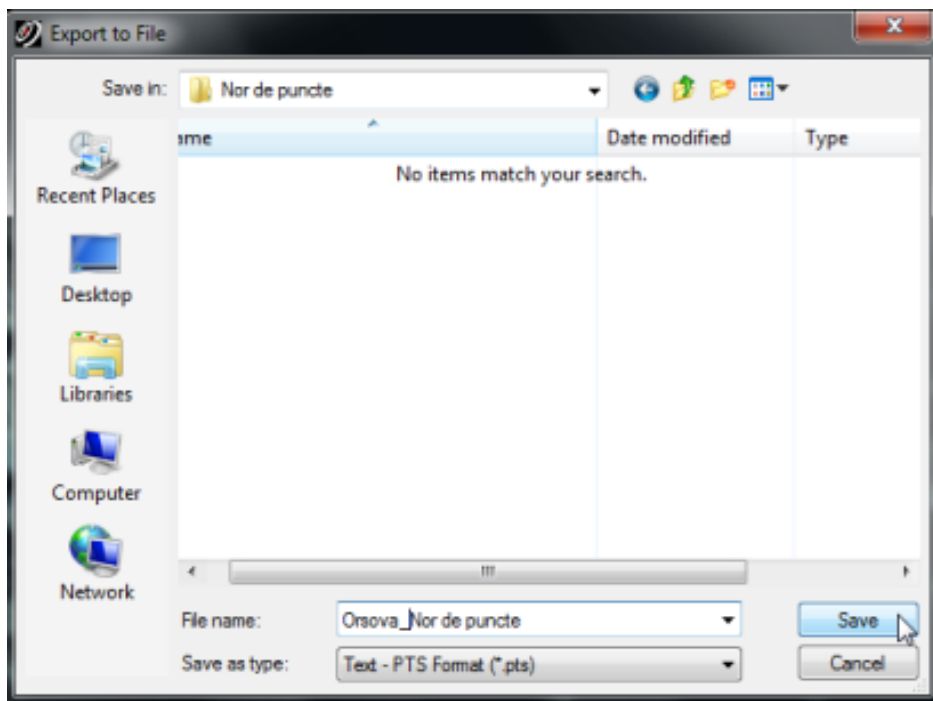


Fig. 6.52. Salvarea norului de puncte pentru a fi exportat în AutoCAD

Coloanele din fișierul text corespund la: X, Y, Z, I (intensitate), R (red), G (green), B (blue). Coordonatele sunt în sistem local, cu originea în primul punct de stație (X=0, Y=0) și Z=0 la nivelul punctului din construcția scanner-ului față de care se măsoară înălțimea acestuia (Fig. 6.53.).

67.243240	67.286392	44.112656	-1396	84	77	61
67.878433	67.608139	44.199326	-1467	55	54	24
67.523483	67.540817	44.183914	-1463	42	41	36
67.919876	67.900742	44.331772	-1486	52	53	45
67.907150	67.377487	44.979538	-1521	127	161	134
67.949509	67.289810	44.959274	-1416	64	70	42
67.948196	67.671219	44.719650	-1506	94	139	136
67.935898	67.529404	44.583817	-1652	84	107	89
67.817947	67.678391	44.914108	-1359	50	54	39
69.734451	66.201370	45.170700	-1447	45	42	25
68.065201	64.454971	45.835220	-1424	119	127	88
69.640335	65.872238	44.281448	-1614	68	63	34
69.400681	65.667435	44.007614	-1630	91	88	55
69.275284	65.936539	44.554611	-1609	72	75	56
69.377090	65.895737	44.575760	-1434	90	102	66
69.769272	65.605972	44.737015	-1576	125	127	80
69.951279	65.512131	44.772263	-1370	112	117	76
69.772324	66.362656	45.002090	-1550	30	33	22
68.140030	66.362473	44.180161	-1508	77	71	39
68.033707	66.609268	44.412003	-1370	77	71	49
68.818863	66.290817	44.836349	-1627	36	34	21
68.035721	66.732559	44.669449	-1483	89	90	50
68.419357	66.950729	44.906509	-1629	87	83	48
69.606216	66.092453	44.370590	-1539	54	60	32
69.594925	66.965744	44.635788	-1429	67	70	41
68.978043	67.188187	44.209396	-1593	98	92	58
68.006241	67.212509	44.339218	-1496	70	92	45
68.102768	67.427383	44.944260	-1431	76	103	84
68.001511	67.588181	44.865158	-1511	157	207	158
68.473862	67.246933	45.131424	-1442	171	188	178
68.742386	67.744308	45.019547	-1372	114	122	85
68.658920	67.797012	45.014053	-1447	121	153	140
77.141800	64.714737	46.486496	-1586	35	35	25
75.732376	65.412979	43.289169	-1530	47	41	27
74.373398	67.271011	45.284500	-1508	29	30	16
77.392258	64.901321	46.765701	-1475	41	38	23
67.636551	66.544601	49.462418	-1352	74	71	38
64.902512	64.111893	49.149399	-1373	52	54	40
-47.152725	-26.426804	137.254074	-1665	255	255	240

Fig. 6.53. Exemplu de fișier exportat din Cyclone cu date brute de tipul X Y Z I (Intensitate) R (Red) G (Green) B (Blue)

Încărcarea norului de puncte Civil 3D (Figurile 6.54. – 6.56.) se face astfel:

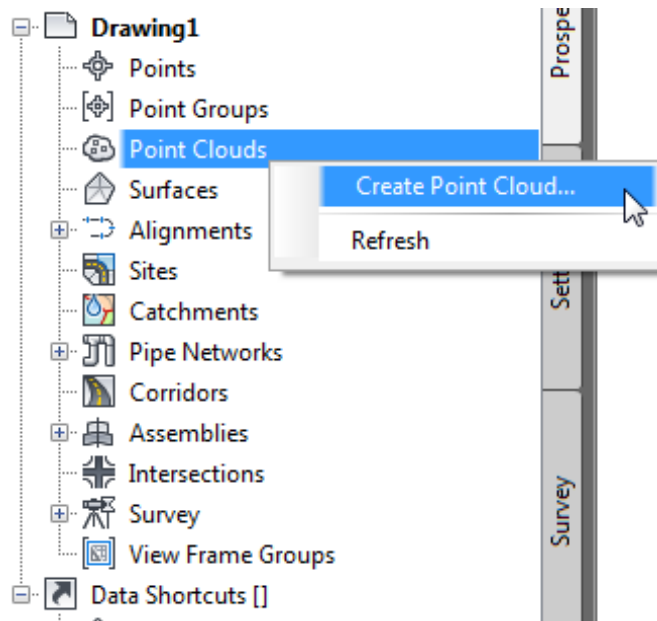


Fig. 6.54. Etapă la încărcarea norului de puncte în Civil 3D

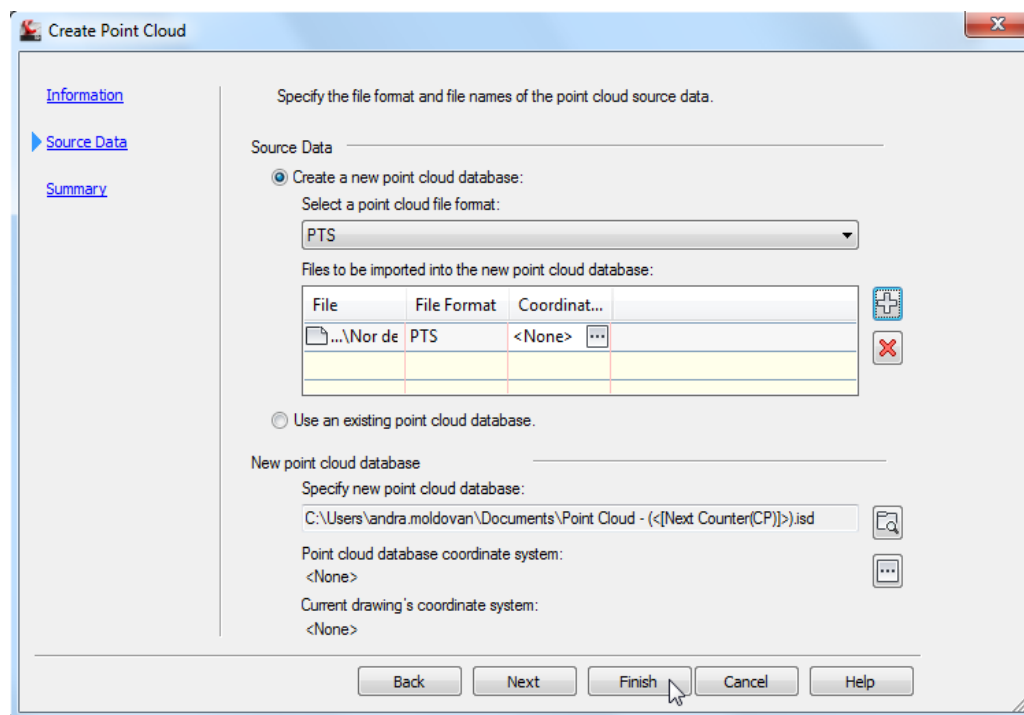


Fig. 6.55. Etapă la încărcarea norului de puncte în Civil 3D

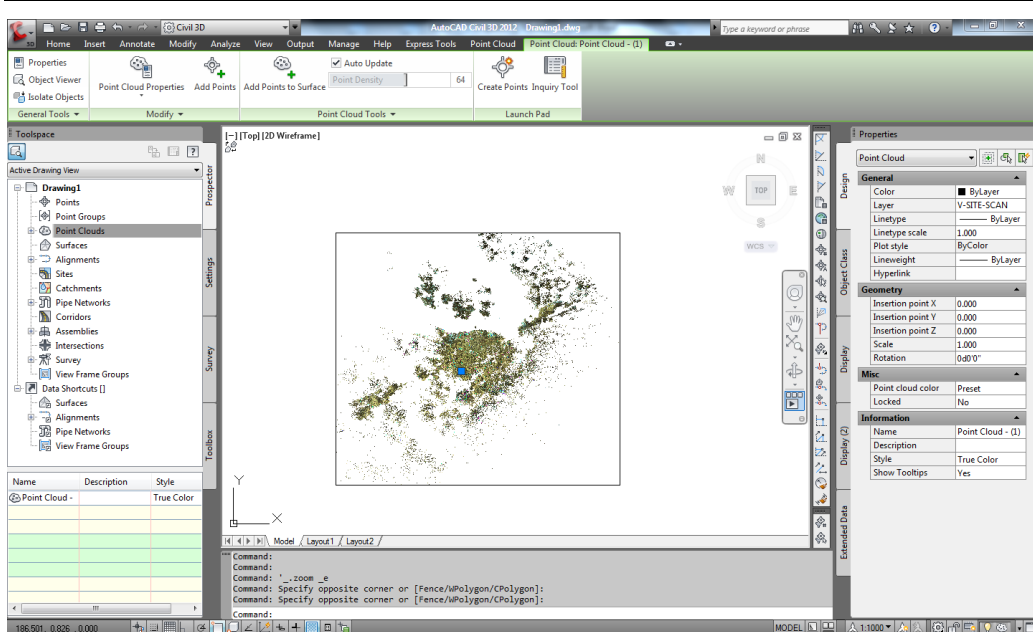


Fig. 6.56. Norul de puncte încărcat în Civil 3D

Modelul digital al terenului scanat (Fig. 6.57. – 6.59.) a fost obținut după utilizarea unui algoritm de filtrare a datelor. Acesta asigură filtrarea norului de puncte de acele puncte care nu sunt relevante pentru crearea suprafeței dorite. Se realizează prin setarea unei rețele rectangulare, la echidistanța specificată de utilizator. În jurul punctelor de intersecție a liniilor rețelei rectangulare (grid-ului) se vor dezvolta (automat, prin funcție a programului) cilindrii în interiorul cărora se va face o căutare a punctelor cu cota cea mai mică. Toate punctele cu cota cea mai mică, găsite în interiorul cilindrilor, vor fi adăugate într-o suprafață (Surface) în Civil 3D care reprezintă de fapt modelul digital al terenului.

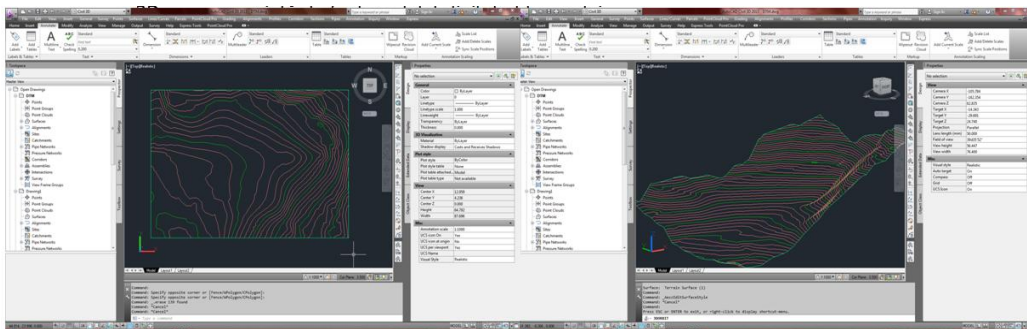


Fig. 6.57. Suprafața 3D reprezentată prin curbele de nivel

Acest algoritm are rolul de a furniza pentru modelul digital al terenului cele mai probabile puncte, care, evident, se găsesc la nivelul cel mai de jos al suprafeței scanate (se evită, de exemplu, luarea în calcul pentru modelul digital al terenului a punctelor aflate pe coroanele copacilor etc.).

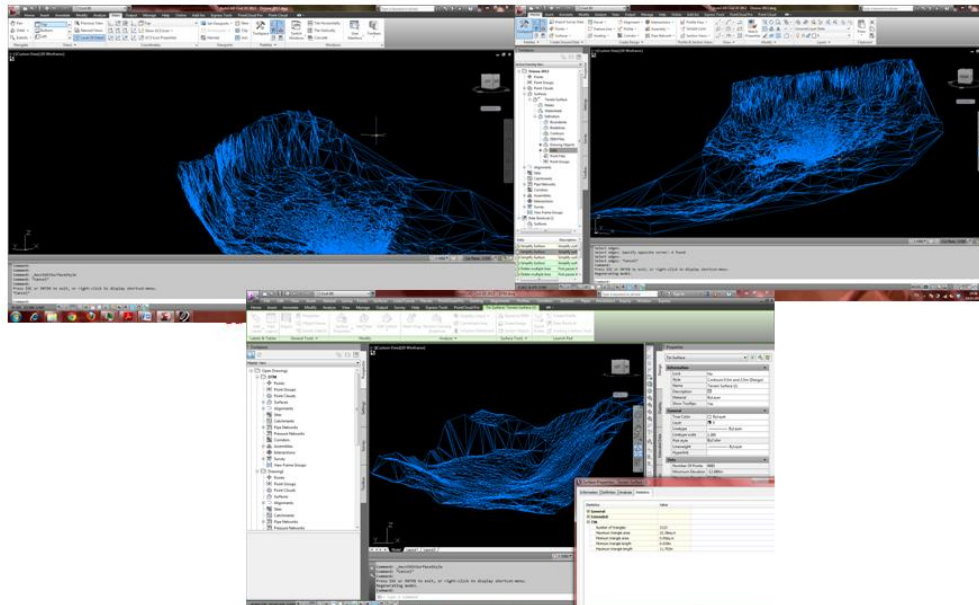


Fig. 6.58. Suprafețe TIN

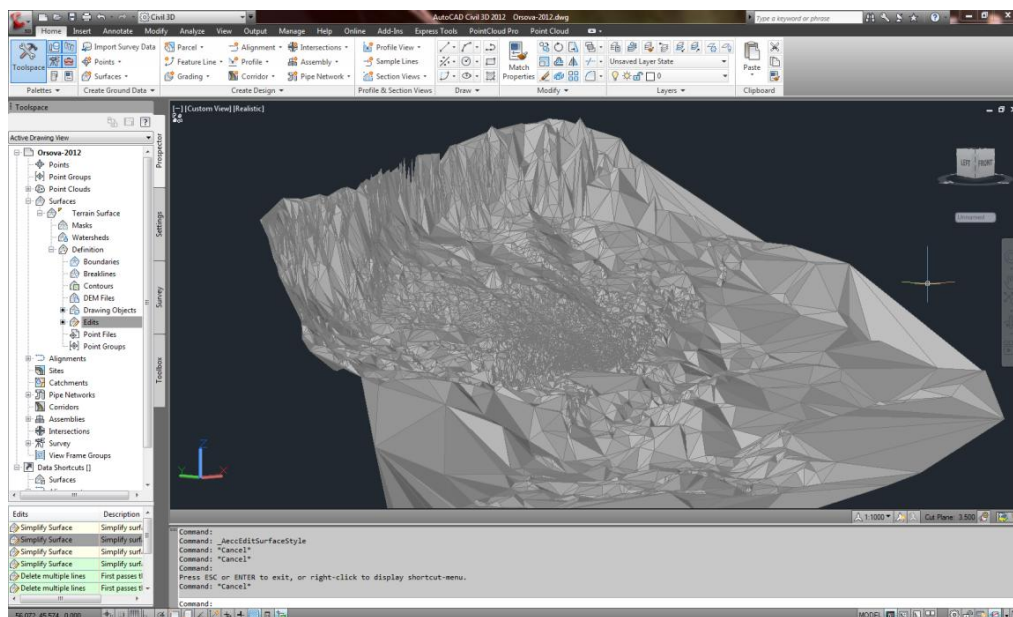


Fig. 6.59. Suprafața solidă

Aceleși etape au fost parcurse și în cazul realizării campaniei de măsurători realizate cu scannerul în anul 2013, figura 6.60. și Anexa 13 ilustrând suprapunerea celor două suprafețe 3D create în scopul determinării deplasărilor de teren.

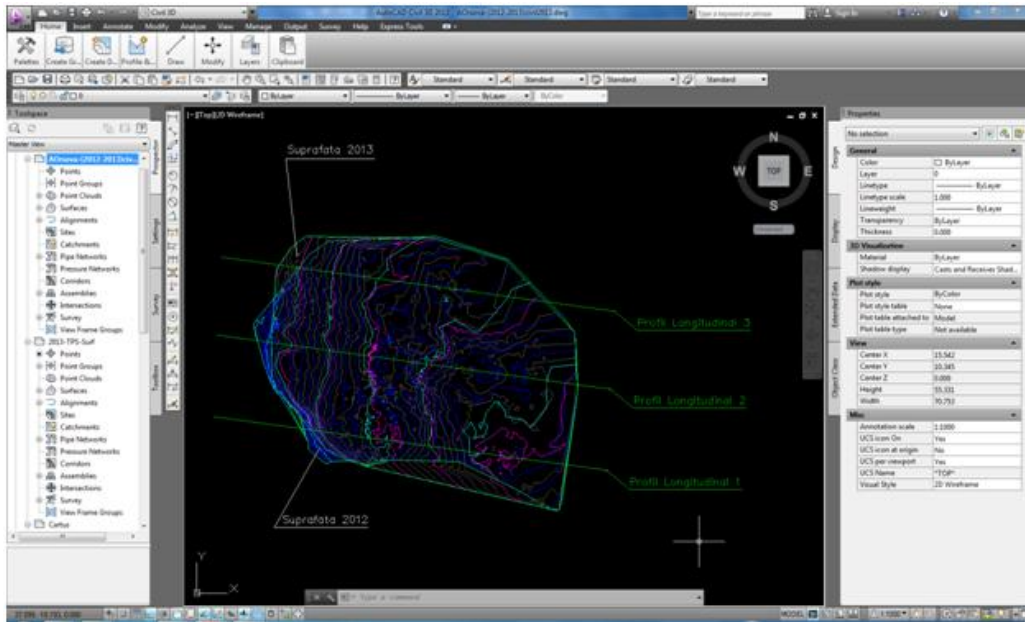


Fig. 6.60. Suprafețele 2012-2013 suprapuse și direcțiile de creare a profilurilor

Pentru a scoate în evidență volumul de pământ alunecat între cele două campanii de măsurători, am creat profiluri longitudinale (Fig. 6.61.) prin suprafețele 3D suprapuse (Anexa 14).

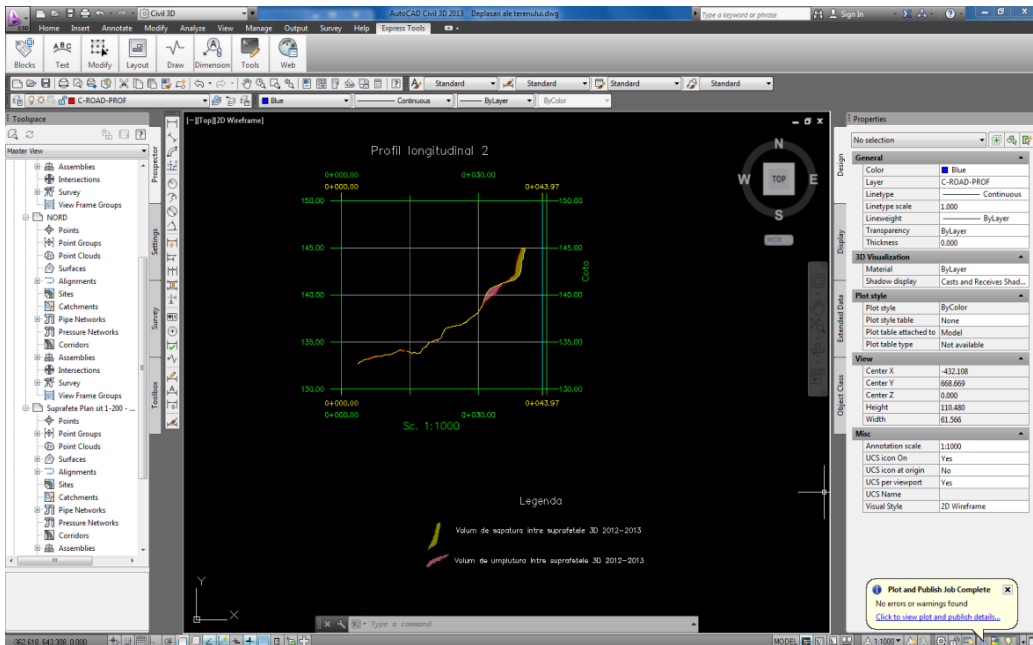


Fig. 6.61. Profil longitudinal prin cele 2 suprafețe

Următorul pas constă în crearea unei suprafețe noi (Fig. 6.62.) numită „Volume surface” care arată tasările apărute și ajută la evaluarea cantitativă a masei de pământ alunecate (Anexa 15).

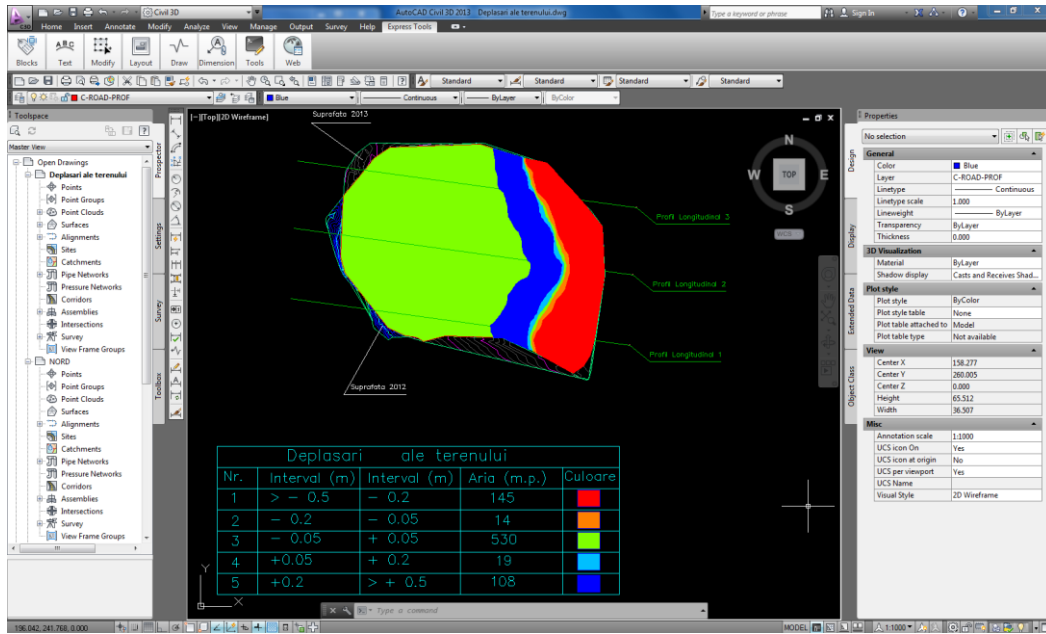


Fig. 6.62. Deplasările terenului

6.1.5. Discuții

Alunecarea studiată este de mică adâncime, având planul de alunecare situat la -5m, iar viteza sa de deplasare o încadrează în categoria lentă. Din punct de vedere al sensului de deplasare a frontului de desprindere, se clasifică în alunecare de tip progresiv.

Tabelul 6.5. Calcule volumetrice între modelele 2012-2013

Criteriul	Stația totală TCRA		Scanstation C10
	Civil 3D 2013	Surfer 9	Civil 3D 2013
Volumul de săpătură	470,26m ³	482,041m ³	477,530m ³
Volumul de umplutură	235,47m ³	227,005 m ³	228,270m ³
Diferența de volum săpătură – umplutură	234,79m ³	255,035 m ³	249,260m ³

Din punctul de vedere al măsurătorilor geodezice efectuate, am realizat o analiză SWOT a rezultatelor obținute.

Ca și *aspecte mai puțin favorabile*, reiese, prin comparația modelelor tridimensionale create, calitatea relativ inferioară a modelelor 3D rezultate din măsurătorile geodezice tradiționale față de aceea a modelelor realizate prin scanare laser terestră, deși tehnologia folosită a fost de ultimă oră.

Inițial am plecat de la ideea că voi putea realiza și modelul digital al terenului afectat de fenomenul de instabilitate prin digitizarea curbilor de nivel de pe hărțile existente, pentru a putea face o comparație între 3 metode de obținere a acestor modele. Se conturează ideea că, acest tip de prelucrare este posibil doar în cazul în care se dispune de planuri topografice la scări mari care să conțină curbe de nivel și să aibă bine reprezentată zona de studiu dacă aceasta este de dimensiuni mici, sau, în cazul în care, se modelează o zonă foarte întinsă de teren. În orice caz, precizia acestui tip de prelucrare ar fi fost cea mai scăzută.

De asemenea, costurile ridicate pot fi o problemă întâmpinată la un astfel de studiu.

Ca *aspecte favorabile*, menționez faptul că utilizarea unor tehnologii geodezice moderne (referindu-mă aici atât la aparatură cât și la programe de ultimă generație) prezintă numeroase avantaje, dintre care obținerea modelelor 3D ale terenului ce oferă un înalt grad de detaliere a zonei, este cel mai important.

Făcând o comparație între rezultatele obținute în urma prelucrărilor, și anume modelele 3D ale zonei afectată de alunecarea de teren, prin prisma aspectului, modelele realizate cu programul Surfer 9 oferă specialistului mai multe informații referitoare la fenomenul studiat.

Chiar dacă scanarea laser terestră nu este folosită pe scară largă la monitorizarea suprafeței scoarței terestre în științele ce se ocupă cu studiul pământului, un număr semnificativ de oameni de știință au demonstrat valoarea acestei tehnologii pentru monitorizarea alunecărilor de teren și a altor hazarduri.

Tehnologia de scanare laser terestră poate fi folosită cu succes ca metodă complementară sau care să înlocuiască metodele geodezice tradiționale de măsurare pentru caracterizarea atât a geometriei cât și a geologiei versanților instabili.

Tot în categoria aspectelor favorabile intră și beneficiile scanării laser terestre:

- minimizarea muncii de teren concomitent cu creșterea timpului de procesare a datelor,
- costuri mai mici decât în cazul tehnologiilor aeropurtate pentru zone de dimensiuni mici și mijlocii,
- minimizarea probabilității de apariție a zonelor nescanate datorată efectelor de umbră,
- posibilitatea de a scana din unghiuri diferite și de a suprapune rezultatele,
- rezultate complexe de înaltă precizie,
- în loc de a măsura puncte dedicate, predefinite, întreaga structura a unui obiect poate fi capturată, permițând astfel investigații numeroase în faza de post – procesare (exemplu: mișcări ale cablurilor, deformații de piloni etc.).

Prelucrarea și interpretarea în mod comparativ a modelelor digitale ale terenului, obținute din campanii de măsurători efectuate la intervale prestabilite de timp, oferă informații prețioase referitoare la cauzele producerii alunecărilor de teren, dinamica geomorfologică etc. având o reală valoare în investigarea și prognozarea unor astfel de fenomene pentru arii relativ restrânse. Având la bază aceste analize, se pot elabora programe de monitorizare în vederea conceperii unor sisteme de avertizare timpurie.

Din punct de vedere geotehnic, în urma analizării rezultatelor obținute, prin efectuarea investigațiilor de teren, a prelevărilor de probe și a încercărilor de laborator, rezultă următoarele concluzii și recomandări, cu privire la fenomenele de instabilitate ale versantului și măsuri necesare pentru stabilizarea acestuia:

- cercetările efectuate în amplasament pun în evidență o stratificație a terenului de fundare alcătuită din argile prăfoase, argile nisipoase, argile prăfoase nisipoase (P5), nisipuri mijlocii și mari (P3);

- planul de alunecare al masivului de pământ din corpul drumului este situat pe stratul de separare dintre eluviul de pantă format pe versant și un strat de praf nisipos argilos gri cenușiu, care prezintă o înclinare în aceeași direcție cu cea a versantului;
- criteriul granulometric al pământurilor care alcătuiesc terenul de fundare, stabilit conform Tab.1 din STAS 1709/2-90, permite clasificarea pământurilor întâlnite în majoritatea sondajelor în categoria pământurilor sensibile și foarte sensibile la îngheț;
- caracteristicile de contractilitate ale straturilor argiloase din suprafața terenului de fundare, permit clasificarea acestor pământuri în categoria pământurilor argiloase active și puțin active, conform buletinelor de analiză;
- proiectarea infrastructurilor drumului se va realiza cu respectarea prescripțiilor tehnice NE 0001 - 96 intitulat „Cod de proiectare și execuție pentru construcții fundate pe pământuri cu umflări și contracții mari”, Capitolul 4 și 5;
- datorită reliefului accidentat, cu pante mari peste 25 de grade care caracterizează amplasamentul cercetat, în perioadele cu precipitații abundente este posibilă apariția unor fenomene de eroziune accentuată a versanților și formarea de ogașe și ravene într-un interval de timp foarte scurt. Pentru a preveni fenomenele de alunecare se recomandă o sistematizare atentă a amplasamentului din punct de vedere al colectării apelor meteorice și a evacuării acestora.

Se poate concluziona că desprinderea prin alunecare a masivului de pământ s-a datorat umezirii excesive și a faptului că există o coincidență între înclinarea geologică a straturilor de pământ și panta versantului natural.

Penetrările PDU3, PDU5, PDU6, PDU7 ne arată că suprafața de alunecare a masivului de pământ alunecat este situată la adâncimi cuprinse între 2,3m și 3,7m. Aceste penetrări au fost efectuate între linia de dispunere a gabioanelor alunecate și forajul F1. Penetrarea dinamică ușoară PDU1 efectuată la baza masivului de pământ alunecat, în zona forajului F1, ne indică faptul că suprafața de alunecare atinge adâncimea de -4,70m.

În apropierea acestei zone, în masivul de pământ natural nealunecat a fost efectuată încercarea de penetrare dinamică PDU 9 care pune de asemenea în evidență un număr N10 foarte mic până la adâncimea de -4,50m. Această penetrare indică faptul că masivul de pământ se găsește într-o stare neconsolidată, instabilă, chiar și în zona versantului natural considerat stabil.

Apa subterană a fost interceptată în forajul F1 la adâncimea de -3,50m. În perioadele cu precipitații apa meteorică bălțește la baza versantului și se infiltrează în masivul de pământ, transformând straturile de argile prăfoase și argile nisipoase din forajul F1 în pământuri moi alunecătoare.

Zona km 1+642 de pe drumul de acces între localitatea Orșova și Platoul Topleț, culmea Dranic, în județul Mehedinți, reprezintă o zonă în care se întâlnesc 2 versanți naturali a căror geomorfologie a fost parțial modificată prin construcția noului drum de acces.

Apa meteorică de pe acești versanți se acumula la baza acestora producând modificări importante de umiditate a masivului de pământ și ca urmare a colmatării văii torențiale.

Stabilizarea drumului de acces către agregatele eoliene se poate realiza numai printr-o lucrare complexă de terasamente care trebuie să cuprindă în mod obligatoriu:

- șanțuri pentru drenarea apelor de la intersecția celor 2 versanți naturali care se întâlnesc în curba de la km 1+642 cu rol de descărcare a apelor meteorice și din topirea zăpezilor în valea torențială de la baza versantului;
 - lucrări de recompartare a masivului de pământ de la baza versantului natural având zona cuprinsă între linia de dispunere a gabioanelor și valea torențială de la baza versantului. În efectuarea acestor lucrări se vor utiliza piatră spartă de dimensiuni mari pentru împănarea pământului din zonă precum și straturi de geogriile pentru armarea masivului din această zonă pe o grosime minimă de 2,00m;
 - lucrări de recompartare a masivului de pământ, de pe fostul aliniament al structurii de gabioane, care se va arma cu straturi de geogriile pe o adâncime de circa 1,20m;
 - refacerea terasamentului corpului de drum concomitent cu execuția gabioanelor utilizând straturi de geogriile pentru armarea umpluturilor de pământ până la nivelul structurii rutiere;
 - refacerea structurii de gabioane pe vechiul aliniament.
- Lucrările de terasamente necesare stabilizării alunecării versantului de la km 1+642 implică stabilizarea suplimentară prin plantarea de arbori cu rădăcini adânci de tipul sălciilor, salcânilor etc.
- Lucrările de săpături, sprijiniri, umpluturi sau epuizamente se vor executa cu respectarea normativului C 169 – 88 intitulat „Normativ privind executarea lucrărilor de terasamente pentru realizarea fundațiilor construcțiilor civile și industriale”.

6.2. Studii privind stabilitatea viaductului Valea Mică – Centura Caransebeș

Efectele schimbărilor climatice, care își fac simțite efectele și în România, au condus la elaborarea unor strategii [12], [56], [81] pentru administrarea potențialelor riscuri și reducerea impactului acestora:

- Strategia națională pentru comunicare și informare publică în caz de situații de urgență,
- Strategia națională pentru administrarea riscului în caz de inundații,
- Strategia națională referitoare la schimbările de climă,
- Strategia națională pentru administrarea siguranței traficului rutier,
- Strategia națională pentru administrarea situațiilor de urgență pe drumurile publice,
- Ghiduri privind evaluarea riscurilor din zona drumurilor.

Monitorizarea terenului adiacent zonei drumului sau rambleurilor implică urmărirea nivelurilor apelor subterane și ale presiunii apei din pori, tasărilor pentru totalitatea sau părți ale rambleului și pentru structurile influențate de acesta, deplasărilor orizontale, verificări pe parcursul execuției ale parametrilor de rezistență ai materialului din rambleu, observații asupra protecției împotriva eroziunii, verificări de permeabilitate a materialului din rambleu și a terenului de fundare efectuate pe parcursul execuției, adâncimea pe care se dezvoltă înghețul în creasta rambleului [144].

În acest context studiul de față prezintă metode și modele de urmărire complexe utilizate la o structură rutieră din țara noastră executată cu o tehnologie inovatoare, respectiv pământ armat, care a suferit deplasări, deformații liniare și unghiulare aflate la limita deformațiilor admise pentru acest gen de construcție.

6.2.1. Tehnologia Terre Armee Freyssisol

Această tehnologie de consolidare se bazează pe formarea unui material compozit prin asocierea unor straturi compactate cu inserații de armături liniare. Armăturile pot fi metalice (benzi metalice galvanizate cu aderență ridicată) sau sintetice (armături Freyssisol din poliester, îmbrăcate în polietilenă). Aplicabilitatea pentru căile de comunicații terestre este următoarea (Fig. 6.63.):

- **În domeniul drumurilor și autostrăzilor** cele mai multe aplicații sunt pereții de sprijinire și sprijiniri de poduri ce reprezintă infrastructura pentru drumurile rutiere atât urbane cât și suburbane, precum și drumurile rurale de zonă muntoasă. Principalele aplicații includ: pereți de susținere a drumurilor, culee, pereți învelitori în jurul culeelor, pereți pentru rampe de acces, terasamente. De asemenea, pereții de susținere sunt folosiți în multe țări de-a lungul căilor ferate, metroului și metroului ușor, deoarece absorb foarte bine vibrațiile induse de trecerea trenului. Tehnologia este aceeași ca pentru aplicațiile rutiere, exceptând câteva detalii specifice. Proiectarea structurii de sprijinire este adaptată cerințelor legate de încărcările utile și specifice precum și nevoilor de siguranță, mai ales pentru trenurile de mare viteză.



Fig. 6.63. Lucrări executate cu tehnologia de pământ armat

- **În domeniul construcțiilor industriale** au fost dezvoltate soluții specifice pentru sprijinirea și etanșarea pereților din mine de cărbuni sau alte minerale, pentru pereți de întărire a depozitelor mari sau a fabricilor, bazine de reținere pentru rezervoare de gaz lichefiat și produse periculoase; stații de criblură și de concasare. Pământul armat se folosește și pentru construirea sistemelor de protecție civilă, militară sau industrială având în vedere avantajele sale, și anume faptul că multe structuri au rezistat la impact, explozii, infiltrații de gaze lichide și expuneri la foc. Arcele care însoțesc această tehnologie s-au dovedit a fi o soluție eficientă, rapidă și economică pentru construirea adăposturilor și buncărelor militare precum și pentru tunelele transportoare.
- **În domeniul infrastructurii maritime**, aplicațiile de-a lungul râurilor, lacurilor sau zonelor de coastă, precum pereți pentru cheiuri sau reabilitarea barajelor existente, sunt obișnuite pentru tehnologia pământ armat. Construcțiile subacvatice a pereților-dig au fost realizate prin astfel de metode modificate. Aceste metode au fost cu succes folosite în câteva țări, pentru porturi maritime și diguri de pescuire.

Freysisol este un procedeu original de ranforsare a pământului prin includerea de armături sintetice legate cu panouri din beton prefabricat constituind suprafața exterioară. Originalitatea sistemului constă în utilizarea armăturilor

compozite sintetice care oferă în toate situațiile, foarte bune caracteristici mecanice, durabilitate și ușurință la punerea în operă. Mai mult, prin natura lor, armăturile nu sunt supuse la coroziune, indiferent de natura chimică a pământului. Sistemul de ziduri din beton prefabricat fixați prin intermediul armăturilor în terasament, asigură o foarte bună comportare la seism.

Principalele părți componente ale Freyssisol sunt detaliate în figura 6.64.:

- elemente prefabricate, în principal realizate din beton;
- grinzi de rezemare;
- armături compozite din polimeri (armături sintetice);
- elemente pentru îmbinări și rosturi;

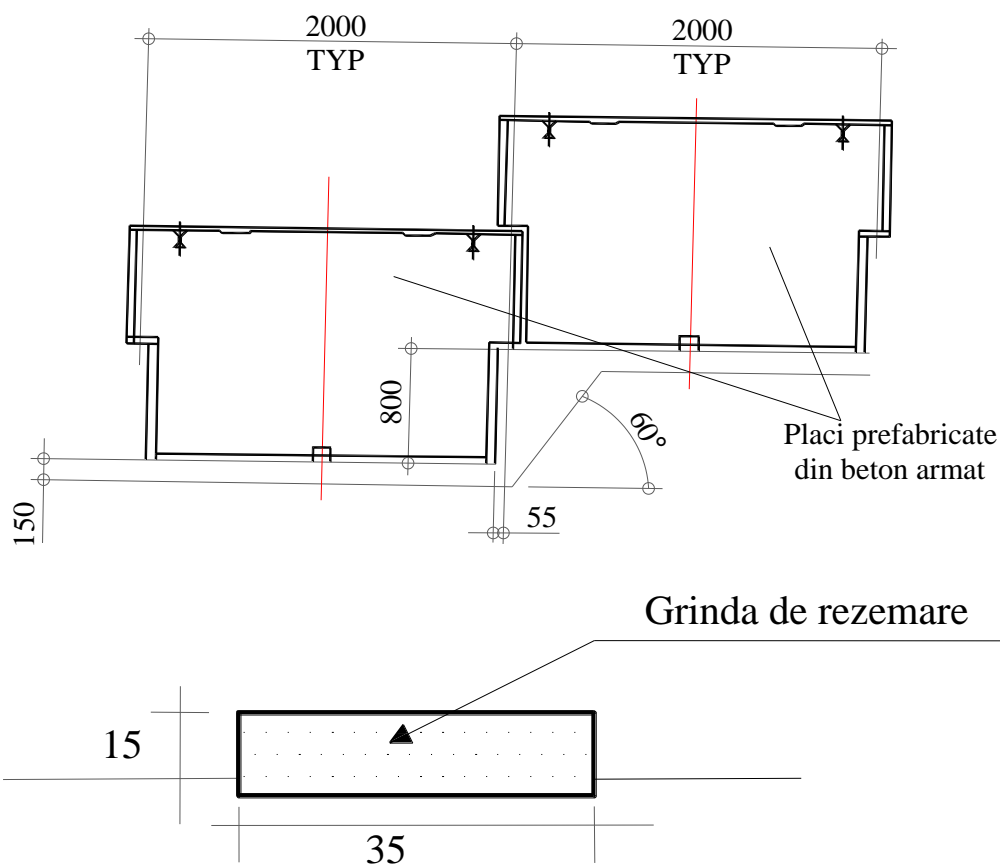


Fig. 6.64. Părțile componente ale tehnologiei Freyssisol

În alcătuirea unui zid FREYSSISOL există trei tipuri principale de **panouri** din beton armat C32/40, a căror grosime curentă este de 0,14m. Aceasta poate varia în funcție de proiect:

- panouri standard, în forma de T, înălțime 1,60m și lungime 2,00m,
- panouri rectangulare, la baza zidului, înălțime 0,80m și lungime 2,00m,
- panouri în formă de cruce, la partea superioară a zidului, înălțime maximă 2,40m și lungime 2,00m.

Panourile folosite sunt armate cu plasă sudată de tip Ø8/150x150mm, la cele de tip S și Ø8/100x100mm, la cele de tip R.

În funcție de mărimea împingerii pământului pe zid, armătura poate fixa panoul în 4, 5 sau 6 puncte de prindere (ex. panouri standard S4, S5, S6 sau R4, R5, R6). După cum împingerea pământului crește cu adâncimea terasamentului așa și numărul prinderilor crește cu adâncimea sprijinită.

Reazemele între panourile FREYSSISOL sunt constituite din două ploturi din cauciuc EPDM, de dimensiuni 150x80x22. Rolul acestora constă în a repartiza presiunile datorate greutateii panourilor superioare și de a prelua tasările diferențiale.

Armăturile (Fig. 6.65.) sunt alcătuite din 10 fascicule de poliester de înaltă rezistență îmbrăcate într-o teacă de polietilenă de joasă densitate tratată cu negru de fum și sunt prezentate în tabelul 6.6. Ele au lățimea de 85–90mm, grosimea variind între 4–6mm. Proprietățile fizico-chimice testate prin introducerea în apă a fibrelor de poliester au arătat că în condiții normale de temperatură nu există riscul deteriorării poliesterului prin hidroliză. În plus, nu s-a constatat migrarea ionilor prin bariera de polietilenă care protejează ca un scut fibra de poliester.

Tabelul 6.6. Tipuri uzuale de armături sintetice

Rezistența minimă la rupere (kN)	Lățimea nominală (mm)	Grosimea nominală (mm)	Lungimea ruloului (m)	Masa nominală a unui rulou (kg)	Culoare ambalaj
30	85	2.2	100	15.7	Albastru
50	90	3.5	100	23.8	Galben
75	90	4.0	100	31.0	Bej
100	90	6.0	100	38.5	Roșu

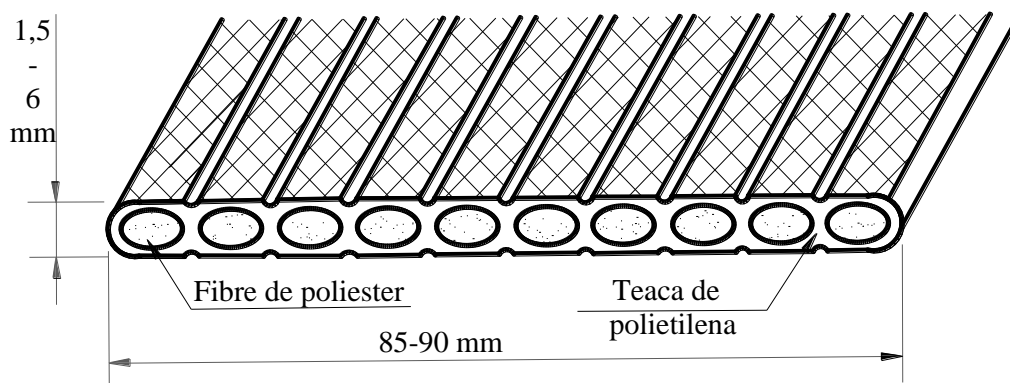


Fig. 6.165. Armături sintetice

Protecția rosturilor este asigurată cu o bandă de geotextil de lățime minimă de 40cm centrată pe rost, fixată pe spatele panourilor.

Granulozitatea pământurilor trebuie să prezinte o curbă granulometrică cuprinsă în zona albă a graficului din figura 6.66. Umplutura de pământ nu trebuie

să conțină particule mai mari de 250mm diametru și poate să aibă cel mult 15% particule fine care trec prin sita de 80μm.

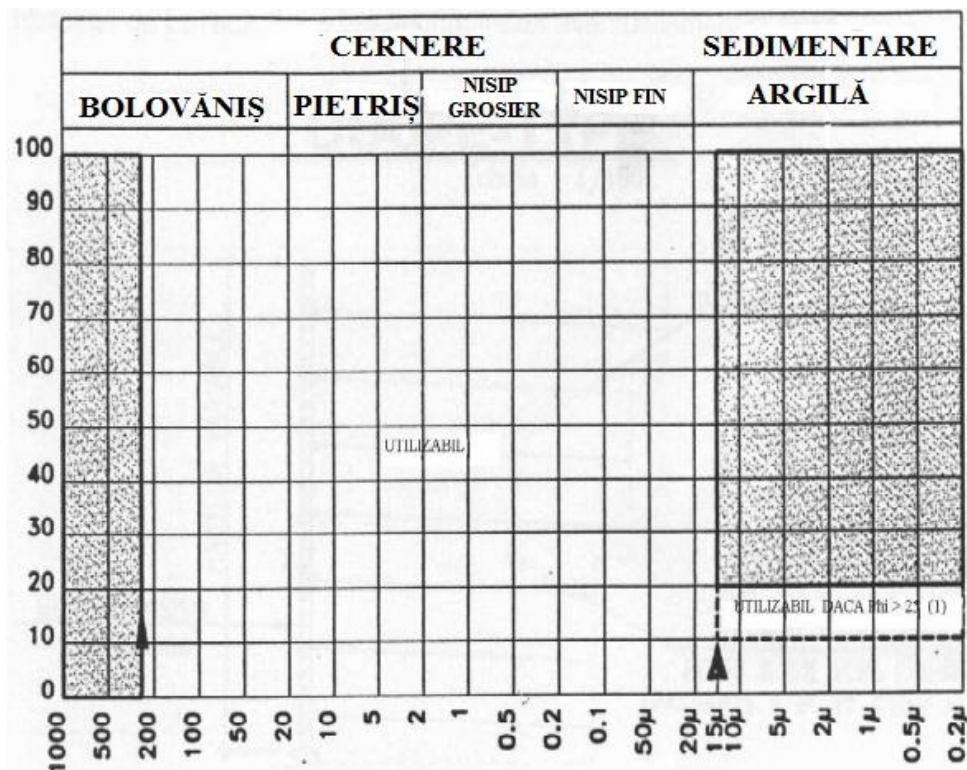


Fig. 6.66. Diagrama granulometrică

Unghiul intern de frecare a materialului, controlat prin metoda forfecării, trebuie să aibă valoarea de 36° sau superioară.

Gradul de compactare va fi minim 95% din proctorul optim modificat și acesta în orice punct, iar, în particular, în zona situată imediat în spatele paramentului.

Materialele care se utilizează la realizarea rambleului (cum ar fi nisip de mare, zgură, cenușă) pot prezenta caracteristici chimice foarte largi ($2 < \text{pH} < 13$).

Fiecare panou este legat la panourile vecine prin trei dibluri de polipropilenă.

Tipurile de panouri utilizate sunt specificate în documentația de execuție în care se precizează de asemenea și panourile speciale (elemente unghiulare, dale etc.) specifice fiecărui proiect. Panourile sunt prevăzute la partea superioară cu prinderi de ridicare și manipulare. Armăturile sunt prinse de panouri prin intermediul perechilor de bucle de ancorare și știfturi. În general fiecare panou este prevăzut cu patru prinderi (două la partea de jos și două la 800mm pe verticală).

Elemente pentru îmbinări (rosturi):

- două plăci de sprijin din elastomeri cu dimensiuni 150x70x22mm care se montează în plan orizontal câte două sub fiecare placă din beton și au rolul de a fixa poziția plăcii de deasupra față de cea de sub (sau grinda de reglare) și de a repartiza presiunea corespunzătoare greutateii acestora;
- rostul orizontal dintre panouri este acoperit cu un șnur din polietilenă,

- pentru ramblee care au un procent ridicat de parte fină și pentru lucrările la care sunt posibile infiltrații se utilizează o bandă lată de 400mm din geotextile care se amplasează în dreptul rosturilor orizontale și verticale.
- Pereții Freyssisol, conform normelor după care au fost proiectați și determinărilor experimentale, au o durată de viață de cel puțin 100 de ani și sunt astfel realizați încât pe toată durata de viață nu este necesară întreținerea lor.

6.2.2. Prezentarea structurii de pământ armat

Viaductul monitorizat (Fig. 6.67.) a fost realizat prin tehnologia Freyssisol care presupune, în cazul dat, două ziduri paralele din elemente prefabricate de beton armat, fixate între ele cu armătură în terasament, armătură sintetică din fibre de poliester. Montarea armăturii și a panourilor zidului se face progresiv, pe măsura realizării umpluturii interioare. Armătura are atât rolul de susținere a panourilor zidului de sprijin cât și de ranforsare a terasamentului de pământ dintre pereții de sprijin.

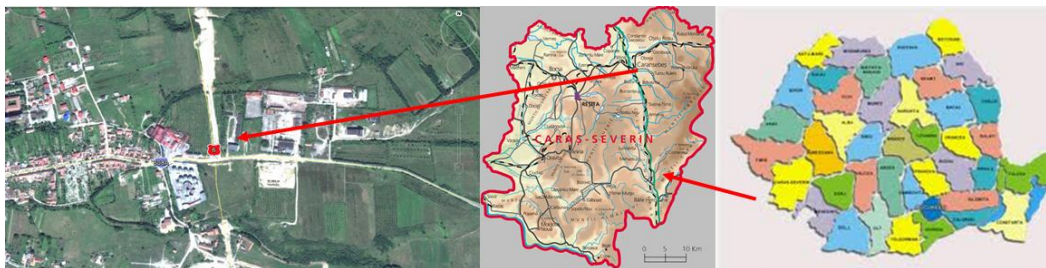


Fig. 6.67. Încadrarea în teritoriu a zonei de studiu

Elementele geometrice principale ale pasajului sunt detaliate în figura 6.69. și constau în:

- lungimea 69,30m;
- lățimea 12,85m;
- înălțimea maximă a pasajului 13,21m;
- înălțimea minimă a sprijinirii 7,00m, pe direcția Lugoj și 9,4m spre Orșova;
- bolta de talveg, de evacuare a apelor, din beton armat, are deschiderea de 12,50m. Aceasta este fundată pe 2x10 coloane forate $\varnothing 1,08\text{m}$, $L=25\text{m}$, cu radier jos, înecat.
- înălțimea minimă a umpluturii, deasupra bolții, 7,12m
- înălțimea maximă a umpluturii, lângă boltă, 12,04m
- raza axei de aliniere a pasajului, 950m.



Fig. 6.68. Elementele geometrice ale pasajului

Armătura folosită este sintetică, Syntetic Strip GeoStrap, alcătuită din 10 fascicole din fibre de poliester, de înaltă rezistență, prinse într-o învelitoare de protecție din polietilenă. Din punct de vedere al rezistenței la rupere, la prinderea panourilor zidului s-au folosit trei tipuri de armătură:

- de 30kN pe primii 2,00m de la partea superioară;
- de 50kN de la 2,00m la 4,50m adâncime terasament;
- 100kN sub 4,50m adâncime.

Materialul din rambleu

Așa cum rezultă din recomandările Terre Armee, în corpul terasamentului trebuia folosit un material granular, trecerile prin sita de $80\mu\text{m}$ să fie mai mici de 15%. Unghiul de frecare interioară minim este de $\phi > 36^\circ$. Conform recomandărilor, procentul părții fine poate crește la 20% dacă $\phi_{cu} > 25^\circ$. Din punct de vedere chimic, caracteristicile materialului se înscriu pe o scară foarte largă, $2 < \text{pH} < 13$.

Grinda parapet (Fig. 6.69.)

La partea superioară sunt dispuse două grinzi de parapet din beton armat, tip foarte greu, turnate monolit, câte o grindă la fiecare perete de sprijin. În secțiune aceste grinzi au formă de L, cu o evazare la bază spre calea de rulare. Peste această evazare este dispusă structura laterală a drumului (partea exterioară a stratului de bază). Pe grinda din aval, pe această evazare se află drenul longitudinal al pasajului. De observat că toleranța la deplasarea laterală a peretelui față de grindă și verticală (tasarea) a grinzii față de paramentul pasajului sunt restricționate de grosimea polistirenului de separație, de numai 4cm.

PARTEA DREAPTA RIGHT SIDE

Sc. 1:20

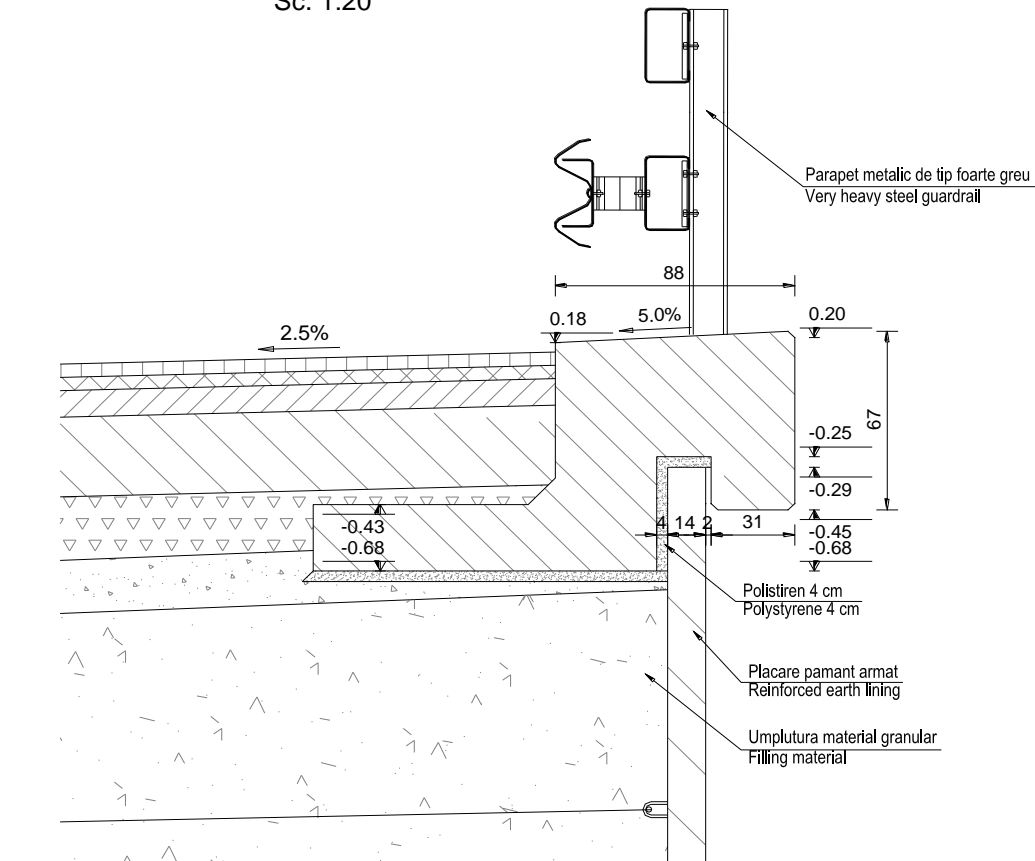


Fig. 6.69. Grinda parapet – detaliu

6.2.3. Program inițial de monitorizare

Normativele tehnice în vigoare impun implementarea unor programe de monitorizare pentru atât pentru construcții masive, precum barajele, construcții speciale, cât și pentru infrastructura rutieră modernă. Metodologia de monitorizare a comportării în timp pentru viaductul „Valea Mică”, localizat pe centura orașului Caransebeș, a fost gândită de către autoare cu ajutorul unor experți tehnici și a implicat măsurători topo-geodezice efectuate săptămânal, precum și tehnologia de scanare laser terestră prin care se obține o imagine spațială a terasamentului sau a peretelui de sprijin cu pământ armat.

- Amplasarea mărcilor de monitorizare pe parament (Fig. 6.70.) s-a realizat conform Anexei 16 (câte 15 mărci pe fiecare față).

- Amplasarea mărcilor de monitorizare în axa drumului s-a realizat conform Anexei 17. Au fost materializați 12 reperi de urmărire între km 7+310 și 7+420.



Fig. 6.70. Marca de monitorizare amplasată pe parament

6.2.4. Degradări ale structurii

În exploatare, au apărut o serie de degradări:

- Deplasări laterale ale panourilor prefabricate ale pereților de parament (deplasări de ordinul a 10cm). Aceste deplasări s-au produs în special pe treimea superioară a paramentului, producând o evazare la partea superioară a pasajului (Fig. 6.71.).



Fig. 6.71. Deplasări laterale ale panourilor de pe parament

- Deplasări laterale inegale între panourile de parament la ambii pereți laterali, vizibile în special pe treimea superioară și în zona bolții de scurgere a apei (Fig. 6.72.).



Fig. 6.72. Deplasări și fisuri ale panourilor de parament

- Fisurarea panourilor de parament. Aceste fisuri s-au observat în special la panourile superioare în contact direct cu grinzile de parapet (Fig.6.73.).



Fig. 6.73. Fisurarea panourilor superioare ale paramentului

- Rotirea semnificativă, spre interior, a grinzilor parapet. Această rotire a dus la fisurarea tuturilor panourilor de parament în contact cu grinda (Fig.6.74.).



Fig. 6.74. Fisurarea grinzii parapet

- Grinda de parapet nu mai reazemă pe terasament ci doar pe panourile de parament, ceea ce facilitează rotirea grinzii și ruperea panourilor superioare de parament.
- Fisurarea longitudinală, în zona centrală, a structurii rutiere (Fig. 6.75.).



Fig. 6.75. Linia de fisură apărută în structura rutieră

- Tasarea inegală a structurii rutiere în zona fisurată (zona centrală a pasajului).
- Ridicările topografice realizate arată că deformarea laterală și fisurarea structurii rutiere continuă, mai ales în zona centrală, spre paramentul amonte al pasajului. De asemenea, nici fisurile transversale din grinda de parapet nu sunt stabilizate.

6.2.5. Investigații suplimentare realizate

Pentru a evidenția cauzele degradării apărute, în prima etapă, a fost analizată documentația existentă, iar principalele concluzii rezultate sunt următoarele:

- Acest tip de structură, de pământ armat, are o rigiditate scăzută și, datorită reșezării umpluturii dintre panouri și a suprasarcinilor dinamice din trafic, au loc deformații în timp (tasări și deformații laterale).
- Prezența bolții de evacuare a apelor în secțiunea de mijloc a podului a creat trei zone cu diferite înălțimi de umplutură, provocând o setare diferențiată a tasărilor posibile. Această situație a fost prevăzută în proiectarea făcută de Terre Armee prin dispunerea a două rosturi de tasare între panourile frontale. În grinda de sus acest lucru nu a fost luat în considerare.
- Tasarea umpluturii a produs unele deplasări ale panourilor din cauza eforturilor laterale crescute. La partea de sus, acest efect a fost amplificat de rotația grinzii parapet. Această rotație a afectat panourile adiacente grinzii și apariția ulterioară a fisurilor la partea tensionată externă a acestora.

În cea de-a doua etapă, în acord cu proiectantul, au fost făcute investigații geotehnice suplimentare, astfel s-au realizat:

- Două foraje geotehnice F1 și F2, în zona rosturilor, spre paramentul amonte, pe întreaga înălțime a terasamentului (Anexa 18);
- Două penetrări dinamice grele aferente PDG1 și PDG2, cu aceeași locație și aceeași adâncime;
- Un sondaj geotehnic deschis S1, cu dimensiunile de 6,0x4,0x3,0m, realizat după oprirea traficului, amplasat în zona deformațiilor laterale maxime (aproximativ zona centrală, spre paramentul amonte) (Fig. 6.76.).



Fig. 6.76. Dezvelire grinda parapet (stânga) și dezvelire prindere armătură (dreapta)

Investigațiile geotehnice au fost limitate ca număr pentru a se evita deteriorarea ancorelor, elemente de rezistență principale ale tehnologiei de pământ armat. Din investigațiile geotehnice întreprinse rezultă următoarele concluzii:

- Terasamentul pasajului este alcătuit în general din nisip prăfos sau argilos cu pietriș, cu zone în care particulele fine ($>0,063\text{mm}$, praf și argilă) depășesc 40%.

- Umiditatea este în general de 10...12%, mai mare în zona argiloasă, până la 22,6%. La dezvelirea realizată s-a constatat că umiditatea sub structura rutieră era mult mai mare.
- Nu s-a făcut determinarea parametrilor de forfecare în laborator, unghiul de frecare interesant în cazul de față s-a apreciat indirect, pe baza rezultatele penetrărilor dinamice (PDG). Valoarea acestuia este de 240...300 la PDG1 (cu o singură valoare de 20...240 pe circa 0,80m grosime) și de 300...370 la PDG2.
- Rezistența la penetrare pe primii 3,50m...4,00m este mică, $N_{20} \leq 5 \text{lov}/20\text{cm}$, cu excepția structurii rutiere, ceea ce denotă o îndesare mică a terasamentului pe această adâncime și o umiditate mare dacă umplutura are argilă.
- Modulul de deformare edometric M2-3, apreciat indirect, are valori sub 10MPa pe intervalul 1,0...4,0m, 14...23MPa sub 4,0m la forajul F2, respectiv sub 7,0m la forajul F1.
- Indirect, din diagramele de penetrare PDG1 și PDG2, modulul de deformare E ia valori sub 20MPa până la adâncimea de 4...5m și valori superioare la adâncime mai mare.

De asemenea, s-a pus accent pe o supraveghere topografică temeinică în scopul de a analiza evoluția în timp a deformațiilor și tasărilor, materializându-se pe structura studiată mărci suplimentare prezentate în Anexa 19.

Din analiza documentației, a investigațiilor geotehnice suplimentare și a observațiilor pe teren rezultă că degradările constatate la pasaj au următoarele cauze:

1. **Rotirea și fisurarea grinzilor parapet.** Prin tasarea terasamentului, grinzile de parapet s-au rotit spre interior. La dezvelirea făcută grinda de parapet nu rezema pe terasament ci stătea în consolă, agățată de paramentul din beton armat al peretelui. Tasarea terenului de sub grinzile de parapet, amplificată de deformarea laterală a paramenților, a făcut ca grinda de parapet să se rotească și prin încastrare avută cu peretele paramentului să producă fisurarea acestuia. Așa se face că toate plăcile superioare de parament, în contact cu grinzile sunt fisurate. Deformarea laterală a paramenților a solicitat la încovoiere grinzile de parapet, rezultatul fiind fisurarea transversală multiplă a acestora. Fenomenul este mai amplificat la paramentul amonte, acesta fiind situat la fața exterioară a curbei în care se află pasajul. Forța centrifugă rezultată din trafic solicită suplimentar acest parament.
2. **Toleranța mică a grinzilor parapet față de structura paramentului.** Între grinda de parapet și plăcile de parament există o toleranță de 4cm, valoare dată de polistirenul de separație montat la execuție. Având în vedere că structura pasajului este din pământ armat, prin urmare deformabilă, este puțin probabil ca tasarea umpluturii și rotirea grinzilor parapet să nu depășească cei 4cm acceptați din proiectare și aceasta cu toate ploturile de cauciuc montate între elementele prefabricate ale terasamentului. Deci, peretele prefabricat, prin tasarea umpluturii a constituit pentru grinda parapet o sprijinire aproape rigidă și prin urmare plăcile în contact cu grinda au fost solicitate la încovoiere și compresiune, rezultatul fiind fisurarea pe toată lungimea pasajului. Rotirea a continuat pe măsură ce terasamentul s-a tasat. Fenomenul a fost amplificat de

- extinderea grinzii sub structura drumului (grinda are forma de L). Astfel, o parte din încărcarea drumului descarcă pe grinda parapet forțând rotirea.
3. **Fisurarea și deplasarea laterală a panourilor prefabricate ale peretelui.** Tasarea terasamentului de sub grinzile de parapet a dus la rezemarea acestora, aproape în totalitate pe peretele prefabricat. Sub greutatea grinzilor, peretele, de 14cm grosime, a cedat fie prin strivire fie prin refulare laterală, fenomenul fiind amplificat de rotirea amintită anterior a grinzilor. Deformarea laterală s-a produs mai ales pe treimea superioară a plăcilor paramentului.
 4. **Rigiditatea diferită a structurii pasajului în lungime.** Existența în zona mijlocie a pasajului a bolții rigide, cu deschiderea de 12,5m, face ca grosimea stratului de umplutură tasabil să fie diferit și prin urmare rigiditatea terasamentului de sub grinzile parapet să fie diferită. Aceasta a dus la fisurarea transversală a acestor grinzi în zona bolții.
 5. **Umiditatea mai mare la partea superioară a terasamentului.** La execuție, ploile din iarnă-primăvară, care au prins lucrarea fără structura rutieră turnată, au umezit partea superioară a terasamentului. Consecința este reducerea frecării interne și prin urmare creșterea împingerii pe panourile superioare. După turnarea structurii rutiere, posibilitatea redusă de evacuare a apei a menținut umiditatea în terasament. Peste această stare de fapt s-au suprapus apoi solicitările dinamice produse de darea în exploatare a pasajului.
 6. **Tasarea și deformarea laterală a terasamentului.** Prezența materialului fin, umed a facilitat tasarea și deformarea laterală a terasamentului. Deformarea laterală importantă pe treimea superioară a fost posibilă și prin faptul că armăturile din zona respectivă au rezistență la rupere mai mică și aceasta probabil pe fondul unei întinderi inițiale insuficiente.

6.2.6. Scanarea viaductului cu structură de pământ armat

Având la dispoziție datele obținute din măsurătorile topografice, s-a dorit, totuși, o mai bună înțelegere a structurii de pământ armat și a comportamentului acesteia în timp sub diferite încărcări prin analiza profilurilor longitudinale și transversale. Cum din ce în ce mai multe domenii adoptă utilizarea pe scară largă a datelor tridimensionale, s-a propus realizarea modelului 3D al viaductului utilizând tehnologia de scanare laser terestră. A fost aleasă această abordare datorită numeroaselor avantaje ale tehnologiei tratate pe larg în capitolul 4, printre care se numără și faptul că dispune de posibilitatea de a scana din unghiuri diferite și de a suprapune rezultatele, apoi, printr-o analiză care să integreze și măsurătorile topogeodezice clasice poate oferi rezultate complexe de înaltă precizie.

Pornind de la rețeaua locală de sprijin realizată de către constructor în etapa de execuție a viaductului (Anexa 20), s-a planificat campania de măsurători utilizând tehnologia de scanare laser terestră.

Coordonatele punctelor din rețeaua de sprijin în proiecție Stereografică 1970, sistem de referință Marea Neagră, sunt prezentate în tabelul 6.7.

Tabelul 6.7. Coordonatele punctelor din rețeaua de sprijin

Structura: Viaductul „Valea Mică”				
Nr. pct.	X [m]	Y [m]	H [m]	Detaliul
Vale - 2	283813.885	450516.752	231.757	(PK 7+298 R31)
Vale - 3	283688.374	450615.060	223.926	(PK 7+434 L50)
Vale - 4	283788.154	450534.520	232.246	(PK 7+414 R48)
Vale - 5	283770.495	450601.692	226.543	(PK 7+390 R-19)
Vale - 6	283788.651	450606.451	226.856	(PK 7+388 R-38)
Vale - 7	283774.334	450593.288	222.894	(PK 7+381 R-20)
Vale - 8	283755.261	450548.643	225.539	(PK 7+346L-13)
Vale 1 Rep	283740.637	450519.929	230.585	(PK 7+324 L-36)
TA 2	283754.561	450550.528	224.251	
TA 3	283733.832	450494.755	222.423	

În vederea scanării s-a folosit ScanStation C10 ale cărui caracteristici au fost prezentate pe larg în capitolul anterior. Pentru obținerea modelului 3D a fost nevoie de 3 puncte de stație (metoda drumuirii), iar scanarea s-a realizat cu rezoluția de 5cm.

**Fig. 6.77.** Punctul Vale 7 și semnalizarea acestuia



Fig. 6.78. Ținta folosită la scanare în stație pe punctul Con 1

Prima stație de scanare (Fig. 6.79.) am materializat-o în amonte, în fața paramentului de est, iar țintele au fost așezate pe trepied în punctele Vale 7 (Fig. 6.77.), Con 1 (Fig. 6.78.) și într-un alt punct materializat cu țărșuș de lemn.

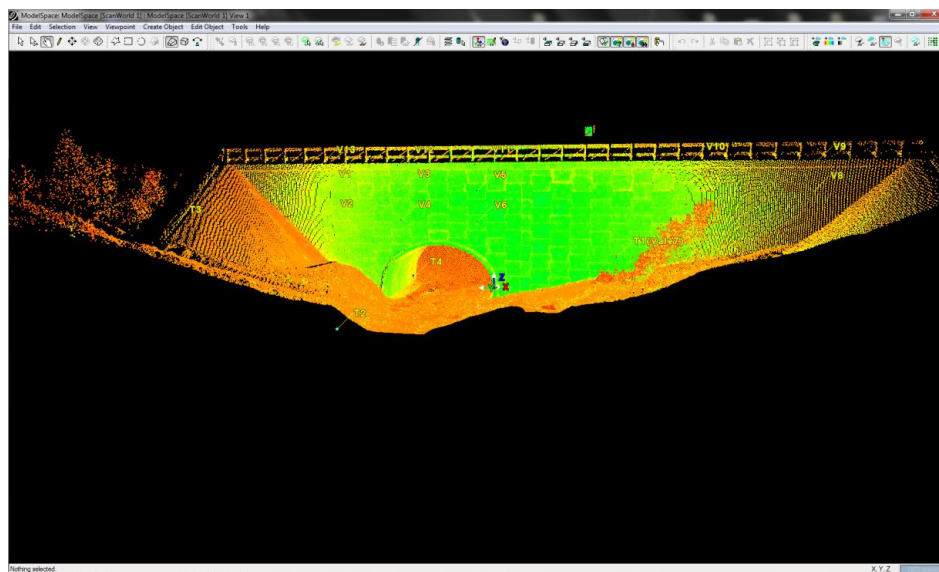


Fig. 6.79. Stația de scanare din amonte – primul nor de puncte

A 2-a stație de scanare a fost așezată sub bolta de evacuare a apelor (Fig. 6.80.), iar ultima stație în aval, într-un punct care să formeze o direcție perpendiculară cu fața paramentului de Vest (Fig. 6.81.) și au fost citite țintele amplasate în punctele TA 1, TA 2, TA 3 (Fig. 6.82.).

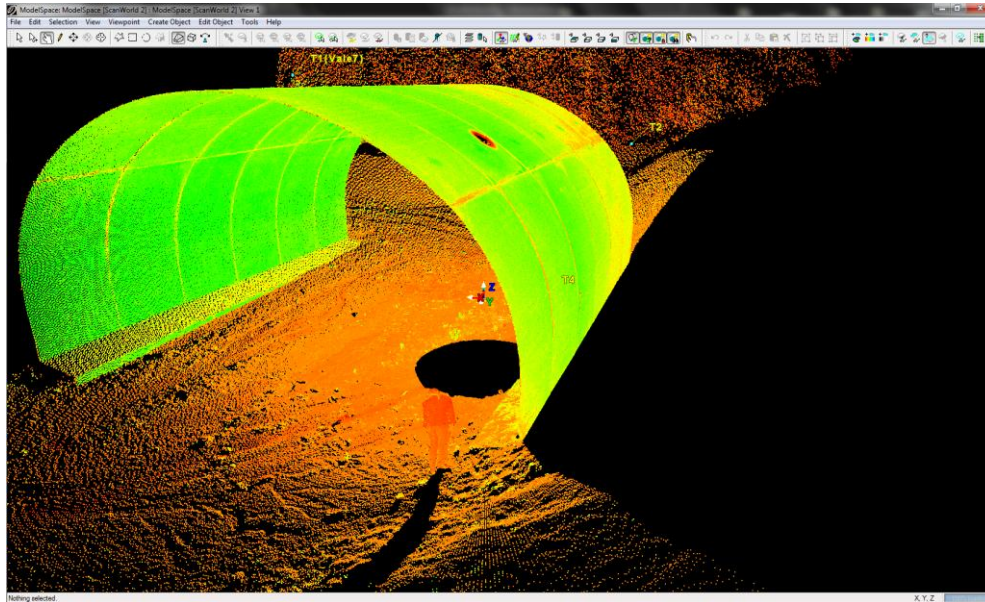


Fig.6.80. Stația de scanare de sub bolta de talveg – al 2-lea nor de puncte

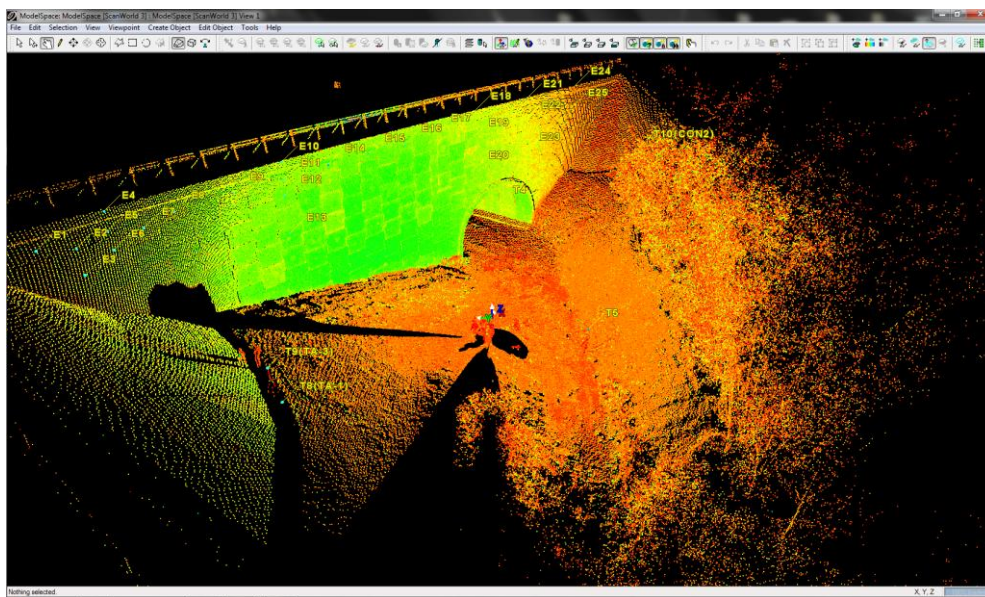


Fig. 6.81. Viaduct – al 3-lea nor de puncte



Fig. 6.82. Punctele TA 1, TA 3 folosite pentru ținte din stația 3 de scanare

6.2.7. Prelucrarea scanării

Având în vedere faptul că am detaliat și în subcapitolul 6.1.4. etapele procesării datelor provenite din scanare, o să ilustrez în continuare schematic crearea modelului 3D al viaductului cu structură de pământ armat (Fig. 6.83 –6.90).

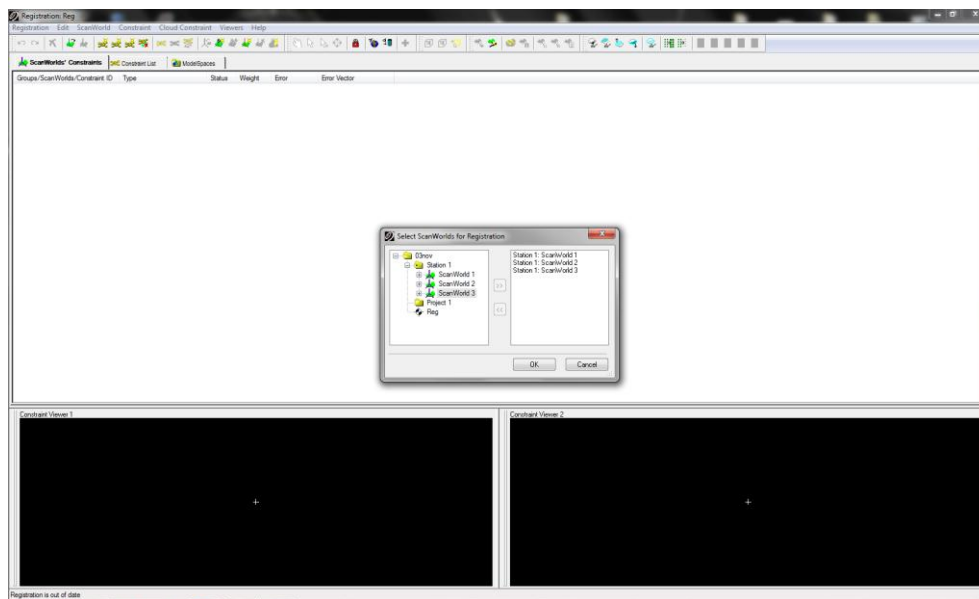


Fig. 6.83. Adăugarea scanărilor pentru georeferențiere

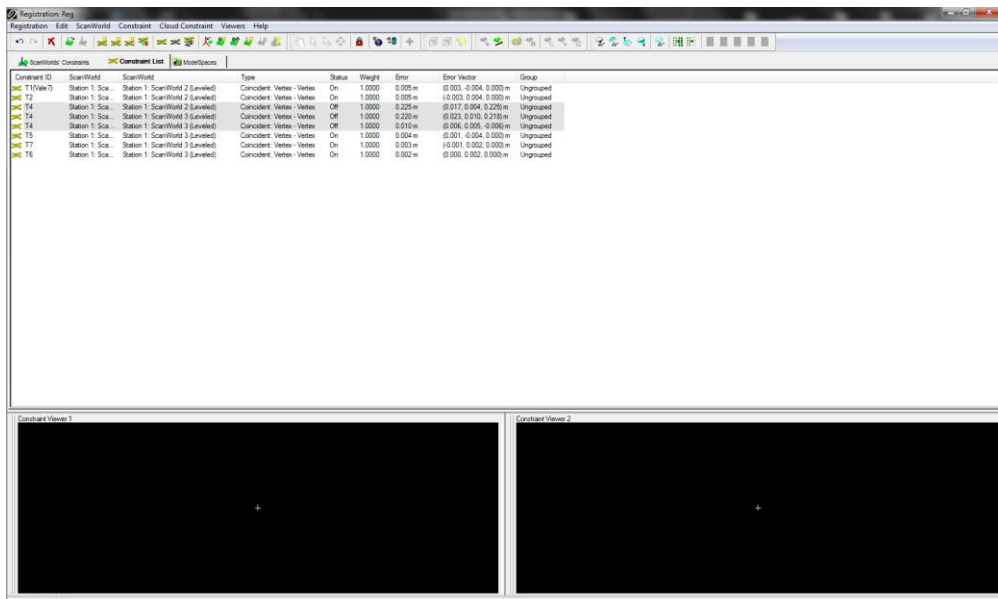


Fig. 6.84. Lista constrângerilor(cu erorile) - ținta T4 a fost eliminată din calculul de constrângere

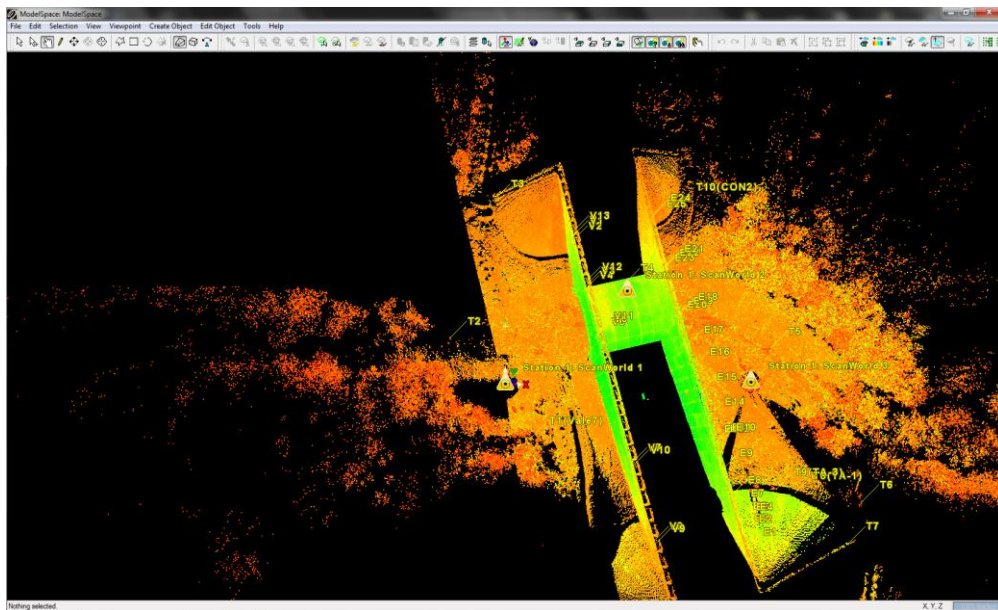


Fig. 6.85. Norul de puncte comun după georeferențiere

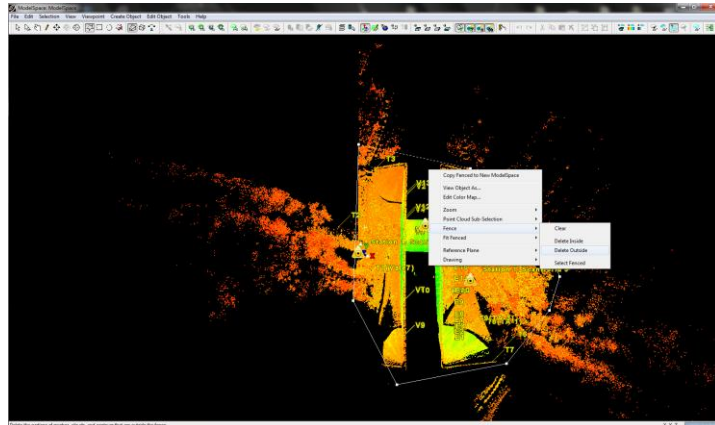


Fig. 6.86. Curățarea norului de puncte de vegetație: Comanda- Fence--> Delete Outside

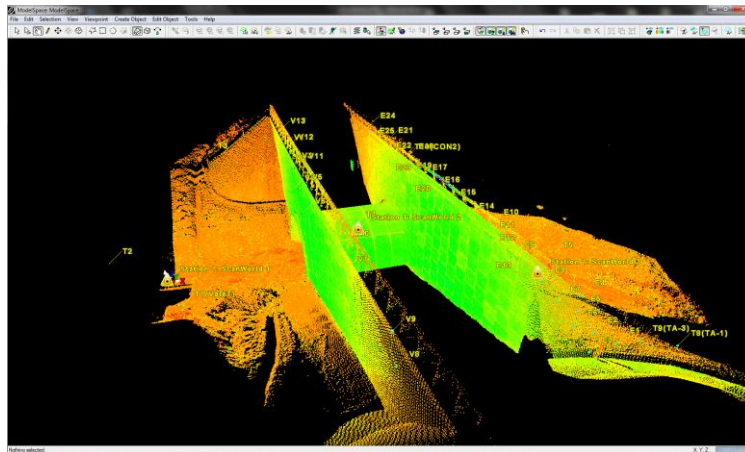


Fig. 6.87. Norul de puncte curățat

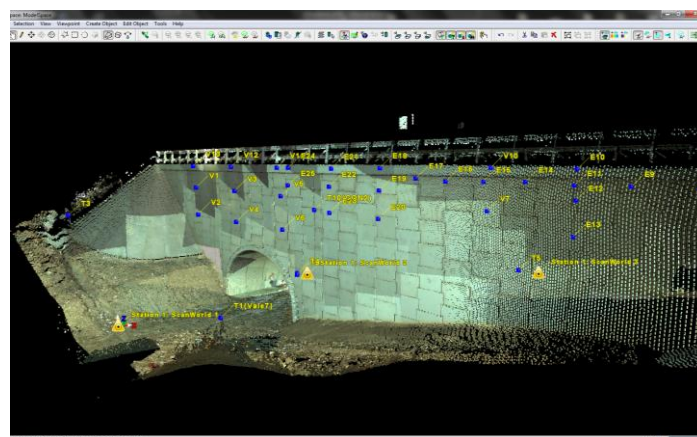


Fig. 6.88. Nor de puncte utilizând culori reale, din imagini panoramice



Fig. 6.89. Imagine Panoramică

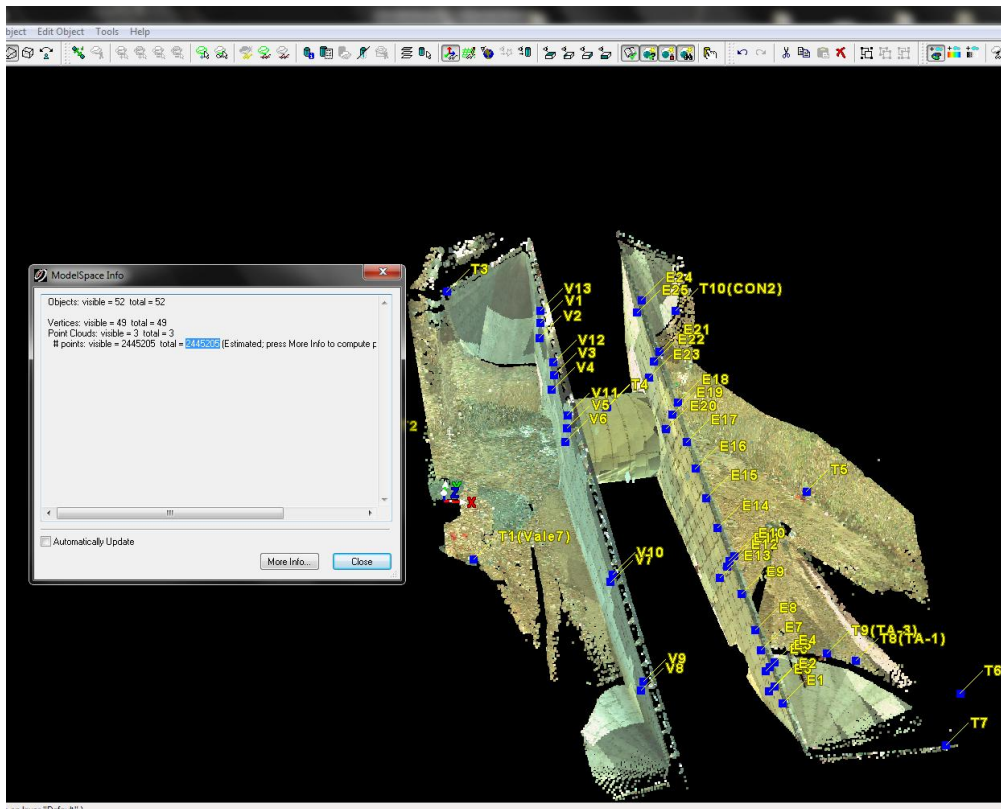


Fig. 6.90. Numărul de puncte rezultate în urma scanării (2.400.000)

6.2.8. Rezultate

Stadiul actual al lucrărilor constă în procesarea tranșe de măsurători realizate cu scannerul laser terestru și compararea modelului 3D rezultat cu acela proiectat (Fig. 6.91.).

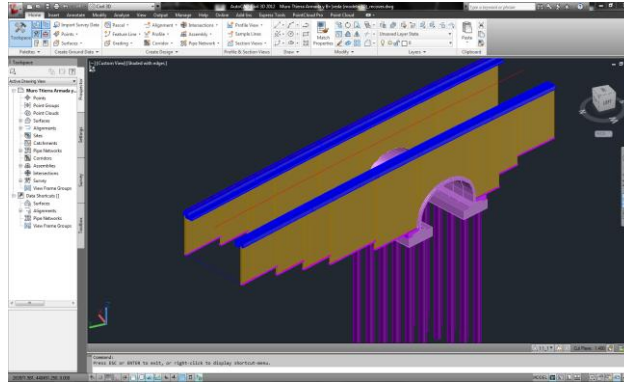


Fig. 6.91. Model 3D Viaduct (de la proiectant)

Pentru a se realiza suprapunerea (Fig. 6.94. – 6.97.) celor 2 modele 3D (Fig. 6.92) s-a modelat terenul (Fig. 6.93.) din punctele scanate, prin crearea suprafeței din T.I.N. (Triangular Irregular Network = Rețea de Triunghiuri Neregulate) folosind programul specializat Civil 3D.

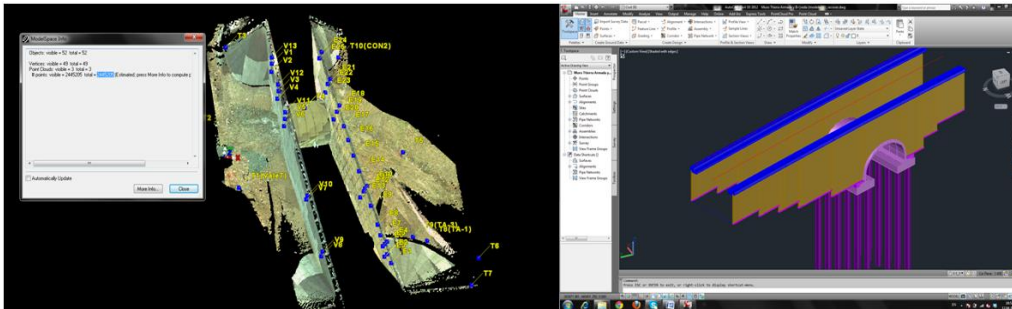


Fig. 6.92. Modelul 3D realizat prin scanare – stânga și modelul 3D proiectat al viaductului – dreapta

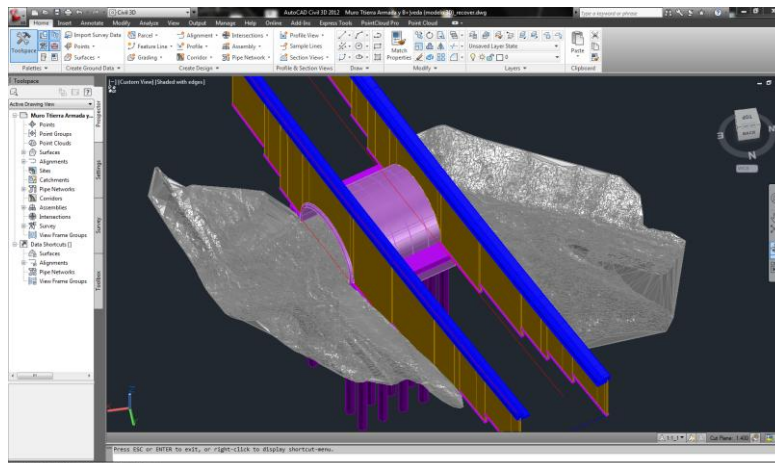


Fig. 6.93. TIN+Model 3D Viaduct

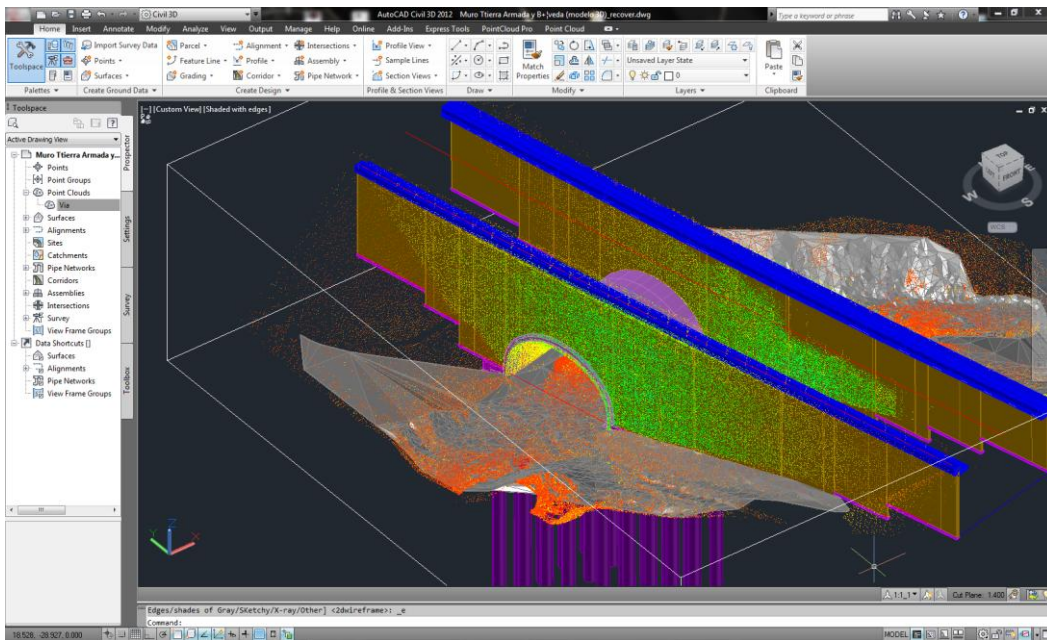


Fig. 6.94. Model3D suprapus cu TIN și norul de puncte

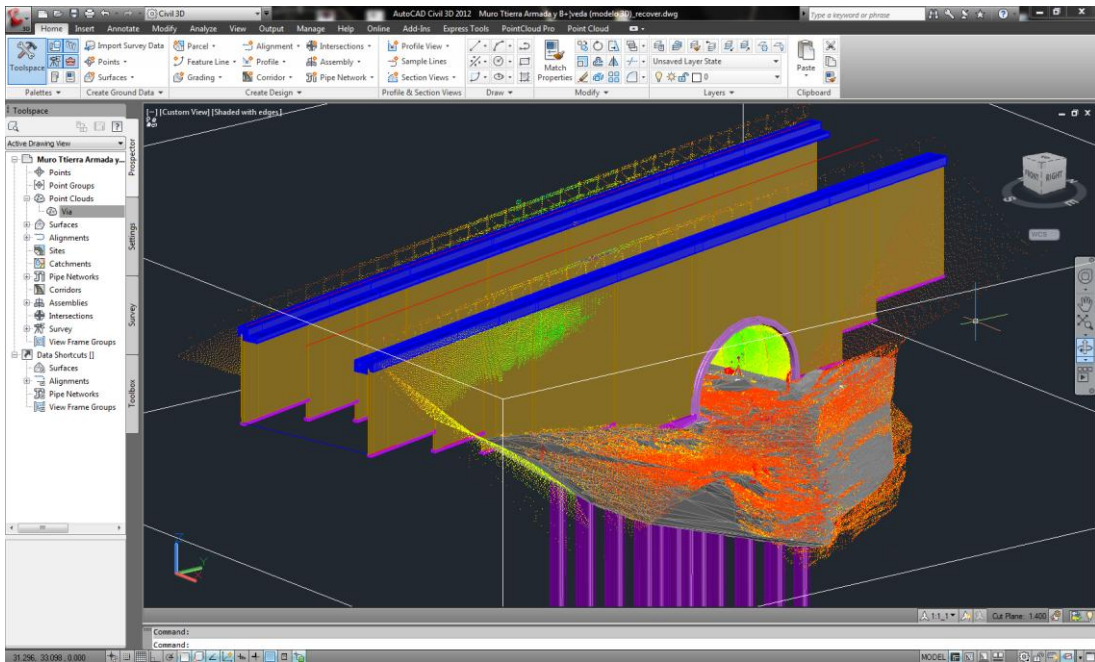


Fig. 6.95. Model3D suprapus cu TIN și norul de puncte – vizualizare

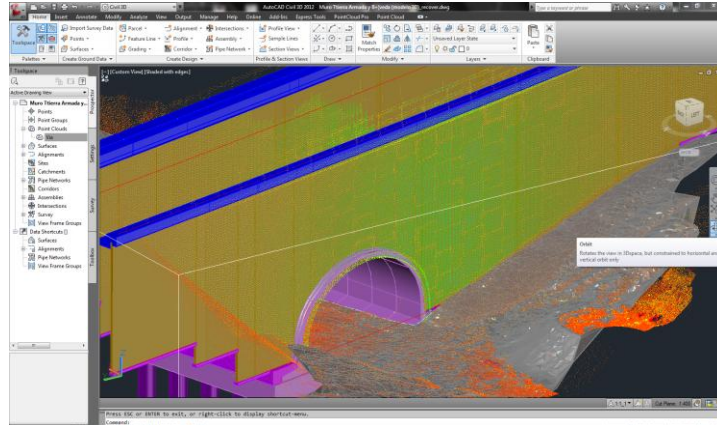


Fig. 6.96. Model3D suprapus cu TIN și norul de puncte – vizualizare

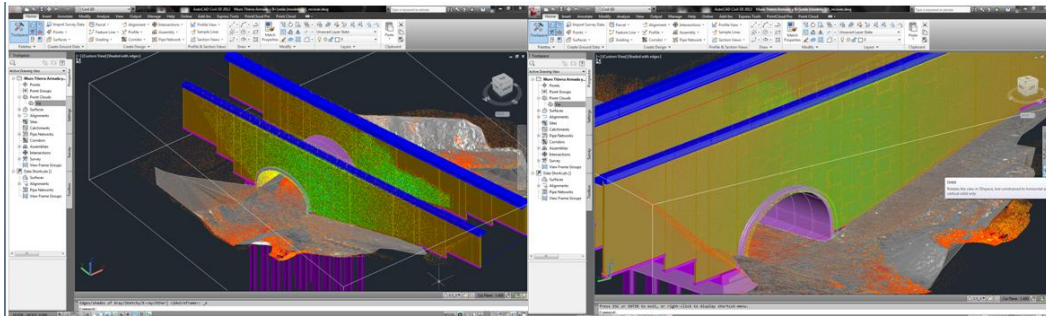


Fig. 6.97. Suprapunerea modelelor 3D proiectat cu cel obținut prin scanare

Ca direcții de viitor, se prevede efectuarea altor sesiuni de măsurători utilizând tehnologia de scanare pentru a putea stabili legătura dintre evoluția deplasărilor astfel generate și a celor obținute din monitorizarea săptămânală prin observații cu stația totală, redate în Anexele 21, 22.

6.2.9. Discuții

Ținând seama de măsurătorile topografice efectuate, se poate observa că la nivelurile inferioare deformațiile laterale se încadrează în toleranțele prevăzute de către proiectantul structurii de pământ armat, chiar și cu prezența unor eforturi mult mai mari. Acest fapt este legat de capacitatea portantă mai mare a ancorelor utilizate în această zonă (100kN).

În urma studiului de degradări apărute, cauzelor care au dus la aceste degradări, structurii pasajului din pământ armat, au fost propuse următoarele soluții de remediere a situației:

1. Demolarea părții superioare a pasajului pe circa 3,50...4,00m (structura rutieră și cel puțin două rânduri de panouri Freyssisol), inclusiv demolarea celor două grinzi parapet. Această adâncime de demolare poate fi modificată în funcție de situația existentă pe teren la atingerea acestei cote. Eventual, la acest nivel se poate verifica starea de îndesare și de capacitate portantă. Condițiile sunt cele precizate în continuare.

2. Refacerea structurii pasajului pe această înălțime la parametrii din proiect prin folosirea unui material de umplutură insensibil la apă (ex. balast, piatră spartă 0...65mm etc.), umplutura fiind adusă la parametrii de compactare ceruți în caietul de sarcini (95% proctor modificat). Îndesarea și capacitatea portantă se poate verifica și cu placa Luckas, condițiile de compactare fiind $E_{v2} > 80 \text{MPa}$, $E_{v2}/E_{v1} < 2,5$. La refacere panourile fisurate sau deteriorate vor fi înlocuite cu altele noi.
3. Se recomandă ca armătura sintetică de la partea superioară a pasajului, de 30kN, să fie înlocuită cu armătură mai rezistentă, de 100kN.
4. La refacerea grinzilor de parapet, din proiectare, să se prevadă o toleranță la tasare diferențiată de cel puțin 20cm față de peretele paramentului și de cel puțin 10cm la deformații laterale.
5. Pentru prevenirea rotirii grinzilor parapet acestea vor fi legate între ele cu grinzi sau plăci de echilibrare din beton armat. Se recomandă ca legătura între cele două grinzi parapet să fie din 9,0m în 9,0m, grinzile de echilibrare respective fiind coborâte sub structura rutieră.
6. La refacerea grinzilor de parapet se va suplimenta armătura longitudinală a acestora, astfel încât să poată prelua tensiunile de întindere din încovoiere apărute din rigiditatea diferită pe lungime a terasamentului. Rigiditatea, așa cum s-a arătat, se modifică pe lungime datorită prezenței bolții rigide și a terasamentului deformabil de grosime diferită.
7. Pentru a preveni tasarea diferențiată a structurii rutiere la trecerea peste grinzile de echilibrare, așa cum s-a menționat, acestea vor coborî sub nivelul structurii, iar fundația structurii rutiere să cuprindă un strat de balast stabilizat.
8. Se va avea în atenție ca la aplicarea măsurilor corective aprobate, eventualele precipitații să nu se infiltreze în structura nedemolată; pentru aceasta se vor lua măsuri de evacuare a apei conform specificațiilor Terre Armee.

Soluția propusă a ținut seama și de faptul că partea inferioară a pasajului s-a comportat acceptabil de la darea în exploatare. Au apărut și aici deformații ale plăcilor de parament și între acestea, mai ales în zona bolții de scurgere a apelor, dar panourile nu sunt fisurate și nu este periclitată stabilitatea pasajului.

Beneficiarul a preferat dintre soluțiile mai sus menționate **demolarea părții superioare a pasajului de pământ armat peste Valea Mică, km 7+374 Caransebeș (DN6) care a fost dictată atât de degradările constatate și evidențiate cât și de deformațiile laterale nestabilizate rezultate din ridicările topografice desfășurate pe perioada: octombrie 2012 – iunie 2013, prezentate în anexele 21 și 22. După cum rezultă din aceste măsurători, deformațiile laterale la nivelul superior al pasajului, mărcile M34, M35 și M36, situate pe paramentul din amonte pe placi demontate, deformațiile sunt de ordinul a 0,045...0,063m.**

După efectuarea operațiunilor de demolare a părții superioare a pasajului, conform recomandărilor din teză, observațiile făcute la fața locului în data de 25.06.2013 au scos în evidență următoarele **degradări:**

1. Materialul de umplutură este neomogen, conține zone cu părți fine (argilă) în cantități care depășesc recomandarea de 15% din proiect.
2. În zona bolții, la paramentul aval, au apărut deformații suplimentare ale plăcilor de parament (deplasări verticale și rotiri în planul paramentului) care s-au combinat cu deformații laterale ale umpluturii din corpul construcției. Combinarea acestor deformații a produs deplasarea în planul

paramentului a panourilor de parament, deplasare care a închis rosturile de deformare verticale (Fig. 6.98.).

3. Deplasările orizontale au mărit distanța dintre panourile din zona cheii de boltă, au redus distanța dintre panourile adiacente și au închis cele două rosturi verticale de tasare.



Fig. 6.98. Deplasarea în planul paramentului a panourilor cu închiderea totală a rosturilor de tasare și deplasarea panourilor în zona bolții

4. Prin deformațiile apărute colțurile unor panouri s-au strivit ori au ieșit din planul paramentului (Fig. 6.99.).



Fig. 6.99. Rotirea și strivirea plăcilor în urma deformațiilor

5. Ancorele neîntinse suficient sau alungirea acestora a accentuat deformarea orizontală laterală (bombarea) paramentului aval în zona bolții (mărcile M20, M21 și M22).
6. La cele două rosturi de tasare ale pasajului, care separă structura cu rezemare pe boltă de cea cu rezemare pe terenul natural, au apărut tasări diferențiate de ordinul a 6...10cm.

În final, subliniez câteva aspecte caracteristice construcției din pământ armat studiate:

- Pasajul din pământ armat peste la Valea Mică, km 7+374 (DN6) Caransebeș are o structură deformabilă, în care apar tasări diferențiate datorită rezemării părții centrale a pasajului pe bolta din beton armat (fundată pe piloți), față de restul pasajului care reazemă pe terenul natural argilos (argilă plastic consistentă).
- **Din calculul tasării probabile a terenului de fundare aferente celor două zone rezultă o tasare diferențiată de 16,6cm-6,8cm=9,8cm. De asemenea, grosimea umpluturii deformabile din corpul barajului este diferită, 7,10m deasupra boltii și 13,21m lângă boltă. Această diferență de grosime a materialului deformabil produce suplimentar tasări diferențiate conform celor prezentate, de 8,6cm-4,0cm=4,6cm, tasări care se vor suprapune peste cele amintite anterior. În final rezultă o tasare diferențiată totală pentru zona fără piloți, față de cea cu piloți, de 9,8cm+4,6cm=14,4cm.**
- Cele două rosturi verticale au tocmai rolul de a permite aceste tasări diferențiate în corpul pasajului.

Tabelul 6.8. Calculul tasării terenului - zona fără piloți

Strat	z _i [m]	h _i [m]	γ [kN/m ³]	σ _{gz} [kPa]	σ _{zmed} [kPa]	E _i [kPa]	Δs [m]	s [cm]
1	2,50	2,50	17,70	44,3	281,85	13000	0,0542	16,6
2	7,50	5,00	18,10	134,8	215,70	23000	0,0469	
3	12,50	5,00	18,10	225,3	152,43	23000	0,0331	
4	17,50	5,00	18,10	315,8	109,29	23000	0,0238	
5	22,50	5,00	18,10	406,3	86,28	23000	0,0188	
6	25,00	2,50	18,10	451,5	86,28	23000	0,0094	
7	30,00	5,00	18,10	542,0	60,40	23000	0,0131	
8	35,00	5,00	18,10	632,5	37,39	23000	0,0081	

Tabelul 6.9. Calculul tasării terenului - zona cu piloți

Strat	z _i [m]	h _i [m]	γ [kN/m ³]	σ _{gz} [kPa]	σ _{zmed} [kPa]	E _i [kPa]	Δs [m]	s [cm]
1	5,00	5,00	18,10	90,5	183,68	23000	0,0399	6,8
2	10,00	5,00	18,10	181,0	91,84	23000	0,0200	
3	15,00	5,00	18,10	271,5	51,52	23000	0,0112	
4	20,00	5,00	18,10	362,0	31,36	23000	0,0068	
5	25,00	5,00	18,10	452,5	20,16	23000	0,0044	
6	30,00	2,50	18,10	543,0	11,20	23000	0,0024	

Tabelul 6.10. Calculul tasării proprii a terasamentului - zona fără piloți

Strat	z [m]	h _i [m]	M [kPa]	E [kPa]	σ_z [kPa]	σ_{zmed} [kPa]	Δs [m]	s [cm]
1	4,50	4,50	10794	10794	113,4	68,4	0,0285	8,6
2	5,50	1,00	13775	20663	133,4	123,4	0,0060	
3	7,20	1,70	11424	14851	167,4	150,4	0,0172	
4	8,10	0,90	10632	17011	185,4	176,4	0,0093	
5	9,50	1,40	14550	24735	213,4	199,4	0,0113	
6	13,21	3,71	20100	26130	287,6	250,5	0,0356	

Tabelul 6.11. Calculul tasării proprii a terasamentului - zona cu piloți

Strat	z [m]	h _i [m]	M [kPa]	E [kPa]	σ_z [kPa]	σ_{zmed} [kPa]	Δs [m]	s [cm]
1	4,50	4,50	10794	10794	113,4	68,4	0,0285	4,0
2	5,50	1,00	13775	20663	133,4	123,4	0,0060	
3	7,10	1,60	11424	14851	165,4	149,4	0,0161	

- **Grinzile continue superioare de parapet** nu au putut prelua tasările diferențiate, rezultatul fiind fisurarea acestora și afectarea structurii viaductului.
- Prezența bolții cilindrice a dus la **combinarea tasărilor verticale cu alunecările orizontale**, pe planul bolții, rezultatul fiind deplasări și rotații ale plăcilor de parament în planul paramentului. Astfel s-a produs deschiderea rosturilor dintre plăcile din zona cheii de boltă și închiderea, cu strivire locală a unor plăci din zona rosturilor de tasare.

Măsurile corective care se pot adopta în acest moment sunt:

1. **Refacerea pasajului pornind** de la situația actuală (pasaj demolat la partea superioară pe 4,00m din înălțime). Pentru refacere se vor parcurge următorii pași:
 - **Consolidarea terenului de fundare** de o parte și de alta a bolții, pe 12,00m lungime pasaj spre Lugoj, respectiv 10,00m lungime pasaj spre Orșova, prin injecții verticale și înclinate, de 10m fișă, lucrări realizate la marginea paramentelor amonte și aval (conform planului din anexele 23 și 24). În funcție de situația de pe teren și de posibilitățile constructorului, consolidarea terenului de fundare se poate realiza și cu micropiloți.
 - **Refacerea pasajului pe înălțimea demolată** respectând recomandările din proiect în ce privește materialul de umplutură, calitatea compactării terasamentului și tensionarea adecvată a armăturilor.
 - **Armătura sintetică de la partea superioară** a pasajului, de 30kN, să fie înlocuită cu armătură mai rezistentă, **de 100kN**,

aceasta din considerentul de solicitări dinamice orizontale importante rezultate și din alinierea în curbă a pasajului.

- Pentru a preveni refularea și deformarea laterală a umpluturii din cauza bolții cilindrice, se recomandă **montarea a două geogriile orizontale**, la nivelul la care s-a oprit demolarea. Geogriile vor cuprinde zona dintre cele două rosturi de tasare, cu o trecere de cel puțin 6,00m de acestea, de fiecare parte. Se pot folosi, spre exemplu, geogriile tip Polyfelt sau Secumat, cu rezistența la tracțiune longitudinală $R_d \geq 35 \text{ kN/m}$.
 - **Închiderea rosturilor dintre plăcile de parament** afectate cu mortare speciale (SIKA) cu fibră de carbon.
2. **Demolarea până la nivelul cheii de boltă și refacerea corectă**, cu material de umplutură adecvat, a pasajului din zona bolții, cu acces dinspre zona Orșova. Pentru accesul în zona bolții se va demola și partea de pasaj dinspre Orșova. Aplicarea acestei măsuri corective va ține seama de posibilitatea de înfrățirea pământului armat din zona nedemolată cu cel din zona refăcută. Refacerea completă a pasajului va urma în continuare pașii de la punctul anterior.
 3. **Demolarea totală a pasajului din pământului armat, mai puțin a bolții, cu reproiectarea și refacerea lucrării ținând seama de recomandările prezentate.**
 4. **Realizarea a două cadre din metal sau beton armat pe fețele laterale, între rosturile de tasare, posttensionate, cu cabluri transversale care să preia împingerile din exploatare.** Cablurile de tensionare pot trece pe la partea inferioară a pasajului, pe sub armătura sintetică, iar pe înălțime, la nivelul de demolare al pasajului și apoi la partea superioară. Refacerea completă a pasajului va urma pașii de la Varianta 1.

NOTĂ:

La oricare dintre cele patru soluții propuse:

- **Se va consolida terenul de fundare prin injecții sau micropiloți**, conform recomandărilor de la punctul 1.
- **Se vor reproiecta grinzile de parapet** astfel încât să nu mai apară fenomenul de răsucire; grinzile să lucreze independent de panourile de parament și să permită tasări diferențiate la rosturile pasajului.

7. CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE

7.1. Concluzii finale

Administrarea din ce în ce mai responsabilă a teritoriului în scopul asigurării dezvoltării durabile presupune o analiză a riscurilor privind producerea unor accidente naturale, cum ar fi alunecările de teren, cutremure, inundații etc. Prin centralizarea datelor topografice și geotehnice care provin din arhive, rapoarte administrative, de la specialiști în domeniu, cercetări geologice și geomorfologice in-situ se eficientizează studiile efectuate în acest sens la nivel local și regional, totodată reducându-se și costurile.

Plecând de la aceste considerente, este evidentă nevoia de monitorizare continuă, prin procedee geodezice specifice, a zonelor afectate de alunecări de teren, pe baza cărora se poate evidenția în mod real evoluția în timp a fenomenului și se pot face prognoze care să conducă, în final, la diminuarea distrugerilor materiale și a pierderilor de vieți omenești.

Literatura științifică, atât internațională, cât și națională studiată, dar și realitatea practică relevă faptul că, aplicarea metodelor geodezice la studiul alunecărilor de teren implică o abordare interdisciplinară ce cuprinde domenii ale măsurătorilor terestre, inginerie geotehnică și nu numai.

Determinarea valorilor reale ale tasărilor sau deplasărilor obiectivelor studiate este condiționată de modul de materializare a reperilor de monitorizare care alcătuiesc rețeaua de urmărire, cât și asigurarea conservării acestor reperi pe toată perioada desfășurării programului de urmărire (materializarea lor în teren stabil, fără risc de degradare în timp, cu protejarea împotriva acțiunilor mecanice), aspect urmărit și în cazul obiectivelor studiate.

Pe baza determinărilor efectuate în urma campaniilor de măsurători executate se pot prezenta următoarele concluzii:

- utilizarea tehnologiilor geodezice moderne prezintă beneficii semnificative cum sunt: măsurarea punctelor situate în zone greu accesibile, minimizarea timpului necesar executării măsurătorilor de teren, rezultate complexe de înaltă precizie, evidențierea reală a evoluției în timp a unui element al construcției sau a întregii structuri ca ansamblu etc.;
- pentru stabilirea corectă a cauzelor degradărilor cât și a măsurilor corective ce trebuie aplicate, se evidențiază valorile minimale și maximale ale deplasării în fiecare marcă de monitorizare;
- scanarea periodică 3D a obiectivelor este necesară pentru a se putea crea o imagine de ansamblu asupra evoluției deformațiilor laterale și a tasărilor în timp;
- un echipament de scanare 3D este compus din: sistemul de scanare laser 3D, computer și programul de scanare, transfer și prelucrare a datelor preluate. Acest concept a fost preluat și în măsurătorile topo – geodezice, deoarece prin intermediul acestei tehnologii poate fi determinată automat geometria unui obiect, fără ajutorul unui mediu reflectorizant, cu precizie și viteză ridicată;

- utilizarea sistemelor de scanare laser la efectuarea măsurătorilor presupune o minimă intervenție din punctul de vedere al operatorului; pentru sistemul Scanstation C10 este necesară calarea, centrarea instrumentului și setarea parametrilor de scanare;
- în anumite situații, o singură tehnică de măsurare nu este suficientă pentru a oferi rezultate precise, fiind necesare tehnologii geodezice complementare, în sensul că informațiile obținute prin măsurători topo-geodezice tradiționale se referă la puncte dedicate, predefinite de pe construcția sau terenul afectat de alunecări de teren, în timp ce scanarea 3D prezintă caracteristica obținerii unui volum foarte mare de date, definind geometria de ansamblu a obiectivului;
- valorile tasărilor punctelor din rețeaua de sprijin Orșova - Culmea Dranic sunt mici, de ordinul mm, tasarea maximă fiind înregistrată la reperul ST1 localizat în apropierea alunecării de teren.
- deplasările în plan determinate pentru punctele din rețeaua locală de sprijin sunt de ordinul milimetrilor.

În urma studiului efectuat cu programe care permit crearea modelelor tridimensionale am observat și concluzionat următoarele:

- alunecarea studiată este de mică adâncime, având planul de alunecare situat la -5m, iar viteza sa de deplasare o încadrează în categoria lentă. Din punct de vedere al sensului de deplasare a frontului de desprindere, se clasifică în alunecare de tip progresiv.
- pentru studiul alunecărilor de teren și evidențierea caracteristicilor acestora a fost realizat un studiu comparativ al rezultatelor modelării, cu programul Surfer 9 și Civil 3D 2013. Astfel, pentru studiul efectuat, drumul tehnologic de acces Culmea Dranic – Orșova, se poate observa că programul Surfer are câteva avantaje în comparație cu Civil 3D:
 - din punct de vedere vizual, modelele realizate cu programul Surfer 9 oferă specialistului mai multe informații referitoare la fenomenul studiat, pe modelul 3D obținut din măsurătorile realizate în anul 2013, fiind vizibile șanțurile create de apa meteorică, concluzionând rapid că desprinderea prin alunecare a masivului de pământ s-a datorat umezirii excesive și faptul că apa meteorică bălțește la baza versantului și se infiltrează în masivul de pământ, transformând straturile de argile prăfoase și argile nisipoase din forajul F1 în pământuri moi alunecătoare;
 - nu necesită cunoștințe complexe deosebite de modelare 3D, având o interfață prietenoasă și comenzi sugestive;
 - permite crearea de legende pe culori pentru mai buna înțelegere a modelului 3D creat, în cazul în care nu se folosesc culori realiste preluate în teren;
 - prețul mai scăzut.

În ceea ce privește structura de pământ armat, se subliniază importanța măsurătorilor geodezice efectuate pentru a putea stabili cauzele deformațiilor laterale. Din analiza atentă a acestora a reieșit faptul că, la nivelurile inferioare, deformațiile laterale se încadrează în toleranțele prevăzute de către proiectantul structurii de pământ armat, chiar și cu prezența unor eforturi mult mai mari. Acest fapt este legat de capacitatea portantă mai mare a ancorelor utilizate în această zonă (100kN) și a dus la concluzia că ancorele de la partea superioară a structurii, care au o rezistență la rupere mai mică (30kN) trebuie înlocuite.

7.2. Contribuții personale

Principalele contribuții ale autoarei sunt:

- sinteza analitică a hazardurilor cu evidențierea unor aspecte importante precum:
 - identificarea hazardurilor naturale și antropice cu impact socio-economic ridicat asupra mediului înconjurător;
 - explicarea cauzelor și elementelor favorizante producerii fiecărui tip de hazard;
 - centralizarea datelor la nivel global cu privire la tipul și numărul hazardurilor, numărul de victime, care au suferit în urma lor, precum și dauna suportată sub formă de grafice pentru a sublinia dinamica hazardurilor, prejudiciul adus de acestea atât în ceea ce privește pierderile economice, cât și numărul persoanelor afectate;
 - prezentarea situației României în raport cu capacitatea sa de a gestiona hazardurile și de a se adapta în urma acestora;
 - schematizarea celor mai importante 10 hazarduri naturale ce au afectat România în perioada 1900–2013 în funcție de diferite criterii și interpretarea datelor;
 - prezentarea unor intervenții pentru reducerea vulnerabilității care trebuie să includă măsuri politice, legale, administrative, de planificare și de infrastructură;
 - identificarea strategiilor de reducere a riscului de dezastre la nivel mondial, dar și a impedimentelor apărute în aplicarea lor;
 - reliefarea unei serii de probleme particulare pentru România, precum programe de consolidare a clădirilor cu risc ridicat de prăbușire la cutremure din orașe; reabilitării termice și funcționale a blocurilor din panouri mari prefabricate; fluidizarea traficului și montarea unor panouri de antifonare; colectarea selectivă a deșeurilor cât și construirea de fabrici unde acestea pot fi colectate; reciclate sau incinerate pentru a obține energie (cum este cazul polistirenului); realizarea lucrărilor antierozionale în bazinele râurilor, decolmatarea albiilor minore și interzicerea oricărui gen de construcții în apropierea acestora; ce trebuie avute în vedere în dezvoltarea strategiilor de reducere a riscului de dezastre;
- structurarea cauzelor principale ale producerii alunecărilor de teren, a criteriilor de clasificare a acestor fenomene, a parametrilor geotehnici specifici pentru caracterizarea comportării masivelor de pământ (caracteristicile fizice și proprietățile mecanice ale pământurilor) și a principalelor categorii de lucrări de cercetare a terenului de fundare ce constau în: prospecțiuni prin sondaje, prospecțiuni prin metode geofizice, alte metode de teren pentru determinarea proprietăților fizice și mecanice ale pământurilor (metoda penetrării, încercarea cu placa etc.).
- sinteza metodelor geodezice utilizate la monitorizarea alunecărilor de teren, cu explicitarea metodelor ce trebuie aplicate la determinarea deplasărilor orizontale și a tasărilor, modului de proiectare a rețelelor geodezice locale pentru determinarea tasărilor și a erorilor ce pot apărea în procesele de măsurare;
- structurarea tipurilor de reperi de teren ce trebuie utilizați pentru realizarea rețelelor de monitorizare a clădirilor și alunecărilor de teren și modul de materializare a acestora pentru țara noastră;

- prezentare generală asupra Modelelor Digitale ale Terenului pornind de la apariția acestora și până în prezent, ce include modul de obținere a datelor necesare realizării oricărui MDT precum și cele mai uzuale moduri de realizare, domenii de aplicabilitate a modelelor digitale ale terenului de mare actualitate, avantajele utilizării modelelor 3D pentru reprezentarea topografică a terenului, situația internațională și națională cu privire la crearea unor modele digitale ale terenului cu precizie ridicată;
- studiul etapelor, modalităților și beneficiilor redactării hărților de risc la alunecare a versanților, acestea fiind necesare în managementul hazardurilor, deoarece permit identificarea zonelor susceptibile la apariția alunecărilor de teren, urmările pe care le-ar putea avea o alunecare de teren asupra zonelor învecinate și adoptarea unor măsuri eficiente de prevenire a potențialelor hazarduri datorate producerii alunecărilor de teren și luarea unor decizii raționale privind amplasarea construcțiilor și executarea unor lucrări de excavații fără a fi periclitată stabilitatea de ansamblu a terenului.
- stabilirea unor etape ce trebuie parcurse în procesul de monitorizare a alunecărilor de teren ce are la bază o abordare interdisciplinară;
- sinteza platformelor geodezice de monitorizare a alunecărilor de teren, cu exemplificarea principiului de funcționare al fiecăreia și a procedurii de urmărire a evoluției alunecărilor de teren;
- popularizarea unor studii de caz din literatura științifică internațională din domeniu, cu evidențierea importanței platformelor de monitorizare detaliate, care prezintă aplicații ale acestora, întreprinse în diferite țări, pe problematica alunecărilor de teren.
- sinteza unor studii de caz întreprinse în țara noastră, bazate pe utilizarea tehnologiilor geodezice moderne pentru monitorizarea anumitor zone afectate de fenomene de instabilitate;
- concretizarea conceptelor teoretice sub forma a două studii de caz, unul dintre ele bazat pe monitorizarea alunecării de teren ce a afectat drumul tehnologic de acces Culmea Dranic – Orșova, iar cel de-al doilea implicând studii privind stabilitatea unui obiectiv de importanță, viaductul Valea Mică – Centura Caransebeș, realizat cu structură de pământ armat;
- efectuarea unor campanii de măsurători de înaltă precizie la intervale prestabilite de timp utilizând tehnologii geodezice moderne, precum Sistemul Satelitar de Navigație Globală (GNSS);
- efectuarea de măsurători folosind tehnologia de ultimă generație, scanerul laser ScanStation C10;
- prelucrarea datelor obținute prin scanare, numite „nori de puncte” cu programe specializate, Cyclone și Civil 3D, în vederea obținerii modelelor 3D pentru amplasamentele care fac obiectul studiilor de caz;
- realizarea studiului, printr-o abordare interdisciplinară, ce îmbină cunoștințe din domeniul ingineriei geodezice și geotehnice, pentru caracterizarea comportării versantului – Culmea Dranic:
 - realizarea unui studiu geotehnic în vederea determinării parametrilor specifici care a implicat:
 - stabilirea categoriei geotehnice a lucrării;
 - cercetări geotehnice în teren: două foraje F1, F2 conduse în terenul de fundare până la adâncimea de –8,60m, respectiv –6,50m și nouă penetrări dinamice ușoare PDU 1...PDU 9, conduse până la adâncimi de –1,50m...–6,00m de la nivelul terenului natural;

- analize de laborator pentru identificarea stratificației terenului de fundare din amplasament;
- fixarea, în masivul de pământ, a adâncimii la care apare planul alunecător;
- procurarea materialelor cartografice analogice și digitale existente pentru zona Orșova, respectiv hărți la scările 1:100.000, 1:25.000 care au fost georeferențiate, ortofotoplan și ridicarea topografică de detaliu;
- materializarea rețelei geodezice de sprijin în teren pentru monitorizarea alunecării de teren din zona drumului tehnologic de acces Culmea Dranic – Orșova în anul 2012 și redeterminarea acesteia în anul 2013 pentru a stabili tasările reperilor de referință;
- prelucrarea datelor măsurate cu evaluarea preciziei determinărilor, prin intermediul elipselor erorilor în punctele de drumuire și realizarea planurilor de situație pentru fiecare campanie de măsurători;
- crearea modelelor digitale ale terenului din măsurători realizate cu stația totală prin prelucrarea 3D a datelor cu ajutorul unor programe specializate, Surfer 9 și Civil 3D 2013, pentru realizarea unui studiu comparativ care să evidențieze soluția optimă în respectiva cercetare;
- realizarea de calcule volumetrice;
- reprezentarea tasărilor punctelor rețelei de sprijin prin intermediul unor diagrame;
- prevederea de soluții pentru stabilizarea alunecării de teren;
- cercetarea stabilității viaductului Valea Mică în contextul strategiilor pentru administrarea potențialelor riscuri și reducerea impactului acestora:
 - conceperea programului inițial de monitorizare a viaductului cu stabilirea locațiilor a 30 mărci de monitorizare pe parament și 10 reperi de urmărire în axa drumului;
 - corelarea măsurătorilor geodezice cu cele realizate de constructorul viaductului;
 - reprezentarea datelor obținute prin crearea unor diagrame de urmărire a deformațiilor și deplasărilor mărcilor de monitorizare care să poată fi interpretate cu ușurință;
 - stabilirea cauzelor degradărilor structurii;
 - calculul tasării probabile a terenului de fundare aferente celor două zone pentru a determina tasarea diferențiată;
 - prevederea de soluții pentru remediere.

Ca **direcții de cercetare de viitor**, în cazul alunecării de teren ce a afectat drumul tehnologic de acces Culmea Dranic – Orșova, ca propunere personală, sugerez continuarea și completarea acestui program de monitorizare elaborat de autoare, și prin amplasarea unor dispozitive specifice ingineriei geotehnice – precum piezometre și înclinometre pentru obținerea unei imagini complete, actualizate și competente asupra comportării în timp a versantului studiat.

Totodată, se întrevide și posibilitatea integrării datelor obținute din monitorizare într-un Sistem Informatic Geografic ce va putea să răspundă, în mare parte necesităților autorităților locale, care vor deține o evidență exactă a zonei problematice, vor putea genera hărți de risc, folosite ca suport decizional în alegerea soluțiilor de stabilizare a terenurilor, amplasarea construcțiilor; vor putea gestiona un număr mare de date spațiale care asigură baza cartografică și topografică a zonei; vor avea posibilitatea de a efectua o serie de analize și interogări asupra datelor spațiale.

Rețelele topo-geodezice dublate de dispozitive geotehnice în cazul monitorizării hazardurilor pot oferi rezultatele optime dacă sunt gestionate în cadrul unor pachete de programe de tipul Sistem Informatic Geografic datorită capabilității acestor programe de a gestiona o cantitate foarte mare de date topografice și date caracteristice condițiilor geotehnice din zonele afectate. Fiind un instrument puternic ce creează informații spațiale noi prin analiza celor existente în bazele de date, se pot stabili cauzele producerii hazardurilor pentru a ajuta la luarea deciziilor referitoare la planificarea complexă a teritoriului cu o eficiență tehnico-economică ridicată.

7.3. Valorificarea rezultatelor obținute pe parcursul programului de cercetare doctorală

Pe parcursul programului de cercetare doctorală valorificarea rezultatelor obținute a fost concretizată prin următoarele:

- elaborarea și susținerea în fața unor comisii a unui număr de **2 referate** și **2 rapoarte de cercetare**, astfel:
 - *Referate* susținute în cadrul activităților complementare din programul de pregătire universitară avansată:
 1. Tendințe actuale privind monitorizarea alunecărilor de teren prin metode geodezice în scopul măririi siguranței în exploatare;
 2. Analiza generală a fenomenelor de instabilitate a versanților.
 - *Rapoarte de cercetare*:
 1. Monitorizarea prin metode geodezice a alunecării de teren – drum de acces între localitatea Orșova și platoul Topleț, culmea Dranic, județul Mehedinți;
 2. Studii privind stabilitatea viaductului Valea Mică – Centura Caransebeș.
- conceperea, editarea și publicarea unei secțiuni în cartea „**Măsurători Terestre – Concepte – vol, I**”, Editura Politehnica, ISBN 978-606-554-426-0, Timișoara.
- publicarea, în calitate de autoare și coautoare, a unui număr de **18 lucrări științifice** după cum urmează:
 - **Lucrări publicate în volume ale conferințelor internaționale:**
 1. "The correlation between the surveying profession and sustainable development", **Clara – Beatrice Vilceanu**, Sorin Ioan Herban, Cosmin Constantin Mușat, Research Journal of Agricultural Science, Agroprint Editorial, ISSN 2066-1843, vol. 43 (3) (2011), pp. 522-529, "The Vth Edition – International Symposium Trends in the European Agriculture Development", 19 – 20 mai 2011, Timișoara, România.
 2. "The importance of landslide risk maps for the management of environmental issues", **Clara – Beatrice Vilceanu**, Ioan Sorin Herban, Marin Marin, "International U.A.B. – Balkan Environmental Association Conference Environmental Engineering and Sustainable Development", 26 – 27 mai 2011, Alba – Iulia, România.
 3. "Landslide monitoring in the context of sustainable development", Herban Ioan Sorin, **Vilceanu Clara – Beatrice**, Research Journal of Agricultural Science, vol. 44 (3) (2012), pp. 213-221, "The International Symposium Trends in the European Agriculture Development", 17 – 18 mai 2012, Timișoara, România.

4. "Geomatics – possible solution for an efficient management of environmental problems", Carmen Grecea, **Vilceanu Clara – Beatrice**, Research Journal of Agricultural Science, vol. 44 (3) (2012), pp. 199-207.
 5. "GIS – An efficient support for urban planning – Framework of Timișoara, Romania", Carmen Grecea, Cosmin Constantin Mușat, **Clara-Beatrice Vilceanu**, Proceedings of "12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2012", ISSN 1314-2704, DOI:10.5593/sgem2012, pp. 1057-1064, 17 – 23 iunie 2012, Albena, Bulgaria.
 6. "Verifying the stability of a 28 m high pile-wall from an excavation site using Finite Element Method", Benjamin Singeorzan, **Clara-Beatrice Vilceanu**, Carla Scarlat, Proceedings of "12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2012", ISSN 1314-2704, DOI:10.5593/sgem2012, pp. 347-354, 17 – 23 iunie 2012, Albena, Bulgaria.
 7. "Terrestrial Laser Scanning used for 3D modeling", Ioan Sorin Herban, **Clara – Beatrice Vilceanu**, Proceedings of "12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2012", ISSN 1314-2704, DOI:10.5593/sgem2012, pp. 795-803, 17 – 23 iunie 2012, Albena, Bulgaria.
 8. "Engineering surveying used for monitoring the behaviour of hydro-technical construction", **Clara – Beatrice Vilceanu**, Carmen Grecea, Ioan Sorin Herban, Proceedings of 12th International Scientific Conference „InDIS 2012” – Planning, design, construction and building renewal, ISBN 978-86-7892-453-8, pp. 584-593, 28 – 30 noiembrie 2012.
 9. "Using Geographic Information System analysis in the management of flood risk areas", **Clara-Beatrice Vilceanu**, Carmen Grecea, Proceedings of "13th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2013", ISSN 1314-2704, DOI:10.5593/sgem2012, pp. 795-803.
- **Lucrări publicate în volume ale conferințelor naționale:**
10. „Utilizarea tehnologiei GIS pentru evaluarea condițiilor de riscuri”, **Vilceanu Clara – Beatrice**, Marin Marin, „Zilele Academice Timișene, Ediția a XII-a, Infrastructuri Eficiente pentru Transporturile Terestre”, Editura Solness, ISSN 2247-3807, pp. 315-320, 26 – 27 mai 2011, Timișoara.
 11. „Importanța elaborării hărților de risc la alunecări de teren utilizând date geotehnice, topografice și tehnologia SIG”, **Vilceanu Clara – Beatrice**, Marin Marin, Lucrările Conferinței Naționale „A XII-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații (CNGF 2012), Vol. 2, ISSN 1844-850x, ISBN: 978-973-625-696-7, pp. 909 – 916, Editura Politehnicum, 19 – 22 septembrie 2012, Iași.
 12. "Contribution of geodetic engineering to monitoring special constructions", **Clara – Beatrice Vilceanu**, Ioan Sorin Herban, Carmen Grecea, Buletinul Institutului Politehnic „Gheorghe Asachi” din Iași, Tomul LVIII (LXII), Fascicula 3-4, 2012, seria Hidrotehnica, "Achievements and Prospects in Hydrotechnical, Geodesy and Environmental Engineering IS HGIM 2012 Symposium", 25 – 28 octombrie 2012, Iași, în curs de publicare.

13. „Utilizarea tehnologiei de scanare laser terestră în monitorizarea căilor de comunicații terestre”, **Vilceanu Clara – Beatrice**, Marin Marin, „Zilele Academice Timișene, Ediția a XIII-a, Drumul și Mediul înconjurător”, Editura Solness, ISSN 2247-3807, pp. 41-49, 23 – 24 mai 2013, Timișoara.
 - Lucrări publicate în reviste naționale:
 14. “The impact of geodetic and topographic monitoring on landslides risk assessment”, Sorin Ioan Herban, **Clara – Beatrice Vilceanu**, „RevCad Journal of Geodesy and Cadastre”, no. 11/2011, Aeternitas Publishing House, Alba – Iulia, ISSN 1583-2279, pp. 85 – 90.
 15. “3D modeling using terrestrial Leica C 10 Scanstation”, Herban Ioan Sorin, **Clara – Beatrice Vilceanu**, „Scientific Bulletin of The Politehnica University of Timișoara Transactions on Hydrotechnics” vol. 2/2011, Editura Politehnica, Timișoara, ISSN 1224 – 6042, pp. 95-98.
 16. “Possibilities of monitoring the areas affected by natural calamities using Intergraph technology”, Carmen Grecea, **Vilceanu Clara – Beatrice**, „RevCad Journal of Geodesy and Cadastre”, no. 13/2012, Aeternitas Publishing House, Alba – Iulia, ISSN 1583-2279, pp. 75-85.
 17. „Crearea modelului digital al terenului utilizând tehnologia de scanare laser terestră pentru alunecarea de teren – drum de acces între localitatea Orșova și platoul Topleț, culmea Dranic, județul Mehedinți”, **Clara – Beatrice Vilceanu**, Alina Corina Bălă, Revista Română de Inginerie Civilă, nr. 2/2013, Editura MatrixRom, ISBN ISBN:2068-3987, în curs de publicare.
 18. “Modern geodetic methods for monitoring landslides – Case study “The approach road between Orșova municipality and Topleț plateau, Dranic peak, Mehedinți County”, **Clara – Beatrice Vilceanu**, Ioan Sorin Herban, Cosmin Constantin Mușat, „Scientific Bulletin of The Politehnica University of Timișoara Transactions on Hydrotechnics” vol. 1/2013, Editura Politehnica, Timișoara, ISSN 1224 – 6042, pp. 119-123.
- Realizarea, în calitate de autoare/coautoare, a unui număr de **4 prezentări pe tematica inginerie geodezică și geotehnică**:
- în cadrul Workshop-ului nr. 1 „Interdisciplinaritatea și Managementul Cercetării”, 25 noiembrie 2011, Universitatea “Politehnica” din Timișoara, România – “Using Intergraph technology for monitoring the areas affected by landslides in Mehedinți County, Romania”;
 - în cadrul Workshop-ului nr. 2 „Interdisciplinaritatea și Managementul Cercetării în Studiile Doctorale”, 7 – 8 iunie 2012, Universitatea din Oradea, România – “Terrestrial Laser Scanning used for 3D modeling”.
 - în cadrul Workshop-ului nr. 3 „Interdisciplinaritatea și Managementul Cercetării în Studiile Doctorale”, 30 – 31 mai 2013, Universitatea din Pitești, România – “Geodetic studies with significant contribution to environmental monitoring”.
 - în cadrul Conferinței Internaționale “International Conference on Environmental Research and Technology – Eco Impuls 2012”, 25 – 26 octombrie 2012, Timișoara, România – “Management of flood risk areas by means of GIS technology”.
- Participarea și implicarea în activități organizatorice necesare diferitelor evenimente științifice din cadrul Universității „Politehnica” din Timișoara:

- lansarea proiectului "Rețea de colaborare universitară online în scopul dezvoltării capacității de a furniza competențe superioare în domeniul geodeziei", 1 noiembrie 2010;
 - celebrarea a 70 de ani de învățământ superior de construcții în Timișoara (Facultatea de Construcții), 2011;
 - lansare platforma colaborare și instruire din cadrul proiectului "Rețea de colaborare universitară online în scopul dezvoltării capacității de a furniza competențe superioare în domeniul geodeziei", 9 martie 2012
 - conferința de închidere oficială a proiectului "Rețea de colaborare universitară online în scopul dezvoltării capacității de a furniza competențe superioare în domeniul geodeziei", 12 septembrie 2012.
- Membră al Societății Române de Geotehnică și Fundații.
- A participat la realizarea unor contracte de cercetare și la întocmirea de expertize pentru o serie de obiective amplasate pe terenuri dificile sau alunecătoare.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. Allen P. K., Stamos I., Troccoli A., Smith B., Leordeanu M., Hsu Y.C. (2003) – 3D Modeling of Historic Sites Using Range and Image Data, International Conference of Robotics and Automation, Taipei, Taiwan, pp. 145-150.
- [2]. Ardizzone F., Cardinali M., Galli M., Guzzetti F., Reichenbach P. (2007) – Identification and mapping of recent rainfall-induced landslides using elevation data collected by airborne Lidar, Natural Hazards and Earth System Science, no.7, pp. 637–650.
- [3]. Armaş I. (2006) – Risc și vulnerabilitate. Metode de evaluare aplicate în geomorfologie, Editura Universității din București, ISBN 978-973-737-174-4.
- [4]. Asocieria: S.C. Urban Team S.R.L., S.C. Velplan Design S.R.L. , S.C. Urban Profesional Consulting S.R.L. (2011) – Plan de Amenajare a Teritoriului Județean Timiș. Studiu de fundamentare. Zonele de risc tehnologic și zonele expuse la riscuri naturale.
- [5]. Aubé G., Singhroy V., Froese C., Briand P. (2009)– New Disasters Earth Observation Monitoring Initiative in Canada: Assessment and Mitigation of Active Geohazard Sites.
- [6]. Băbucă I.N. (2011) – Contribuții la eficientizarea lucrărilor topografice în domeniul construcțiilor, Teză de Doctorat, Editura Politehnica Timișoara.
- [7]. Băduț M. (2004) – GIS Sisteme Informatice Geografice fundamente practice, Editura Albastră, Cluj-Napoca.
- [8]. Bălțeanu D., Cheval S., Șerban M. (2004)– Evaluarea și cartografierea hazardelor naturale și tehnologice la nivel local și național. Studii de caz, București.
- [9]. Bălțeanu D., Chendeș V., Sima M. (2009) – GIS landslide hazard map of Romania, GIM International, vol. 23, nr. 4.
- [10]. Bălțeanu D., Chendeș V., Sima M., Enciu P. (2010) – A country-wide spatial assessment of landslide susceptibility in Romania, Geomorphology, 125, publicat online.
- [11]. Bernhardsen T. (1999) – Geographic Informatic Systems: an introduction, Wiley, New York.
- [12]. Bobu A. (2011) – Aspecte privind managementul riscului în infrastructura rutieră, ZAT, Ediția a XII-a, Infrastructuri eficiente pentru transporturi terestre, pp. 145–151, Timișoara.
- [13]. Bogdan I., Boldurean P. (2011) – Studiu geotehnic pentru refacere drum de acces: Orșova – platou Topleț, acces și platforme de montaj, centrale eoliene culmea Dranic, 3MW, Județul Mehedinți, Alunecare versant aval km 1+642, Timișoara.
- [14]. Bogdan O. (2005) – Caracteristici ale hazardurilor/riscurilor climatice de pe teritoriul României, Natural and anthropogenic hazards, Mediul Ambient, nr. 5, pp. 26-36.
- [15]. Boldurean A. (2008) – Contribuții privind studiul stabilității masivelor de pământ, Teză de Doctorat, Editura Politehnica, Timișoara.
- [16]. Borrough P. (1985) – Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment, Note de curs, Oxford University Press.

- [17]. Botez P.M., Ghițău D., Ionescu C. (1966) – Compensarea riguroasă automată a rețelelor de nivelment prin variația altitudinilor, Rd GOT, 5.
- [18]. Brebu F.M. (2011)– „Contribuții privind evaluarea topo – geodezică a deplasărilor și deformațiilor construcțiilor”, Teză de Doctorat, Editura Politehnica, Timișoara.
- [19]. Brebu F.M., Bălă A.C. (2011) – Monitoring of special construction using 3D laser scanning, Scientific Bulletin of the Politehnica University of Timisoara, Transactions on Hydrotechnics, Tom 56 (70), ISSN 1224-6042, România, vol. 2, pp. 71-75.
- [20]. Brebu F.M, Marin M., Bălă A.C. (2010) – Monitoring of the building energy in connection with the requirements of the sustainable urban development and of the environmental protection, Journal of Environmental Protection and Ecology, International Workshop Global and Regional Environmental Protection, ISSN 1311-5065, vol.2 (abstracts), pp.266-270, Timișoara.
- [21]. Briggs R. (1996) – Introduction to GIS, Note de curs, University of Texas at Dallas.
- [22]. Canuti P., Casagli N., Ermini L., Fanti R., Farina P. (2004) – Landslide activity as a geindicator in Italy: significance and new perspectives from remote sensing, Environmental Geology 45:907–919, DOI 10.1007/s00254-003-0952-5, Springer-Verlag.
- [23]. Cazac V., Daradur M. (2005) – Hazardurile – surse ale pericolului securității umanității în secolul XXI, Mediul Ambient, Natural and Anthropogenic Hazards, nr. 5 (23).
- [24]. Cazac V., Boian I., Volontir N. (2008) – Mediul geografic al Republicii Moldova, vol. 3, Hazardurile naturale, ISBN 978-9975-67-565-9, Chișinău.
- [25]. Călarășu E., Dobrescu C., Siminea I. (2009) – The mechanism and the determining factors of producing the instability phenomena in the environmental impact assessment, Annals. Food Science and Technology, ISSN 2065–2828, vol. 10/issue 2, pp 543-548.
- [26]. Changjiang Li Æ Tuhua Ma Æ Xinsheng Zhu (2009) – aiNet- and GIS-based regional prediction system for the spatial and temporal probability of rainfall-triggered landslides, Springer Science+Business Media B.V.
- [27]. Chowdhury R. et. al. (2010) – Geotechnical Slope Analysis, Taylor and Francis Group, London, U.K., ISBN: 978-0-203-86420-3 (eBook), Book, pp 1-2.
- [28]. Convertito V., De Matteis R., Cantore L., Zollo A., Iannaccone G., Caccavale M. (2009) – Rapid estimation of ground-shaking maps for seismic emergency management in the Campania Region of southern Italy, Natural Hazards Journal, ISSN: 1573-0840, DOI 10.1007/s11069-009-9359-2, Published by Springer Science+Business Media.
- [29]. Coșarcă C. (2011) – Măsurători inginerești, Aplicații în domeniul construcțiilor Partea I, Editura Matrix Rom, București, ISBN 978-973-755-717-9.
- [30]. Coșarcă C., Neuner J., Didulescu C. (2005) – Utilizarea tehnicilor moderne de măsurare la inventarierea siturilor istorice, RevCad, nr. 5, Univ. "1 Decembrie 1918", Alba Iulia, ISSN 1583 – 2279.
- [31]. Coșarcă C. (2009) – Sisteme de măsurare în industrie, Editura Conspress, București.
- [32]. Cristescu N (1978) – Topografie inginerească, Editura Didactică și Pedagogică, București.
- [33]. Cunha L.K., Krajewski W.F., Mantilla R., Cunha L. (2011) – A framework for flood risk assessment under nonstationary conditions or in the absence of

- historical data. *Journal of Flood Risk Management* vol. no.4, pp. 3-22, DOI:10.1111/j.1753-318X.2010.01085.x.
- [34]. Da Silva F.P., Rodrigues, Carvalho J. A. (2006) – Engineering geological mapping for the urban planning of Almada County, Portugal, *IAEG, Lucrarea nr. 165*.
- [35]. Dana I.F. (2010) – Analiza comparativă a exploatării 3D a imaginilor satelitare, Teză de doctorat, București.
- [36]. Dana I.F. (2009) – Generarea prin interferometrie a modelului digital altimetric al terenului pe baza înregistrărilor TerraSAR-X, *Revista de Geodezie, Cartografie și Cadastru, Vol. 18, Nr. 1,2, ISSN 1454-1408*,
- [37]. Danisch L., Chrzanowski A., Bond J., Bazanowski M. (2008) – Fusion of geodetic and MEMS sensors for integrated monitoring and analysis of deformations, *13th FIG International Symposium on Deformation Measurements and Analysis, 4th IAG Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering, Lisbon*.
- [38]. Didulescu C., Savu A., Badea A.C., Badea G., Bădescu G. (2011) – Modeling and Visualization Objects from Point Cloud Data Surveyed With Terrestrial Laser Scanner, *3rd WSEAS International Conference MEQAPS '11, Romania*.
- [39]. Dragičević S., Novković I., Prica M. (2009) – The risk of slope processes on the territory of UB Municipality, Project 146005 financed by the Ministry of science and technological development of the Republic of Serbia, <http://www.doiserbia.nb.rs/>.
- [40]. Dumitru G. (2001) – *Sisteme Informatice Geografice GIS*, Editura Albastră, Cluj-Napoca.
- [41]. Faccini F., Piccazzo M., Robbiano A. (2008) – Environmental Geological Maps of San Fruttuoso Bay (Portofino Park, Italy), *Journal of Maps*, pp. 431–443.
- [42]. Farina P., Colombo D., Fumagalli A., Marks F., Moretti S. (2006) – Permanent Scatterers for landslide investigations: outcomes from the ESA – SLAM project, *Science Direct*.
- [43]. Farina P., Moretti S., Colombo D., Fumagalli A., Manunta P. (2004) – Landslide Risk Analysis by means of Remote Sensing Techniques: Results from the ESA/SLAM Project, *Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS '04 Proceedings, IEEE International, ISBN: 0-7803-8742-2*.
- [44]. Feyen L., Dankers R., Barredo J.I., Kalas M., B'odis K., Roo A.D. & Lavalle C. (2006) – Flood risk in Europe in a changing climate. EUR22313 EN. Luxembourg: European Commission Joint Research Centre, Institute of Environment and Sustainability.
- [45]. Finley D. (1997) – Collaborative GIS in a Distributed Work Environment, Unpublished M. Eng Report, Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick, Fredericton, N.B. Canada.
- [46]. Florea M.N. (1979) – *Alunecări de teren și taluze*, Editura Tehnică, București.
- [47]. Fowler A., France J.I., Truong M. (2011) – Application of advanced laser scanning technology in geology, www.rieglusa.com/pdf/applications-of-advanced-laser-scanning-technology-in-geology-ananda-fowler-final.pdf
- [48]. Galli M., Ardizzone F., Cardinali M., Guzzetti F., Reichenbach P. (2007) – Comparison of landslide inventory maps, *Geomorphology Journal*, Vol. 94, pp. 268–289, Published by Elsevier.
- [49]. Giardino M., Perotti L., Lanfranco M., Perrone G. (2012) – GIS and Geomatics for disaster management and emergency relief: a proactive response

- to natural hazards, *Applied Geomatics*, no.4, pp.33–46, DOI 10.1007/s12518-011-0071-z, Springer.
- [50]. Grecea C. (2005) – *Geodezie*, Editura Mirton, Timișoara.
- [51]. Grecea C., Sturza M., Mușat C. (2006) – *Complemente de măsurători terestre Vol. 1*, Editura Politehnica, Timișoara.
- [52]. Grecea C. (2009) – Geodetic engineering – important tool for Romania seismicity study, *Proceedings of the 11th WSEAS Conference on Sustainability in Science Engineering (SSE'09)*, ISSN: 1790-2769, pp. 102–107, Timișoara, Romania.
- [53]. Grecea C. (2010) – Geoinformation support – impact on urban planning, environment and society, *3rd WSEAS International Conference on Urban Planning and Transportation*, Romania, pp.136-142, ISSN: 1792-4286, ISBN: 978-960-474-204-2.
- [54]. Grecea C., Bălă A., Oros E. (2008) – Studies and Geodetic Solutions for Future Evaluations and Monitoring Crustal Movements in Banat County, *RevCad – Journal of Geodesy and Cadastre*, pp. 47–54.
- [55]. Grecea C., Bălă A., Bota C. (2010) – Spatial planning – modern tool of urban management and control, *RevCad, Journal of Geodesy and Cadastre*, pp. 91–99.
- [56]. Grecea C., Ienciu I., Dimen L., Bălă A.C., Oprea L. (2011) – Cadastral Support for an efficient town planning in Timisoara, Romania. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, ISSN 1311-5065, vol. 13, no. 2A:1099 – 1107.
- [57]. Grecea C., Vîlceanu C.B. (2012) – Possibilities of monitoring the areas affected by natural calamities using Intergraph technology, *Proceedings of GeoCAD 2012, Scientific Conference with International Participation*, ISBN 978-606-613-041-7.
- [58]. Gavris G. (2002) – *Proiectarea sistemelor informatice geografice*, Workshop GIS, Cluj.
- [59]. Gomarasca M.A. (2009) – *Basic of Geomatics*, ISBN 978-1-4020-9013-4, Springer Dordrecht Heidelberg London New York.
- [60]. Haala N., Brenner C. (1997) – Generation of 3D city models from airborne laser scanning data, *Proceedings EARSEL Workshop on LIDAR remote sensing on land and sea*, ISBN 2-908885-20-4, Tallinn/Estonia.
- [61]. Haida V., Marin M., Mirea M. (2004) – *Mecanica pământurilor*, Editura Orizonturi Universitare, Timișoara.
- [62]. Herban I.S. (2006) – *Topografie inginerească, Îndrumător de aplicații și lucrări practice*, Editura Politehnica, Timișoara.
- [63]. Herban I.S. (2006) - *Contribuții la aplicarea metodelor topografice la studiul și urmărirea deplasărilor construcțiilor și ale terenului*, Teză de Doctorat, Editura Politehnica, Timișoara.
- [64]. Herban I.S. (2008) – Conception and Possible Results for Interdisciplinary Planning of Landslides Areas From Romania, *RevCad – Journal of Geodesy and Cadastre*, pp. 99–104.
- [65]. Herban I.S., Grecea C., Mușat C.C. (2009) – Using a GIS to modelling, manage and develop urban data from Timișoara City, ISSN 1311 – 5065, J.E.P.E., no. 1701.
- [66]. Herban I.S., Grecea C., Mușat C.C., (2012) – Using a Geographic Information System (GIS) to model, manage and develop urban data of the Timisoara city, *Journal of Environmental Protection and Ecology*, Vol.13, Issue: 3, pp. 1616–1624.

- [67]. Herban I.S., Mușat C.C. (2009) – Measuring and determinate the dynamic deformation of constructions using modern technologies and techniques, ISSN 1311 – 5065, J.E.P.E., no. 1699.
- [68]. Herban I.S., Mușat C.C. (2010) – Determinate dynamic deformation of construction using the integrated system Leica 1200, RevCad Journal of Geodesy and Cadastre, no.10, pp. 113-118.
- [69]. Herban I.S., Sturza M., Baci A. (2006) – The influence of the landsliding on stability and resistance of construction. Risk maps, RevCAD, ISSN 1583-2279.
- [70]. Herban I.S., Vîlceanu C.B. (2011) – The impact of geodetic and topographic monitoring on landslide risk assessment, RevCad, pp. 85-90.
- [71]. Herban I.S., Vîlceanu C.B. (2011) – 3D modeling using terrestrial Leica C 10 Scanstation, Buletinul Științific al Universității „Politehnica” din Timișoara, Seria Hidrotehnica, ISSN 1224-6042, România, vol. 2, pp. 95 – 98.
- [72]. Herban I.S., Vîlceanu C.B. (2012) – Terrestrial Laser Scanning used for 3D modeling, Proceedings of 12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2912, ISSN 1314-2704, DOI:10.5593/sgem2012, pp. 795-803.
- [73]. Hesse C., Stramm H. (2004) – Deformation measurements with laser scanners. Possibilities and challenges, International Symposium on Modern Technologies, Education and Professional Practice in Geodesy and Related Fields, pp. 228-240, Sofia.
- [74]. Idriss I.M., Boulanger R.W. (2010) – Lichefierea pământurilor în timpul cutremurelor, Editura Politehnica, Timișoara.
- [75]. International Federation of Surveyors (FIG). Working Group 8.4 (2006) – The Contribution of the Surveying Profession to Disaster Risk Management, Copenhagen, Denmark, pp.16-26.
- [76]. Jongmans D., Garambois S. (2007) – Geophysical investigation of landslides: A review, "Bulletin Société Géologique de France 178, 2 101-112", DOI 10.2113/gssgfbull.178.2.
- [77]. Klingseisen B., Metternicht G., Paulus G. (2007) – Geomorphometric landscape analysis using a semi-automated GIS – approach, Environmental Modeling & Software Vol. XX, pp. 1 – 13, Science Direct.
- [78]. Learning tools for advanced three-dimensional surveying in risk awareness project (3DRiskMapping), Theory and practice on Terrestrial Laser Scanning, Training material based on practical applications, www.heritagedocumentation.org/
- [79]. Li D., Shan J., Gong J. (2009) – Geospatial Technology for Earth Observation; pp. 558, Springer: New York, USA.
- [80]. Li Z., Chen J., Baltasvias E. (2008) – Advances in Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ISPRS Congress Book 2008; pp. 527, Taylor & Francis Group: London, UK.
- [81]. Lucaci Ghe. (2011) – Drumurile moderne, o provocare pentru dezvoltare sustenabilă, ZAT, Ediția a XII-a, Infrastructuri eficiente pentru transporturi terestre, pp. 9 – 21, Timișoara.
- [82]. Lungu I., Stanciu A., Boți N. (2002) – Probleme Speciale de Geotehnică și Fundații, Editura Junimea, Iași.
- [83]. Mancini F., Ceppi C., Ritrovato G. (2010) – GIS and statistical analysis for landslide susceptibility mapping in the Daunia area, Italy, Natural Hazards and Earth System Sciences, pp. 1851-1864.
- [84]. Manea S. (1998) – Evaluarea riscului de alunecare a versanților, Editura Conpress, ISBN 973-98749-1-6.

- [85]. Manea S., Jianu L. (2009) – Geotehnica mediului înconjurător: Protecția terenului de fundare și depoluarea lor. Soluții de depozitare a deșeurilor, Editura Conspress, București.
- [86]. Manea S., Olinic E. (2009) – Ensuring slope stability during the execution of new constructions, Proceedings of Landslide Risk Mitigation – Challenge and Strategy, Exploratory Workshop, Rotaru A. Editor, Politehniun Press, Iași.
- [87]. Manetti L., Knecht A., Frapolli M., Lou H. (2002) – Integrating GPS and Laser Distance Meters for landslide monitoring, European Geophysical Society, XXVII General Assembly, Nice, France.
- [88]. Marin A. (2012) – Expunerea României la calamități naturale, Responsabil de Secțiunea de Asigurări de bunuri și proprietăți UNSAR.
- [89]. Marin M., Mirea M. (2011) – Sisteme de fundare a construcțiilor, Editura Orizonturi Universitare, Timișoara.
- [90]. Mărghitaș M., Rusu M., Mihăiescu T., Toader C. (2008) – Reconstrucția ecologică a terenurilor agricole degradate prin alunecare (B), Jurnalul ProEnvironment/Promediu, nr. 2, pp. 105 – 106.
- [91]. McCarthy D.D.P., Whitelaw G.S., Anderson S., Cowan D., McGarry F., Robins A., Gardner H.L., Barbeau C.D., Charania N.A., General Z., Liedtke J., Sutherland C., Alencar P., Tsuji L.J.S. (2012) – Collaborative Geomatics and the Mushkegowuk Cree First Nations: Fostering adaptive capacity for community-based sub-arctic natural resource management, Geoforum 43, pp. 305–314, Elsevier.
- [92]. Miller P.E., Mills J.P., Barr S.L., Lim M., Barber D., Parkin G., Clarke B., Glendinning S., Hall J. (2008) – Terrestrial Laser Scanning for assessing the risk of slope instability along transport corridors, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B5. Beijing.
- [93]. Mork N. P. (2007) – Raport Trocaire, Agenția Catolică Irlandeză pentru Dezvoltare Globală, Reducerea riscului de dezastre, Învățând pentru subzistență, Seria nr. 1.
- [94]. Mușat C.C. (2006) – Contribuții privind stabilirea tasărilor și deformațiilor construcțiilor utilizând metode și tehnici topo-geodezice moderne, Teză de Doctorat, Editura Politehnica, Timișoara.
- [95]. Mușat C.C., Herban I.S.– Geoinformation system for interdisciplinary planning of landslides areas, Proceedings of the 11th WSEAS International Conference on Sustainability in Science Engineering, pp. 257/261, ISSN: 1790-2769.
- [96]. Mușat C.C., Herban I.S.– Determine dynamic deformation of construction using the integrated system Leica 1200, Journal of Geodesy and Cadastre, Alba Iulia, RevCad no.10, pp. 145-153
- [97]. Neamțu M., Onose D., Neuner J. (1988) – Măsurarea topografică a deplasărilor și deformațiilor construcțiilor, Institutul de Construcții București.
- [98]. Nistor GH. (1995) – Teoria prelucrării măsurătorilor geodezice, Editura Ghe. Asachi, Iași.
- [99]. Neuner J. (2000) – Sisteme De Poziționare Globală, Editura Matrix Rom, București.
- [100]. Nuttens T., De Wulf A., Bral L., De Wit B., Carlier L., De Ryck M., Stal C., Constales D., De Backer H. (2010) – High Resolution Terrestrial Laser Scanning for Tunnel Deformation Measurements, FIG Congress 2010: Facing the Challenges – Building the Capacity, pp. 2, Sydney, Australia.

- [101]. Patroescu M., Nita. M.R, Niculae I., Onose D. (2009) – The ecological impact of the transport infrastructure into a preserved area, Case study Natural Park „Porțile de Fier”. Drumuri și Poduri no. 76 (145), Edited by “Media Drumuri și Poduri”, ISSN 1222-4235.
- [102]. Pérez Gómez R. (2007) – Web based GIS supporting the assessment of earthquake-triggered landslides projects, Proceedings of XXIII International Cartographic Conference, Moscow, Russia.
- [103]. Plissart G., Féménias O., Mărunțiu M., Diot H., Demaiffe D. (2009) – Mineralogy and geothermometry of gabbro-derived listvenites in the Tisovita-Iuti Ophiolite, Southwestern Romania, The Canadian Mineralogist, Vol. 47, pp. 81-105, DOI: 10.3749/canmin.47.1.81.
- [104]. Poncos V., Teleaga D. (2010) – Interferometria radar (InSAR) și monitorizarea deformării terenului, Workshop Advanced Studies and Research Center (ASRC), București.
- [105]. Popa I., Epure L. M. (2010) – Dezastrele de lângă noi. Introducere în managementul dezastrelor, Editura Uffman.
- [106]. Prokešová R., Kardoš M., Medvedová A. (2010) – Landslide dynamics from high-resolution aerial photographs: A case study from the Western Carpathians, Slovakia, Geomorphology Journal, ISSN 0169-555X, Vol. 115, pp. 90-101.
- [107]. Răileanu P., Mușat V., Țibichi E. (2001) – Alunecări de teren. Studiu și combatere, ISBN 973-8174-08-2, Casa de Editură Venus, Iași.
- [108]. Remondino F. (2011) – Heritage Recording and 3D Modeling with Photogrammetry and 3D Scanning, Remote Sensing Journal, ISSN 2072-4292, vol. 3, pp. 1104-1138, Doi:10.3390/rs3061104, Multidisciplinary Digital Publishing Institute AG, Basel, Switzerland.
- [109]. Savu A. (2010) – Perfecționări ale lucrărilor topografice și geodezice în domeniul căilor de comunicații”, Teză de Doctorat, București.
- [110]. Sfiru R., Cârdei P., Muraru V., Herea V (2010) – Methods and techniques of drawing up risk maps for surface rain erosion phenomenon, INMATEH Agricultural Engineering, vol. 31, no.2, ISSN: 2068-2239, ISSN: 2068-4215, Edited by: INMA Bucharest.
- [111]. Stoian I., Olaru V., Baroiu N. (2011) – Making Landslides Risk Maps as Monitoring Systems of the Phenomenon Based on Precision Geodesic Measurements, FIG Working Week – Bridging the Gap between Cultures, Marrakech, Morocco.
- [112]. Stoian (Amza) C.B., Moscovici A.M., Stoian I. (2010) – Modern technologies for monitoring landslide, Research Journal of Agricultural Science, ISSN 2066-1843, Vol. 42 (3), pp. 862 - 869.
- [113]. Tarabai R. (2010) – Contribuții la realizarea sistemului informațional al domeniului imobiliar-edilitar, Teză de Doctorat, Universitatea Tehnică de Construcții, București.
- [114]. Stoian I., Nacu V. (2008) – Rețele de urmărire în timp a alunecărilor de teren, metode bazate pe determinări parametrice și geodezice, RevCAD, Alba Iulia, Romania, pp. 143-158.
- [115]. Sturza M., Baci A., Herban I.S. (2006) – General characteristics and possibilities of use for the DTM, REVCAD, No.6, ISSN 1583-2279, Alba Iulia, România.
- [116]. Sturza M., Novac Ghe., David V., Herban I.S., Baci A. (2008) – Complemente de măsurători terestre Vol. 2, Editura Politehnica, Timișoara,

- [117]. Sturza M., Grecea C., Novac Ghe., Bălă A., Herban I.S., David V. (2009) – *Complemente de măsurători terestre Vol.2 Ediție Revizuită*, Editura Politehnica, Timișoara.
- [118]. Sweden N., Nyberg R., Bax G., (1996) – *The use of DEMs and geologic maps for visualization of landslide sites, Torneträsk area, 4th International Symposium on High Mountain Remote Sensing Cartography, Karlstad – Kiruna – Tromsø.*
- [119]. Teodorescu E., Andrei L., Manafu A., Ciucă A., Butnariu C., Asociația ALMA-RO (2007) – *Managementul riscului de dezastru. Ghid de lucru pentru ONG-urile de mediu*, Editat de Asociația ALMA-RO în cadrul proiectului „Rețeaua ONG pentru prevenirea dezastrelor”.
- [120]. Tiron M. (1973) – *Teoria erorilor de măsurare și metoda celor mai mici pătrate*, Editura Tehnică, București.
- [121]. Toderas T (2003) – *Modelul digital al terenului, componenta de bază a hărții digitale în automatizarea conducerii trupelor*, Note de curs, Facultatea de Geografia Turismului, Sibiu.
- [122]. Vasiliniuc I., Ursu A. (2008) – *Studiul alunecărilor de teren ca factor de risc cu ajutorul SIG, Impactul riscurilor hidroclimatice și pedo-climatice asupra mediului în bazinul Bârladului*, Performantica, pp. 298-322.
- [123]. Velicanu M., Muntean M., Lungu I., Ionescu S. (2003) – *Sisteme de baze de date (teorie și practică)*, Editura Petron, București.
- [124]. Vlăceanu C.B. (2011) – *Lucrare de Disertație: Aplicarea tehnologiei Intergraph în studiul zonelor afectate de alunecări de teren în județul Mehedinți, Timișoara.*
- [125]. Vlăceanu C.B. (2011)– *Tendențe actuale privind monitorizarea alunecărilor de teren prin metode geodezice în scopul măririi siguranței în exploatare*, Referat doctorat, Timișoara.
- [126]. Vlăceanu C.B., Herban I.S., Marin M. (2011) – *The importance of landslide risk maps for the management of environmental issues*, B.E.N.A, ISBN 978-606-613-002-8, pp. 264 – 269.
- [127]. Vlăceanu C.B., Herban I.S., Mușat C.C. (2013) – *Modern geodetic methods for monitoring landslides – Case study “The approach road between Orșova municipality and Topleț plateau, Dranic peak, Mehedinți County”*, Scientific Bulletin of The Politehnica University of Timisoara, Transactions on Hydrotechnics, în curs de publicare.
- [128]. Vlăceanu C.B., Bălă A.C. (2013) – *Crearea modelului digital al terenului utilizând tehnologia de scanare laser terestră pentru alunecarea de teren – drum de acces între localitatea Orșova și platoul Topleț, culmea Dranic, județul Mehedinți*, Revista Română de Inginerie Civilă, în curs de publicare.
- [129]. Vlăceanu C.B., Herban I.S., Mușat C.C. (2011) – *The correlation between the surveying profession and sustainable development*, Research Journal of Agricultural Science, Agroprint Editorial, ISSN 2066-1843, vol. 43 (3), pp. 522-529.
- [130]. Vlăceanu C.B., Marin M. (2011) – *Utilizarea tehnologiei GIS pentru evaluarea condițiilor de riscuri*, Zilele Academice Timișene, Ediția a XII-a, Timișoara România, Infrastructuri Eficiente pentru transporturi terestre, Editura Solness, ISSN 2247-3807, ISSN-L = 2247-3807.
- [131]. Voiculescu M. (2009) – *Snow avalanche evaluation in the Doamnei glacial valley of the Fagaraș massif-Southern Carpathians, Romanian Carpathians*, Natural Hazards, 51:459–475.

- [132]. Wu Q., Xu H., Zou X. (2005) – An effective method for 3D geological modeling with multi-source data integration, *Computers & Geosciences*, no. 31, pp. 35–43, Elsevier.
- [133]. Yueping Yin I Wamo Zheng I Yuping Liu I Jialong Zhang I Xiaochun Li (2010) – Integration of GPS with InSAR for the monitoring of the Jiaju landslide in Sichuan, China, Springer-Verlag.
- [134]. Zăvoian D. (2011)- Realizarea modelului 3D și calcule volumetrice cu ajutorul programului Golden Software Surfer 8, *Lucrare de Disertație*, Timișoara.
- [135]. Zoran M. (2010) – Geospatial and geophysical information for earthquake hazard assessment in Vrancea area, Romania, EGU General Assembly, held 2-7 May, in Vienna, Austria, p.6808.
- [136]. Zouros N., Pavlides S., Soulakellis N., Chatzipetros A., Vasileiadou K., Valiakos I., Mpentana K. (2011) – Using Active Fault Studies for Raising Public Awareness and Sensitisation on Seismic Hazard: A Case Study from Lesvos Petrified Forest Geopark, NE Aegean Sea, Greece, *Geoheritage Journal*, DOI 10.1007/s12371-011-0044-y, ISSN: 1867-2485, Published by Springer-Verlag.
- [137]. *** Comisia Comunităților Europene (2009) – Comunicare a Comisiei către Consiliu și către Parlamentul European. Strategia UE de sprijinire a reducerii riscului de dezastre în țările în curs de dezvoltare.
- [138]. *** Grup multidisciplinar de experți (2010) – Teoria și practica scanării terestre cu ajutorul laserului, Versiunea 2, Traducere: Andrei Bauer”, Proiectul „Tehnicile de învățare pentru supraveghere tridimensională prezentată în cadrul proiectului de asumare a riscului (3DRiskMapping)”, desfășurat în perioada octombrie 2006 – septembrie 2008, co-finanțată de Flemish Agency din cadrul programului European Leonardo Da Vinci.
- [139]. *** Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007) – Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. In: M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden & C.E. Hanson, eds. Contribution group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- [140]. *** International Strategy for Disaster Reduction (ISDR) (2004) – United National Summit, Geneva.
- [141]. *** Măsurători terestre (2001) – Fundamente Vol. II, III, Editura MatrixRom, București.
- [142]. *** Organizația Națiunilor Unite (2012) – Raport mondial al riscurilor. Degradarea mediului și dezastre.
- [143]. *** Statistici alunecări de teren (2011) – Inspectoratul Situațiilor de Urgență, jud. Mehedinți.
- [144]. *** S.C. Transproiect 2001 S.A. (2013) – Ghid privind evaluarea riscului asociat alunecărilor de teren din zona drumului, Indicativ AND 594/2013, București.

Stasuri, normative, instrucțiuni, ghiduri și coduri

H.G. nr. 447 (2003)– Normele metodologice privind modul de elaborare și conținutul hărților de risc natural la alunecări de teren, *Monitorul Oficial al României*, nr. 305.

Ministerul Administrației și Internelor (2007) – Ordin nr. 132 din 29.01.2007 pentru aprobarea Metodologiei de elaborare a Planului de analiză și acoperire a riscurilor și a Structurii-cadru a Planului de analiză și acoperire a riscurilor.

Normativul GP 063-06 (2006) – Ghid privind proiectarea structurilor de pământ armat cu materiale sintetice și metalice.

- P100-1/2006. (2006) – Cod de proiectare seismică – Partea I – Prevederi de proiectare pentru clădiri.
- STAS 1709/1 – 90 (1990) – Acțiunea fenomenului de îngheț – dezgheț la lucrări de drumuri. Prevenirea și remedierea degradărilor din îngheț – dezgheț. Prescripții tehnice.
- STAS 1709/2 – 90 (1990)– Acțiunea fenomenului de îngheț – dezgheț la lucrări de drumuri. Prevenirea și remedierea degradărilor din îngheț – dezgheț. Prescripții tehnice.
- STAS 6054-77. (1977) – Teren de fundare. Adâncimi maxime de îngheț. Zonarea teritoriului României.
- SR EN ISO 14688-2 (2005) – Cercetări și încercări geotehnice. Identificarea și clasificarea pământurilor. Partea 2: Principii pentru o clasificare.
- STAS 1242/3-87. (1987) – Teren de fundare. Cercetări prin sonde deschise.
- STAS 1242/4-85. (1985) – Teren de fundare. Cercetări geotehnice prin foraje executate în pământ.
- STAS 1243-88. (1988) – Teren de fundare. Clasificarea și identificarea pământurilor.
- STAS 1709/2-90. (1990) – Acțiunea fenomenului de îngheț-dezgheț la lucrări de drumuri. Prevenirea și remedierea degradărilor din îngheț-dezgheț. Prescripții tehnice.
- STAS 1913/1-82. (1982) – Teren de fundare. Determinarea umidității.
- STAS 1913/2-76. (1976) – Teren de fundare. Determinarea densității scheletului pământului.
- STAS 1913/3-76. (1976) – Teren de fundare. Determinarea densității pământurilor.
- STAS 1913/5-85. (1985) – Teren de fundare. Determinarea granulozității.
- STAS 1913/6-76. (1976) – Teren de fundare. Determinarea permeabilității în laborator.
- STAS 1913/12-88. (1988) – Teren de fundare. Determinarea caracteristicilor fizice și mecanice ale pământurilor cu umflări și contracții mari.
- STAS 3950-81. (1981) – Geotehnica. Terminologie, simboluri și unități de măsură.
- STAS 6054-77. (1977) – Teren de fundare. Adâncimi maxime de îngheț. Zonarea teritoriului României.

Webografie

- www.atsi.com/services/geographic_information_system/gis_service
- dailymail.co.uk/news
- <http://economie.hotnews.ro/>
- www.emdat.be/database
- www.gandul.info/magazin/frumoasa-si-bestia-momentul-in-care-o-tornada-intalneste-un-curcubeu-9340312
- www.infp.ro
- www.intergraph.com
- www.jurnaluldevrancea.ro/magazin/4228-a-erupt-un-vulcan-in-guatemala.html
- www.leica.com
- http://www.leica-geosystems.us/en/News_56320.htm?id=2683
- www.ncdc.noaa.gov/sotc/fire/2012/13
- <http://www.recensamantromania.ro/oceanservice.noaa.gov>
- www.silvatech.ca/land-base-planning-services/mapping-gis-remote-sensing.html
- www.terre-armee.ro/ppes/Specificatii-tehnice-
- www.wikipedia.com/foto/ThomasSchiet



ANEXA 1 - FIȘA FORAJULUI F 1

S.C. CARA S.R.L.
BULEZARDUL NR. 2
3001193 TRAIȘOARA

Caracterizarea pământului din sursă conform SR EN ISO 14688-1 și SR EN ISO 14688-2	Adâncimea forată, grosimea stărilor		Probi adâncimea		Plaze de apă și umiditatea pământului		Granulozitate			Creșterea volumică		Indicele portor		Umiditatea naturală		Lămina suprafață		Lămina inferioară		Indice de plasticitate		Indice de consistență		Criteriul de îndesare		Model deontez		Unghi de frecare int.		Coerzența specifică		Rezistența la penetrare con		
	adâc.	grosimea	nr.	probi	adâc.	grosimea	20-70 mm	0,075-2 mm	0,075-0,075 mm	Argilă	Creșterea volumică	Indicele portor	Porozitatea	Umiditatea naturală	Lămina suprafață	Lămina inferioară	Indice de plasticitate	Indice de consistență	Criteriul de îndesare	Model deontez	Unghi de frecare int.	Coerzența specifică	Rezistența la penetrare con											
Sol sărat	-0,20	0,20																																
Argilă prafosă galbenă maronie, vârtosă	-0,90	0,70	1T	-0,70			10	88	22		1,12	82,8	38,4	71,8	32,5	39,3	0,95		6100				4,4											
Argilă nisipoasă gri galbenie cu pietriș mic, vârtosă			2T	-1,50			28	41	31		1,03	50,7	30,3	51,0	24,7	28,3	0,79		5790				7,6											
Argilă nisipoasă gri galbenie cu incluziuni feruginoase și pietriș mic, vârtosă	-2,00	1,10	3T	-2,50			32	38	30		0,99	49,8	29,6	52,5	28,4	24,4	0,59		5810				30,0											
Argilă prafosă nisipoasă gri galbenie cu incluziuni feruginoase și pietriș mic, vârtosă	3,10	1,10	4T	3,00			35	39	26		0,99	40,5	29,8	52,4	25,3	27,1	0,83		6202				10,4											
Argilă nisipoasă gri cenușie, tare în suprafață și vârtosă	-4,00	0,90	5T	-3,50			27	45	20		1,00	50,0	20,6	52,4	26,7	25,7	0,30		6102				9,4											
Argilă prafosă gri cenușie, tare			6T	-4,00			31	42	27		1,03	60,3	27,6	55,2	24,7	30,5	0,91		5718				7,6											
Argilă prafosă gri cenușie, vârtosă	-5,20	1,20	7T	-4,50			43	38	19		0,90	47,5	29,0	51,9	29,9	25,0	1,04		7252				17,4											
Argilă prafosă nisipoasă gri galbenie, tare	-6,50	0,20	8T	-5,00			45	32	23		0,85	45,3	24,5	45,0	22,4	21,2	0,88		5983				24,9											
Argilă prafosă gri verzui, tare	-6,40	0,90	9T	-6,00			22	52	26		0,79	44,3	20,5	53,7	29,7	25,0	0,97		6950				35,3											
Argilă prafosă nisipoasă gri verzui, tare	-6,80	0,40	10T	-6,50			29	45	26		0,79	44,3	20,6	55,0	30,5	20,4	1,29		6950				35,3											
Praf nisipos argilos gri albastrui, tare	-7,50	0,70	11T	-7,00			22	59	19				28,5	55,7	32,0	23,7	1,14																	
Argilă nisipoasă prafosă gri albastrui, tare	-8,20	0,70	12T	-8,00			38	50	12				14,3	38,6	28,5	12,1	2,01																	
Argilă nisipoasă prafosă gri albastrui, tare	-8,80	0,40	13T	-8,50			56	31	11				13,4	20,9	13,1	9,6	1,59																	

Încesmit

Vilceanu Clara - Beatrice

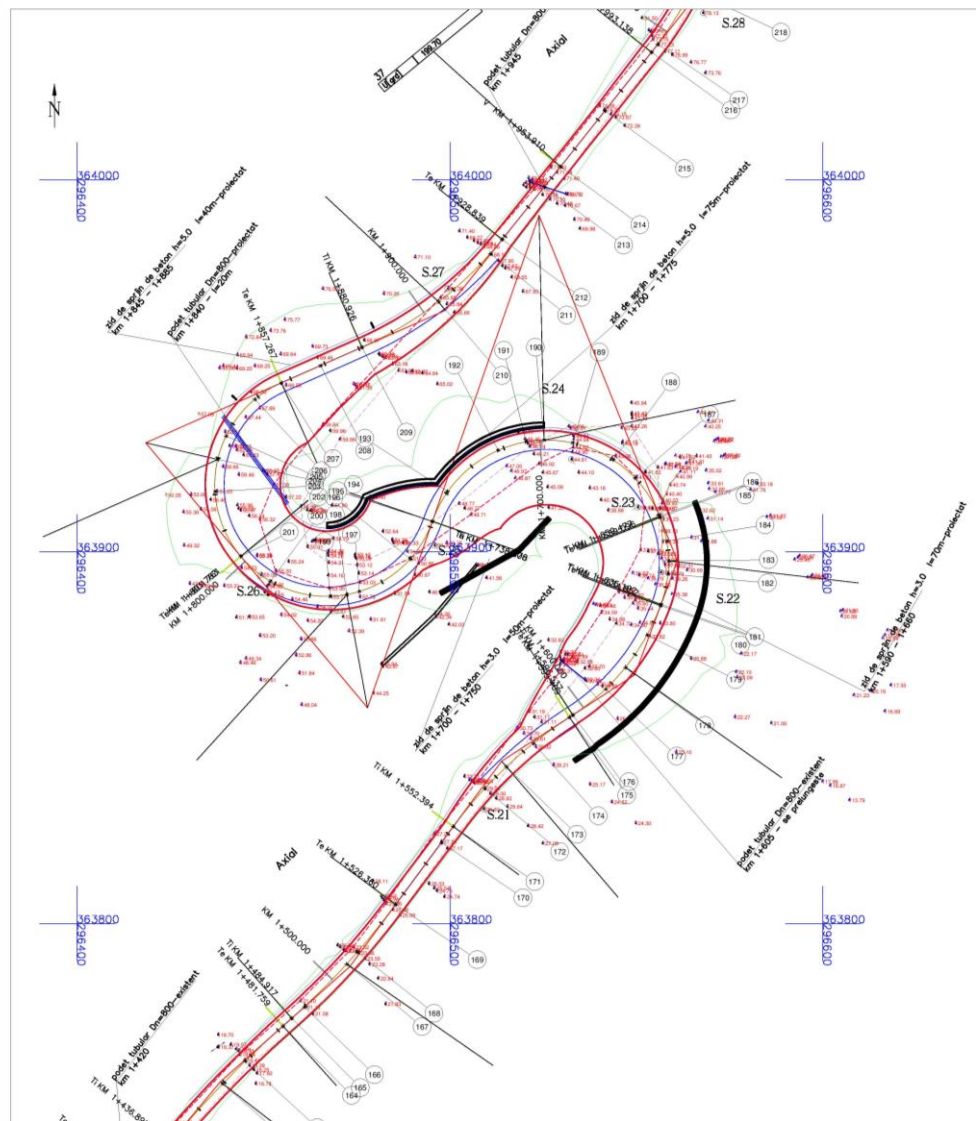
Verificat

Marin Marin

Page 1/1

FOR - 01

Plan de situatie cu ridicarea topografica initiala
 Scara 1:1000



UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN TIMISOARA PERSOANA JURIDICA AUTORIZATA ANCP Certificat aut.seria B nr.973/2009 DRD.ING. CLARA-BEATRICE VILCEANU		DOCUMENTATIE TEHNICA - MASURATORI GEODEZICE PENTRU PROIECT "IMPACTUL ALUNECARII DE TEREN IN PERIOADA 2010-2013 ASUPRA DRUMULUI TEHNOLOGIC DE ACCES CULMEA DRANIC-ORSOVA" Beneficiar: UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" TIMISOARA		Nr. planşa 01
Intocmit	Drd.Ing. Clara Vilceanu	Scara:	Plan de situatie cu ridicarea topografica initiala	
Masurat	Drd.Ing. Clara Vilceanu	1:1000		
Desenat:	Drd.Ing. Clara Vilceanu			
Verificat:	Dr.Ing. Marin Marin	Mai 2013		

Anexa 3 – Rezultate compensare drumuire 2012

Traverse Report

Project Information

Project name:	RT_Ilovita_TPS
Date created:	05/19/2012 12:12:34
Coordinate system name:	Stereo 1970
Application software:	LEICA Geo Office 8.2

Traverse Information

General:

Traverse Id:	Dr_Compensare Masuratori
Time:	05/19/2012 13:18:52
Traverse Start Point:	GPS4
Traverse End Point:	RGPS2
Number of Points:	5
Total Length:	213.1435 m

Accuracies:

1D Accuracy:	1 / 26960.8847	
2D Accuracy:	1 / 152228.0148	
Length of Error:	0.0014 m	
Direction of Error:	313.5010 gon	
Length Error:	0.0013 m	✓
Max. Length Error:	0.1504 m	
Cross Error:	-0.0006 m	✓
Max. Cross Error:	0.1532 m	
Max. Height Correction:	0.0020 m	✓
Max. Height Error:	0.0100 m	
Angular Misclosure:	0.0140 gon	✓
Max. Angular Error:	0.0729 gon	
Misclosure in Departure:	-0.0014 m	
Misclosure in Latitude:	0.0003 m	

Processing Parameters

Angle Balancing

Method: Equally

Traverse Adjustment

Method: Compass Rule

Height Balancing

Method: Equally

Calculated Scale

Scale: 1.00009683

Apply to survey observations:

No

Traverse Results

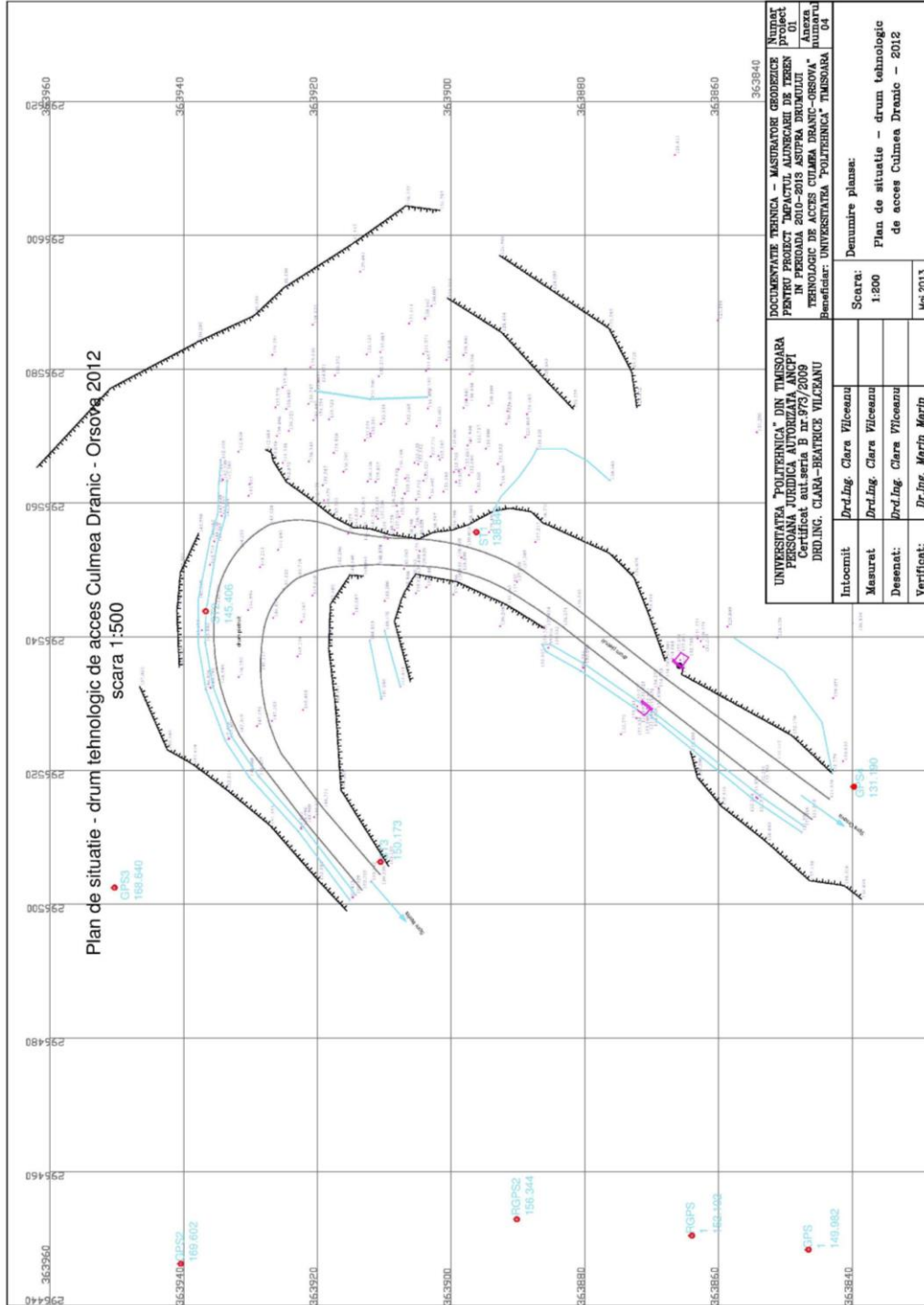
Station	Easting	Northing	Height	Orientation
GPS4	296517.5931 m	363839.7123 m	131.1902 m	0.0023 gon
ST1	296555.6426 m	363896.1986 m	138.8403 m	0.0054 gon
ST2	296543.8275 m	363936.6568 m	145.4058 m	0.0082 gon
ST3	296506.3540 m	363910.4718 m	150.1728 m	0.0103 gon
RGPS2	296452.9216 m	363890.1311 m	156.3458 m	0.0132 gon

Traverse Station Differences

Station	Delta Easting	Delta Northing	Delta Height
GPS4	-0.0279 m	-0.0017 m	0.0012 m
ST1	-0.0234 m	-0.0054 m	0.0069 m
ST2	-0.0186 m	-0.0026 m	0.0095 m
ST3	-0.0234 m	-0.0031 m	0.0119 m
RGPS2	-0.0259 m	-0.0148 m	0.0138 m

Observations

Setup Point Id	Backsight Point Id	Foresight Point Id	H _z	V	Slope Dist.	Horiz. Dist.
GPS4	GPS1	-	306.1881 gon	83.1082 gon	72.0640 m	69.5419 m
GPS4	-	ST1	37.7328 gon	92.7147 gon	68.5553 m	68.1068 m
ST1	GPS4	-	237.7328 gon	107.0971 gon	68.5307 m	68.1054 m
ST1	-	ST2	381.9034 gon	90.2723 gon	42.6437 m	42.1468 m
ST2	ST1	-	181.9034 gon	109.7000 gon	42.6437 m	42.1497 m
ST2	-	ST3	261.1626 gon	93.2623 gon	45.9722 m	45.7149 m
ST3	ST2	-	61.1626 gon	106.6205 gon	45.9650 m	45.7167 m
ST3	-	RGPS2	276.8303 gon	93.1621 gon	57.5063 m	57.1749 m
RGPS2	ST3	-	76.8303 gon	106.7903 gon	57.4986 m	57.1719 m
RGPS2	-	GPS2	391.6150 gon	83.6546 gon	52.3989 m	50.6812 m



UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN TIMISOARA PERSONA JURIDICA AUTORIZATA ANCFI CERTIFICATA SI SERIA B NR. 973/2009 DRD.ING. CLARA-BRATICEVIC VILCEANU		DOCUMENTATIE TEHNICA - MASTRULUI GEODESIC PENTRU PROIECTUL "TEHNICULUI DE ACCES LA IN PERIOADA 2010-2015 ASUPRA DRUMULUI TEHNOLOGIC DE ACCES CULMEA DRANIC-ORSOVA" Beneficiar: UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" TIMISOARA	
Intocmit	Drd. Ing. Clara Vilceanu	Scara:	1:500
Masurat	Drd. Ing. Clara Vilceanu	Denumire planse:	
Desenat:	Drd. Ing. Clara Vilceanu	Plan de situatie - drum tehnologic de acces Culmea Dranic - 2012	
Verificat:	Dr. Ing. Marin Marin	Mai. 2013	

Anexa 5 – Rezultate compensare drumuire 2013

Traverse Report

Project Information

Project name:	RT_Ilovita_TPS_GPS
Date created:	05/23/2013 14:22:13
Coordinate system name:	Stereo 1970
Application software:	LEICA Geo Office 8.2

Traverse Information

General:

Traverse Id:	Dr_Compensare Masuratori
Time:	05/23/2013 15:29:54
Traverse Start Point:	GPS4
Traverse End Point:	RGPS2
Number of Points:	5
Total Length:	213.1435 m

Accuracies:

1D Accuracy:	1 / 26960.8852	
2D Accuracy:	1 / 152228.0178	
Length of Error:	0.0094 m	
Direction of Error:	313.5015 gon	
Length Error:	0.0091 m	✓
Max. Length Error:	0.1522 m	
Cross Error:	-0.0010 m	✓
Max. Cross Error:	0.1517 m	
Max. Height Correction:	0.0021 m	✓
Max. Height Error:	0.0108 m	
Angular Misclosure:	0.0132 gon	✓
Max. Angular Error:	0.0787 gon	
Misclosure in Departure:	-0.0010 m	
Misclosure in Latitude:	0.0005 m	

Processing Parameters

Angle Balancing

Method: Equally

Traverse Adjustment

Method: Compass Rule

Height Balancing

Method: Equally

Calculated Scale

Scale: 1.00009695

Apply to survey observations:

No

Traverse Results

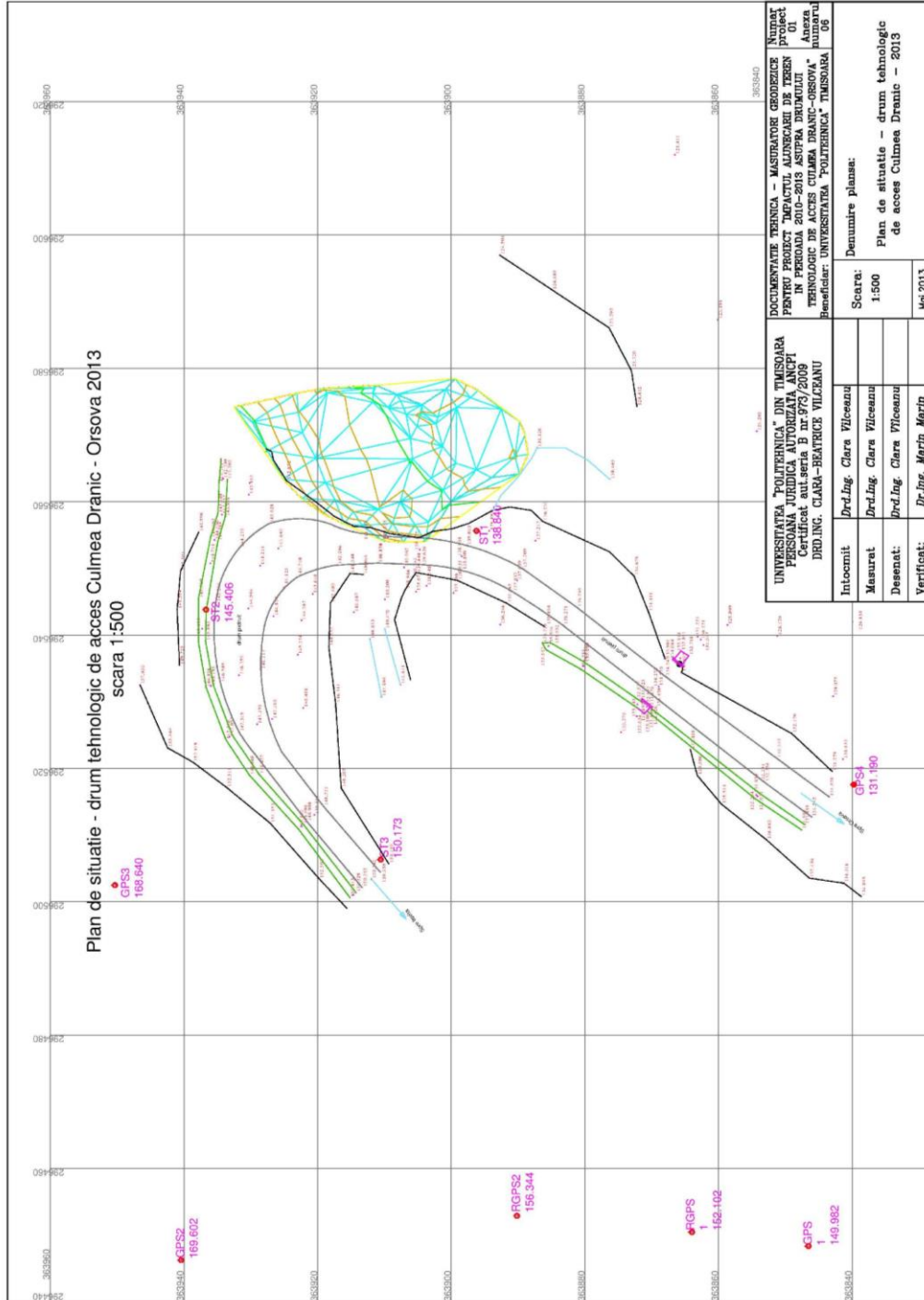
Station	Easting	Northing	Height	Orientation
GPS4	296517.5918 m	363839.7145 m	131.1866 m	0.0031 gon
ST1	296555.6444 m	363896.1986 m	138.8301 m	0.0042 gon
ST2	296543.8280 m	363936.6588 m	145.4014 m	0.0079 gon
ST3	296506.3520 m	363910.4729 m	150.1645 m	0.0092 gon
RGPS2	296452.9220 m	363890.1338 m	156.3374 m	0.0104 gon

Traverse Station Differences

Station	Delta Easting	Delta Northing	Delta Height
GPS4	-0.0013 m	0.0022 m	-0.0036 m
ST1	0.0018 m	0.0000 m	-0.0102 m
ST2	0.0005 m	0.0020 m	-0.0044 m
ST3	0.0020 m	0.0011 m	-0.0083 m
RGPS2	0.0004 m	0.0027 m	-0.0084 m

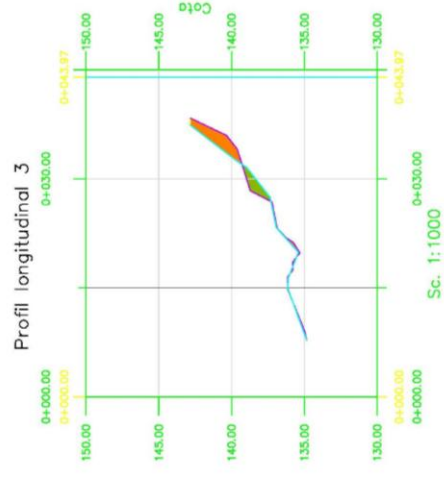
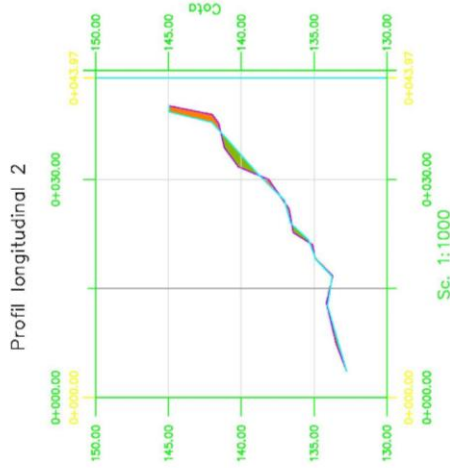
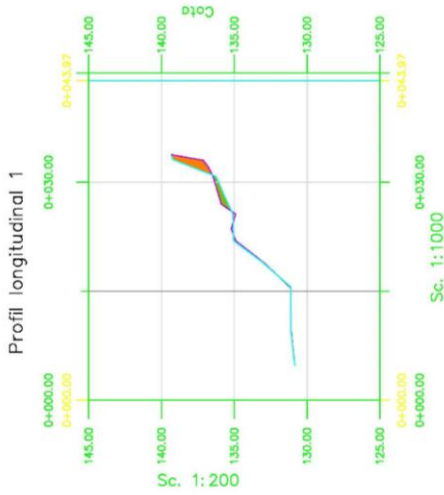
Observations

Setup Point Id	Backsight Point Id	Foresight Point Id	H _z	V	Slope Dist.	Horiz. Dist.
GPS4	GPS1	-	306.1865 gon	83.1099 gon	72.0697 m	69.5448 m
GPS4	-	ST1	37.7343 gon	92.7156 gon	68.5651 m	68.1101 m
ST1	GPS4	-	237.7343 gon	107.0967 gon	68.5278 m	68.1037 m
ST1	-	ST2	381.9051 gon	90.2738 gon	42.6500 m	42.1479 m
ST2	ST1	-	181.9051 gon	109.7004 gon	42.6521 m	42.1458 m
ST2	-	ST3	261.1611 gon	93.2607 gon	45.9819 m	45.7195 m
ST3	ST2	-	61.1611 gon	106.6214 gon	45.9586 m	45.7144 m
ST3	-	RGPS2	276.8319 gon	93.1633 gon	57.5171 m	57.1759 m
RGPS2	ST3	-	76.8319 gon	106.7903 gon	57.4978 m	57.1738 m
RGPS2	-	GPS2	391.6138 gon	83.6559 gon	52.3944 m	50.6854 m



UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN TIMISOARA PESUNTA JURIDICA A ORSOVA CATEDRA DE INGINERIE SI PROIECTARE DR.ING. CLARA-BEATECE VILCEANU		DOCUMENTATIE TEHNICA - MASURATOR GEODEZICE PENTRU PROIECTUL "IMPACTUL ALIUNGARII DE TEREN IN PERIOADA 2010-2013 ASUPRA DRUMULUI TEHNOLOGIC DE ACCES CULMEA DRANIC-ORSOVA" Beneficiar: UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" TIMISOARA - 06	
Intocmit	Dr.Ing. Clara Vilceanu	Scara:	Denumire planse:
Masurat	Dr.Ing. Clara Vilceanu	1:500	Plan de situatie - drum tehnologic de acces Culmea Dranic - 2013
Desenat:	Dr.Ing. Clara Vilceanu		
Verificat:	Dr.Ing. Merin Merin		

Profiluri Longitudinale prin suprafețe 3D rezultate din măsuratori cu Statia totala scara 1:500



Legenda

- Volum de sapatura între suprafețele 3D 2012-2013
- Volum de umplutura între suprafețele 3D 2012-2013

UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN TIMISOARA PERSONA JURIDICA AUTORIZATA SA ELABOREZE PROIECTE DE DR.ING. CLARA-BEATRICE VIUCEANU	DOCUMENTAȚIE TEHNICĂ – MĂSURĂTORI GEODEZICE PENTRU PROIECTUL DE ACȚIUNI DE REZERVĂ IN PERIOADA 2010-2015 ASUPRA DRUMULUI TEHNOLOGIC DE ACCES CULMBA DRANIC-ORSOVA Beneficiar: UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" TIMISOARA	Numar proiect 01 Anexa nr.7
Intocmit Dr. Ing. Clara Viuceanu	Denumire planșă:	
Masurat Dr. Ing. Clara Viuceanu	Scara: 1:500	Profiluri Longitudinale prin suprafețe 3D rezultate din măsuratori cu statia totala
Desenat: Dr. Ing. Clara Viuceanu		
Verificat: Dr. Ing. Martin Martin		Mai.2013

Anexa 8 – Coordonatele punctelor Tranșa 2 -2012

GPS1	296448.3	363846.5	149.9635
GPS1	296448.4	363846.5	149.9541
GPS1@RGPS2	296448.4	363846.5	149.9588
GPS2	296446.3	363940.4	169.6022
GPS3	296505.3	363958.4	168.6404
GPS4	296517.6	363839.7	131.1902
GPS4	296517.6	363839.7	131.1885
GPS4@1	296510.8	363847.6	131.5063
GPS4@2	296511.6	363847.1	131.4554
GPS4@3	296512.7	363846.1	131.5459
GPS4@4	296515.8	363843.4	131.520
GPS4@5	296521.4	363841.4	130.6339
GPS4@6	296525.2	363849	132.1761
GPS4@7	296521.6	363851.3	132.3475
GPS4@8	296517.9	363853.1	132.3548
GPS4@9	296516.3	363853.9	132.2918
GPS4@10	296515.5	363854.5	132.2942
GPS4@11	296515.8	363854.2	131.9710
GPS4@12	296529.2	363869.9	134.4307
GPS4@13	296529	363870	134.4260
GPS4@14	296530.5	363871.4	134.4944
GPS4@15	296530	363871.5	133.9239
GPS4@16	296529.1	363870.3	133.8789
GPS4@17	296528.3	363871	133.8802
GPS4@18	296529.2	363870.7	132.6578
GPS4@19	296529.1	363872.2	133.8816
GPS4@20	296527.8	363872.3	133.6347
GPS4@21	296525.4	363874.6	133.7708
GPS4@22	296529.6	363872.1	133.5776
GPS4@23	296538.9	363885.2	135.9330
GPS4@24	296537.8	363885.8	135.8674
GPS4@25	296538.3	363885.4	135.5344
GPS4@26	296535.4	363880.2	134.8221
GPS4@27	296534.9	363880.6	135.2337
GPS4@28	296535.9	363880	135.2004

GPS4@29	296531	363869.9	134.2726
GPS4@30	296532.3	363869	134.2704
GPS4@31	296533.8	363868	134.2477
GPS4@32	296536.5	363866.8	134.0844
GPS4@33	296535.4	363865.2	133.9761
GPS4@34	296535.2	363865.3	134.0177
GPS4@35	296535.6	363865.4	132.7514
GPS4@36	296536.9	363864.5	132.7182
GPS4@37	296536.5	363865.7	132.1573
GPS4@38	296537.6	363865.6	132.8911
GPS4@39	296536.5	363866.6	132.9141
GPS4@40	296534.4	363865.5	133.6074
GPS4@41	296536.4	363868	133.9019
GPS4@42	296539.8	363863.1	131.2218
GPS4@43	296539.3	363862.6	130.2217
GPS4@44	296538.5	363862.2	131.0478
GPS4@45	296541.5	363858.7	129.0094
GPS4@46	296539.9	363851.2	128.1708
GPS4@47	296542	363840	126.8349
GPS4@48	296530.8	363842.9	129.0760
GPS4@49	296519.6	363843	131.2792
GPS4@50	296541.5	363883.3	136.2711
GPS4@51	296544.2	363881.2	136.2964
GPS4@52	296543.5	363870.5	134.4115
GPS4@53	296548.9	363872.6	134.6797
GPS4@54	296503.6	363846.4	137.4363
GPS4@55	296509.3	363852.8	136.8837
GPS4@56	296514.6	363859.5	135.5144
GPS4@57	296519	363863.2	133.5060
GPS4@58	296502.8	363841.2	134.3190
GPS4@59	296500.8	363838.6	134.8951
RGPS1	296450.5	363863.9	152.1025
RGPS2	296452.9	363890.1	156.3458
RGPS2	296452.9	363890.1	156.3438
RN1	296535.7	363865.8	134.0372
ST1	296555.6	363896.2	138.8403
ST1	296555.6	363896.2	138.8347

ST1	296555.6	363896.2	138.8416
ST1@1	296516	363854.3	131.9735
ST2	296543.8	363936.7	145.4059
ST2	296543.8	363936.7	145.4032
ST2	296543.8	363936.7	145.4075
ST2@2	296522.8	363864.2	132.8583
ST2@3	296528.6	363870.6	133.8937
ST2@4	296528.6	363870.6	133.8988
ST2@5	296538.8	363886.4	135.7334
ST2@6	296541.6	363892.7	136.2463
ST2@8	296541.3	363886.1	136.4648
ST2@9	296544.8	363891.7	137.4627
ST2@10	296546.5	363890.8	137.5371
ST2@11	296548.2	363890.1	137.6590
ST2@12	296550	363889.4	137.7092
ST2@13	296554.2	363887.4	137.2173
ST2@14	296557.1	363886.3	136.7308
ST2@15	296558.8	363893.7	137.9398
ST2@16	296555.6	363894.3	138.4978
ST2@17	296553.5	363897.7	139.0031
ST2@18	296551.8	363898.5	138.9589
ST2@19	296549.8	363898.7	138.8098
ST2@20	296548.2	363899.1	138.5356
ST2@21	296546.3	363899.7	137.2666
ST2@22	296556.8	363897.4	138.8691
ST2@23	296556	363899.8	139.3985
ST2@24	296555.6	363902.7	139.7880
ST2@25	296554.6	363904.8	140.0292
ST2@26	296554.6	363904.8	140.0285
ST2@27	296552.8	363904.7	139.8723
ST2@28	296550.6	363904.8	139.6385
ST2@29	296548.7	363905.8	139.7434
ST2@30	296546.5	363905.3	138.6719
ST2@31	296550.2	363907.1	140.0629
ST2@32	296540.9	363909.9	140.4701
ST2@33	296532.6	363907.6	141.6111
ST2@34	296530.7	363910.4	141.9962

ST2@35	296539.4	363912.2	140.8537
ST2@36	296545.4	363909.9	140.2002
ST2@37	296550.8	363911	140.8391
ST2@38	296550.8	363911	140.8383
ST2@39	296554.7	363906.3	140.1989
ST2@40	296555.3	363909.2	140.7384
ST2@41	296554.6	363909.5	140.6584
ST2@42	296556.2	363912.1	141.2165
ST2@43	296555.2	363912.3	141.3075
ST2@44	296556.3	363914.6	141.6335
ST2@45	296555.4	363915.4	141.7778
ST2@46	296557.8	363917.5	142.2107
ST2@47	296560.1	363920.4	142.4793
ST2@48	296563.2	363924.7	142.8721
ST2@49	296566.3	363926.6	143.0590
ST2@50	296567.5	363926.9	142.6928
ST2@51	296568	363927.7	142.6847
ST2@52	296567.7	363931.8	142.9394
ST2@53	296562.8	363930.1	143.2245
ST2@54	296556.7	363927.2	143.6281
ST2@55	296553	363925.9	143.6925
ST2@56	296548.7	363923	143.7107
ST2@57	296546.2	363920.7	143.6488
ST2@58	296544.8	363918.1	142.6801
ST2@59	296549.3	363915.1	141.5405
ST2@60	296550.5	363917.1	142.2968
ST2@61	296549.1	363913.2	140.9465
ST2@62	296543.4	363914.6	140.6873
ST2@63	296546.9	363906.9	139.9663
ST2@64	296549.4	363905.3	139.4405
ST2@65	296547.4	363903.7	138.1487
ST2@66	296558	363911.2	138.0154
ST2@67	296562.6	363919.2	138.5871
ST2@68	296566.2	363921.3	138.3480
ST2@69	296570.8	363924.3	138.3233
ST2@70	296566	363925.2	141.3481
ST2@71	296560.4	363919	140.4795

ST2@72	296558	363913.5	139.3456
ST2@73	296557.6	363911	137.7561
ST2@74	296559.6	363908.2	136.2245
ST2@75	296562.3	363908.5	135.6981
ST2@76	296561.4	363906.9	135.5296
ST2@77	296560.5	363905.2	135.3927
ST2@78	296557.9	363907.7	136.5646
ST2@79	296563.2	363912.5	136.1367
ST2@80	296567.5	363917.5	135.8304
ST2@81	296573	363920.1	134.2845
ST2@82	296569.4	363912.9	133.6217
ST2@83	296571.8	363910.5	132.5443
ST2@84	296565	363907.9	134.1809
ST2@85	296566	363905.5	133.4396
ST2@86	296564.2	363903.9	133.2260
ST2@87	296563.3	363904.1	133.5295
ST2@88	296560.8	363903.2	134.4024
ST2@89	296563.1	363899.3	133.0810
ST2@90	296561.7	363901.1	133.3858
ST2@91	296564.2	363897.3	132.6665
ST2@92	296565.2	363898	132.6813
ST2@93	296564.6	363899.6	132.7689
ST2@94	296567	363903.1	132.7316
ST2@95	296567	363901.9	132.4582
ST2@96	296568.1	363899.8	132.0269
ST2@97	296564.8	363898.9	132.8126
ST2@98	296574.2	363898.1	130.8405
ST2@99	296568.6	363897.5	131.9403
ST2@100	296569.3	363897	131.7172
ST2@101	296587.3	363860.1	123.1983
ST2@102	296612	363866.5	121.4118
ST2@103	296570.6	363854.3	124.2055
ST2@104	296574.3	363872.2	124.4125
ST2@105	296579.7	363873	123.7208
ST2@106	296586.1	363876.4	123.7920
ST2@107	296591.8	363884.9	124.6031
ST2@108	296597	363892.7	124.9015

ST2@109	296590.6	363900.5	128.0653
ST2@110	296587.6	363903.9	130.1673
ST2@111	296582.3	363904.1	131.9713
ST2@112	296582.5	363910.6	132.0840
ST2@113	296579	363917.3	133.3725
ST2@114	296576.7	363920.2	133.6817
ST2@115	296575.5	363912.1	131.5005
ST2@116	296575.8	363903.6	130.3805
ST2@117	296579.3	363897.2	129.7568
ST2@118	296573.7	363891.6	129.0081
ST2@119	296578.7	363886.1	128.6431
ST2@120	296585.5	363892.4	128.4945
ST2@121	296574	363881.7	126.2258
ST2@122	296573.3	363888.6	128.0833
ST2@123	296568.1	363887.1	131.1269
ST2@124	296563.4	363876.3	130.4637
ST2@125	296569.8	363888.9	129.4691
ST2@126	296565.8	363893	131.6520
ST2@127	296561.7	363896.3	133.1650
ST2@128	296566.4	363901.7	132.2925
ST2@129	296571.8	363906.7	132.1652
ST2@130	296570	363912.1	133.2146
ST2@131	296572.5	363918.2	133.7208
ST2@132	296584.1	363937.9	150.2075
ST2@133	296588	363929.4	146.9934
ST2@134	296592.2	363925.1	146.3309
ST2@135	296598.8	363914.7	142.1473
ST2@136	296604.4	363906.8	138.3372
ST2@137	296603.8	363901.7	134.7951
ST2@138	296574.1	363903.5	131.5788
ST2@139	296571.5	363902.2	131.6020
ST2@140	296575.4	363897.7	130.4609
ST2@141	296574.5	363894.4	130.1000
ST2@142	296571.8	363891.8	130.4326;
ST2@143	296568.1	363894.8	131.8000
ST2@144	296556.4	363905.4	136.7984
ST2@145	296555.9	363908.5	137.3050

ST2@146	296582.1	363926.7	139.2511;;;
ST2@147	296574	363924.6	136.8038;;;
ST2@148	296570	363926.1	139.8966;;;
ST2@149	296572.3	363920.6	134.6073;;;
ST2@150	296570.4	363912.1	133.2010;;;
ST2@151	296563.7	363906.9	134.3679;;;
ST2@152	296582.2	363912.6	133.4279;;;
ST2@153	296586.8	363906.3	131.6119;;;
ST2@154	296589.4	363902.9	130.0072;;;
ST2@155	296578.9	363910.8	132.2755;;;
ST2@156	296563.2	363911.3	135.8033;;;
ST2@157	296564.7	363916.1	136.2927;;;
ST2@158	296577.2	363925.2	137.9103;;;
ST2@159	296580.3	363921	135.6860;;;
ST2@160	296578.2	363919.9	134.8318;;;
ST2@161	296586.6	363920.7	139.1228;;;
ST2@162	296594.6	363913.6	139.4612;;;
ST2@163	296562.7	363892.5	135.2960;;;
ST2@164	296579.8	363903.7	131.6538;;;
ST2@165	296581.4	363900.7	130.6167;;;
ST2@166	296582.1	363898.1	129.9041;;;
ST2@167	296574.3	363926.3	137.7795;;;
ST2@168	296574.8	363921.3	135.7479;;;
ST2@169	296565.8	363905	133.3424;;;
ST3	296506.4	363910.5	150.1748;;;
ST3	296506.4	363910.5	150.1728;;;
ST3	296506.4	363910.5	150.1704;;;
ST21@1	296505.7	363909.3	150.1691;;;
ST21@2	296504.5	363910.6	150.3591;;;
ST21@3	296503.4	363911.9	150.3428;;;
ST21@4	296502.1	363913.3	150.3656;;;
ST21@5	296501.4	363914.2	150.3290;;;
ST21@6	296500.6	363915.2	150.4134;;;
ST21@7	296501	363914.7	150.0147;;;
ST21@8	296510.9	363922.8	149.1108;;;
ST21@9	296511.6	363922.1	148.9390;;;
ST21@10	296511.4	363922.4	148.6963;;;

ST21@11	296512	363921.6	148.9002
ST21@12	296513	363920.5	148.8311
ST21@13	296514.3	363919.1	148.7719
ST21@14	296517.1	363916.5	148.2054
ST21@15	296529.8	363917.3	146.3116
ST21@16	296529.1	363922.1	146.4886
ST21@17	296527.4	363926.8	147.1057
ST21@18	296526.6	363929	147.1982
ST21@19	296525.5	363931.7	147.3200
ST21@20	296525.1	363932.8	147.2853
ST21@21	296524.3	363933.7	147.4389
ST21@22	296524.7	363933.2	147.0772
ST21@23	296519.1	363928.8	148.0274
ST21@24	296519	363930.2	148.0682
ST21@25	296532.1	363936.7	146.8570
ST21@26	296532.5	363935.6	146.5443
ST21@27	296532.4	363936	146.1952
ST21@28	296532.9	363934.5	146.5060
ST21@29	296534	363931.8	146.3509
ST21@30	296534.9	363928.5	146.1171
ST21@31	296537	363923	145.2346
ST21@32	296538.3	363918.3	144.5521
ST21@33	296542.2	363922.4	144.2675
ST21@34	296542.8	363926.6	144.8906
ST21@35	296544	363930.4	144.9945
ST21@36	296544.9	363935.2	145.2343
ST21@37	296539.1	363936.8	145.8639
ST21@38	296541	363937.3	145.4255
ST21@39	296545.5	363937.8	145.3005
ST21@40	296550.8	363936.1	144.7142
ST21@41	296554.6	363936	144.4624
ST21@42	296554.1	363934.9	144.3682
ST21@43	296554.3	363935.4	144.0368
ST21@44	296553.1	363931.7	144.2592
ST21@45	296547.1	363925	144.1252
ST21@46	296550.4	363928.6	144.2148
ST21@47	296557.8	363933.8	143.8787

ST21@48	296558.3	363934.9	143.9409
ST21@49	296558	363934.3	143.5575
ST21@50	296562.8	363934.8	143.3848
ST21@51	296563.3	363933.5	143.2906
ST21@52	296563.5	363934.1	142.8000
ST21@53	296566.4	363934.5	142.4064
ST21@54	296569.5	363932.2	140.8513
ST21@55	296543.8	363941	148.5641
ST21@56	296549.6	363940.5	147.7013
ST21@57	296555.4	363937.8	145.9967
ST21@58	296535.5	363940.7	149.7256
ST21@59	296532.5	363946.6	157.0308
ST21@60	296523.1	363942.5	155.4649
ST21@61	296520.9	363938.6	153.8195
ST21@62	296517.2	363933.6	152.5113
ST21@63	296511.8	363927.1	151.3531
ST21@64	296503.5	363919.8	152.5029
ST21@65	296561.1	363930.3	143.4625

Anexa 9 – Coordonatele punctelor Tranșa 3 -2013

1	296574.8	363933.5	143.982
2	296574.8	363933.4	143.965
3	296560.6	363908.7	136.02
4	296572.6	363930.7	143.556
5	296568.3	363928.4	143.213
6	296564	363926.1	142.755
7	296561.1	363923.3	142.068
8	296558.8	363920.1	141.415
9	296557.3	363917	140.868
10	296557	363914.3	140.533
11	296554.7	363911.2	140.028
12	296554.6	363908.1	139.383
13	296554.6	363904.8	138.662
14	296560.7	363908.6	136.017
15	296577	363919.5	136.236
16	296557.6	363904.4	134.02
17	296557.1	363906.4	134.793
18	296557.4	363909.7	134.962
19	296559.5	363911.9	135.305
20	296559.1	363915.6	137.252
21	296560.9	363918.3	137.493
22	296563.5	363919.8	137.563
23	296567.1	363921.2	137.588
24	296571	363923.2	137.511
25	296574	363923.9	137.255
26	296576.9	363924	136.511
27	296577.6	363920.3	134.628
28	296575.6	363912.7	133.597
29	296574.8	363910.4	132.675
30	296573.7	363907.7	131.938
31	296571.9	363906.1	132.675
32	296570.1	363907	132.531
33	296567.1	363906.8	133.025
34	296564.1	363904	132.801
35	296562.3	363902.2	133.118

36	296560.6	363900.9	132.658
37	296576.2	363898.1	130.713
38	296574.8	363900.2	130.786
39	296573.3	363903	130.781
40	296573.9	363905.3	131.041
41	296575.8	363908.5	131.468
42	296577.7	363912.5	132.382
43	296578.1	363912.2	132.8
44	296576.7	363909.1	132.257
45	296575.1	363905.3	132.057
46	296577.5	363901.8	132.309
47	296579.1	363900.4	132.019
48	296576.9	363912.7	132.113
49	296574.6	363908.1	131.413
50	296573.6	363905.7	130.911
51	296572.4	363903.3	130.718
52	296569	363902.3	130.462
53	296566.4	363900.3	130.263
54	296565.4	363897.2	129.912
55	296564.2	363894.9	129.339
56	296577.3	363896.9	130.386
57	296574.5	363893.5	129.854
58	296572.7	363890.7	129.716
59	296570.6	363889.9	129.564
60	296567.7	363889.5	129.462
61	296564.8	363890.8	129.393
62	296567.4	363891.4	131.46

Anexa 10 – Grid report 2012

----- Gridding Report -----

Tue Jul 02 22:14:39 2013

Elapsed time for gridding: 2.68 seconds

Data Source

Source Data File Name: C:\Users\Beatrice\Desktop\Beatrice\Orsova
Final\Transa_2_2012.csv
X Column: B
Y Column: C
Z Column: D

Data Counts

Active Data: 312

Original Data: 312
Excluded Data: 0
Deleted Duplicates: 0
Retained Duplicates: 0
Artificial Data: 0
Superseded Data: 0

Exclusion Filtering

Exclusion Filter String: Not In Use

Duplicate Filtering

Duplicate Points to Keep: First
X Duplicate Tolerance: 1.9E-005
Y Duplicate Tolerance: 1.4E-005

No duplicate data were found.

Breakline Filtering

Breakline Filtering: Not In Use

Data Counts

Active Data: 312

Univariate Statistics

X Y Z

Count:	312	312	312
1%%-tile:	296448.3865	363839.96	123.792
5%%-tile:	296503.5602	363847.5566	129.0081
10%%-tile:	296513.0234	363863.108	130.8405
25%%-tile:	296531.0191	363885.4456	132.9141
50%%-tile:	296550.1594	363905.483	137.305
75%%-tile:	296565.9883	363921.0102	143.6281
90%%-tile:	296577.2422	363933.6048	148.5641
95%%-tile:	296585.4829	363936.655	150.2075
99%%-tile:	296596.9879	363940.6707	156.3438
Minimum:	296446.276	363838.6438	121.4118
Maximum:	296612.0294	363958.4201	169.6022
Mean:	296547.179816363901.209668138.472051603		
Median:	296550.2822	363905.63095	137.37065
Geometric Mean:	296547.178564363901.208702138.282267185		
Harmonic Mean:	296547.177312363901.207735138.096048458		
Root Mean Square:	296547.181068363901.210635138.665545389		
Trim Mean (10%%):	296548.255398363902.072559138.224162989		
Interquartile Mean:	296549.61215	363905.20389	137.51531465
Midrange:	296529.1527	363898.53195	145.507
Winsorized Mean:	296548.073528363902.160721138.389833013		
TriMean:	296549.33155	363904.35545	137.78805
Variance:	745.004085475705.66967687	53.7968286855	
Standard Deviation:	27.294762967926.56444384647.33463214384		
Interquartile Range:	34.969200000135.5646	10.714	
Range:	165.7534	119.7763	48.1904
Mean Difference:	29.691662340329.92562863598.13900981326		
Median Abs. Deviation:	16.9526	17.0981	5.02945
Average Abs. Deviation:	20.869755448721.09757532055.89250608974		
Quartile Dispersion:	5.89603379611e-005	4.88654637735e-005	
	0.0387427307659		
Relative Mean Diff.:	0.000100124581723	8.22355843862e-005	
	0.0587772746851		
Standard Error:	1.545261663051.503915484610.415241776518		
Coef. of Variation:	9.2041890214e-005	7.29990534262e-005	
	0.0529683214696		
Skewness:	-0.913299477709	-0.56595336543	
	0.685146175083		
Kurtosis:	4.926346030282.476768473293.94234596704		
Sum:	92522720.1027113537177.41743203.2801		
Sum Absolute:	92522720.1027113537177.41743203.2801		
Sum Squares:	2.74373519471e+013	4.13163164236e+013	
	5999177.64513		
Mean Square:	87940230599.6132424091101 19228.133478		

Inter-Variable Covariance

	X	Y	Z
X:	745.00409	197.0155	-104.11742
Y:	197.0155	705.66968	120.96405
Z:	-104.11742	120.96405	53.796829

Inter-Variable Correlation

	X	Y	Z
X:	1.000	0.272	-0.520
Y:	0.272	1.000	0.621
Z:	-0.520	0.621	1.000

Inter-Variable Rank Correlation

	X	Y	Z
X:	1.000	0.176	-0.415
Y:	0.176	1.000	0.702
Z:	-0.415	0.702	1.000

Principal Component Analysis

	PC1	PC2	PC3
X:	-0.644275517105	-0.644275517105	0.192976402531
Y:	0.706799501646	0.706799501646	-0.219381166873
Z:	0.292136136984	0.292136136984	-0.219381166873

Lambda: 923.351290957576.0794735835.03982649035

Planar Regression: $Z = AX + BY + C$

Fitted Parameters

	A	B	C
Parameter Value:	-0.199839730728	0.227210512339	-
	23281.7996753		

Standard Error: 0.00508163845493 0.00522134466348
2079.68119229

Inter-Parameter Correlations

	A	B	C
A:	1.000	-0.272	-0.476
B:	-0.272	1.000	-0.717
C:	-0.476	-0.717	1.000

ANOVA Table

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F
Regression:	2	15018.53232927509	266164581355.12962745	
Residual:	309	1712.281392025.54136372822		
Total:	311	16730.8137212		

Coefficient of Multiple Determination (R^2): 0.897657016535

Nearest Neighbor Statistics

	Separation	Delta Z
1%%-tile:	0.00100000000093	0.000799999999998
5%%-tile:	0.00708801808327	0.00220000000002
10%%-tile:	0.339859515084	0.0094
25%%-tile:	0.674417533862	0.1219
50%%-tile:	1.802471872180.3491	
75%%-tile:	3.124461745650.9687	
90%%-tile:	5.086761831431.9419	
95%%-tile:	6.374549901023.1001	
99%%-tile:	17.60484640575.3774	
Minimum:	0.000943398108655	0.000699999999995
Maximum:	50.681193161913.2564	
Mean:	2.619221684080.800612820513	
Median:	1.8151101342 0.3491	
Geometric Mean:	1.1652373179 0.243973459259	
Harmonic Mean:	0.0309486741411 0.0177008947099	
Root Mean Square:	4.819630388271.61866401882	
Trim Mean (10%%):	2.060428392980.592584697509	
Interquartile Mean:	1.803475558360.397078343949	
Midrange:	25.34106828 6.62855	
Winsorized Mean:	2.115431939880.609599358974	

TriMean:	1.850955755970.4472
Variance:	16.42114672971.98545595836
Standard Deviation:	4.052301411511.40906208464
Interquartile Range:	2.450044211790.8468
Range:	50.680249763813.2557
Mean Difference:	2.794090423491.03923865529
Median Abs. Deviation:	1.157783040850.2982
Average Abs. Deviation:	1.796149507220.661313461538
Quartile Dispersion:	0.644938686260.776453328443
Relative Mean Diff.:	1.066763626951.29805397648
Standard Error:	0.229416391184 0.0797724319058
Coef. of Variation:	1.547139532381.75997941643
Skewness:	6.925959115095.2755723742
Kurtosis:	70.964359362841.734322914
Sum:	817.197165432249.7912
Sum Absolute:	817.197165432249.7912
Sum Squares:	7247.39716881817.46284022
Mean Square:	23.22883707952.62007320583

Complete Spatial Randomness

Lambda:	0.0157152485893
Clark and Evans:	0.656693746741
Skellam:	715.621179715

Gridding Rules

Gridding Method:	Kriging
Kriging Type:	Point

Polynomial Drift Order:	0
Kriging std. deviation grid:	no

Semi-Variogram Model

Component Type:	Linear
Anisotropy Angle:	0
Anisotropy Ratio:	1
Variogram Slope:	1

Search Parameters

Search Ellipse Radius #1:	102
Search Ellipse Radius #2:	102
Search Ellipse Angle:	0

Number of Search Sectors:	4
Maximum Data Per Sector:	16
Maximum Empty Sectors:	3

Minimum Data: 8
 Maximum Data: 64

Output Grid

Grid File Name: C:\Users\Beatrice\Desktop\Beatrice\Orsova
 Final\Transa_2_2012.grd
 Grid Size: 100 rows x 56 columns
 Total Nodes: 5600
 Filled Nodes: 5600
 Blanked Nodes: 0
 Blank Value: 1.70141E+038

Grid Geometry

X Minimum: 296550
 X Maximum: 296583
 X Spacing: 0.6
 Y Minimum: 363885
 Y Maximum: 363937
 Y Spacing: 0.52525252525253

Univariate Grid Statistics

----- Z -----	
Count:	5600
1%%-tile:	127.964902586
5%%-tile:	128.997366244
10%%-tile:	130.449556521
25%%-tile:	132.38983723
50%%-tile:	136.845897311
75%%-tile:	141.493806748
90%%-tile:	143.607005893
95%%-tile:	144.112155853
99%%-tile:	145.441667129
Minimum:	126.904313706
Maximum:	148.975401595
Mean:	136.868776476
Median:	136.846291223
Geometric Mean:	136.77697647
Harmonic Mean:	136.685204015
Root Mean Square:	136.960529926
Trim Mean (10%%):	136.890164763
Interquartile Mean:	136.732493084

312 Anexe

Midrange:	137.93985765
Winsorized Mean:	136.931081261
TriMean:	136.89385965
Variance:	25.1292709262
Standard Deviation:	5.01291042471
Interquartile Range:	9.10396951829
Range:	22.0710878897
Mean Difference:	5.77432674718
Median Abs. Deviation:	4.55022666881
Average Abs. Deviation:	4.36130294405
Quartile Dispersion:	0.0332402818441
Relative Mean Diff.:	0.0421887803475
Standard Error:	0.0669878332852
Coef. of Variation:	0.0366256684233
Skewness:	0.0284849918109
Kurtosis:	1.7919253741
Sum:	766465.148265
Sum Absolute:	766465.148265
Sum Squares:	105045845.842
Mean Square:	18758.1867576

Anexa 11 – Grid report 2013

Gridding Report

Tue Jul 02 22:16:04 2013

Elapsed time for gridding: 0.01 seconds

Data Source

Source Data File Name: C:\Users\Beatrice\Desktop\Beatrice\Orsova
Final\Transa_3_2013.csv
X Column: B
Y Column: C
Z Column: D

Data Counts

Active Data: 62

Original Data: 62
Excluded Data: 0
Deleted Duplicates: 0
Retained Duplicates: 0
Artificial Data: 0
Superseded Data: 0

Exclusion Filtering

Exclusion Filter String: Not In Use

Duplicate Filtering

Duplicate Points to Keep: First
X Duplicate Tolerance: 2.9E-006
Y Duplicate Tolerance: 5.2E-006

No duplicate data were found.

Breakline Filtering

Breakline Filtering: Not In Use

Data Counts

Active Data: 62

Univariate Statistics

X Y Z

Count:	62	62	62
1%%-tile:	296554.551	363889.454	129.339
5%%-tile:	296557.021	363890.753	129.564
10%%-tile:	296557.409	363894.926	129.912
25%%-tile:	296561.065	363902.176	131.041
50%%-tile:	296570.103	363908.072	132.8
75%%-tile:	296574.776	363915.592	137.255
90%%-tile:	296576.888	363923.325	140.868
95%%-tile:	296577.493	363926.116	142.755
99%%-tile:	296578.066	363933.437	143.965
Minimum:	296554.551	363889.454	129.339
Maximum:	296579.08	363933.471	143.982
Mean:	296568.5265	363909.155323134.551274194	
Median:	296570.3555	363908.098	132.8005
Geometric Mean:	296568.526408363909.155161134.485443253		
Harmonic Mean:	296568.526316363909.154999134.420654127		
Root Mean Square:	296568.526592363909.155485134.618128379		
Trim Mean (10%%):	296568.586727363908.572764134.168527273		
Interquartile Mean:	296569.385677363908.011645133.526967742		
Midrange:	296566.8155	363911.4625	136.6605
Winsorized Mean:	296568.575532363908.946597134.345887097		
TriMean:	296569.01175	363908.478	133.474
Variance:	55.4074543852119.84695035318.2901027597		
Standard Deviation:	7.4436183664410.94746319264.27669297		
Interquartile Range:	13.711	13.416	6.214
Range:	24.529	44.017	14.643
Mean Difference:	8.5263918561612.47568164994.763755156		
Median Abs. Deviation:	6.0025	6.7475	2.4595
Average Abs. Deviation:	6.4895	8.557322580643.38817741935	
Quartile Dispersion:	2.31161212192e-005	1.84331855993e-005	
Relative Mean Diff.:	2.87501575329e-005	3.42824066596e-005	
	0.0354047569193		
Standard Error:	0.945340477879	1.390329215790.543140550331	
Coef. of Variation:	2.50991514652e-005	3.00829562336e-005	
	0.0317848567071		
Skewness:	-0.372278483428	0.273288850296	
	0.766037251211		
Kurtosis:	1.718587340422.483385982112.40505173199		
Sum:	18387248.643	22562367.63	8342.179
Sum Absolute:	18387248.643	22562367.63	8342.179
Sum Squares:	5.45307923982e+012	8.21065215362e+012	
	1123566.51027		
Mean Square:	87952890964.9132429873446	18122.0404882	

Inter-Variable Covariance

	X	Y	Z
X:	55.407454	-0.049191049	-11.935269
Y:	-0.049191049	119.84695	39.933432
Z:	-11.935269	39.933432	18.290103

Inter-Variable Correlation

	X	Y	Z
X:	1.000	-0.001	-0.375
Y:	-0.001	1.000	0.853
Z:	-0.375	0.853	1.000

Inter-Variable Rank Correlation

	X	Y	Z
X:	1.000	-0.005	-0.348
Y:	-0.005	1.000	0.859
Z:	-0.348	0.859	1.000

Principal Component Analysis

	PC1	PC2	PC3
X:	0.976995022796	0.976995022796	0.207095015954
Y:	0.115688413016	0.115688413016	-0.314100535548
Z:	-0.179156123327	-0.179156123327	-0.314100535548
Lambda:	133.86966207257.59025534892.08459007761		

Planar Regression: $Z = AX + BY + C$

Fitted Parameters

	A	B	C
--	---	---	---

316 Anexe

Parameter Value:	-0.215113341128	0.333115277803	-
57293.3014875			
Standard Error:	0.0272093633319	0.0185007351085	
10512.3352227			

Inter-Parameter Correlations

	A	B	C
A:	1.000	0.001	-0.768
B:	0.001	1.000	-0.641
C:	-0.768	-0.641	1.000

ANOVA Table

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F
Regression:	2	968.062180263484	0.31090132193	436588325
Residual:	59	147.6340880762	50227267925	
Total:	61	1115.69626834		

Coefficient of Multiple Determination (R²): 0.867675377013

Nearest Neighbor Statistics

Separation	Delta Z	
1%%-tile:	0.0343656805984	0.00300000000001
5%%-tile:	0.0965401470911	0.017
10%%-tile:	0.534626972771	0.063
25%%-tile:	1.0844265766	0.199
50%%-tile:	2.092728601610	0.46
75%%-tile:	2.855262159580	0.789
90%%-tile:	3.237147046382	0.67
95%%-tile:	3.542795647493	0.616
99%%-tile:	4.061783105963	0.922
Minimum:	0.0343656805984	0.00300000000001
Maximum:	4.8445690211	5.066
Mean:	2.085032103950.940193548387	
Median:	2.107786931070.46	
Geometric Mean:	1.557680906860.397878284693	
Harmonic Mean:	0.542359177890.0614172568462	
Root Mean Square:	2.3543399116	1.51381685942
Trim Mean (10%%):	2.043758635660	0.754363636364

Interquartile Mean:	2.125898169410.486129032258
Midrange:	2.439467350852.5345
Winsorized Mean:	2.049136180090.737403225806
TriMean:	2.031286484850.477
Variance:	1.215156848871.43075425701
Standard Deviation:	1.102341530051.19614140343
Interquartile Range:	1.770835582980.59
Range:	4.8102033405 5.063
Mean Difference:	1.258675892431.13324695928
Median Abs. Deviation:	0.891305950430.3145
Average Abs. Deviation:	0.884630532516 0.730419354839
Quartile Dispersion:	0.449486165422 0.597165991903
Relative Mean Diff.:	0.603672188091.20533369031
Standard Error:	0.139997514314 0.151910110146
Coef. of Variation:	0.528692833055 1.27222889955
Skewness:	-0.0458669178177 1.79660090873
Kurtosis:	2.382103339815.28022825399
Sum:	129.27199044558.292
Sum Absolute:	129.27199044558.292
Sum Squares:	343.660818 142.081772
Mean Square:	5.542916419352.29164148387

Complete Spatial Randomness

Lambda:	0.0574237310068
Clark and Evans:	0.999282876064
Skellam:	123.99417817

Gridding Rules

Gridding Method:	Kriging
Kriging Type:	Point

Polynomial Drift Order:	0
Kriging std. deviation grid:	no

Semi-Variogram Model

Component Type:	Linear
Anisotropy Angle:	0
Anisotropy Ratio:	1
Variogram Slope:	1

Search Parameters

No Search (use all data):	true
---------------------------	------

Output Grid

Grid File Name: C:\Users\Beatrice\Desktop\Beatrice\Orsova
 Final\Transa_3_2013.grd
 Grid Size: 100 rows x 56 columns
 Total Nodes: 5600
 Filled Nodes: 5600
 Blanked Nodes: 0
 Blank Value: 1.70141E+038

Grid Geometry

X Minimum: 296550
 X Maximum: 296583
 X Spacing: 0.6
 Y Minimum: 363885
 Y Maximum: 363937
 Y Spacing: 0.52525252525253

Univariate Grid Statistics

```
-----
              Z
-----
```

Count:	5600
1%%-tile:	129.260607108
5%%-tile:	129.595158634
10%%-tile:	129.94976308
25%%-tile:	131.688088361
50%%-tile:	134.92792395
75%%-tile:	141.51122083
90%%-tile:	145.006464963
95%%-tile:	145.907381366
99%%-tile:	146.720124067
Minimum:	129.16798776
Maximum:	147.1292586
Mean:	136.394291088
Median:	134.933027959
Geometric Mean:	136.283789272
Harmonic Mean:	136.174606384
Root Mean Square:	136.506004917
Trim Mean (10%%):	136.225445672
Interquartile Mean:	135.477244983
Midrange:	138.14862318
Winsorized Mean:	136.337570967
TriMean:	135.763789273
Variance:	30.4921821468
Standard Deviation:	5.52197266806

Interquartile Range:	9.82313246839
Range:	17.9612708398
Mean Difference:	6.25435816873
Median Abs. Deviation:	4.35718205052
Average Abs. Deviation:	4.66819280876
Quartile Dispersion:	0.0359559198648
Relative Mean Diff.:	0.0458549849766
Standard Error:	0.0737904636536
Coef. of Variation:	0.0404853650693
Skewness:	0.456113641346
Kurtosis:	1.83068765453
Sum:	763808.030092
Sum Absolute:	763808.030092
Sum Squares:	104349780.52
Mean Square:	18633.8893785

Anexa 12 – Raport calcul volumetric

Grid Volume Computations

Tue Jul 02 22:50:26 2013

Upper Surface

Grid File Name: C:\Users\Beatrice\Desktop\Beatrice\Orsova Final\2012
final.grd

Grid Size: 100 rows x 56 columns

X Minimum: 296550

X Maximum: 296583

X Spacing: 0.6

Y Minimum: 363885

Y Maximum: 363937

Y Spacing: 0.52525252525253

Z Minimum: 129.33336834459

Z Maximum: 143.18142983412

Lower Surface

Grid File Name: C:\Users\Beatrice\Desktop\Beatrice\Orsova
Final\Transa_3_2013.grd

Grid Size: 100 rows x 56 columns

X Minimum: 296550

X Maximum: 296583

X Spacing: 0.6

Y Minimum: 363885

Y Maximum: 363937

Y Spacing: 0.52525252525253

Z Minimum: 129.16798776005

Z Maximum: 147.12925859983

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 255.03571741224

Simpson's Rule: 257.23018868766

Simpson's 3/8 Rule: 256.15099784828

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 482.0415895202
Negative Volume [Fill]: 227.00587210796
Net Volume [Cut-Fill]: 255.03571741224

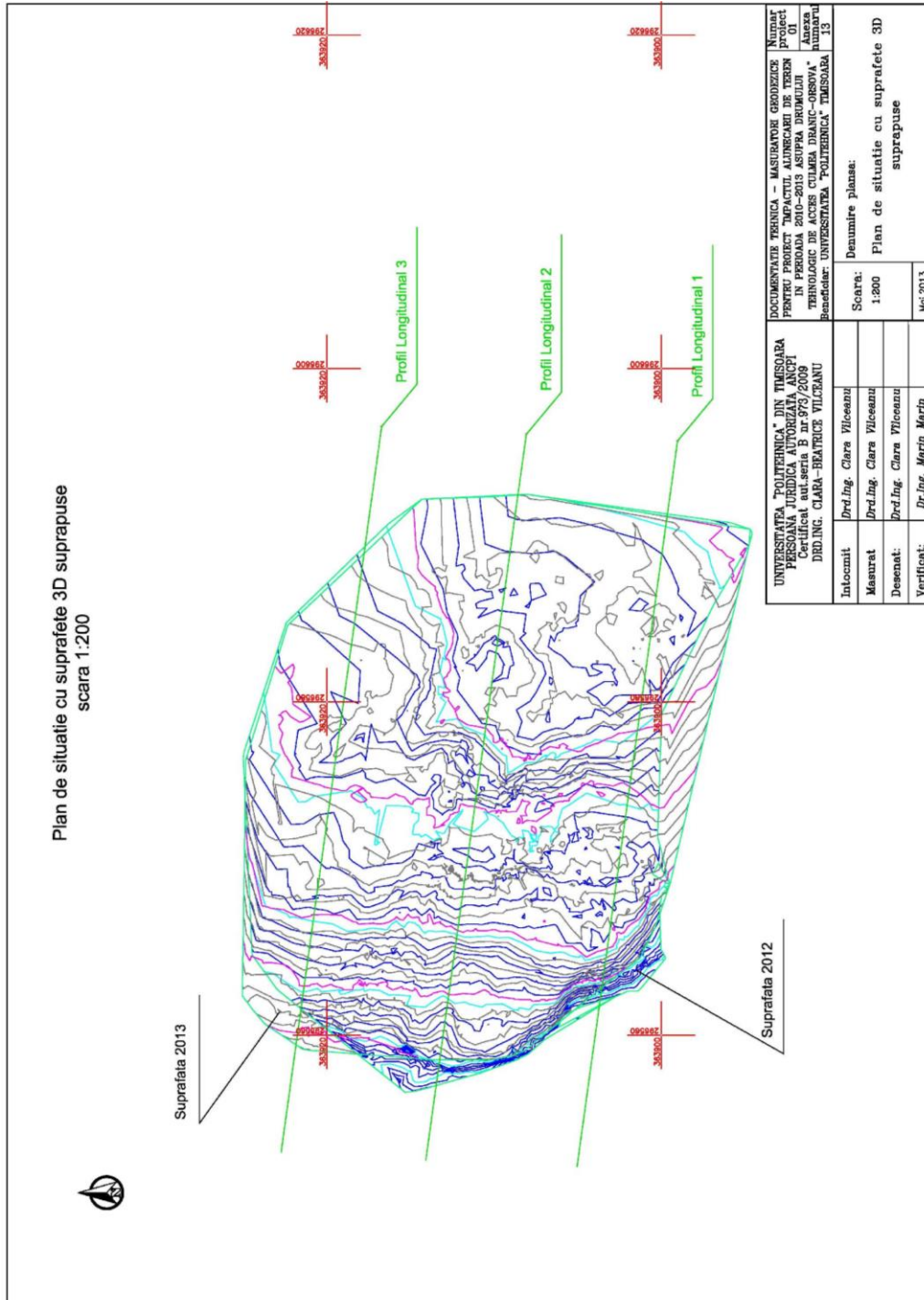
Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 416.27793812202
Negative Planar Area [Fill]: 220.01297096889
Blanked Planar Area: 1079.7090909091
Total Planar Area: 1716

Surface Areas

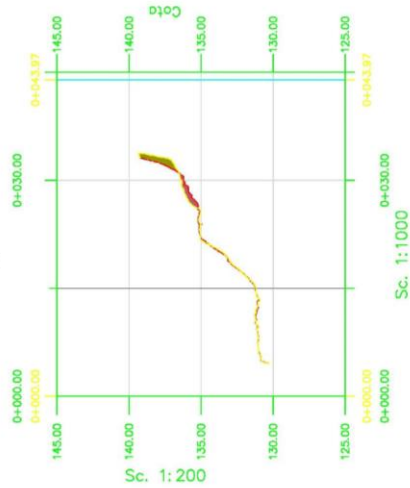
Positive Surface Area [Cut]: 451.37900591155
Negative Surface Area [Fill]: 239.93148698835



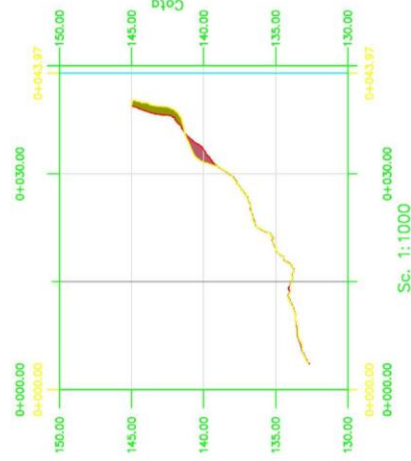
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN VAHSEARA PRAHOVA Certificat aut. seria B nr. 973/2019 DRD.ING. CLARA-BEATRICE VILTRANU		DOCUMENTATIE TEHNICA - MASURATORI GEODEZICE NUMAR PROIECT 1 IN PERIOADA 2010-2013 ASUPRA DRUMULUI LAZAR Tehnologic de acces CULMEA DRANC-ORSOVA Beneficiar: UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" TIMISOARA 13	
Intocmit	Drd.Ing. Clara Vileanu	Scara:	Denumire planasa:
Masurat	Drd.Ing. Clara Vileanu	1:200	Plan de situatie cu suprafete 3D suprapuse
Desenat:	Drd.Ing. Clara Vileanu		
Verificat:	Dr.Ing. Marin Marin		Mar.2013

Profiluri Longitudinale prin suprafețe 3D suprapuse
scara 1:500

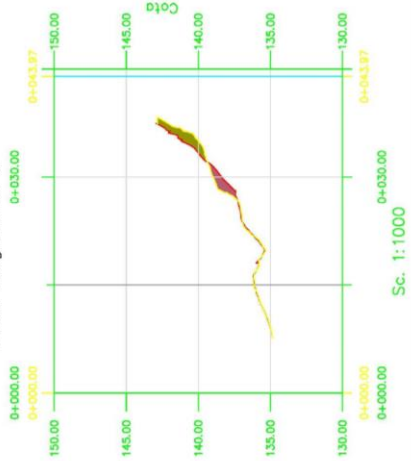
Profil longitudinal 1



Profil longitudinal 2



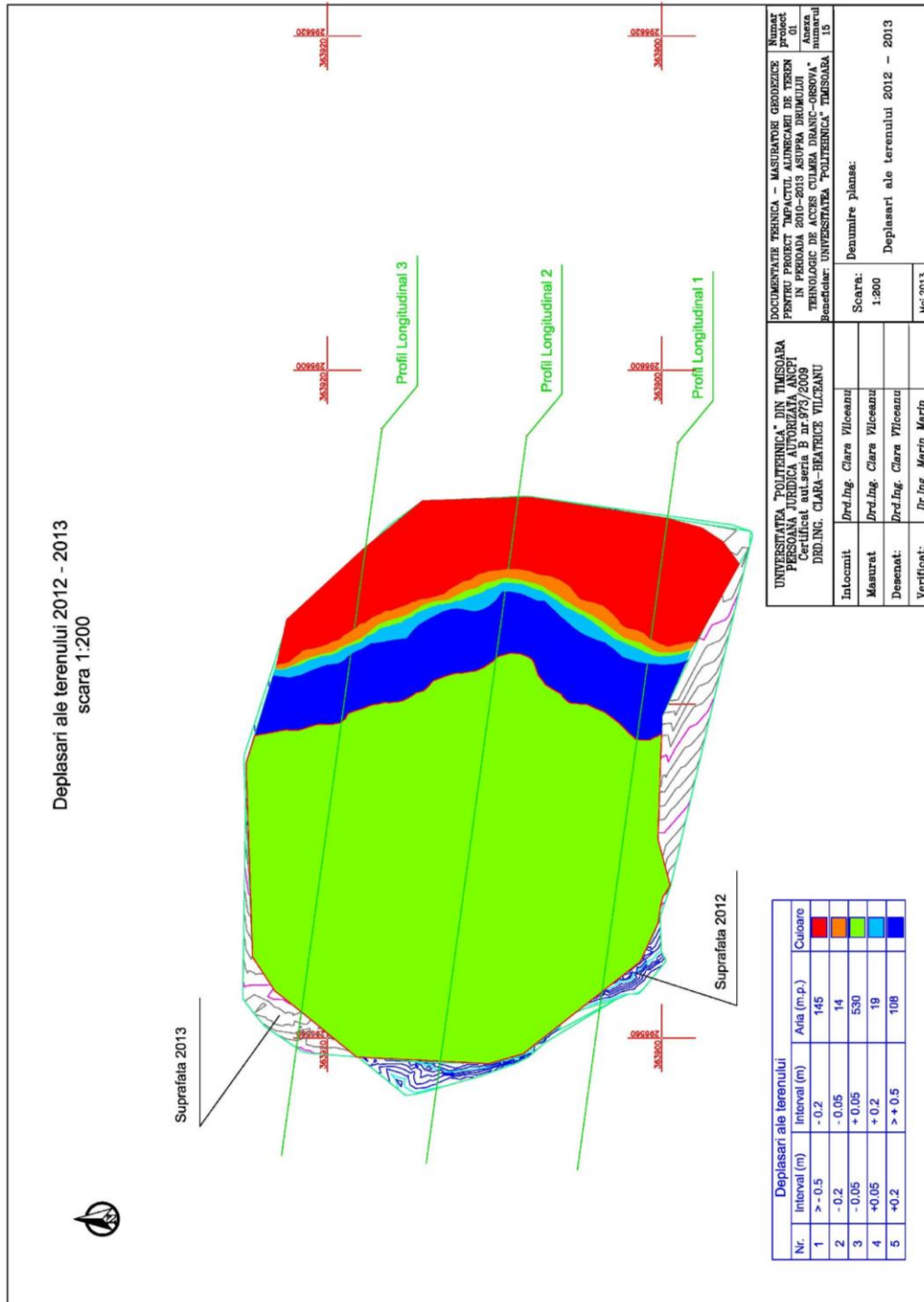
Profil longitudinal 3



Legenda

- Volum de sapatura între suprafețele 3D 2012-2013
- Volum de umplutura între suprafețele 3D 2012-2013

UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN IASI PRISCARA JURIDICA AUTORIZATA ANCH Certificat aut. seria B nr 976/2009 DRD.LING. CLARA-BEATRICE VIUCEANU	Intocmit:	Drd.Ling. Clara Viiceanu	DOCUMENTATIE TEHNICA - MASURATOR GEODEZICE PENTRU PROIECTUL IMPACTULI AJUNGARII DE TEREN IN PERIOADA 2010-2013 ASUPRA DRUMULUI TEHNOLOGIC DE ACCES CILAMBA DRAMIC-ORSOVA Beneficiar: UNIVERSITATEA POLITEHNICA IASI Anexa numarul 14
	Mesurat:	Drd.Ling. Clara Viiceanu	
	Desenat:	Drd.Ling. Clara Viiceanu	
	Verificat:	Dr.Ling. Marin Marin	
Denumire planse:		Scara:	Profiluri Longitudinale prin suprafețe 3D suprapuse
		1:500	
			Ma.2013



UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN TIMISOARA
 PERSONA JURIDICA A FORMAZIILOR ANOTATE
 DE INGINERIE SI ARHITECTURA
 DREPTULING. CLARA-BRATICEVICI
 Beneficiar: UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" TIMISOARA

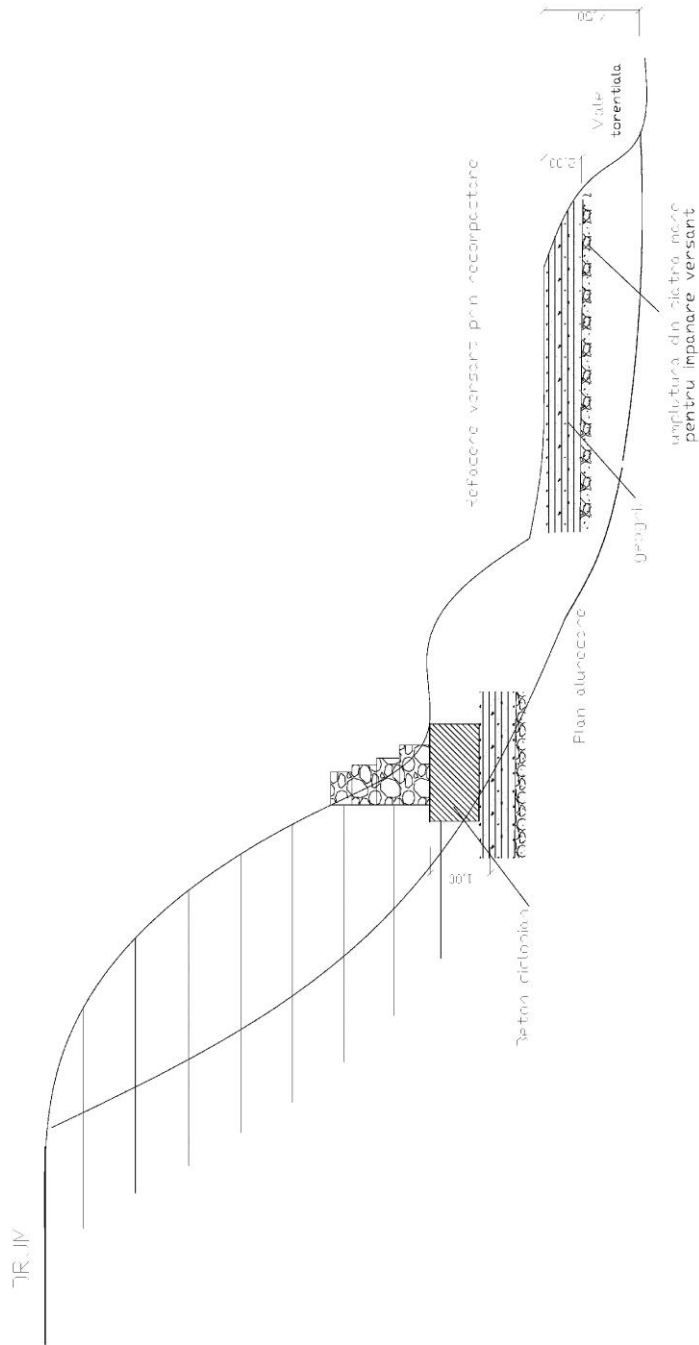
DOCUMENTAȚIE TEHNICĂ – MĂSURĂTORI GEODEZICE
 PENTRU PROIECTUL DE ALIMENTARE DE TEREN
 ÎN PERIOADA 2010-2013 ASUPRA DRUMULUI
 TEHNOLOGIC DE ACCES CULMEA DRĂNIC-ORȘOVA
 Anul 2013
 Nr. proiect: 15

Intocmit: *Dr. Ing. Clara Vițeazul*
 Măsurat: *Dr. Ing. Clara Vițeazul*
 Desenat: *Dr. Ing. Clara Vițeazul*
 Verificat: *Dr. Ing. Marin Marin*

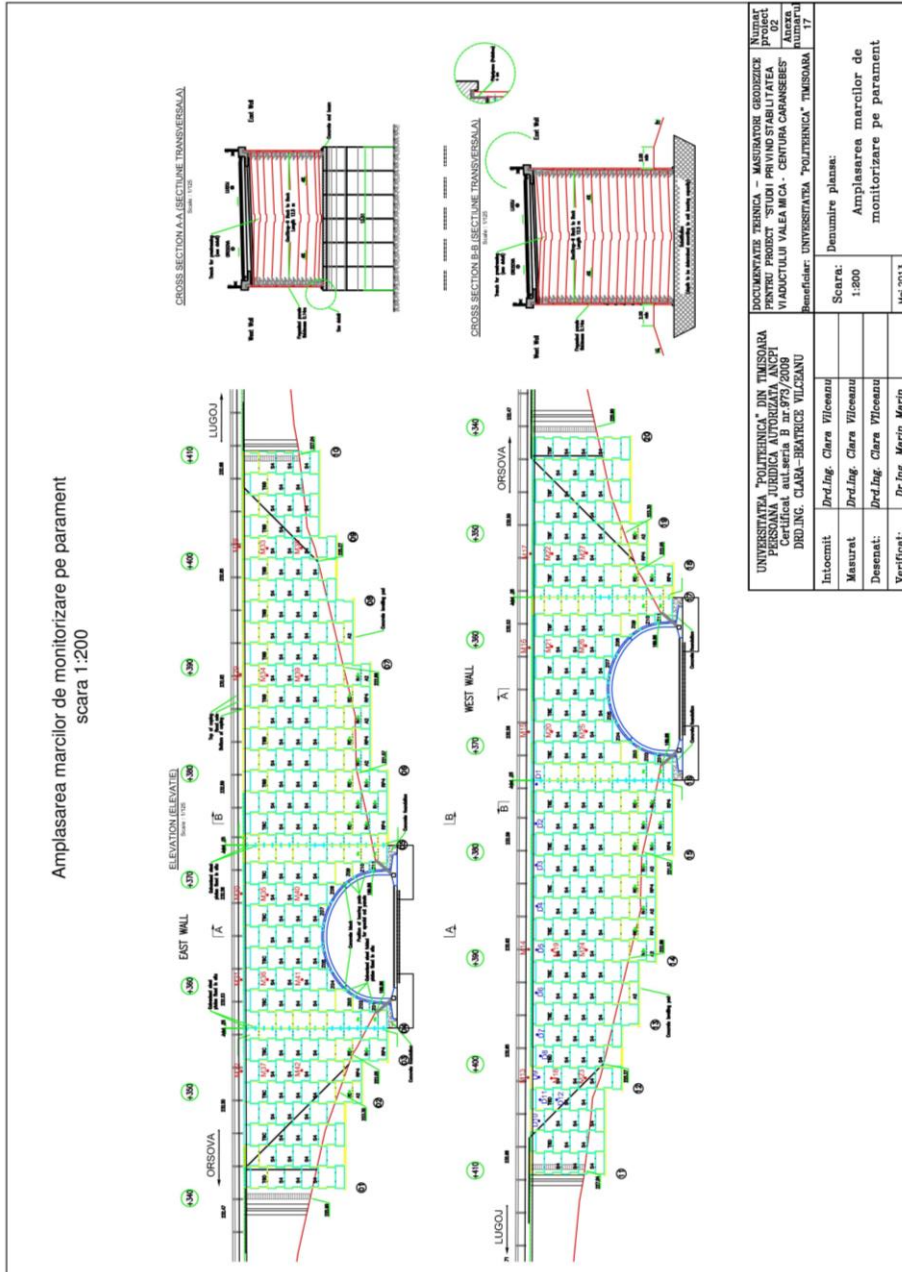
Scara: 1:200
 Denumire planșă: Deplasari ale terenului 2012 - 2013
 Măscut: Mei/2013

ANEXA 16 - SCHIȚĂ CU PROPUNERE PENTRU REFACEREA STABILITĂȚII MASIVULUI DE PĂMÂNT

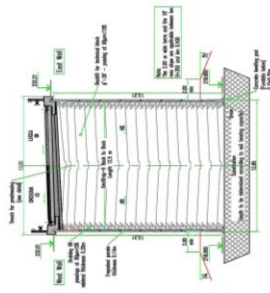
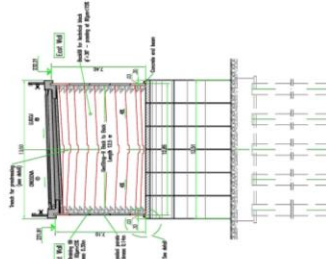
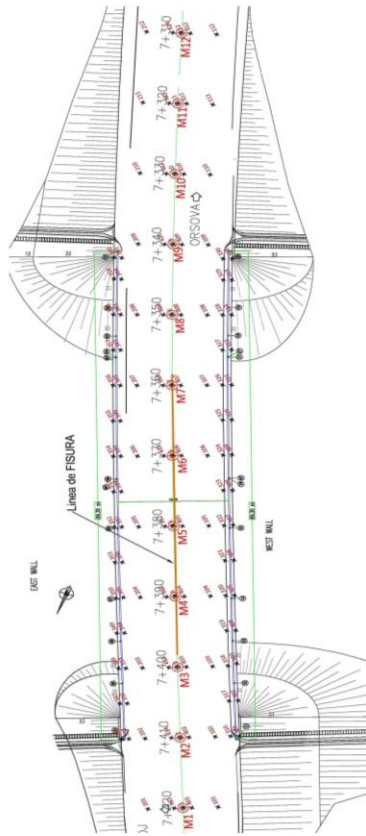
Planșa de refacere stabilității masivului de pământ



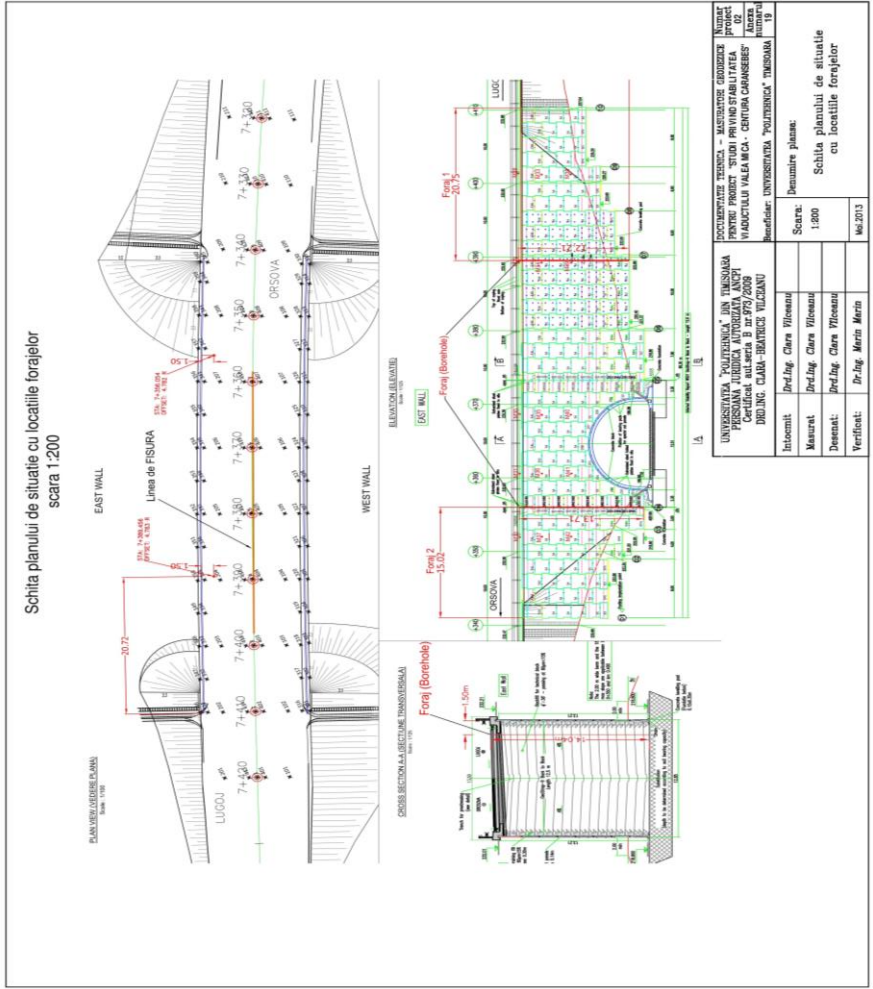
Studii privind stabilitatea viaductului Valea Mică – Centura Caransebeș



Schita amplasarea marilor de monitorizare in axa drumului
scara 1:200



UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN TIMISOARA PERSONAL ACADEMIC APLICAT PROIECTAREA SI EXECUTIUNEA PROIECTULUI PROF. ING. CLARA-BIANCA VILCOZANU		INSTRUMENTARE TERENSI - MĂSURARE, CANTAREȘI PROIECTAREA SI EXECUTIUNEA PROIECTULUI PROF. ING. CLARA-BIANCA VILCOZANU	
Beneficiar: UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" TIMISOARA - 1B		Titlu: UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" TIMISOARA - 1B	
Intocmit:	Prof. Ing. Clara Vilcozanu	Denumire planșă:	
Desenat:	Prof. Ing. Clara Vilcozanu	Scara:	
Verificat:	Dr.-Ing. Maria Marin	1:200	
		Schita amplasarea marilor de monitorizare in axa drumului	
		Mar. 2013	

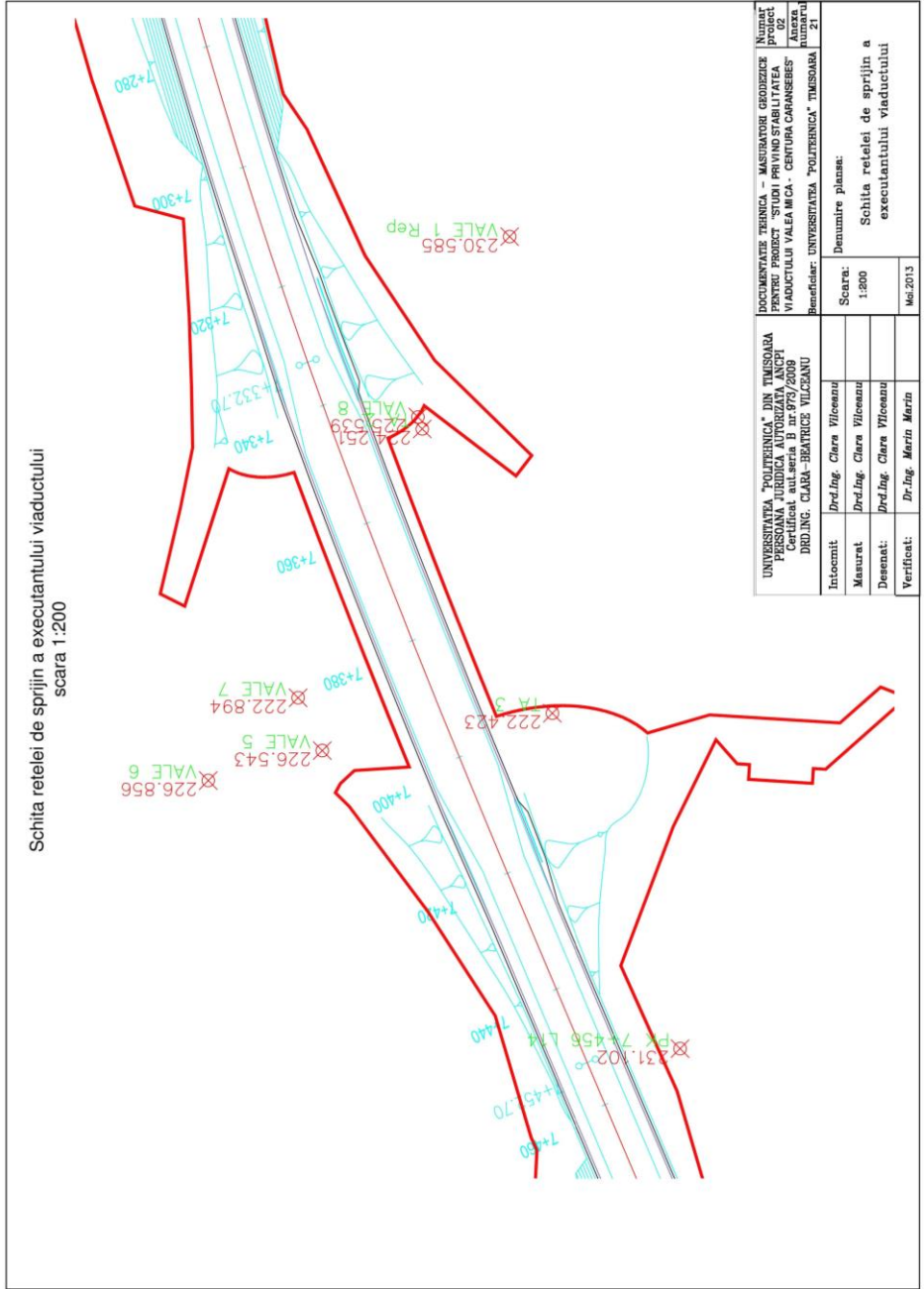


UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN IASI FACULTATEA DE INGINERIE CIVILA CATEDRA DE INGINERIE DE CONSTRUCII DIRECTIA CADRU-IBRATORIE WILCOZIANU	DOCUMENTATIE TEHNICA - MASURATORIE GEODEZICA PENTRU PROIECTUL "STUDIUL PRIVIND STABILITATEA IN ADUCTIUNII VALEA MICA - CHELTUZA CARAMBESBEE" ANEXA PLANULUI DE SITUATIE CU LOCALITILE FORAJELOR
Intocmit: Dr.-Ing. Clara Visanau	Denumire plan: Schita planului de situatie cu localitile forajelor
Marurat: Dr.-Ing. Clara Visanau	Scara: 1:200
Desenat: Dr.-Ing. Clara Visanau	
Verificat: Dr.-Ing. Merita Merita	Ma.2013

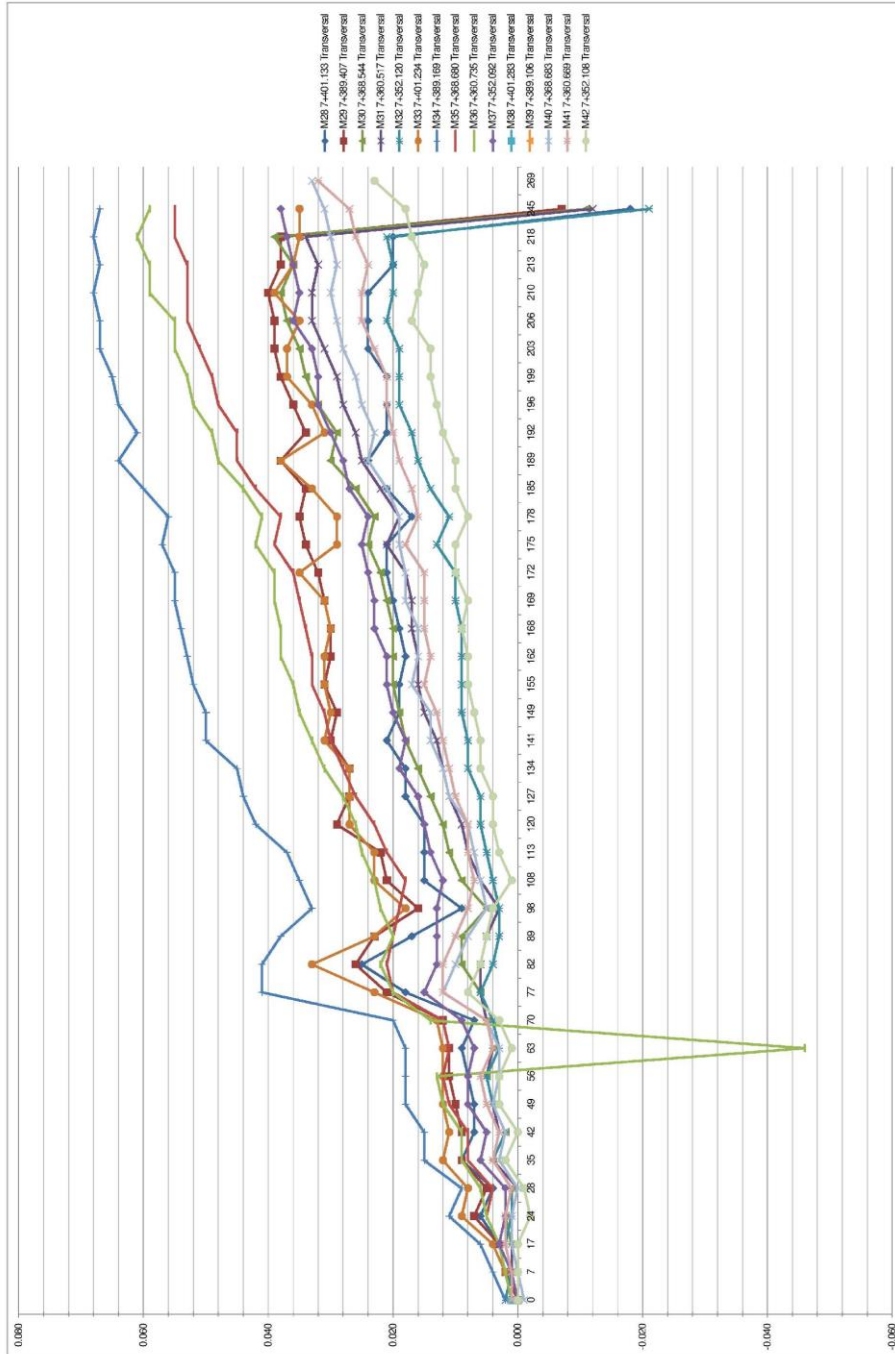
Schita amplasarii marcilor de monitorizare suplimentare pentru monitorizare
scara 1:200



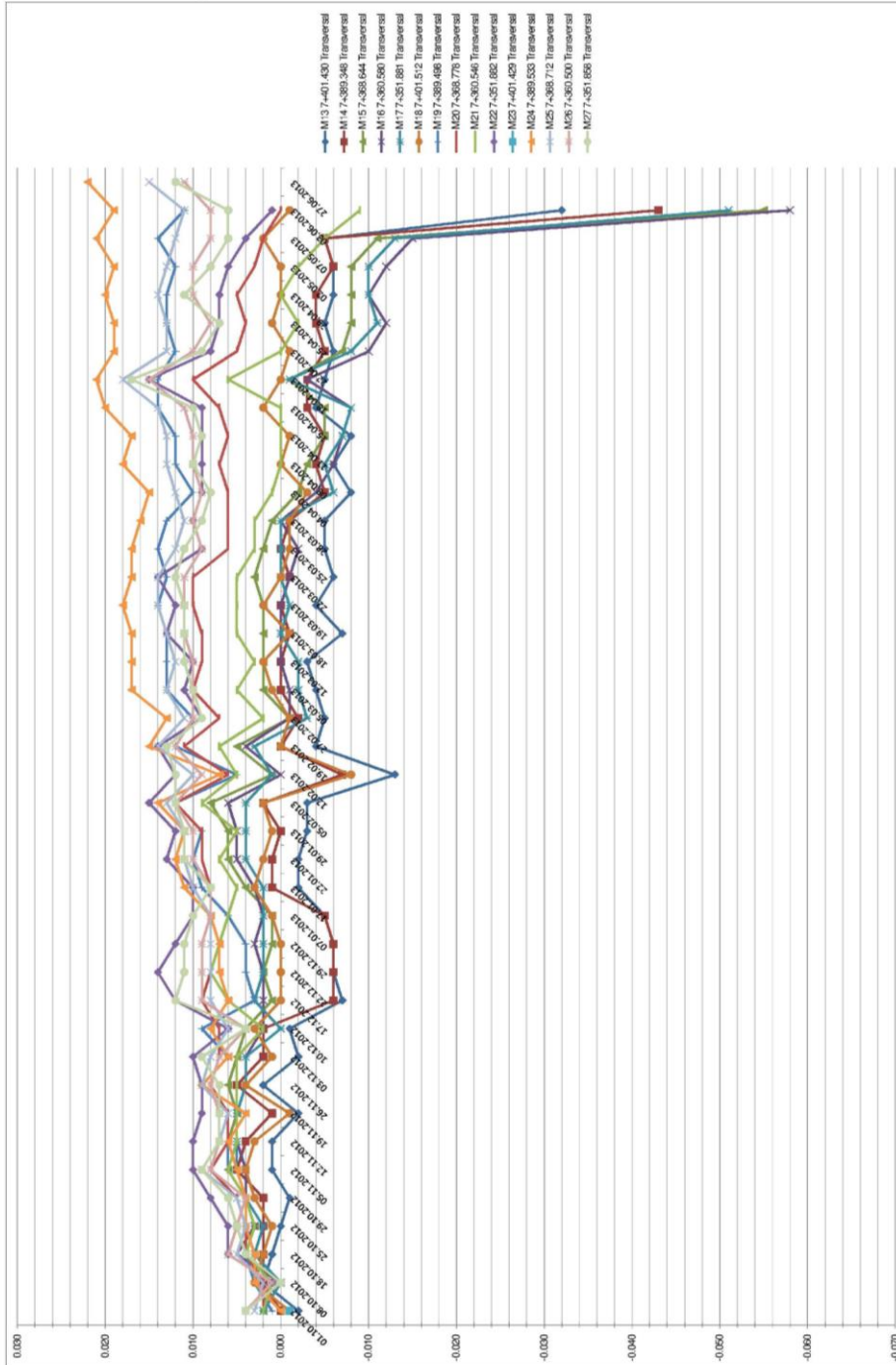
Intocmit	Drd.Ing. Clara Vilceanu	DOCUMENTAȚIE TEHNICĂ - MĂSURĂTORI GEODEZICE	Număr proiect	02
Măsurat	Drd.Ing. Clara Vilceanu	PENTRU PROIECT "STUDI PRIVIND STABILITATEA	Anexa	20
Desenat	Drd.Ing. Clara Vilceanu	VIADUCTULUI VALEA MICA - CENTURA GARANSEBES	Număr planșă	20
Verificat	Drd.Ing. Marin Marin	Beneficiar: UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" TIMISOARA		
Denumire planșă:		Schita amplasării marcilor suplimentare de monitorizare		
Scara:		1:200		
Data:		Mai 2013		



ANEXA 22 - EVOLUȚIA DEPLASĂRILOR LA VIADUCTUL "VALEA MICĂ" - PARAMENTUL AMONTE

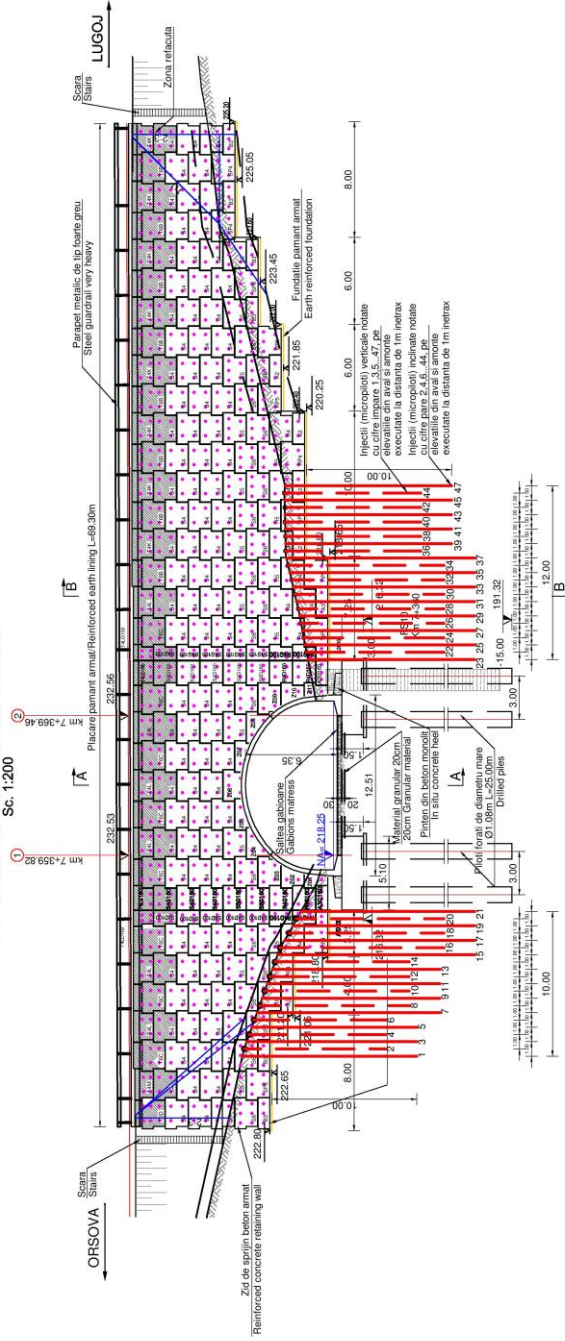


ANEXA 23 - EVOLUȚIA DEPLAȘĂRILOR LA VIADUCTUL "VALEA MICĂ" - PARAMENTUL AVAL



ANEXA 24 - CONSOLIDAREA TERENULUI DE FUNDARE PRIN INIECTII, PROFIL LONGITUDINAL

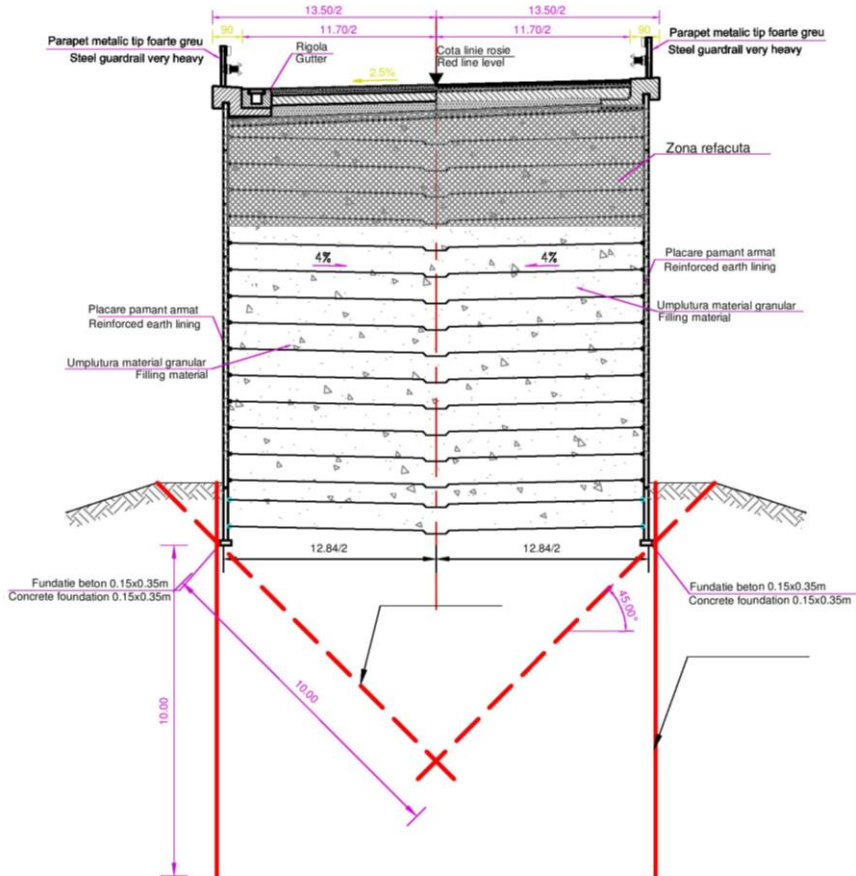
ELEVATIA ZONELOR CONSOLIDATE



UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN TIMISOARA PERSONA JURIDICA AUTORIZATA IN CALITATE DE PROIECTANT SI EXECUTANT DE PROIECTE SI D.D. ING. CLARA-BERTRICE VILCEANU	DOCUMENTE TEHNICE - MASURARE GEODEZICE PROIECTAREA SI EXECUTUL PRU INDUCTIVULI VALEA MICA - CENTURA CARASEES PROIECTANT AUTORU	NUMAR PROIECT 02 AUTORU 24
Intocmit Dr.d. Ing. Clara Vilceanu	Beneficiar: UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" TIMISOARA	
Desenat: Dr.d. Ing. Clara Vilceanu	Denumire planșă: Scara: 1:200	
Verificat: Dr. Ing. Martin Marin	Consolidarea terenului de fundare prin injectii, profil longitudinal	
	Msc/2013	

ANEXA 25 - CONSOLIDAREA TERENULUI DE FUNDARE PRIN INJECTII, PROFIL TRANSVERSAL

SECTIUNE TRANSVERSALA B-B PRIN ZONA CONSOLIDATA
Sc. 1:100



UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN TIMISOARA PERSOANA JURIDICA AUTORIZATA ANCP Certificat aut.seria B nr.973/2009 DRD.ING. CLARA-BEATRICE VILCEANU		DOCUMENTATIE TEHNICA - MASURATORI GEODEZICE PENTRU PROIECT "STUDIU PRIVIND STABILITATEA VIADUCTULUI VALEA MICA - CENTURA CARANSEBES" Beneficiar: UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" TIMISOARA		Numar proiect 02 Anexa numaru 25
Intocmit	Drd.Ing. Clara Vilceanu	Scara: 1:100 Mai.2013	Denumire plansa: Consolidarea terenului de fundare prin injectii, profil transversal	
Masurat	Drd.Ing. Clara Vilceanu			
Desenat:	Drd.Ing. Clara Vilceanu			
Verificat:	Dr.Ing. Marin Marin			