



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



Fondul Social European
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
TINERETULUI
ȘI SPORTULUI

OIPOSDRU



Universitatea
"POLITEHNICA"
din Timișoara

UNIVERSITATEA
„POLITEHNICA”
TIMIȘOARA
FACULTATEA DE CONSTRUCȚII



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

- TEZĂ DE DOCTORAT –
(rezumat)

Conducător științific:

Prof. univ. dr. ing. Marin MARIN

Doctorand:

Ing. Clara – Beatrice VÎLCEANU

TIMIȘOARA
2014

Tendința 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, iar România nu este deloc exceptată de la incidența dezastrelor și catastrofelor naturale.

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.

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

- interpretarea datelor globale și naționale cu privire la hazarduri;
- 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 calculului volumetric.

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. 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.

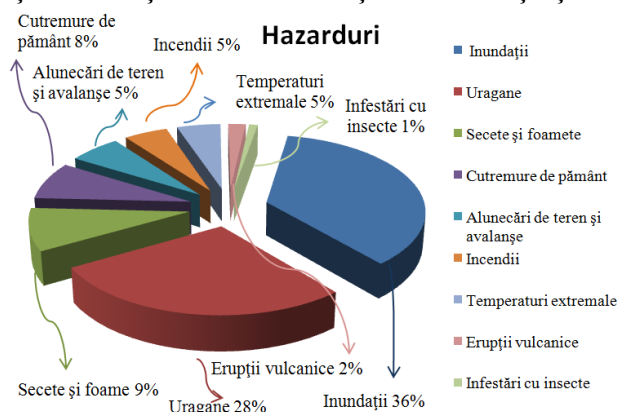


Fig. 2.1. Coraportul (%) diferitelor hazarduri la nivel global pe baza datelor din perioada 1992 – 2005

Numărul hazardurilor continuă să crească neconținut. În ultima jumătate a secolului XX numărul de hazarduri naturale înregistrate în lume a crescut de 4 ori.

Având în vedere datele înregistrate în Baza Internațională de Date referitoare la Dezastre, EM-DAT, de la Centrul de Cercetări ale Epidemiologiei Hazardurilor (CRED), sunt prezentate grafice ce oferă o privire de ansamblu asupra hazardurilor care au afectat România în ultimele două secole.

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, domeniile 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.

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. Ultimul subcapitol subliniază aportul inginerului geodez la cartarea alunecărilor de teren pentru cunoașterea detaliată a acestora de către specialiști și autoritățile locale.

Capitolul 5 intitulat „*Tendențe privind monitorizarea alunecărilor de teren prin metode geodezice moderne în scopul măririi siguranței în exploatare*” este divizat în patru subcapitole. Primul dintre acestea scoate în evidență importanța conceptului de monitorizare în ingineria geodezică și geotehnică. 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 întrevvedere 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.

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, măsurătorilor 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.

Primul studiu de caz are ca obiectiv urmărirea în timp prin metode geodezice moderne a unei alunecări de teren (cu lățimea de circa 40m și pe o lungime de circa 70m în avalul versantului) produsă în județul Mehedinți, ce a afectat drumul de acces către centralele eoliene 3MW amplasate pe culmea Dranic. Necesitatea monitorizării evoluției fenomenului menționat este impusă de re tehnologizarea centralelor respective. Lucrarea este încadrată din punct de vedere al riscului geotehnic în tipul „major”, iar din punctul de vedere al categoriei geotehnice în „categoria 3”.

Pentru realizarea modelelor digitale ale terenurilor, măsurătorile realizate cu stația totală trebuie să aibă un caracter tridimensional. 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.

Studiul alunecării de teren din punct de vedere geodezic a început cu procurarea materialelor și recunoașterea terenului; a continuat cu crearea, în anul 2012, a rețelei geodezice de sprijin formată din 4 puncte care au fost materializate în teren prin borne de tip FENO și redeterminarea rețelei de sprijin în scopul determinării tasării punctelor din rețea, în anul 2013. Graficele cu diferențele dintre determinări pun în evidență o tasare maximă de 1cm pe punctul ST1, situat în imediata apropiere a zonei afectată de alunecare.

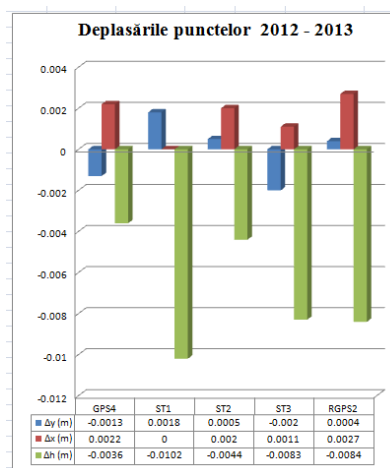


Fig. 6.1. Grafic al deplasărilor orizontale și verticale ale punctelor din rețea

Utilizând programul Civil 3D am creat 2 suprafețe pe care le-am suprapus în scopul determinării diferențelor dintre acestea (Fig. 6.2.).

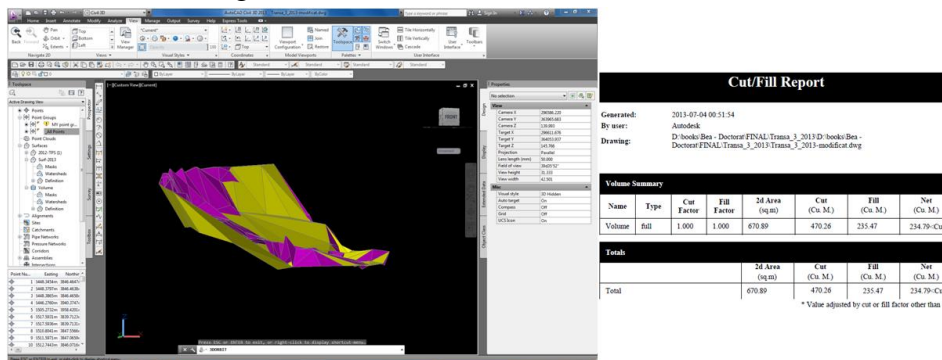


Fig. 6.2. Suprapunerea suprafețelor 2012-2013 și calcule volumetrice între acestea

Prelucrarea în Golden Surfer 9 a permis realizarea modelelor digitale ale terenului și calcule volumetrice.

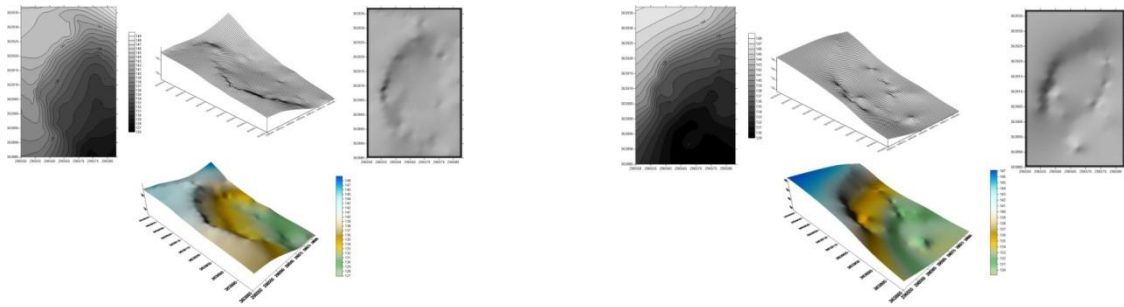


Fig. 6.3.. Modelul 3D al terenului din tranșa 2012 Fig. 6.4. Modelul 3D al terenului din tranșa 2013

Concomitent cu măsurătorile topografice realizate atât în 2012, cât și în 2013, am folosit și tehnologia de scanare laser terestră.

Modelul digital al terenului scanat 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 și 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.).

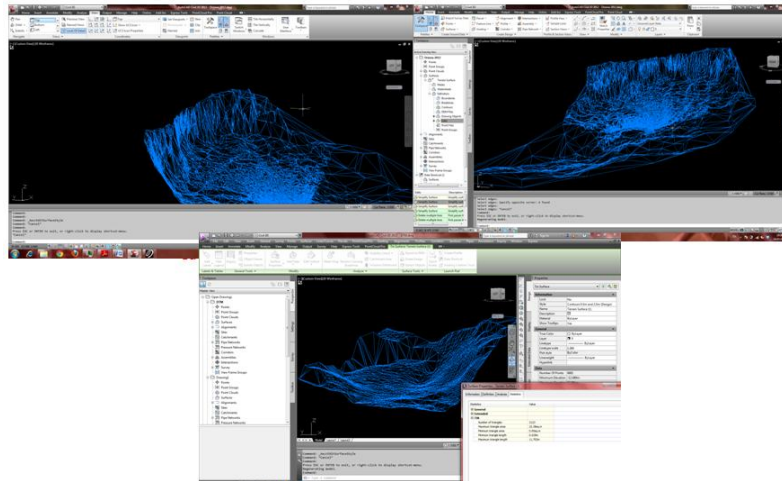


Fig. 6.5. Suprafațe TIN

Aceleași etape au fost parcurse și în cazul realizării campaniei de măsurători realizate cu scannerul în anul 2013, figura 6.6. ilustrând suprapunerea celor două suprafețe 3D create în scopul determinării deplasărilor de teren și crearea profilurilor longitudinale prin suprafețele 3D suprapuse pentru a scoate în evidență volumul de pământ alunecat între cele două campanii de măsurători.

Următorul pas constă în crearea unei suprafețe noi (Fig. 6.7.) numită „Volume surface” care arată tasările apărute și ajută la evaluarea cantitativă a masei de pământ alunecate.

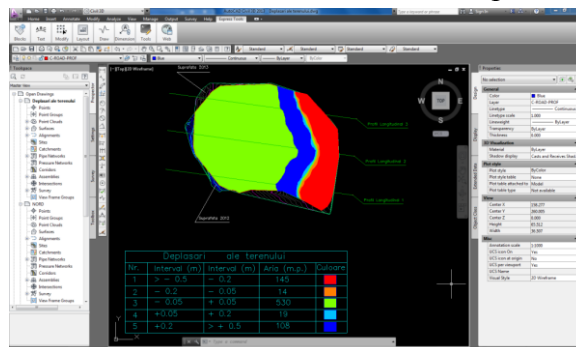


Fig. 6.7. Deplasările terenului

Tabelul 6.1. Calcule volumetrice între modelele 2012-2013

| Criteriul | Stația totală TCRA | | Scanstation C10 |
|---|----------------------|------------------------|-----------------------|
| | Civil 3D 2013 | Surfer 9 | Civil 3D 2013 |
| Volumul alunecat | 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.

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.

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:

- **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 și a faptului că există o coincidență între înclinarea geologică a straturilor de pământ și panta versantului natural. De asemenea, au contribuit vibrațiile induse de traficul greu și presiunile exercitate asupra terenului de fundare;**
- 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, salcâmlor.

Cel de-al doilea studiu de caz a implicat monitorizarea viaductului Valea Mică – Centura Caransebeș 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.



Fig. 6.8. Elementele geometrice ale pasajului

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 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 a câte 15 mărci de monitorizare pe fiecare față a paramentului;
- amplasarea a 12 mărci de monitorizare în axa drumului între km 7+310 și 7+420.

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.

Pornind de la rețeaua locală de sprijin realizată de către constructor în etapa de execuție a viaductului, s-a planificat campania de măsurători utilizând tehnologia de scanare laser terestră. Stadiul actual al lucrărilor constă în procesarea tranșe de măsurători realizate cu scannerul laser terestru și compararea modelului 3D rezultat cu acela proiectat (Fig. 6.12., 6.13.).

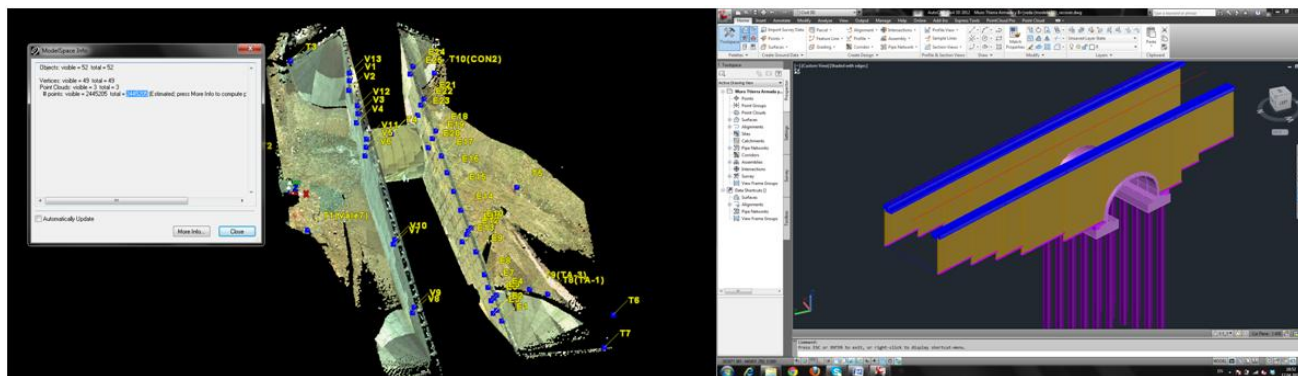


Fig. 6.12. Modelul 3D realizat prin scanare – stânga și modelul 3D proiectat al viaductului – dreapta
Măsurile corective care se pot adopta în acest moment sunt:

1. **Refacerea pasajului pornind** de la situația actuală (pasaj demolat la partea superioară pe 4,00m din înălțime).
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.
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.

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.

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.;
- 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;
- 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;
- 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 milimetrelor.

În urma studiului efectuat cu programe care permit crearea modelelor tridimensionale am observat și concluzionat următoarele:

- 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 bună 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.

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;
 - reliefaarea 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 polistirenilui); 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;

- 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;
- 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;
- 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, scannerul 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;
 - 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.