UNIVERSITATEA „BABEȘ-BOLYAI“
CLUJ-NAPOCA
FACULTATEA DE GEOGRAFIE
ȘCOALA DOCTORALĂ DE GEOGRAFIE

RISCUL LA ALUNECĂRI DE TEREN ÎN DEPRESIUNEA BAIA MARE

TEZĂ DE DOCTORAT
- rezumat -

Conducător de doctorat:

Prof. univ. dr. IOAN-AUREL IRIMUȘ

Student-doctorand:

FLAVIA-LUANA MĂGUȚ (căs. MARIAN)

CLUJ-NAPOCA

2013

CUPRINS

1. Introducere 4

2. Riscul la alunecări de teren - aspecte teoretice și metodologice 9
2.1. Aspecte conceptuale în studiul riscurilor 9
2.2. Aspecte metodologice generale în studiul riscului la alunecări de teren 16
2.3. Alunecările de teren – definire, clasificare, caracteristici …… 18
2.3.1. Definire …….. 19
2.3.2. Clasificare …….. 20
2.3.3. Vârsta alunecărilor de teren 22
2.3.4. Cauzele alunecărilor de teren ……. 23
2.4. Aspecte metodologice în studiul riscului la alunecări de teren în Depresiunea Baia Mare 25
2.4.1. Date disponibile 25
2.4.2. Analiza riscului asociat alunecărilor de teren 26
2.4.2.1. Abordarea calitativă 26
2.4.2.2. Abordarea cantitativă ……. 32
2.5. Aspecte conceptuale în aplicarea tehnicilor GIS …….. 37

3. Depresiunea Baia Mare – identitate geografică și premise ale modelării reliefului 39
3.1. Așezare și limite …… 39
3.2. Premise geologice ale modelării reliefului …… 41
3.2.1. Evoluția paleogeografică …… 41
3.2.2. Caracteristici litologice ……. 43
3.3. Premise meteo-climatice și hidrografice ale modelării reliefului ……. 45
3.4. Premise biopedogeografice ale modelării reliefului …… 51
3.5. Premise antropice ale modelării reliefului …… 53

4. Relieful Depresiunii Baia Mare …… 60
4.1. Caracteristici morfologice …… 60
4.2. Caracteristici morfometrice …….. 64
4.3. Procese actuale de modelare a reliefului …….. 72
4.4. Alunecările de teren din Depresiunea Baia Mare ……. 73

5. Analiza calitativă a riscului la alunecări de teren în Depresiunea Baia Mare 78
5.1. Susceptibilitatea la alunecări de teren în Depresiunea Baia Mare …… 78
5.2. Analiza hazardului …… 87
5.3. Analiza vulnerabilității ……. 89
5.4. Analiza riscului ……. 95

6. Analiza cantitativă a susceptibilității la alunecări de teren – studiu de caz în bazinul Chechiș …….. 108
6.1. Alunecările de teren din bazinul Chechiș ……. 109
6.2. Determinarea susceptibilității la alunecări de teren utilizând regresia logistică 121
6.3. Estimarea hazardului la alunecări de teren în bazinul Chechiș 133

7. Evaluarea riscului la alunecări de teren - studiu de caz în arealul Baia Sprie - Dănești, drumul județean 184 139
7.1. Prezentare generală 139
7.2. Arealul de studiu 139
7.3. Analiza hazardului 141
7.3.1. Investigații geomorfologice și geotehnice 142
7.3.2. Alunecarea Baia Sprie 146
7.3.3. Alunecarea Dănești I 155
7.3.4. Alunecarea Dănești II 166
7.4. Evaluarea riscului la alunecări de teren în arealul Baia Sprie-Dănești 170

8. Managementul riscului la alunecări de teren în Depresiunea Baia Mare 174
8.1. Politici generale privind siguranța construcțiilor și infrastructurii de transport 174
8.2. Politici regionale și locale 175
8.3. Măsuri de prevenire, intervenție și atenuare a efectelor alunecărilor de teren 175

Concluzii 181

Bibliografie 187

Cuvinte cheie: alunecări de teren, susceptibilitate, risc, regresie logistică, Baia Mare.

1. INTRODUCERE

Lucrarea de față își propune identificarea arealelor predispuse producerii de alunecări de teren din Depresiunea Baia Mare și determinarea nivelului de risc asociat elementelor construite din acest areal. În vederea realizării acestui scop s-a utilizat o abordare de tip calitativ bazată pe metodologia inclusă în legislația românească și detalieri de ordin cantitativ la nivel bazinal și local. Principalele etape de lucru în realizarea scopului propus sunt detaliate prin intermediul următoarele obiective:

- identificarea factorilor care influențează producerea alunecărilor de teren la nivel depresionar, bazinal și local;

- identificarea alunecărilor de teren din arealul studiat și a principalelor caracteristici ale acestora;

- determinarea susceptibilității la alunecări de teren în arealul studiat;

- descrierea repartiției temporale a alunecărilor de teren din Depresiunea Baia Mare și a pagubelor înregistrate până în prezent;

- determinarea riscului la alunecări de teren asociat suprafețelor intravilane, drumurilor principale și stâlpilor de înaltă tensiune din Depresiunea Baia Mare;

- aplicarea unor metode alternative de determinare a susceptibilității la alunecări în vederea estimării riscului, în cadrul unor studii de caz;

- descrierea măsurilor de reducere a riscului din arealul studiat.

Această lucrare a fost posibilă prin sprijinul financiar oferit prin Programul Operaţional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013, cofinanţat prin Fondul Social European, în cadrul proiectului POSDRU/107/1.5/S/76841, cu titlul „Studii doctorale moderne: internaţionalizare şi interdisciplinaritate”.

2. RISCUL LA ALUNECĂRI DE TEREN - ASPECTE TEORETICE ȘI METODOLOGICE

2.1. Aspecte conceptuale în studiul riscurilor

Preocuparea pentru studiul riscurilor se regăsește atât la nivel internațional, cât și național în numeroase domenii, concretizându-se la nivel lingvistic și metodologic printr-o serie de termeni și modalități specifice de determinare a riscului, acestea fiind utilizate și în lucrarea de față conform standardelor stabilite în mod oficial.

Astfel, riscul reprezintă „combinația dintre *probabilitatea de producere* a unui eveniment și *consecințele sale negative*” (UNISDR, 2009, p. 25) și se poate exprima cantitativ prin intermediul produsului dintre hazard (H) și vulnerabilitate (V): R=HxV (Varnes, 1984).

Dintre termenii asociați riscului (hazard, susceptibilitate, probabilitate temporală, vulnerabilitate, elemente la risc, expunere, senzitivitate, reziliență), susceptibilitatea este mai rar utilizată în literatura română de specialitate și denumește probabilitatea spațială de producere a unui proces într-un anumit teritoriu caracterizat de o serie de factori cauzatori specifici (Brabb, 1984; Crozier și Glade, 2005).

2.2. Aspecte metodologice generale în studiul riscului la alunecări de teren

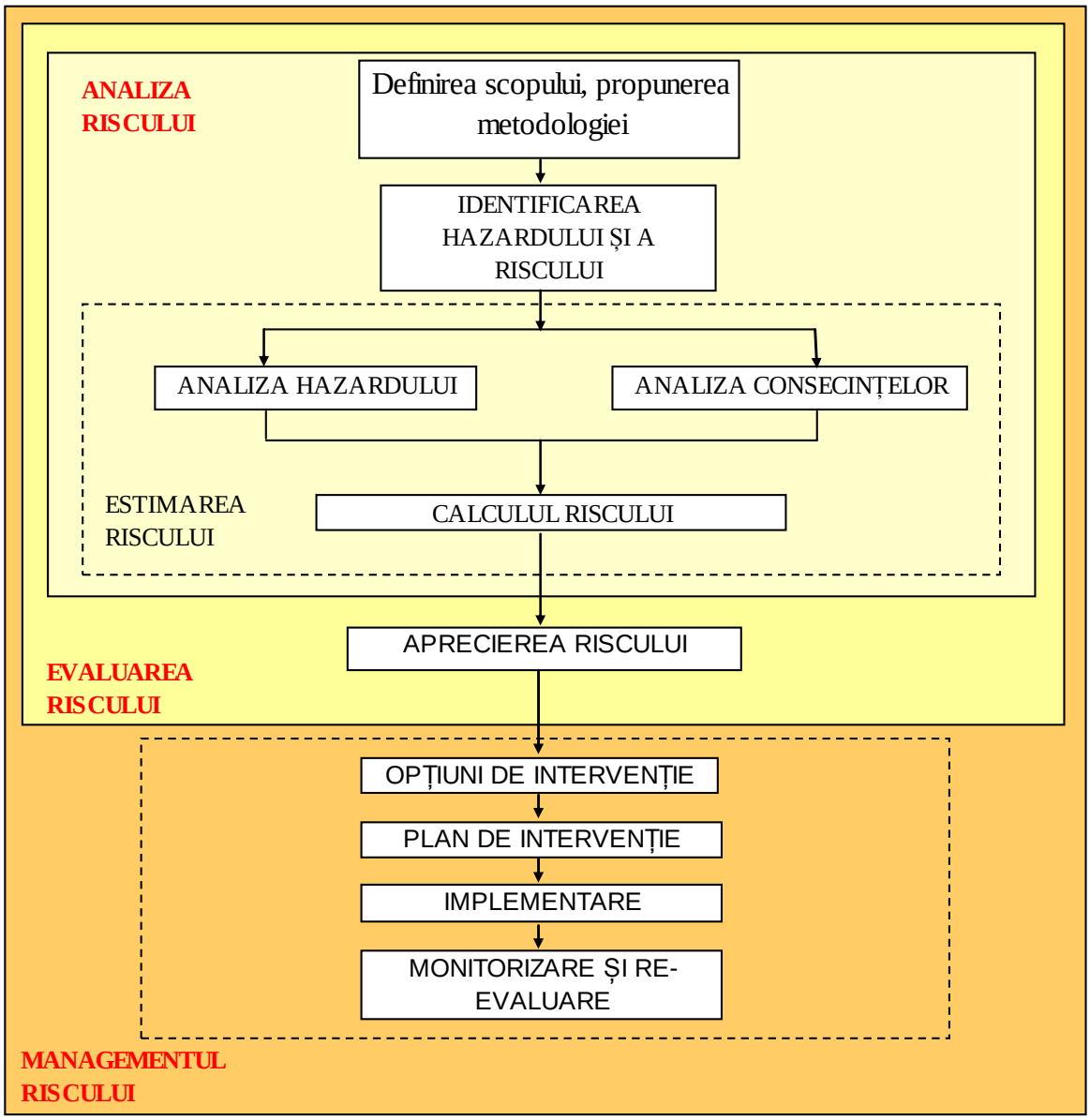


Fig. 2.2. Etapele incluse în managementul riscului și relațiile dintre acestea (după Crozier și Glade, 2005 și Australian Geomechanics Society, 2000).

La nivelul metodologic general se evidențiază o serie de etape interdependente care sunt incluse în conceptul larg reprezentat de managementul riscului, ilustrate în figura 2.2. Oricare dintre aceste etape se poate realiza prin metode calitative, cantitative sau semi-cantitative, în funcție de disponibilitatea datelor, scara și scopul studiului de risc (tabelul 2.1.).

Tabelul 2.1. Scara de analiză și abordările calitative și cantitative în analiza riscului la alunecări de teren.

SCARA	METODE CALITATIVE		METODE CANTITATIVE	
	Inventar	Analiză euristică	Analiză statistică	Analiză numerică și bazată pe proces
<1:10 000	DA	DA	DA	DA
1:10 000-1:100 000	DA	DA	DA	Probabil
1:100 000-1:500 000	DA	DA	Probabil	NU
>1:750 000	DA	DA	NU	NU

(Sursa: după Glade și Crozier, 2005, pg. 87, modificat după Soeters și van Westen, 1996).

2.3. Alunecările de teren – definire, clasificare, caracteristici

Obiectul studiului de față îl constituie mișcările în masă sub formă de alunecare, respectiv procesele de modelare a versanților sub acțiunea gravitației, produse pe o suprafață de alunecare, sau un plan de alunecare cu forțe de forfecare intense, denumite în literatura română cu termenul de **alunecări de teren** (Cruden și Varnes, 1996; Surdeanu, 1998; Rădoane et al., 2001 ș.a.).

Cruden și Varnes (1996) diferențiază **în funcție de activitate** între: alunecări active, reactivate, suspendate, inactive (latente, abandonate, stabilizate și relicte) și **după complexitatea procesului** în singulare, multiple și succesive, iar Varnes (1978) utilizează

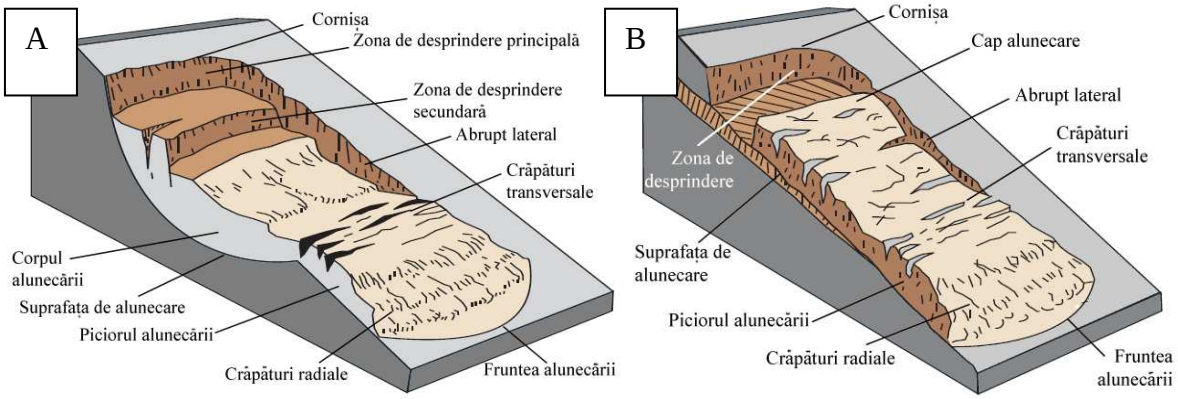


Fig. 2.3. Bloc diagrame reprezentând o alunecare de tip rotațional – A și translațional - B
(diagrame schematizate de Highland și Bobrowsky, 2008, p. 11 și 13, după Cruden și Varnes, 1996).

forma suprafeței de alunecare ca și criteriu în diferențierea dintre alunecări rotaționale, cu suprafața de alunecare concavă și translaționale, cu suprafețe de alunecare plane (fig. 2.3.), la care se adaugă cele compuse, cu caracteristici combinate ale primelor două.

În ce privește vârsta alunecărilor de teren, Posea (2005) precizează înălțările postvillafranchiene ca moment de inițiere a proceselor de alunecare, în condițiile climatice

periglaciare din Würm și din perioada postglaciară (cu circa 9000-7000 ani în urmă), urmată de perioada antlanticului (Optimum climatic, în urmă cu 5000-3000 ani), iar pentru intervalul consemnată de scrierile istorice, se identifică perioadele probabile prin intermediul specificului activităților umane și al caracteristicilor climatice: mijlocul sec. al XVIII-lea, perioada de după 1829, primele decenii din sec. al XX-lea, cu un maxim în anii 1938-1942 caracterizați de precipitații abundente, perioada despăduririlor de după al doilea război mondial, intervalul 1969-1973 și perioada cu despăduriri intense după 1989 (Surdeanu, 1998; Posea, 2005), în prezent evidențiindu-se un ciclu mai recent de activitate în anii 2004 - 2011.

2.4. Aspecte metodologice în studiul riscului la alunecări de teren în Depresiunea Baia Mare

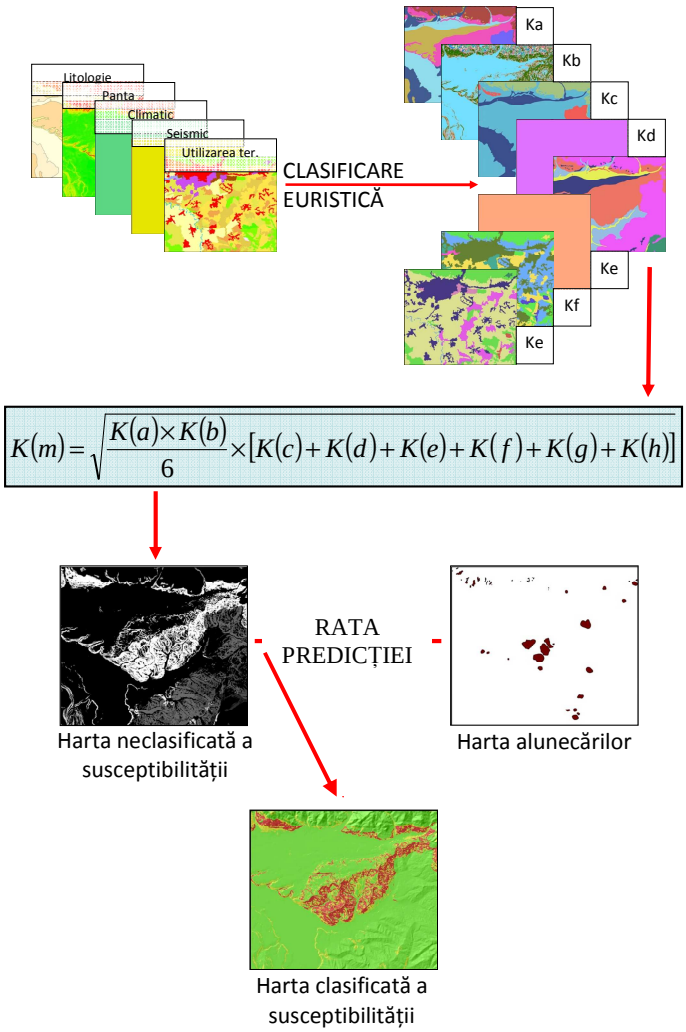


Fig. 2.5. Reprezentare schematică a aplicării metodei legislative cu ajutorul tehnicilor GIS.

Considerând instrucțiunile generale de realizare a studiilor de susceptibilitate, hazard și risc ale Societății Australiene de Geomecanică (2000, 2007a), selectarea tipului de analiză necesar și eficient trebuie să țină cont de scara de lucru, suprafața considerată în studiu și costurile asociate realizării acestuia. Astfel, suprafața de 600 km^2 a Depresiunii Baia Mare, la o scară de analiză de 1:25000, corespunde intervalului de 10-1000 km^2 și 1:25000-1:5000 (determinată de scara suportului topografic disponibil) pentru care se pretează realizarea unui inventar al alunecărilor, o zonare a susceptibilității, a hazardului și doar o zonare preliminară a riscului.

2.4.2. Analiza riscului asociat alunecărilor de teren

2.4.2.1. Abordarea calitativă

Estimarea riscului la alunecări de teren asociat suprafețelor intravilane, principalelor categorii de drumuri și stâlpilor de înaltă tensiune ai liniei electrice aeriene Iernut-Baia Mare cuprinde o serie de etape de lucru:

1. determinarea susceptibilității la alunecări de teren utilizând metoda semi-cantitativă descrisă în H.G. 447/2003 (fig. 2.5.);

2. validarea hărții de susceptibilitate cu ajutorul alunecărilor de teren cartate în spațiul depresionar;

3. transpunerea claselor de susceptibilitate în clase de hazard utilizând descriptori lingvistici corespunzători claselor de probabilitate propuse de Fell et al. (2005) după AGS (Australian Geomechanics Society, 2000);

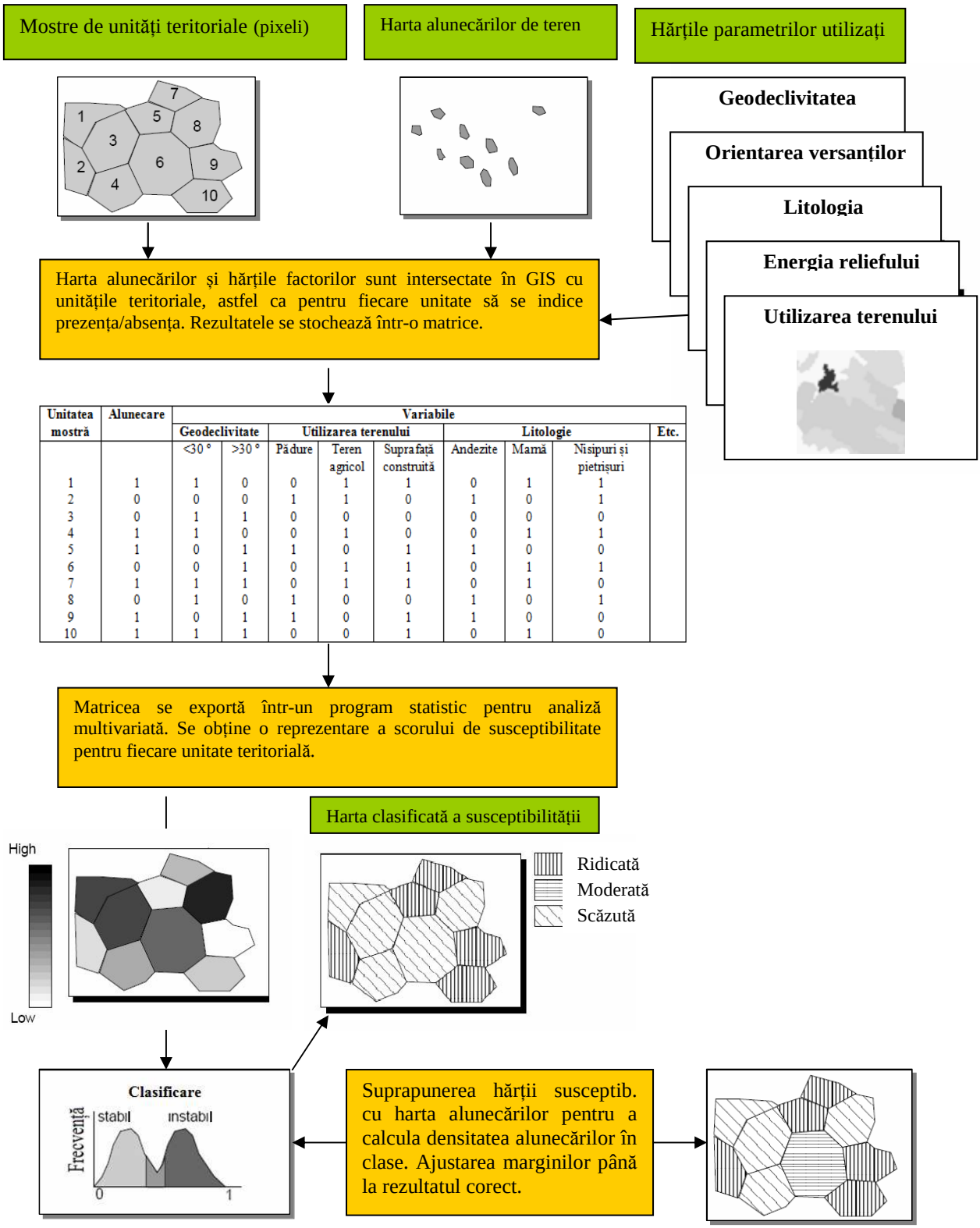
4. estimarea vulnerabilității și a claselor de consecințe determinate pentru fiecare categorie a elementelor la risc (Fell et al., 2005; AGS 2000, AGS 2007);

5. estimarea riscului se bazează pe o matrice de combinare a scorurilor calitative atribuite probabilității de producere a procesului de alunecare (hazard) și consecințelor probabile asociate fiecărui tip de element la risc analizat (Fell et al., 2005; AGS 2000, AGS 2007).

2.4.2.2. Abordarea cantitativă

Pentru a utiliza o metodă cantitativă în determinarea susceptibilității la alunecări de teren s-a analizat un areal de studiu mai redus, reprezentat de bazinul hidrografic Chechiș (100 km^2), unde s-a realizat un inventar al alunecărilor prin incursiuni și cartări în teren. Metodologia aplicată este reprezentată de *modelul statistic al regresiei logistice*, una dintre cele mai des utilizate metode în determinarea susceptibilității la alunecări de teren atât la nivel internațional (Dai și Lee, 2002; Lee, 2004; Ayalew et al., 2005; Brenning, 2005; Chauhan et al., 2010 etc.), cât și în România (Micu și Bălteanu, 2009; Bălteanu et al., 2010; Armaș, 2011; Șandric et al., 2011; Mărgărint et al., 2011; Armaș, 2012; Grozavu et al., 2012 Mărgărint et al., 2013 ș.a.).

În aplicarea acestei metode se pornește de la ipoteza că o anumită combinație de factori care a cauzat în trecut o alunecare de teren va acționa în mod similar și în viitor (Crozier și Glade, 2005). Astfel, se determină statistic localizarea probabilă a alunecărilor viitoare pe baza unui inventar cu alunecări existente, identificate în arealul de studiu, și caracteristicile terenului unde acestea s-au produs (Carrara et al., 1995).



Unitatea mostră	Alunecare	Variabile								
		Geodeclivitate		Utilizarea terenului			Litologie			Etc.
		<30 °	>30 °	Pădure	Teren agricol	Suprafață construită	Andezite	Mamă	Nisipuri și pietrișuri	
1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	
2	0	0	0	1	1	0	1	0	1	
3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
4	1	1	0	0	1	0	0	1	1	
5	1	0	1	1	0	1	1	0	0	
6	0	0	1	0	1	1	0	1	1	
7	1	1	1	0	1	1	0	1	0	
8	0	1	0	1	0	0	1	0	1	
9	1	0	1	1	0	1	1	0	0	
10	1	1	1	0	0	1	0	1	0	

Fig. 2.6. Etapele de implementare ale modelului regresiei logistice în stabilirea susceptibilității de producere a alunecărilor de teren (după Van Westen et al., 1997, p.408).

În aplicarea regresiei logistice se utilizează programele ArcGis 9.3, R și RSAGA, o serie de factori reprezentați cartografic care sunt incluși în analiză ca variabile explicative și inventarul alunecărilor de teren, utilizat ca variabilă dependentă. Validarea rezultatelor se bazează pe un set independent de alunecări de teren extras din inventarul acestora și pe

metodele AUROC (Burt și Barber, 1996; Hosmer și Lemeshow, 2000; Guzzetti et al., 2006), rata de succes și rata de predicție (Chung și Fabbri, 1999, 2003, 2008; Van Westen et al., 2003; Remondo et al., 2003).

Formula generală a regresiei logistice este reprezentă de logaritmul natural al raportului șanselor, numit și *logit*:

$$\ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \ldots \beta_k x_k, \quad \textbf{(2.3.)}$$

$$p = P(y=1|x) \quad \textbf{(2.4.)}$$

unde *p* este probabilitatea realizării valorii 1 pentru variabila dependentă (alunecările de teren sunt prezente), condiționată de valorile variabilelor independente x_1, x_2... x_k; β_1, β_2, ...β_k sunt coeficienții de regresie care descriu contribuția fiecărui factor x la explicarea probabilității de producere a alunecărilor de teren (y=1) și descriu transformarea care menține relația liniară dintre variabilele dependente și cele independente cu ajutorul logaritmului natural (fig. 2.7.); β_0 este interceptul sau valoarea de control pentru care se consideră că x=0 (Hilbe, 2009; Burt și Barber, 1996).

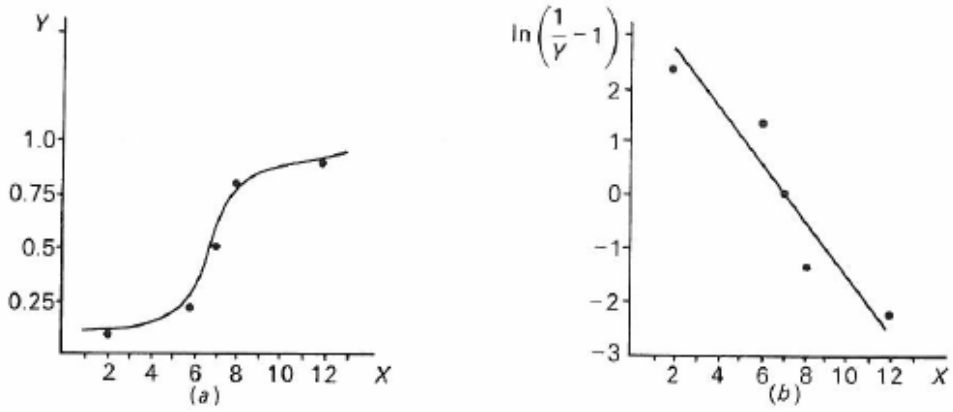


Fig. 2.7. (a) Funcția logistică și (b) transformarea liniară a acesteia (Burt și Barber, 1996, p. 496),

În continuare rezultatele modelului regresiei logistice pot fi incluse într-o analiză cantitativă a riscului la nivel bazinal, în măsura în care sunt disponibile datele necesare realizării unei analize cantitative a vulnerabilității elementelor expuse la risc. În lucrarea de față o astfel de estimare s-a realizat în capitolul 7 pentru trei alunecări de teren din arealul Baia Sprie – Dănești.

3. DEPRESIUNEA BAIA MARE – IDENTITATE GEOGRAFICĂ ȘI PREMISE ALE MODELĂRII RELIEFULUI

3.1. Așezare și limite

Depresiunea Baia Mare este situată la contactul cu munții vulcanici din grupa nordică a Carpaților Orientali și este inclusă ca unitate geografică în cadrul unității Dealurilor Crișanei, subunitatea Dealurilor Silvano-Someșene (Geografia României, vol. IV 1992), delimitându-se față de unitățile învecinate (fig. 3.1.) pe baza criteriilor litologice și morfologice.

3.2. Premise geologice ale modelării reliefului

După delimitarea tectonică a bazinului Baia Mare, în principal în urma mișcărilor alpine (Paucă, 1964), procesele sedimentare au continuat evoluția geologică a acestui spațiu în paralel cu activitatea vulcanică. După retragerea apelor pannonice, procesele de eroziune și acumulare s-au intensificat rezultând ulterior largi depuneri piemontane (Ghiurcă, 1969; Posea, 1962) și a început instalarea rețelei hidrografice în depozitele depresionare, îndepărtând mai multe sute de metri de sedimente miocene, după care râurile s-au angajat în rocile fundamentului prepliocen (Paucă, 1977; Coteț, 1973). Procesul de modelare fluviatilă continuă, cel mai recent depozit sedimentar fiind reprezentat de Cuaternar, prezent mai ales în cadrul teraselor și luncilor, cât și pe culmile dealurilor, unde în urma spălării rocilor dezagregate din unitățile învecinate eruptive și cristaline s-a depus o argilă galbenă deluvială (Paucă, 1964). Ca urmare a acestor procese, cele mai importante unități litologice din cadrul depresiunii sunt reprezentate de Sarmațian, Pannonian și Cuaternar.

3.3 Premise meteo-climatice și hidrografice ale modelării reliefului

Situarea Depresiunii Baia Mare în nord-vestul României, sub influența circulației vestice și în vecinătatea Munților Gutâi, determină înregistrarea la stația meteorologică Baia Mare a unei medii anuale a precipitațiilor de 894,8 mm/an (calculată pentru perioada 1961-2011) și variația acestui indicator de la 600-700 mm/an în vest la circa 1000 mm/an în sud și est (Atlasul climatologic al R.S.R, 1966; Covaci, 2005).

Din punct de vedere termic, arealul depresiunii se încadrează în climatul continental moderat, cu ierni blânde și temperaturi atenuate în lunile de vară. Astfel, temperatura medie anuală (1971-2000) la stația Baia Mare este de 9,7 °C (PUG Baia Mare, 2011). Circulația vestică este predominantă (12,5%) în perioada caldă a anului, în timp ce direcția estică a vântului reprezintă 11,9% din circulația perioadei reci.

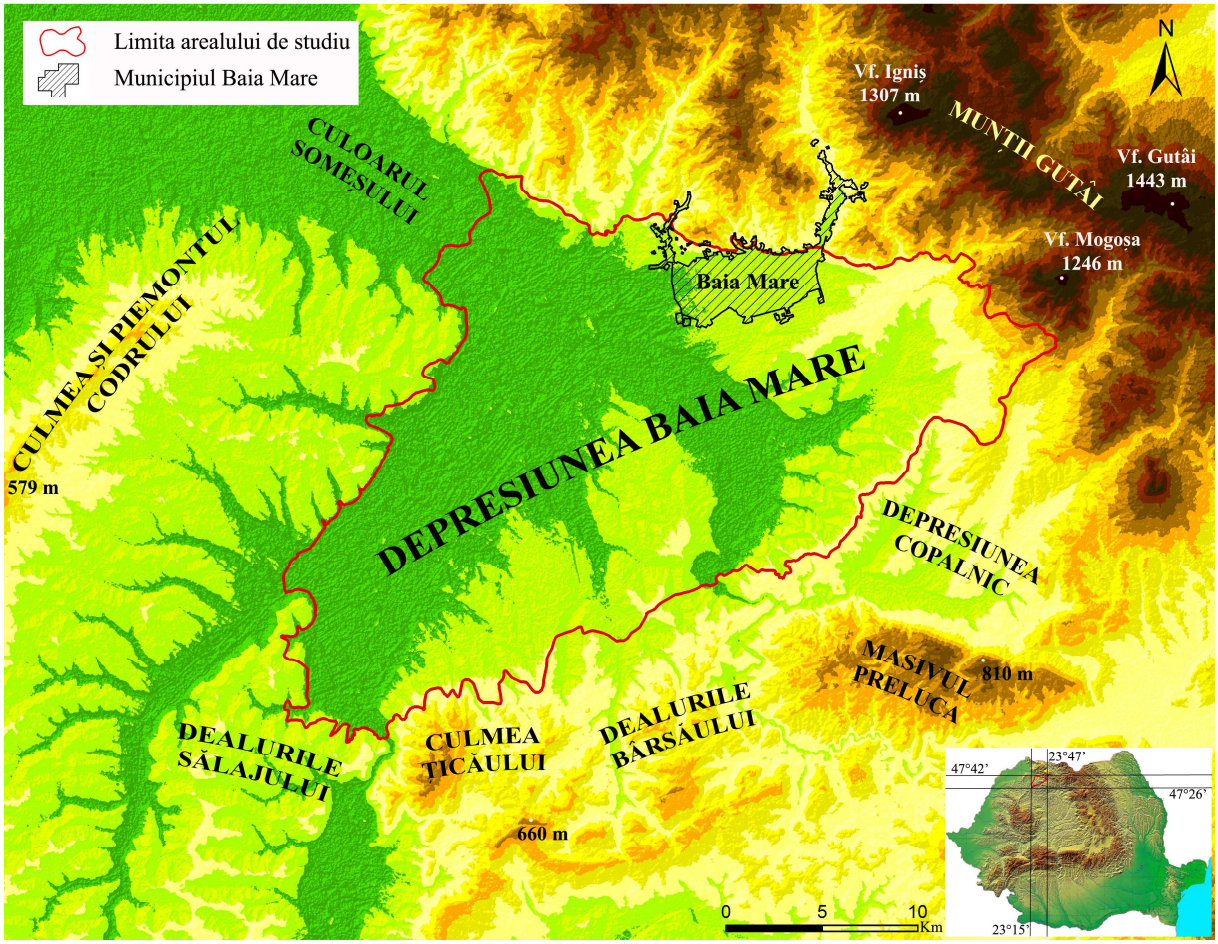


Fig. 3.1. Poziția geografică a arealului de studiu și raportarea la unitățile învecinate.

La nivelul **rețelei hidrografice** specificul climatic al arealului de studiu determină manifestarea unui regim de scurgere cu ape mari de primăvară timpurii (martie-aprilie) inclus regimului carpatic vestic, proveniența apelor curgătoare fiind în proporție de aproximativ 47% din ploi, 50% din ploi și zăpezi și 3% din zăpezi (Ujvari, 1972). Rețeaua hidrografică este bine dezvoltată și cuprinde o serie de cursuri de apă cu scurgere bogată: Someșul, Bârsăul, Lăpușul, Săsarul și afluenții acestora.

3.4. Premise biopedogeografice ale modelării reliefului

În cadrul Depresiunii Baia Mare se dezvoltă gorunetele, făgetele și goruneto-făgetele la altitudini cuprinse între 300-700 m, pe eutricambosoluri sau luvosoluri, cărora li se asociază graminee, păiuș și alte specii ierboase (Filip, 2008; Coman, 2006). Pădurile de amestec de cvercinee cu alte foioase se dezvoltă pe versanții însoriți ai dealurilor piemontane și pe terasele înalte, la altitudini cuprinse între 250 și 400 m, solurile specifice acestui etaj fiind luvosolurile, iar pe terasele joase și în luncă (150-250 m) vegetația forestieră este reprezentată insular, cele mai mari suprafețe fiind ocupate de vegetația ierboasă. De-a lungul cursurilor de apă se dezvoltă intrazonal zăvoaie cu anin negru, sălcii și plopi pe hidrisoluri.

3.5. Premise antropice ale modelării reliefului

Din punct de vedere antropic Depresiunea Baia Mare se conturează ca un spațiu bine populat, suprafețele antropice reprezentând circa 15% din totalul de 600 km^2 și cuprind teritoriile complete sau parțiale din 16 comune și 5 unități administrativ teritoriale urbane (fig. 3.10.), însumând circa 70 de așezări umane, din care 5 orașe: Baia Mare – 123.738 loc., Baia Sprie – 15.476 loc., Șomcuta Mare – 7.565 loc., Ulmeni – 7.270 loc., Tăuții-Măgherăuș - 7.136 loc. (Recensământul populației, 2011).

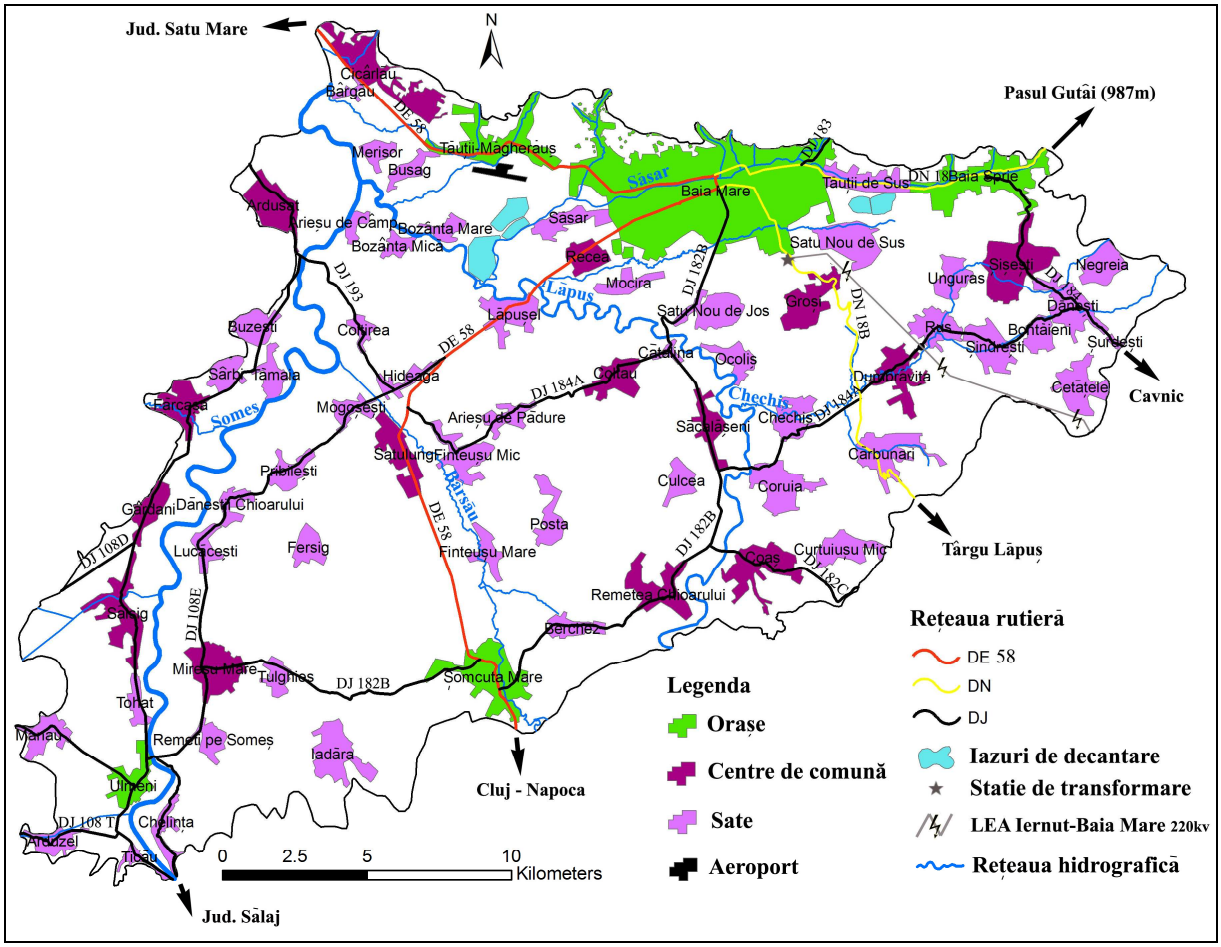


Fig. 3.10. Harta principalelor elemente antropice din Depresiunea Baia Mare.

4. RELIEFUL DEPRESIUNII BAIA MARE

4.1. Caracteristici morfologice

Din punct de vedere geomorfologic în spațiul depresionar se pot identifica trei trepte morfogenetice principale: câmpia joasă cu terasele inferioare și luncile, corespunzătoare ariei de convergență hidrografică (sub altitudinea de 200 m); glacisul piemontan desfășurat sub forma unei fâșii înguste la contactul cu Munții Igniș (foto 4.3.), piemonturile și dealurile;

câmpul înalt al teraselor mijlocii și superioare și al interfluviilor dintre principalele râuri: Săsar, Lăpuș, Bârsău și Someș (Geografia României, vol.IV 1992; Posea et al., 1980).

Foto 4.3. Limita superioară a glacisului Băii Mari (linie punctată; 2013).

4.2. Caracteristici morfometrice

Evoluția paleogeografică dominată de procese de sedimentare urmate de acțiunea modelatoare a apelor curgătoare determină o scădere treptată a altitudinii dinspre est spre vest și dinspre sud spre nord, atingând altitudinea minimă (142 m) în aria de convergență hidrografică marcată de confluența Someșului cu Lăpușul. Altitudinea maximă (723 m) se înregistrează în extremitatea nord-estică a depresiunii la contactul cu spațiul montan.

Harta geodeclivității din figura 4.3. evidențiază repartiția versanților înclinați (5-15°) în cadrul dealurilor intradepresionare și al glacisului Băii Mari, reprezentând circa 25% din suprafața totală a depresiunii, la care se adaugă unele sectoare cu înclinare accentuată (15-35°) reduse ca extensiune. Orientarea versanților evidențiază o repartizare aproape egală a suprafețelor umbrite - semiumbrite și a celor însorite – semiînsorite, cele din urmă fiind specifice jumătății nordice a depresiunii, piemontului și glacisului Băii Mari.

Hărțile tematice ale curburii terenului în profil, respectiv în plan, realizate cu ajutorul tehnicilor GIS pe baza modelului digital de elevație, permit identificarea tipurilor de versanți și indirect, a influenței acestora asupra proceselor de versant, respectiv a direcției convergente sau divergente de curgere.

Prin intermediul densității fragmentării reliefului se pun în evidență suprafețele interfluviale, cele mai extinse fiind pe suprafața Piemontului Posta, în Dealurile Curtuiușului și pe versantul nordic al Piemontului Baia Mare (Culmea Groșilor), caracterizate de valorile minime ale acestui indicator (0-1 km/km^2). În același timp, adâncimea fragmentării este un indicator important al energiei de relief care stă la baza proceselor de versant, valorile maxime din

Depresiunea Baia Mare (250-366 m/km^2) caracterizând extremitățile nordice și nord-estice ale depresiunii corespunzătoare glacisului Baia Mare și Piemontului Negreii.

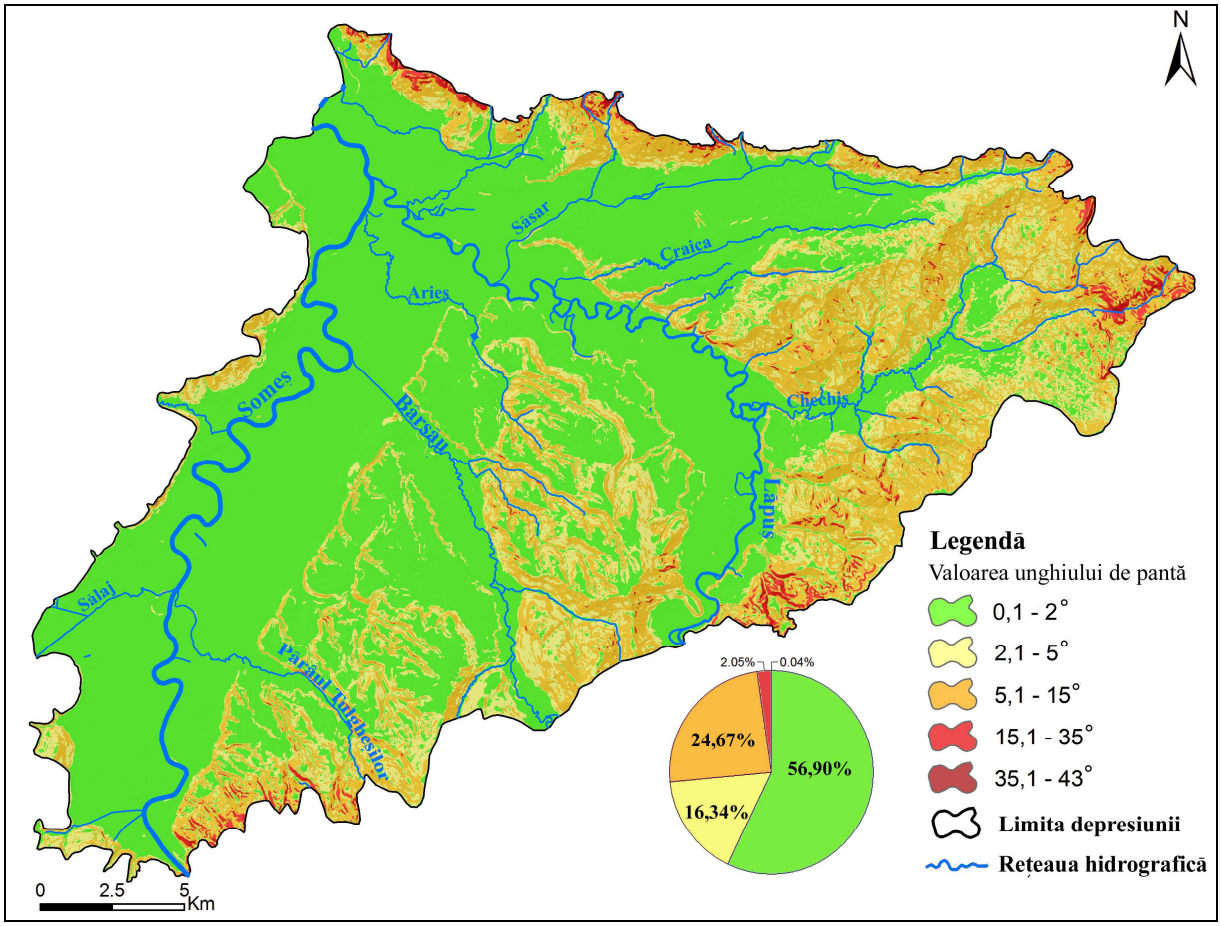


Fig. 4.3. Harta categoriilor de pantă din Depresiunea Baia Mare (0,1-2º cvasiorizontală şi uşor înclinată; 2,1-5º moderat înclinată; 5,1-15º înclinată; 15,1-35º cu înclinare accentuată; 35,1-43º puternic înclinată).

4.3. Procese actuale de modelare a reliefului

Procesele de versant actuale din cadrul Depresiunii Baia Mare sunt reprezentate prin eroziune torențială, alunecări și surpări, care afectează în special depozitele pliocene și miocene din dealurile Iadărei, Șomcutei, Groșilor și Șișeștilor, iar în exteriorul limitelor depresiunii, în extremitatea sud-vestică, dealurile Urmenișului. La aceste areale identificate în 1973 de Coteț se adaugă glacisul Băii Mari cu multiple alunecări de teren dezvoltate în contextul creșterii presiunii antropice prin extinderea suprafeței construite a ariei municipale. În cadrul luncilor procesele de eroziune laterală modelează în continuu morfologia albiilor cu efect asupra stabilității malurilor și a versanților adiacenți.

4.4. Alunecările de teren din Depresiunea Baia Mare

În Depresiunea Baia Mare alunecările de teren se asociază de obicei sedimentarului pannonic (Miocen-Pliocen), reprezentat în special prin argile marnoase, cu depozite acoperitoare cuaternare în strat de 4-5 m, reprezentate prin argile prăfoase și argile contractile, într-o structură consecventă (Zaharia și Driga, 2009; PUG Baia Mare, 2011; Zaharia, 2012).

Foto 4.4. Argile prăfoase și argile contractile cuaternare (Groși, 2010).

Caracteristicile argilelor contractile cuaternare (foto 4.4.) fac identificarea condițiilor exacte de producere a alunecărilor de teren să fie un proces dificil și complex. Pe lângă acumularea în timp a apei din ploile de durată, care duce la un moment dat la deplasarea materialului pe versant prin alunecare, pot să apară și situații când aceste condiții nu sunt suficiente sau nu sunt singurele care declanșează aceste procese. Astfel, în urma unor perioade secetoase, în stratul de argile contractile se produc crăpături prin intermediul cărora în timpul precipitațiilor ulterioare apa pătrunde cu ușurință până la stratul impermeabil. Precipitațiile și apa din topirea zăpezii pot ajunge de asemenea prin intermediul unor depozite nisipoase prezente în anumite secțiuni la stratul impermabil al argilelor marnoase (foto 4.5.) sau la intercalații impermeabile din interiorul depozitelor cuaternare, apărând suprafețe de alunecare (PUG Baia Mare, 2011; Zaharia, 2012).

Foto 4.5. Argile marnoase acoperite de argile prăfoase și argile contractile în deschidere la Dumbrăvita (foto: S. Zaharia, 2008).

Foto 4.6. Alunecare de teren rotațională în localitatea Grosi (2012).

Morfologia majorității alunecărilor de teren din Depresiunea Baia Mare permite identificarea, conform clasificării realizate de Varnes (1978), a unor mișcări cu caracter rotațional (foto 4.6) având ca și caracteristici morfologice o ridicare a corpului alunecării până la producerea de inversiuni de pantă,

întreruperea rețelei de drenaj (Crozier, 1984) apariția izvoarelor între valurile de alunecare (Varnes, 1978).

Alunecările translaționale observate în arealul studiat sunt de dimensiuni mai mici, noi sau reactivări pe corpul alunecărilor vechi (foto 4.7), la acestea adăugându-se numeroase situații cu zone succesive de desprindere, ce pot fi descrise ca alunecări multiple cu suprafețe de alunecare racordate la o suprafață de alunecare bazală (Buma și van Asch, 1996). O morfologie asemănătoare, dar cu adâncimi mai reduse și suprafețe de alunecare individuale o au alunecările succesive (Hutchinson, 1988). Din păcate, diferențierea dintre aceste două tipuri este dificilă în lipsa unor date exacte legate de poziția suprafețelor de alunecare.

Foto 4.7. Alunecare de teren recentă de tip translațional pe corpul unei alunecări vechi (Dănești, 2013).

5. ANALIZA CALITATIVĂ A RISCULUI LA ALUNECĂRI DE TEREN ÎN DEPRESIUNEA BAIA MARE

5.1. Susceptibilitatea la alunecări de teren în Depresiunea Baia Mare

Utilizând metoda descrisă în H.G. 447/2003 s-a calculat coeficientul mediu de susceptibilitate pentru arealul Depresiunii Baia Mare pe baza coeficienților factoriali:

Ka – litologic;
Kb – geomorfologic;
Kc – structural;
Kd – hidrologic și climatic;
Ke – hidrogeologic;
Kf – seismic;
Kg – silvic;
Kh – antropic.

Tabelul 5.1. Coeficienții factorilor Ka-litologic, Kc-structural și Ke- hidrogeologic estimați euristic pe baza unităților litologice.

Unitatea litologică	Ka	Kc	Ke
Șisturi cristaline (Precambrian),	0,50	0,50	0,30
Priabonian (Eocen),	0,10	0,50	0,50
Lattorfian (Oligocen)	0,40	0,50	0,50
Chattian – Burdigalian (Oligocen)	0,60	0,50	0,50
Badenian (Miocen)	0,50	0,50	0,50
Sarmațian / Volhinian + Bessarabian (Miocen)	0,60	0,85	0,70
Pannonian (Miocen Superior-Pliocen)	1,00	1,00	0,70
Andezite (Sarmațian inferior),	0,05	0,05	0,15
Dacite de Dănești	0,00	0,00	0,10
Cuaternar – Holocen superior	0,40	0,05	0,40
- Holocen inferior	0,40	0,05	0,50
- Pleistocen superior	0,90	0,80	0,90
- Pleistocen inferior	0,85	0,80	0,90

În tabelul 5.1. se ilustrează valorile coeficienților **litologic (Ka), structural (Kc) și hidrogeologic (Ke)** în determinarea cărora s-a utilizat harta geologică 1:200 000 (foaia nr.3 Baia Mare, 1967). Determinarea **indicelui geomorfologic (Kb)** s-a realizat pe baza corespondenței dintre intervalele de pantă și clasele

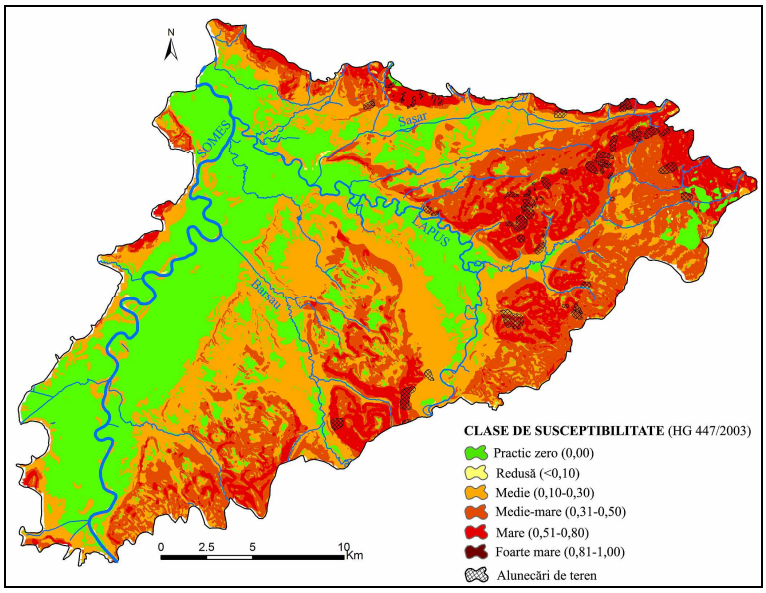


Fig. 5.3. Harta susceptibilității la alunecări de teren (intervale de valori ale coeficientului mediu de susceptibilitate stabilite de H.G. 447/2003).

de probabilitate (0 – practic zero; <0,10 – redusă; 0,10-0,30 – medie; 0,31-0,50 – medie-mare; 0,51-0,80 – mare; >0,80 – foarte mare) descrise în legislație (H.G. 447/2003), în timp ce **coeficientul hidrologic și climatic (Kd)** a fost determinat cu ajutorul coeficientului de scurgere (Marchidanu, 2005) calculat pe baza tabelelor Frevert cu ajutorul tehnicilor GIS de suprapunere și analiză spațială a rasterelor corespunzătoare utilizării terenului, texturii solului și pantei (Bilașco, 2008). Nu în ultimul rând **coeficientul seismic** (**Kf**) cu valoarea de 0,50 corespunde intensității seismice potențiale de gradul 6 pe scara M.S.K. (H.G. 447/2003; Marchidanu, 2005), iar clasele de utilizare a terenului Corine (2006) au fost utilizate pentru determinarea euristică a valorilor coeficienților silvic (**Kg**) și antropic (**Kh**).

Valorile celor opt factori astfel determinate sunt utilizate pentru a clasifica în mod automat fiecare factor, generându-se cu ajutorul ArcGis 9.3 câte un raster corespunzător. Combinarea rasterelor pentru calcularea coeficientului de susceptibilitate și generarea hărții acestuia se realizează utilizând MapAlgebra și formula:

$$K(m) = \sqrt{\frac{K(a) \times K(b)}{6} \times [K(c) + K(d) + K(e) + K(f) + K(g) + K(h)]} \quad \textbf{(5.2.)}$$

în care:

K(m) = coeficientul mediu de suceptibilitate (GT 006-97; H.G. 447/2003; Marchidanu, 2005).

Validarea hărții de susceptibilitate s-a realizat prin suprapunerea alunecărilor cartate în Depresiunea Baia Mare și calculul ratei de predicție (Chung și Fabbri, 2003) care indică faptul că în 10% din arealul studiat, având cele mai mari valori ale susceptibilității, au fost identificate 62% din alunecările cartate în teren, astfel majoritatea formelor și proceselor cartate anterior se suprapun claselor cu susceptibilitate ridicată (Chung și Fabbri, 2005), ceea ce indică o capacitate de predicție foarte bună a hărții. Intervalele de valori corespunzătoare fiecărei clase de susceptibilitate au fost stabilite conform H.G. 447/2003 (fig. 5.3.), iar

validarea pe clase de susceptibilitate (fig. 5.4.) indică faptul că 70% din alunecările din teren sunt incluse în clasa de susceptibilitate mare.

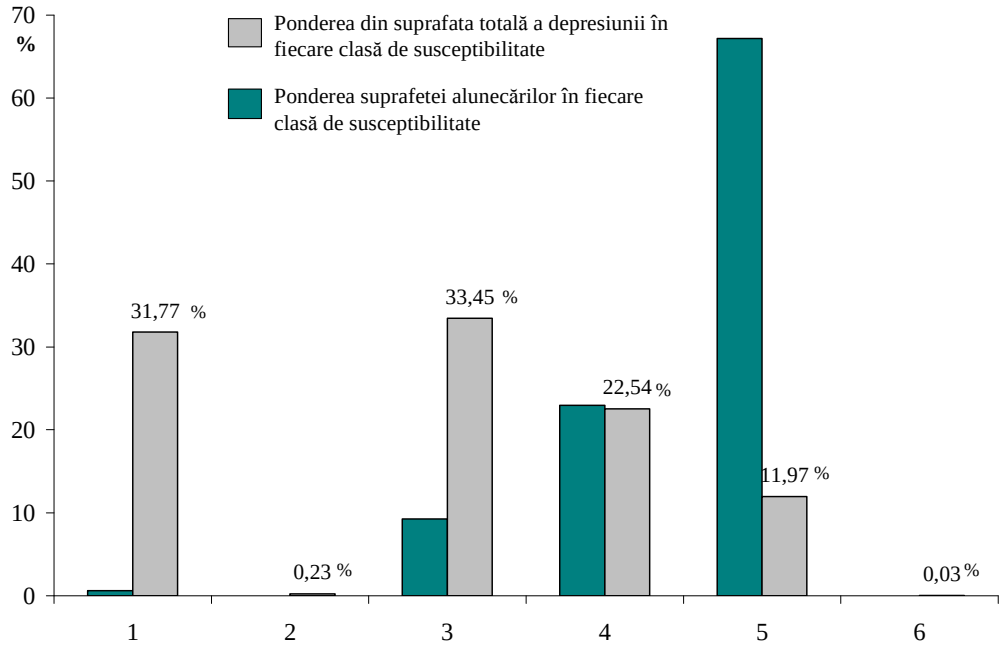


Fig. 5.4. Raportarea alunecărilor de teren cartate la întreg teritoriul analizat, pe clase de susceptibilitate (1-practic zero, 2-redusă, 3-medie, 4-medie-mare, 5-mare, 6-foarte mare; H.G. 447/2003).

5.2. Analiza hazardului

Pe baza hărții de susceptibilitate la alunecări de teren se pot stabili clasele de hazard corespunzătoare arealului depresionar, utilizând o abordare calitativă motivată de scara de analiză și disponibilitatea datelor (tabelul 5.6.).

5.3. Analiza vulnerabilității

În funcție de informațiile disponibile la acest moment, s-a optat pentru adoptarea a cinci clase care descriu consecințele posibile aplicabile suprafețelor intravilane și drumurilor județene, naționale și europene din arealul de studiu. Acestea iau în considerare vulnerabilitatea acestor elemente (factorii care oferă informații asupra rezilienței elementelor construite și asupra expunerii lor) și valoarea generală a pagubelor directe și indirecte asociate. Aceste clase au fost definite de Fell

Tabelul 5.6. Corespondența claselor de susceptibilitate și probabilitate în definirea claselor de hazard.

Nr.	Clase de susceptibilitate	Clase de probabilitate	Clase de hazard
1	Practic zero	Imposibil	Foarte scăzut
2	Redusă	Rar	Scăzut
3	Medie	Improbabil	Mediu
4	Medie-mare	Posibil	Mediu-ridicat
5	Mare	Probabil	Ridicat
6	Foarte mare	Aproape sigur	Foarte ridicat

Sursa: după Fell et al. (2005); AGS (2000); AGS, 2007a.

et al. (2005) după AGS (2000; reluate de AGS, 2007a) prin descriptori calitativi ai pagubelor estimate și au fost completate cu exemple semi-cantitative din Depresiunea Baia Mare (tabelul 5.7).

Tabel 5.7. Clase de consecințe (adaptate după Fell et al., 2005 și AGS, 2000), **valoarea estimativă a vulnerabilității** (V) **și exemple din Depresiunea Baia Mare.**

Nr	Descriptor consecințe	Descriere	Exemple din Depresiunea Baia Mare	Magnitudinea sau specificul de manifestare a alunecărilor înregistrate
V	**Catastrofal** ***V = 1***	distrugere completă a structurii sau pagube extinse care necesită lucrări majore de stabilizare	deformarea și prăbușirea caselor, cu necesitatea evacuării; răsturnarea stâlpilor, ruperea și prăbușirea carosabilului pe ambele sensuri	alunecări bruște cu viteze mari (ex.Groși, 13.05.1977 – 12m în 6h), >2m adâncime; Cărbunar martie 1999; Chelința 19.01.2011).
IV	**Major** ***V = 0,75***	pagube extinse, afectează cea mai mare parte a structurii sau se extind în afara arealului analizat și necesită lucrări de stabilizare importante	crăpături și deformări la nivelul caselor, înclinarea stâlpilor, crăpături și denivelări ale drumurilor, prăbușirea carosabilului pe un sens;	alunecări bruște sau lente, reactivări frecvente; (ex.Groși, Remetea Chioarului, Chelința, Ulmeni -reactivări locale)
III	**Mediu** ***V = 0,50***	pagube moderate la unele dintre structuri, sau o parte importantă din elementul analizat necesită lucrări extinse de stabilizare	crăpături la nivelul caselor și anexelor, zidurilor, ușoara înclinare a stâlpilor, denivelări și ruperi la nivelul drumurilor	alunecări lente cu reactivări bruște de magnitudine redusă (deplasare vizibilă doar prin intermediul pagubelor provocate) (ex.Unguraș, Dănești, Cărbunar, Satu Nou de Jos – deformări de 5-30 cm ale drumului)
II	**Minor** ***V = 0,25***	pagube limitate la o parte din structură, sau o parte din elementul analizat necesită unele lucrări de stabilizare/reparare	crăpături care nu afectează stabilitatea caselor și anexelor, ușoara înclinare a stâlpilor, denivelări de ordinul centimetrilor la nivelul drumurilor	alunecări lente, reactivări de mici dimensiunini, superficiale (ex. deformări <5 cm ale drumului, crăpături ale tencuielii caselor)
I	**Nesemnificativ** ***V = 0,10***	pagube reduse	crăpături minore	mișcări foarte lente sau lipsa mișcărilor

Pentru drumurile din Depresiunea Baia Mare clasele care descriu consecințele posibile în cazul producerii de alunecări de teren (tabelul 5.7.) au fost atribuite conform tabelului 5.8., pe baza căruia s-au realizat operațiuni de tip „overlay“, respectiv combinarea rasterului

Tabelul 5.8. Matricea atribuirii claselor de consecințe pe baza susceptibilității la alunecări de teren (utilizat ca proxi pentru expunere) **și reziliența elementelor la risc, grupate în drumuri județene, naționale și drumul european E58.**

DRUM	Km - 1	Km - 2	Km - 3	Km - 4	Km - 5	Km - 6
1 – DJ și DN	I	II	III	IV	IV	V
2 – E 58	I	I	II	III	III	IV

drumuri („*drum_012“*) cu rasterul susceptibilității la alunecări de teren („*km“*), utilizând o expresie prin care se realizează analiza spațială, pe baza condițiilor logice (CON), de tipul:

„drum_consecințe“ = con([drum_012] == 0 & [km] == 1, 0, con([drum_012] == 0 & [km] == 2, 0, … con([drum_012] == 1 & [km] == 1, 1, con([drum_012] == 1 & [km] == 2, 2, … con([drum_012] == 2 & [km] == 1, 1, con([drum_012] == 2 & [km] == 2, 1, … con([drum_012] == 2 & [km] == 6, 4, 0)))))))))))))))) **(5.4.)**

Validarea rezultatelor s-a realizat în mod euristic comparând rezultatele obținute cu observații din teren. Astfel, sectorul drumului județean 182B ilustrat în fig. 5.8. este cunoscut pentru mișcările de alunecare produse frecvent pe versantul drept al văii Chechiș, care determină deformări ale carosabilului de ordinul zecilor de centimetri (fig.5.8. și foto 5.1.). Acest sector de drum a fost inclus în categoria consecințelor potențiale majore, în concordanță cu situația observată și în teren.

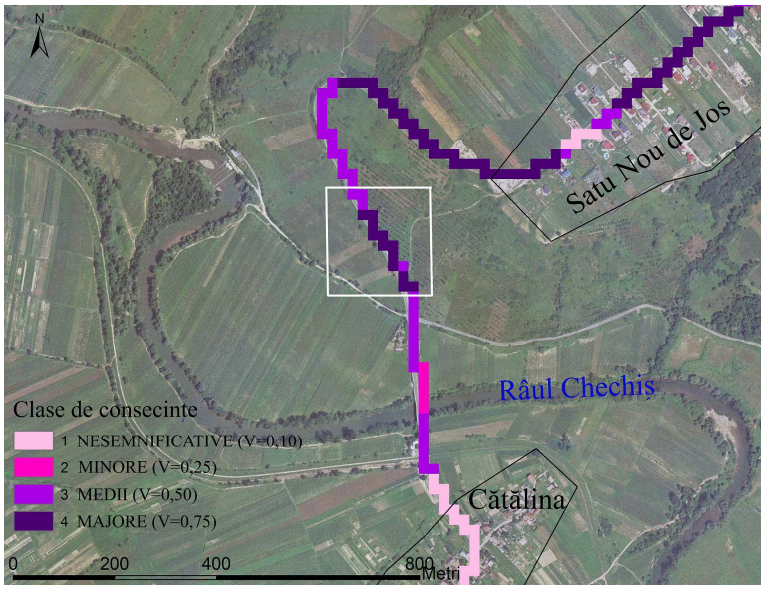


Fig. 5.8. Clase de consecințe estimate pentru drumuri – exemplu de pe tronsonul DJ 182B între localitățile Cătălina și Satu Nou de Jos (chenarul alb indică localizarea pentru foto 5.1.).

Foto 5.1. Carosabilul drumului județean DJ 182B reparat periodic datorită denivelărilor provocate de mișcări de alunecare (în fundal, localitatea Cătălina; drenurile amplasate în amonte se dovedesc ineficiente (2013).

Luând în considerare o serie de factori în estimarea vulnerabilității suprafeței intravilanelor, fără însă a-i cuantifica la acest nivel de analiză, s-au stabilit patru categorii de așezări umane și li s-au atribuit clase de consecințe, conform tabelului 5.9. Rasterul corespunzător a fost generat cu ajutorul Map Algebra, utilizând o expresie algebrică de tipul celei utilizate anterior în cazul

Tabelul 5.9. Matricea atribuirii claselor de consecințe pe baza susceptibilității la alunecări de teren (utilizat ca proxi pentru expunere) **și a rezilienței/senzitivității elementelor la risc.**

Categorie intravilan	Km - 1	Km - 2	Km - 3	Km - 4	Km – 5	Km - 6
1 – municipiul Baia Mare	I	II	III	IV	V	V
2 – orașe	I	II	III	IV	IV	V
3 – centre de comună	I	I	II	III	IV	V
4 - sate	I	I	II	III	IV	IV

drumurilor.

Harta rezultată (fig. 5.9.) identifică în clasele medii și majore de consecințe (vulnerabilitate cuprinsă între 0,50-0,75) principalele localități menționate în rapoartele ISU cu pagube la nivelul construcțiilor, case sau anexe, terenuri agricole sau livezi din apropierea locuințelor (din 2008 până în prezent) și localitățile în care au fost observate alunecări de teren în cadrul intravilanului.

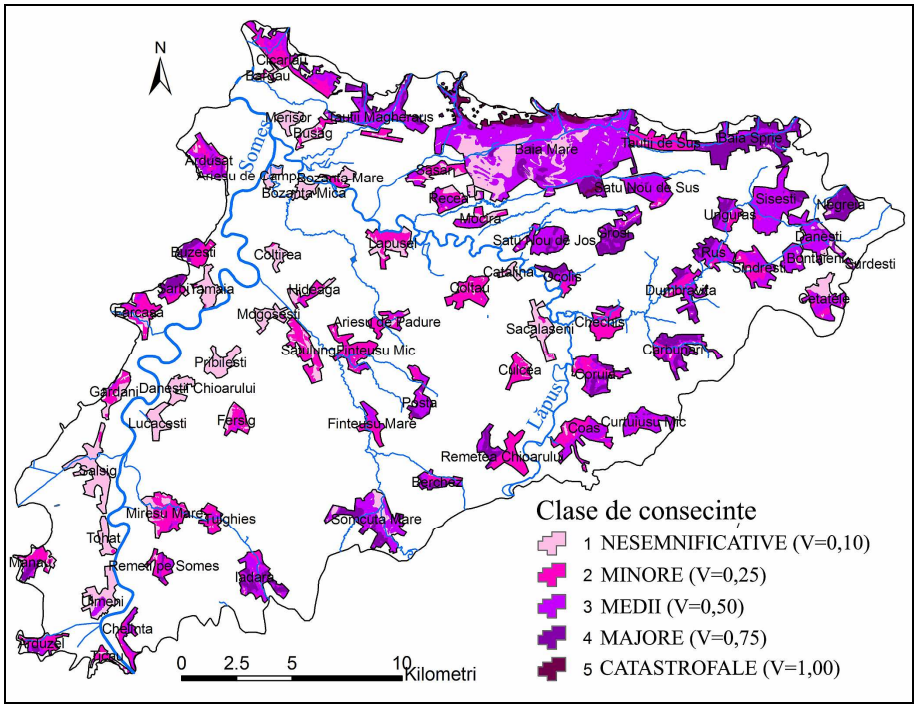


Fig. 5.9. Harta vulnerabilității exprimată prin intermediul claselor de consecințe posibile la alunecări de teren (estimată pentru suprafața intravilanelor din Depresiunea Baia Mare).

O analiză asemănătoare s-a realizat pentru stâlpii de înaltă tensiune din linia electrică aeriană (LEA) de 220kv Iernut - Baia Mare care tranzitează depresiunea în cadrul bazinului hidrografic Chechiș. Pentru determinarea claselor de vulnerabilitate s-a generat un raster cu rezoluția de 20 m care să reprezinte distanța euclidiană față de stâlpi în intervalele 0-20 m, 20-40 m, 40-60 m, obținându-se astfel trei clase de distanță pentru care s-au atribuit trei valori ale vulnerabilității: 0,5 (consecințe medii pentru intervalul 0-20 m), 0,25 (consecințe minore pentru 20-40 m) și 0,10 (consecințe nesemnificative pentru 40-60 m).

5.4. Analiza riscului

Estimarea riscului specific la alunecări de teren s-a realizat separat pentru fiecare din cele trei tipuri de elemente la risc analizate, combinând rasterelor obținute anterior prin atribuirea de clase calitative probabilității de producere a alunecărilor de teren și consecințelor posibile asociate. Această operațiune s-a realizat utilizând opțiunea Raster Calculator și s-a bazat pe câte o expresie care utilizează condiții logice (CON) utilizând matricea ilustrată în tabelul 5.10. Pe harta finală a riscului la alunecări de teren combinată pentru drumuri și intravilane, există situații în care clasele de risc diferă pentru pixeli comuni celor două

elemente la risc analizate, astfel că s-a utilizat un cod de reprezentare care să poată permite identificarea ambelor clase de risc.

Tabelul 5.10. Matricea de estimare calitativă a valorii riscului pe baza probabilității de producere a alunecărilor de teren și a nivelului consecințelor asociate.

Probabilitate	**Consecințe asociate elementului la risc**				
	Catastrofal - V	Major - IV	Mediu - III	Minor - II	Nesemnificativ - I
Aproape sigur - 6	**FR**	**FR**	**R**	**R**	**M**
Probabil - 5	**FR**	**R**	**R**	**M**	**S-M**
Posibil - 4	**R**	**R**	**M**	**S-M**	**FS-S**
Improbabil – 3	**M-R**	**M**	**S-M**	**FS-S**	**FS**
Rar – 2	**M-S**	**S-M**	**FS-S**	**FS**	**FS**
Imposibil -1	**FS**	**FS**	**FS**	**FS**	**FS**

FR – foarte ridicat, R – ridicat, M – mediu, S – scăzut, FS – foarte scăzut
(S-a selectat varianta inferioară în fiecare caz unde apar două clase de risc; după Fell et al., 2005; AGS, 2002).

Rezultatele obținute evidențiază o serie de localități în care anumite sectoare de intravilan sunt incluse în categoria cu consecințe potențiale majore: Iadăra, Șomcuta Mare, Berchez, Remetea Chioarului, Posta, Coruia, Sârbi, Buzești, Cărbunari, Ocoliș, Groși, Satu Nou de Jos, Dumbrăvița, Rus, Unguraș, Șișești, Negreia, Baia Sprie, Baia Mare (fig. 5.17.). Evenimentele înregistrate care au cauzat pagube în trecut confirmă aceste rezultate și motivează includerea arealelor menționate în categoria de risc ridicat, inacceptabil fără studii detaliate și implementarea unor măsuri de intervenție.

În cadrul drumurilor din spațiul depresionar se evidențiază tronsoanele care tranzitează arealele cu susceptibiliate ridicată amintite, dintre care, cele mai expuse riscului la alunecări de teren fiind drumul național 18B între localitățile Cărbunari și Baia Mare și drumul județean 182B între localitățile Tulghieș și Remetea Chioarului. Acestea au fost afectate în mod repetat de mișcări majore de alunecare și sunt caracterizate și în prezent de procese active,

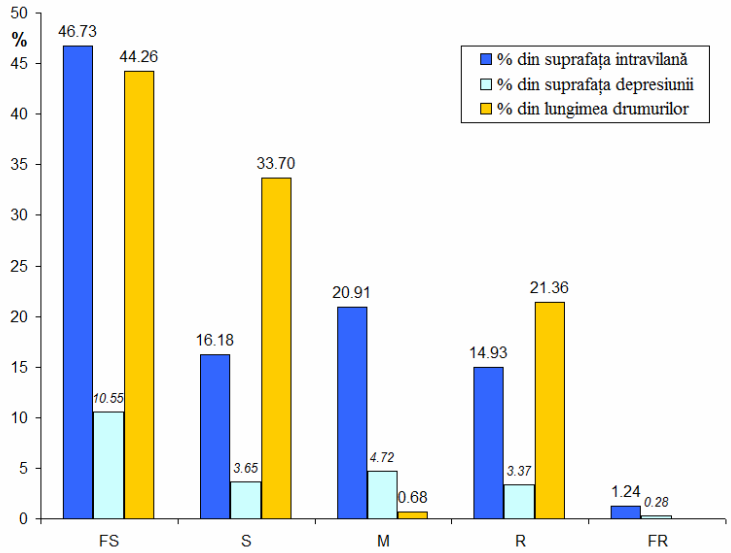


Fig. 5.12. Ponderea fiecărei clase de risc (suprafață intravilan – albastru și lungime drumuri - galben, raportate la suprafața totală a intravilanelor, lungimea totală a drumurilor și suprafața depresiunii).

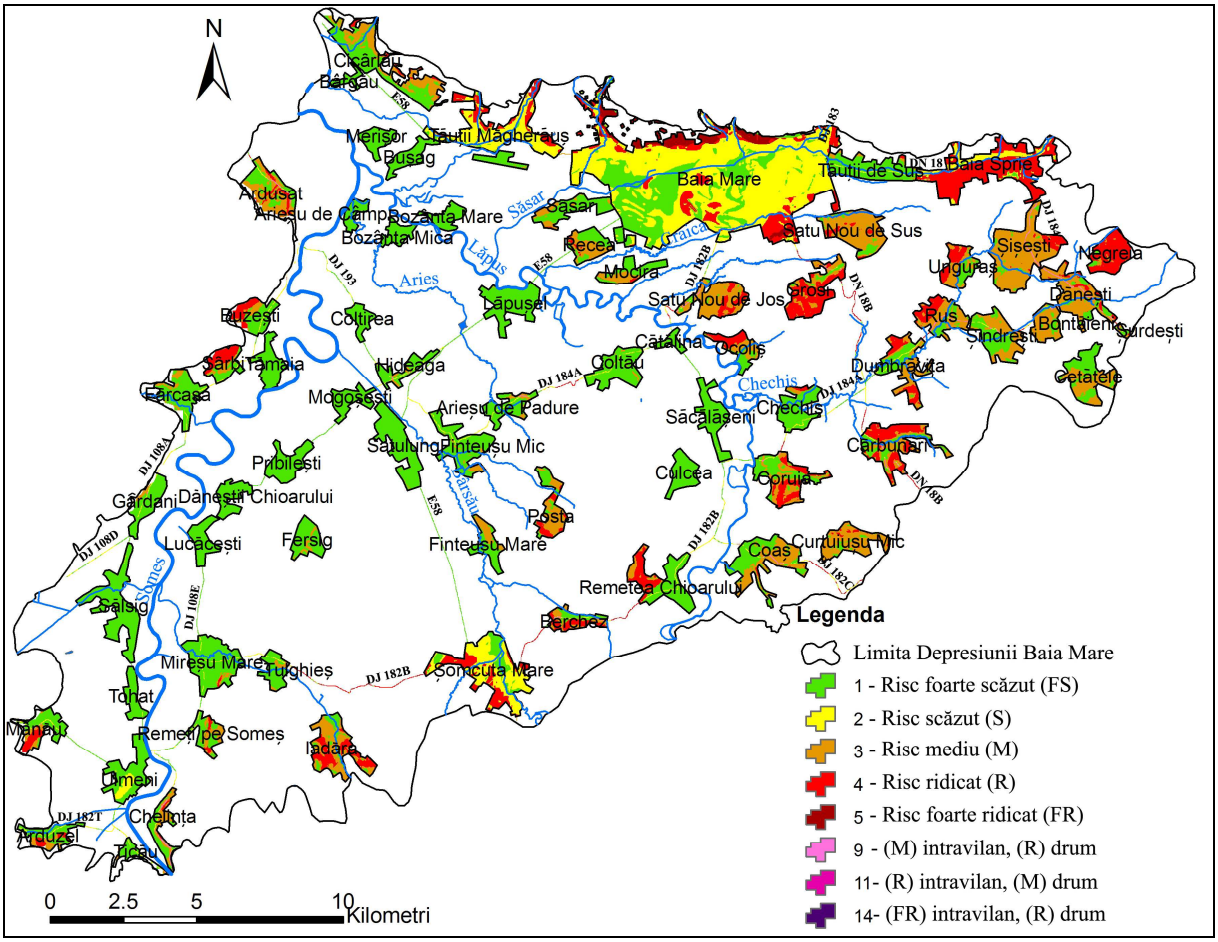


Fig. 5.17. Riscul la alunecări de teren asociat suprafețelor intravilane și drumurilor din Depresiunea Baia Mare.

astfel că se validează includerea unor porțiuni importante din lungimea acestora în categoria de risc ridicat, inacceptabil fără intervenții specializate.

Din suprafața totală a intravilanelor, circa 15% reprezintă areale cu risc ridicat la alunecări, în timp ce din lungimea totală a drumurilor, circa 21% (fig. 5.12.) este inclusă în această clasă de risc. La nivel depresionar aceste valori se transpun în 20,5 km^2 incluși în clasa de risc ridicat și 1,7 km^2 în clasa de risc foarte ridicat (în nordul municipiului Baia Mare), respectiv 48 km liniari de drum în clasa de risc ridicat.

În ceea ce privește riscul la alunecări de teren asociat stâlpilor de înaltă tensiune din LEA Iernut - Baia Mare (220kv), rezultatele indică cinci stâlpi pentru care valoarea riscului variază între scăzut și ridicat, în timp ce pentru restul stâlpilor domină clasele de risc scăzut și foarte scăzut.

6. ANALIZA CANTITATIVĂ A SUSCEPTIBILITĂȚII LA ALUNECĂRI DE TEREN – STUDIU DE CAZ ÎN BAZINUL CHECHIȘ

În vederea aplicării unei metode cantitative în determinarea expunerii teritoriului studiat la producerea de alunecări de teren, s-a optat pentru utilizarea unui areal de analiză mai restrâns din cadrul Depresiunii Baia Mare reprezentat de bazinul Râului Chechiș. Pornind de la inventarul alunecărilor realizat prin incursiuni în teren în perioada 2011-2013 se calculează susceptibilitatea arealului la producerea în viitor a altor alunecări de teren cu ajutorul ***modelului cantitativ al regresiei logistice***.

6.1. Alunecările de teren din bazinul Chechiș

Analiza preliminară a alunecărilor de teren identificate în acest areal permite evidențierea principalilor factori care au stat la baza mișcărilor de alunecare și a celor mai importante caracteristici geomorfologice, necesare analizei ulterioare a hazardului. Astfel s-au identificat în teren 56 de alunecări de teren grupate în șase areale conform fig. 6.2.: **I-Groși, II-Unguraș**, **III-Baia Sprie, IV-Dănești**, **V-Cărbunari** și **VI-Dumbrăvița**. Rezultatele observațiilor și cartărilor în teren prezentate în continuare au fost publicate ca rezultate preliminarii de Măguț et al., 2013.

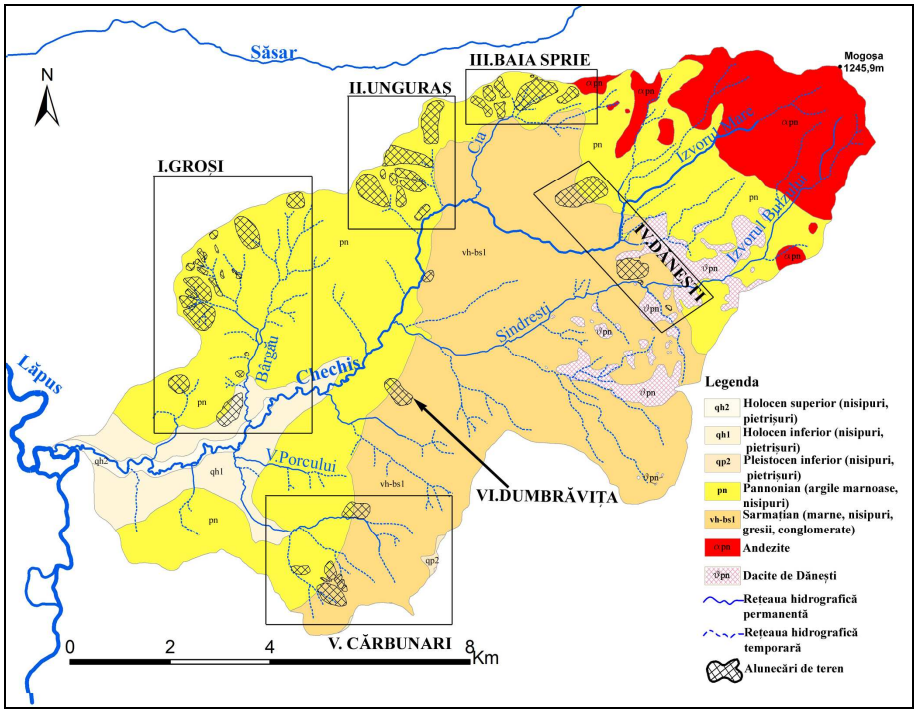


Fig. 6.2. Alunecările din bazinul Chechiș și litologia arealului studiat (după harta geologică 1:25000, foile Șișești și Baia Sprie, 1999).

Ciclul de revenire de 30 ani al perioadelor cu condiții climatice favorabile producerii de alunecări de teren (Surdeanu, 1998) este confirmat prin observarea pagubelor încă vizibile ale unor alunecărilor de la începutul anilor ’70 sau ale reactivărilor unor alunecări mai vechi din anii ’40-50 (foto 6.1.) și apariția de zone de desprindere recente în cadrul acestor areale.

Foto 6.1. Fântână răsturnată în localitatea Groși
(nivelul apei freatice observabil la <1 m de la suprafața terenului, 2012; sursa: Măguț et al., 2013).

Pe baza hărții geologice existente (fig. 6.2.) și a consultărilor cu ing. dr. Zaharia Sorin (s.c. Geoproiect s.r.l., Baia Mare), care a realizat în decursul timpului numeroase studii geotehnice în arealul Depresiunii Baia Mare, s-au completat o serie de profile morfologice realizate pe versanții afectați de alunecări cu informații litologice schematice. Două excepții în acest sens sunt arealul alunecării de la Dumbrăvița și arealul Baia Sprie-Dănești unde, ulterior realizării acestor profile, s-a realizat un studiu geotehnic pentru reabilitarea drumului județean, care a permis validarea și completarea profilelor prin date de foraj (capitolul 7) și stabilirea unor condiții generale de producere a alunecărilor de teren din bazinul Chechiș:

- majoritatea alunecărilor de teren (în care se includ și reactivările recente) se produc prin apariția unei suprafețe de alunecare în interiorul depozitelor cuaternare alcătuite din argile prăfoase contractile, în asociere cu nivelul hidrostatic și caracteristicile de drenaj ale versantului;

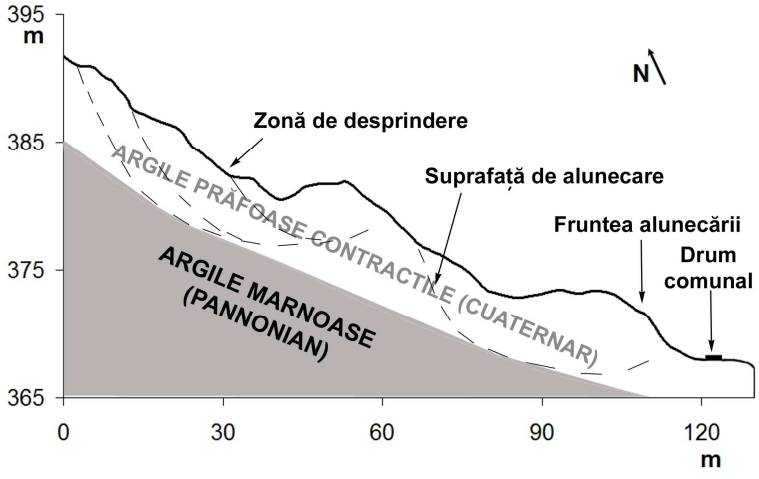


Fig. 6.4. Profil geomorfologic în arealul Ungurași
(după Măguț et al., 2013).

- alunecările de teren cu suprafețe de alunecare la interfața litologică dintre depozitele cuaternare și argilele marnoase pannoniene pot să apară în asociere cu suprafețe de alunecare din depozitele cuaternare atunci când condițiile de formare includ precipitații de lungă durată, precipitații care se succed unei perioade secetoase care duce la apariția de crăpături profunde (Zaharia, 2012), sau condiții de infiltrare locale care permit pătrunderea apei cu ușurință până la adâncimea depozitelor

pannoniene. Acestea pot fi unitare sau formate din intersectarea în timp a mai multor suprafețe de alunecare prin reactivări și extinderi ale arealelor afectate.

6.2. Determinarea susceptibilității la alunecări de teren utilizând regresia logistică

În arealul bazinului Chechiș s-au selectat o serie de factori a căror influență asupra producerii alunecărilor de teren va fi stabilită prin intermediul modelului regresiei logistice: litologia, energia reliefului, înclinarea versaților, orientarea versanților, curbura în plan, curbura în profil, densitatea fragmentării, distanța față de drumuri, distanța față de albii, indexul topografic al umidității (*Topographic Wetness Index*). Din punct de vedere statistic, acești factori constituie variabilele independente sau explicative, în timp ce alunecările de teren cartate în arealul de studiu reprezintă variabila dependentă, reprezentată prin două valori (Hair et al., 1992; Hilbe, 2009): 0-lipsa alunecărilor de teren, 1-prezența alunecărilor de teren.

În pregătirea variabilelor explicative cu ajutorul programului ArcGis 9.3 s-au utilizat datele în format raster și vector corespunzătoare fiecărui factor și s-au generat o serie de variabile fictive (*dummy variables*), necesare în reprezentarea variabilelor calitative (Hardy, 1993; Garavaglia și Sharma, 1996; Dai și Lee, 2002; Hilbe, 2009). Astfel au fost generate variabile fictive pentru a reprezenta: **litologia** (șapte clase), **orientarea versanților** (opt clase), **curbura în profil** (trei clase), **curbura în plan** (trei clase), **distanța față de albii** (șapte clase), **distanța față de drumuri** (șase clase), **indicele topografic al umezelii** (trei clase), **modelul digital de elevație** (nouă clase). Împreună cu variabilele continue (**înclinarea versanților, densitatea fragmentării**) acestea totalizează 48 de variabile care au fost intersectate cu ajutorul extensiei Hawths Tools din ArcGis 9.3 cu o serie de puncte generate pe baza alunecărilor de teren cartate, utilizând un script realizat de Helene Petschko din grupul de cercetare ENGAGE al Prof. Thomas Glade (Universitatea din Viena), în colaborare cu Alexander Brenning (Universitatea Waterloo, Ontario).

Următoarea etapă este reprezentată de calculul corelării statistice dintre alunecările de teren cartate în spațiul analizat și factorii pregătitori ai acestora, utilizând modelul de analiză multivariată, cu ajutorul programului de calcul statistic R și al pachetului RSAGA. Tabelele atribut generate în ArcGis 9.3 pentru setul de alunecări utilizat în modelare și pentru cel utilizat în etapa de validare se introduc în programul R ca fișiere text.

Aplicând formula pentru calculul regresiei logistice (6.1.), se selectează combinația cu rezultatele cele mai apropiate de realitate pe baza criteriului Akaike, aplicând automat principiul selecției treptate a variabilelor (Allison, 2001). Modelul final astfel generat a inclus opt variabile ai căror coeficienți de regresie sunt ilustrați în tabelul 6.3.

glm(formula = *alunecare ~ slope + dem_2 + dem_3 + lit_pn + dens_fr + cpr_ccv + ...*, family = binomial, data = *modelare_dataframe*) **(6.1.)**

Tabelul 6.3. Coeficienții de regresie ai variabilelor incluse în modelul regresiei logistice.

VARIABILE EXPLICATIVE		ESTIMARE COEFICIENT
Litologie:	Pannonian (lit_pn)	19.26702
	Sarmațian (lit_sm)	17.73916
Înclinarea versanților (slope)		0.29864
Orientarea versanților:	NV (orientare_nv)	-1.07024
	SV (orientare_sv)	0.73423
	S (orientare_S)	0.83124
Intervalele de altitudine:	201-300m (dem_2)	3.69364
	301-400m (dem_3)	4.87467
	401-500m (dem_4)	3.99033
Distanța față de albii:	100-200m (dist_ape_2)	-0.66913
	201-300m (dist_ape_3)	-1.20730
	301-400m (dist_ape_4)	-1.90681
	401-600m (dist_ape_5).	-2.07179
Distanța față de drumuri:	201-400m (dist_drum_3)	-0.65639
	401-800m (dist_drum_4)	-1.04064
Densitatea fragmentării (dens_fr)		-0.30774
Indexul topografic al umidității cu valori apropiate de 0 (twi_0)		-0.40802

Astfel, în bazinul Chechiș producerea alunecărilor este explicată de o combinație de factori favorabili, precum litologia pannoniană și sarmațiană și înclinarea versanților în intervalul altitudinal 201-500 m, orientare sudică și sud-vestică, cu o serie de factori nefavorabili producerii de alunecări de teren: orientarea nord-vestică a versanților, o distanță mai mare față de albii de 100 m, până la 600 m de unde influența acestui factor nu mai este semnificativă, o distanță față de drumuri cuprinsă între 201-800 m, densitatea fragmentării și indexul topografic al umezelii cu valori apropiate de 0, acesta din urmă punând în evidență interfluviile din arealul studiat.

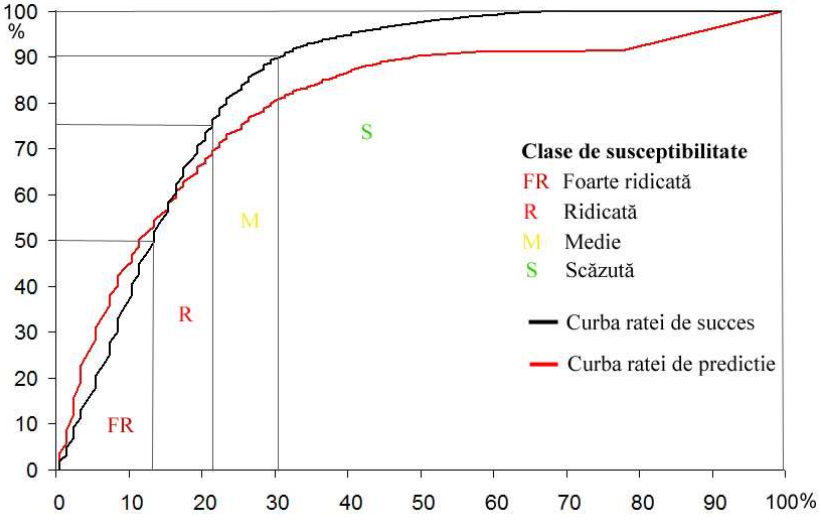


Fig. 6.11. Curba ratei de succes și curba ratei de predicție pentru modelul de calcul al susceptibilității în bazinul Chechiș (Axa x – procentul cumulat al suprafeței totale pentru fiecare valoare de susceptibilitate; axa y – procentul cumulat al suprafeței cu alunecări pentru fiecare valoare de susceptibilitate).

Coeficienții de regresie obținuți sunt utilizați pentru calculul probabilității spațiale de producere a alunecărilor în areal studiat, harta rezultată fiind ilustrată în figura 6.14. Pentru a realiza o clasificare

argumentată s-a optat pentru utilizarea metodei ratei de succes (Chung și Fabbri, 1999, 2003, 2008; Van Westen et al., 2003; Remondo et al., 2003) ca și criteriu în stabilirea intervalelor de susceptibilitate la alunecări de teren (fig. 6.11.).

Arealele reprezentate pe harta din figura 6.14. în clasa de susceptibilitate foarte ridicată (susceptibilitate cuprinsă între 0,76 – 0,99) includ aproape întreg sectorul sudic al Piemontului Băii Mari, o serie de versanți din arealul Cărbunari și din Piemontul Negreii, reprezentând circa 14% din arealul studiat, respectiv 14 km^2. Clasele de susceptibilitate ridicată și medie însoțesc aceste areale, în total acoperind 30,45% sau 30,45 km^2 din arealul studiat. Aproape toate arealele cu alunecări identificate în teren corespund unui nivel de susceptibilitate ridicat și foarte ridicat, cu excepția arealului în care s-a produs alunecarea de la Dumbrăvița, prin intervenție antropică. Acest fapt confirmă în primul rând rolul modelului în explicarea alunecărilor de teren deja produse și în prognozarea arealelor caracterizate de condiții asemănătoare, cu probabilitate de producere în viitor a unor alunecări.

Validarea modelului se bazează pe interpretarea ratei succesului și a ratei de predicție (fig. 6.11.), cât și a ariei de sub curba ROC. Astfel valoarea AUROC (Area Under the Receiver Operating Characteristic Curve) de 0,80, corespunzătoare validării cu ajutorul alunecărilor de teren independente a modelului aplicat bazinului Chechiș, scoate în evidența capacitatea de predicție a modelului, acuratețea acestuia fiind de 80%. În plus analizând procentul alunecărilor din setul de alunecări independente pentru fiecare clasă de susceptibilitate (fig. 6.13.), se observă că în prima zecime din totalul arealului studiat corespunzător celor mai mari valori de susceptibilitate, interval având cea mai mare eficiență și relevanță în validarea rezultatelor (Chung și Fabbri, 2003),

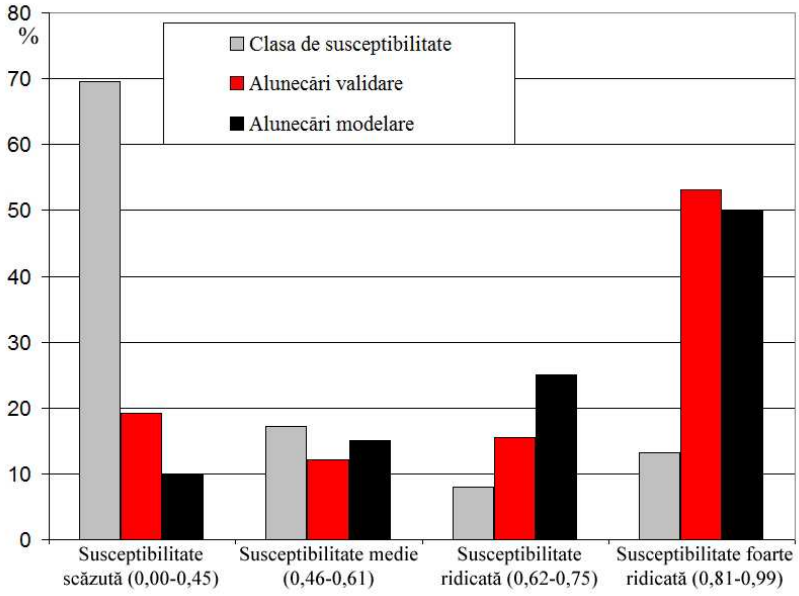


Fig. 6.13. Distribuția procentuală a fiecărei clase de susceptibilitate și a alunecărilor de teren (setul utilizat pentru modelare – negru și cel pentru validare - roșu).

se regăsesc 47,10% din totalul alunecărilor independente, indicând o bună capacitate de predicție, respectiv o bună validare a modelului utilizat.

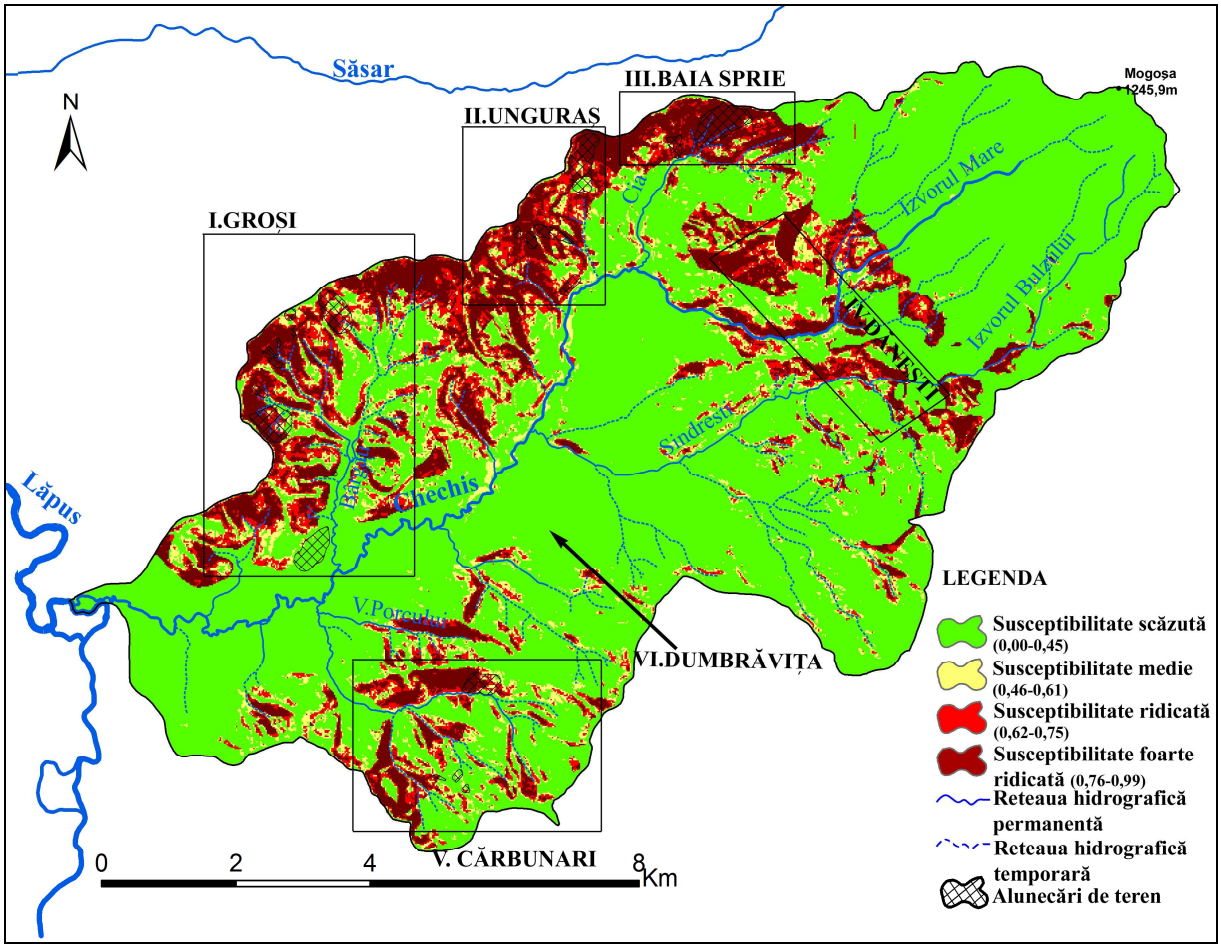


Fig. 6.14. Harta reclasificată a susceptibilității la alunecări de teren pentru bazinul Chechiș
(alunecările aparțin setului independent utilizat pentru validare).

6.3. Estimarea hazardului la alunecări de teren în bazinul Chechiș

Estimarea hazardului alunecărilor de teren realizată în finalul capitolului 6 valorifică datele de precipitații disponibile la stația meteorologică Baia Mare, date de producere a unor alunecări de teren și observațiile realizate în teren. Astfel, s-au determinat două clase generale de magnitudine pe baza vitezei de deplasare a alunecărilor active: 3m/sec.-1,5m/lună și 1,5m/lună-0,3m/5 ani. Stabilirea unei frecvențe corespunzătoare fiecărei clase este dificilă în condițiile unor date incomplete și disparate, însă comparând datele de alunecări cu regimul multianual al precipitațiilor, se apreciază că activări și reactivări ale alunecărilor de teren se produc în anii ploioși care urmează unei serii de ani secetoși, sau într-o succesiune de mai mulți ani ploioși. Probabilitatea de producere a primei situații a fost determinată pe cale euristică utilizând șirul de precipitații anuale de la stația Baia Mare și datele de alunecări disponibile, valoarea acesteia fiind de 20%, sau probabilitate anuală de 0,2. Fără a avea deocamdată posibilitatea de a valida resultatele, se estimează că această valoare corespunde

primei clase de magnitudine, în timp ce probabilitatea de producere a unor mișcări lente de alunecare este net superioară.

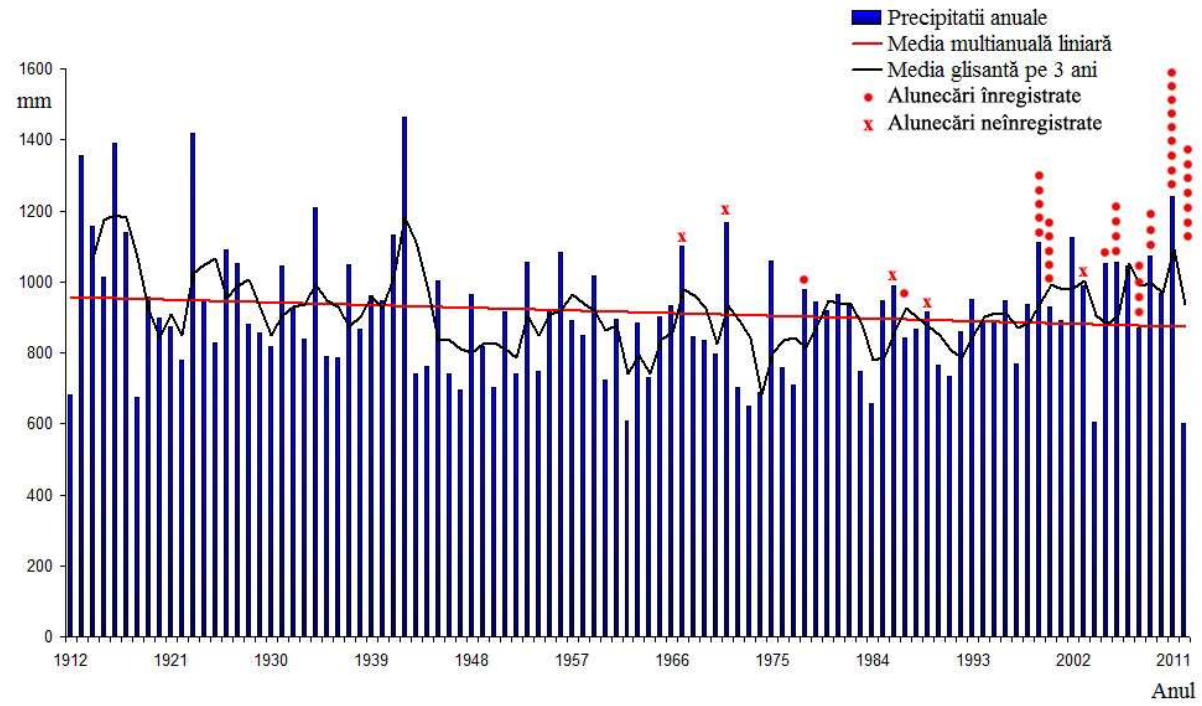


Fig. 6.16. Variaţia anuală a precipitaţiilor la staţia meteorologică Baia Mare (1911-2011) **și alunecările de teren înregistrate și neînregistrate în arhive pentru Depresiunea Baia Mare** (Sursa datelor de precipitații: 1908-1970 www.eca.knmi.nl; 1971-2007 PUG Baia Mare; 2008-2011 ANM).

7. EVALUAREA RISCULUI LA ALUNECĂRI DE TEREN - STUDIU DE CAZ ÎN AREALUL BAIA SPRIE – DĂNEȘTI, DRUMUL JUDEȚEAN 184

Participarea directă la realizarea Studiul geotehnic necesar proiectului „Reabilitare traseu de drum județean Baia Sprie (DN18) - Cavnic (DJ 184) - Ocna Șugatag (DJ 109F) - Călineşti (DJ185) - Bârsana (DJ185)” (Beneficiar s.c. SEARCH CORPORATION s.r.l. BUCUREŞTI) în perioada februarie-martie 2013 în cadrul bazinului Chechiș, prin intermediul observațiilor din teren, cartografierea alunecărilor, realizarea suportului cartografic general și de detaliu, observații de ordin geomorfologic, a permis observarea nemijlocită a etapelor de investigare și redactare a unui astfel de studiu și a furnizat o sursă importantă de date în vederea realizării unei evaluări de detaliu a riscului la scară locală.

Din punct de vedere geomorfologic, cele trei alunecări de teren care afectează sectorul de drum cuprins între kilometrul 1-9 al DJ 184, între localitățile Baia Sprie și Dănești (fig. 7.2), se încadrează pe piemontul Negreii, de la baza masivului vulcanic Mogoşa (Posea, 1962), iar litologic teritoriul studiat se află la contactul depozitelor sedimentare sarmaţiene şi pannoniene cu dacitele de Dănești. Orientarea versanţilor este preponderent vestică, iar valoarea unghiului de pantă variază între 4 şi 20 de grade, valorile maxime caracterizând zonele de desprindere ale materialului alunecat, constituit cu preponderență din depozitele cuaternare acoperitoare.

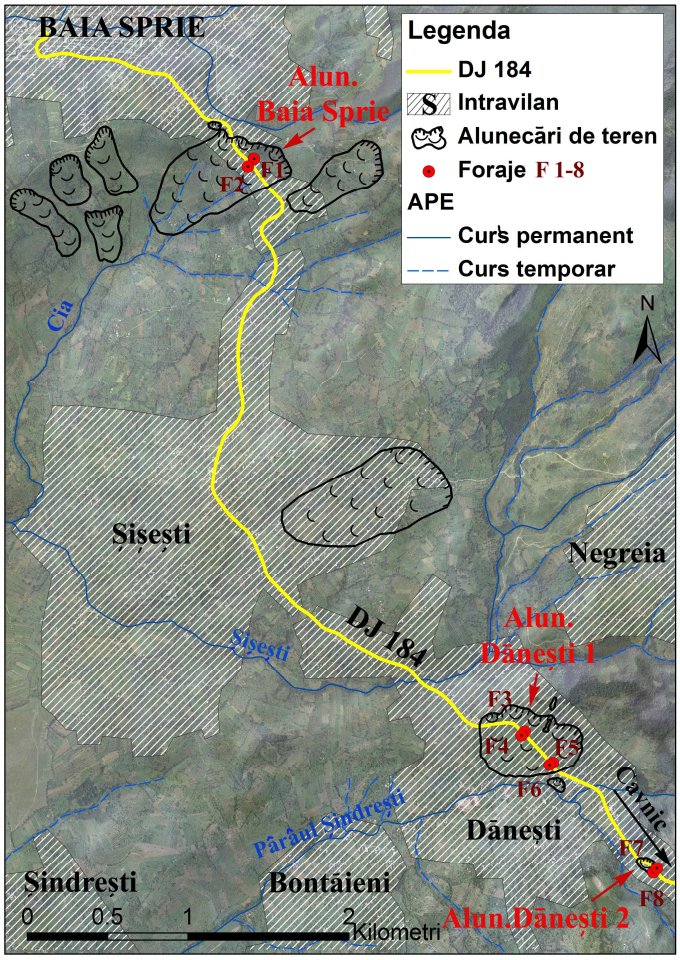


Fig.7.2. Localizarea alunecărilor de teren care afectează drumul județean 184, în limitele Depresiunii Baia Mare.

Investigațiile au inclus observații în teren, identificarea elementelor principale ale alunecărilor de teren și localizarea acestora cu ajutorul unui GPS (Garmin eTrex 3.0), măsurarea elementelor geometrice ale alunecărilor de teren, realizarea a 8 foraje geotehnice și 8 penetrări cu penetrometrul dinamic uşor.

Foto 7.5. Reactivări recente ale proceselor de alunecare în aval (stg.) și amonte de DJ 184 (dr.) (2013).

Analizând profilul din prezent al versantului traversat de DJ 184, se poate observa atât la alunecarea de la Baia Sprie, marcată prin forajele 1 şi 2, cât şi la cea din localitatea Dăneşti (forajele 3, 4, 5 şi 6), că traseul drumului intersectează prin debleiere corpuri de alunecare cu caracter rotaţional, în general detrusiv. Reactivările din prezent (foto 7.5.) ale acestor alunecări sunt în principal determinate de precipitaţii şi topirea zăpezilor şi uneori de intervenţia antropică.

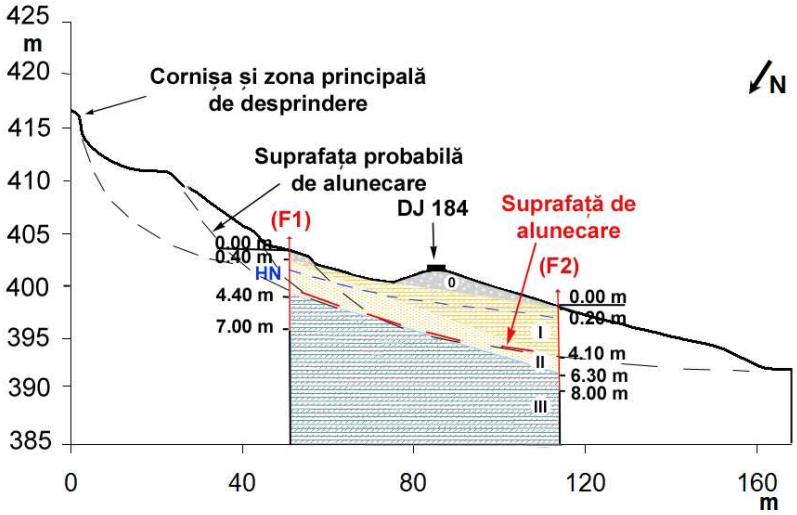


Fig. 7.6. Profil geomorfologic realizat din combinarea profilului topografic PT cu profilul geotehnic P1 (alunecarea de teren Baia Sprie; poziția forajelor F1 și F2 a fost marcată prin raportare spațială la profilul original; 0 - umplutură şi sol vegetal, I- argilă prăfoasă, cafeniu-verzuie, vârtoasă, II- argilă prăfoasă, cafeniu-cenuşie, consistentă, III- argilă prăfoasă, cenuşie-albăstruie, vârtoasă, marnoasă).

Forajele realizate în cadrul celor trei alunecări de teren care afectează direct drumul judeţan 184 în limitele bazinului Chechiș au permis realizarea unor profile geotehnice de către firma s.c. GEOPROIECT s.r.l., respectiv completarea și validarea profilelor realizate anterior studiului geotehnic în acest areal (fig. 7.6.)

Pentru două dintre cele patru profile geotehnice realizate s-a aplicat de către s.c. PROIECT BIHOR s.a. metoda Bishop de calcul al stabilității versantului, bazată pe analiza echilibrului limită și al calculului factorului de siguranță a versantului (Rădoane et al., 2001). Pe baza rezultatelor obținute și a analizei caracteristicilor granulometrice și geotehnice puse în evidență în cadrul celor opt foraje, s-a pus în evidență adâncimea medie a suprafețelor de alunecare corespunzătoare

Foto 7.3. Crăpături poligonale de până la 10 cm lățime, cauzate de contracția argilei prăfoase (arealul este caracterizat de băltirea apei în perioada ploioasă, Baia Sprie, noiembrie 2012).

celor trei alunecări de teren analizate. Astfel pentru alunecarea de teren Baia Sprie valoarea minină a factorului de siguranță (F = 0,89) corespunde adâncimii de medii de 3-4 m, respectiv 5,8 m sub taluzul drumului 184, evidențiată și de cea mai redusă coeziune a particulelor din foraj (10 kPa), cea mai mică valoare a unghiul frecării interne ($8^{\circ}\ 10^{'}$ - $8^{\circ}\ 50^{'}$) și valoarea cea mai mică a limitei superioare de plasticitate (W_L = 59,78%).

În cadrul alunecării Dănești I valoarea minimă a coeziunii stratului I alcătuit din nisip mijlociu și mare, prăfos, argilos, ruginiu-cafeniu, cu elemente de pietriș, afânat (10-19 kPa) explică formarea reactivărilor superficiale observate pe partea superioară a versantului (fig. 7.8.) în condițiile unui unghi de frecare internă cuprins între $8^{\circ}\ 10^{'}$ - $11^{\circ}\ 10^{'}$ și a unui unghi de pantă corespunzător profilului 2 de 7-7,8 grade, cu valori ce cresc în amonte până la 12 grade. În plus în cadrul profilului 3 la adâncimea de circa 3 m s-a pus în evidență un plan cu valoarea minimă a factorului de siguranță de 0,405 căruia îi corespunde o valoare redusă a coeziunii stratelor I și I/L (15-20 kPa, respectiv 10 kPa) și în condițiile prezenței la partea inferioară a acestora a unui nivel freatic. Probabilitate ca aceste depozite deluviale instabile să alunece pe suprafața stratului inferior de argilă prăfoasă vârtoasă cu coeziune ridicată (50 kPa în stratul II și 20-58 kPa în stratul III) este foarte ridicată, astfel alunecarea Dănești I a fost recomandată pentru monitorizare, pe lângă măsurile de stabilizare propuse (Studiu geotehnic - Proiect nr.2800-2013). Alunecarea de teren Dănești II, de mai mici dimensiuni, necesită intervenții

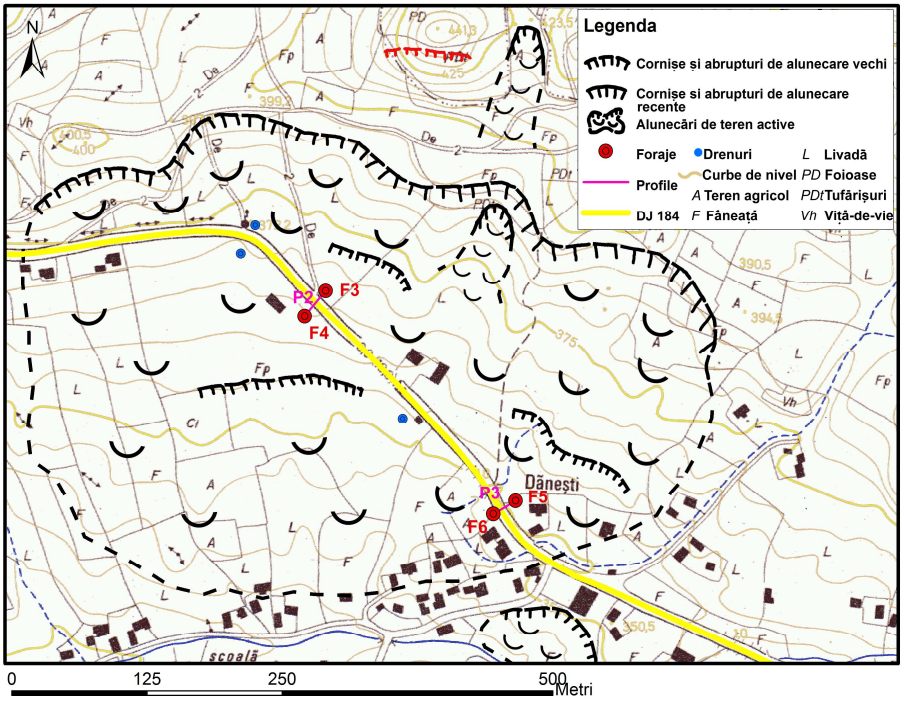


Fig. 7.8. Alunecarea de la kilometrul 6+500 - 7+100, din localitatea Dăneşti (alunecarea Dănești 1 în fig. 7.2.; suport cartografic reprezentat de planul topografic 1:5000 furnizat de Agenția Națională de Cadastru și Publicitate Imobiliară, Baia Mare; F3-F6 – foraje geotehnice, P2-P3 – profile geotehnice, zona de desprindere veche în arealul rocilor vulcanice - cu linie întreruptă roșie).

asemănătoare celorlalte două alunecări de teren analizate (drenarea apei de pe versanți, amplasarea unor coloane forate pentru susținere și aplicarea unor practici de lucru preventive).

7.4. Evaluarea riscului la alunecări în arealul Baia Sprie-Dănești

În perimetrul alunecărilor analizate și în imediata lor apropiere se află numeroase case, anexe și drumuri comunale, astfel că prin suprapunerea acestor elemente pe cele două hărți de susceptibiliate generate în capitolele anterioare se poate pune în evidență expunerea comparativă a acestora la producerea de alunecări de teren.

În plus, considerând cele două scenarii generale prezentate în capitolul 6, activarea bruscă a alunecărilor, respectiv manifestarea lentă a mișcărilor de alunecare, se estimează vulnerabilitatea elementelor la risc prin definirea a două valori, V=1 pentru distrugerea completă a elementelor și V = 0,5 pentru daunele provocate în timp de mișcările lente, valori aplicate elementelor identificate în cadrul suprafețelor celor trei alunecări de teren prezentate în acest capitol.

Astfel, se consideră că în lipsa unor măsuri de reducere a instabilității versanților analizați, în special prin măsuri de drenare a apei, riscul de producere a unor alunecări de teren cu efect de distrugere completă a elementelor la risc analizate este posibil. Acest lucru vizează însă reactivări în corpul vechilor alunecări, întrucât o mobilizare completă a corpurilor alunecate până în prezent este puțin probabilă. În ceea ce privește mișcările lente de alunecare se consideră că în timp acestea pot să producă pagube egale cu până la jumătate din valoarea fiecărui element analizat (tabelul 7.11.), în prezent, acestea determinând apariția de crăpături în zidurile construcțiilor, deformări ale carosabilului drumului județean și deformări la nivelul drumurilor comunale, precum și înclinări ale stâlpilor.

Tabelul 7.11. Estimarea riscului asociat construcțiilor și drumurilor din perimetrul alunecărilor de la Baia Sprie și Dănești I, II.

Elemente la risc	**Număr construcții; lungime drum expus la risc foarte mare și mare**	**Valoare estimativă a costului pe unitate de suprafață/lungime.**	**Valoare estimată a pagubelor potențiale**	
			V = 1 (alunecări de teren cu viteze mari)	V = 0,5 (alunecări de teren lente)
Construcții	87 (10319 m^2)	200 €/m^2	2.063.800 €	1.031.900 €
DJ 184	1149 m	750.000 €/km	861.750 €	430.875 €
Drumuri comunale	896 m	100.000 €/km	89.600 €	44.800 €

8. MANAGEMENTUL RISCULUI LA ALUNECĂRI DE TEREN ÎN DEPRESIUNEA BAIA MARE

Evaluând riscul la alunecări de teren în arealul studiat se evidențiază o serie de unități administrative în care extinderea intravilanului trebuie să considere cu responsabilitate implementarea unor măsuri de prevenire a riscului prin studii detaliate, măsuri de stabilizare a versanțior și restricționarea construcțiilor acolo unde nivelul acestuia devine inacceptabil. În același timp, la nivelul drumurilor județene și naționale procesele de reabilitare aflate în desfășurare pentru unele tronsoane și cele planificate pentru viitor trebuie să includă și măsuri de stabilizare a alunecărilor de teren.

CONCLUZII

În concluzie se poate afirma că în spațiul Depresiunii Baia Mare riscul asociat alunecărilor de teren reprezintă o stare de fapt cu care se confruntă numeroase comunități și care nu trebuie ignorată sau subestimată. Investigarea în detaliu a situațiilor regionale și locale evidențiate în studiul de față ar permite pe viitor prevenirea efectelor negative prin aplicarea unor măsuri adecvate condițiilor specifice. Managementul realist și responsabil al acestui risc depinde însă de informarea și conștientizarea populației direct afectate și a autorităților responsabile de rolul pe care îl au în amplificarea sau reducerea nivelului de risc din arealul locuit. În acest sens sperăm ca un instrument util să fie reprezentat de lucrarea de față.

BIBLIOGRAFIE

1. Akaike, H. (1974), *A new look at the statistical model identification*, IEEE T. Automat. Contr., 19, p.716–723.
2. Aleotti, P., Chowdhury, R. (1999), *Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives*, Bull. Eng. Geol. Env., 58, p.21-44.
3. Aleotti, P., (2004), *A warning system for rainfall-induced shallow failures*, Engineering Geology 73, p. 247–265.
4. Alexander, D.E. (2002), *Principles of Emergency Planning and Management*, New York, Oxford University Press.
5. Alexander, D.E. (2005), *Vulnerability to landslides*, Landslide Hazards and Risk, Edited by Th. Glade, M. G. Anderson, M. J. Crozier, John Willey & Sons Ltd, London, p. 175-198.
6. Alexander, D.E. (2008), *A brief survey of GIS in mass-movement studies, with reflections on theory and methods*, Geomorphology 94, Elsevier, p. 261-267.
7. Allison, P.D. (2001), *Logistic regression using the SAS system: theory and application*, Wiley Interscience, New York.
8. Arghiuș, Corina (2010), *Culmea și piemontul Codrului – studiu geomorfologic*, Teză de doctorat, Universitatea „Babeș-Bolyai”, Cluj-Napoca.
9. Armaș, I. (2011), *An analytic multicriteria hierarchical approach to assess landslide vulnerability, case study: Cornu village, Subcarpathian Prahova Valley/Romania*, Z. Geomorphologie, 55, p. 209-229.
10. Armaș, I. (2012), *Weights of evidence method for landslide susceptibility mapping, Prahova Subcarpathians, Romania*, Natural Hazards, 60, p. 937-950, Kluwer, Olanda.

11. Ayalew, L.,Yamagishi, H. (2005), *The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan*, Geomorphology, 65, p.15–31.

12. Băinţan, V., Dragomir, Z., Temian, Laura, Temian, L. (1988), *Cronica Maramureşului*, vol. II, manuscris la Biblioteca Judeţeană „Petre Dulfu", Baia Mare.

13. Bălteanu, D., Chendeş, V., Sima, Mihaela, Enciu, P. (2010), *A country-wide spatial assessment of landslide susceptibility in Romania*, Geomorphology, 124 (3-4), p. 102-112.

14. Bell, R. (2007), *Lokale und regionale Gefahren - und Risikoanalyse gravitativer Massenbewegungen an der Schwäbischen Alb*, Teză de doctorat, Rheinisch- Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Germania.

15. Bell, R., Glade, T. (2004), *Quantitative risk analysis for landslides – Examples from B´ıldudalur, NW-Iceland*, Natural Hazards and Earth System Sciences (European Geosciences Union), 4, p. 117–131.

16. Bilașco, Ș. (2008), *Model G.I.S. de estimare a coeficientului de scurgere adaptat după Frevert*, Geographia Napocensis,1, p. 38-45.

17. Bishop, A.W. (1955), *The use of the slip circle in the stability analysis of slope*, Geotechnique, Great Britain, vol.5, 1, p.7-17.

18. Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., Wisner, B. (1994), *At Risk*: *Natural hazards, people's vulnerabilty, and disasters*, Routledge, London & New York.

19. Bonachea, J., Remondo, J., de Teran, J.R.D., Gonzalez-Diez, A., Cendrero, A. (2009), *Landslide risk models for decision making*, Risk Analysis, vol. 29, 11, Wiley&Sons, p.1629-1643.

20. Borcoş, M., Fotopulos, S., Peltz, S., Socolescu, M., Stan, N. (1979), *Observaţii preliminare asupra structurii regiunii vulcanice neogene Oaş-Gutâi, dedusă din corelaţia datelor geologice şi geofizice*, St. Tehn. Econ., Seria 1, 16, I.G.G., Bucureşti.

21. Brabb, E. E. (1984), *Innovative approaches to landslide hazard mapping*, 4th International Symposium on Landslides, 16–21 September, Toronto, Canada, p. 307–324.

22. Brenning, A. (2005), *Spatial prediction models for landslide hazards: review, comparison and evaluation*, Nat.Hazards Earth Syst. Sci. 5(6), p.853-862.

23. Brenning, A. (2008), *Statistical geocomputing combining R and SAGA: The example of landslide susceptibility analysis with generalized additive models*, în SAGA - Seconds Out (Hamburger Beitraege zur Physischen Geographie und Landschaftsoekologie, vol. 19), p. 23-32, J. Boehner, T. Blaschke și L. Montanarella (editori).

24. Budai, C. (1988), *Relieful antropic din regiunea minieră Baia Mare*, St. Cerc. Geol., geofiz, geogr., Geografie, XXXV, Bucureşti.

25. Buma, J., van Asch, T. (1996), *Ch. 4. Slide (rotational)*, în Landslide recognition. Report No.1 of the European Commission Environment Programme – Identification, Movement and Causes, (Editori: R. Dikau, D. Brunsden, L. Schrott, Maia-Laura Ibsen), John Wiley & Sons, Chichester, England, p.45-61.

26. Burt, J.E, Barber, G.M. (1996), *Elementary Statistics for Geographers*, The Guilford Press, New York.

27. Carrara, A., Cardinali, M., Guzzetti, F. (1992), *Uncertainty in assessing landslide hazard and risk*, ITC Journal, Olanda, 2, p. 172-183.

28. Carrara, A., Cardinali, M., Guzzetti, F., Reichenbach, P. (1995), *GIS technology in mapping landslide hazard*, Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards, Edited by Carrara, A., Guzzetti, F., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Olanda, p.135–175.

29. Cardinali, M., Reichenbach, P., Guzetti, F., Ardizzone, F., Antonini, G., Galli, M., Cacciano, M., Castellani, M., Salvati, P. (2002), *A geomorphological approach to the estimation of landslide hazards and risks in Umbria, Central Italy*, Natural Hazards and Earth System Sciences, 2, p. 57-72.

30. Cardona, O.D. (2003), *The Notion of disaster Risk. Conceptual Framework for Integrated Risk Management*, Universidad Nacional de Colombia Manizales (disponibil online la http://www.eird.org/cd/on-better-terms/docs/Cardona-Notions-of-Disaster-Risk-Conceptual-Framework-for-Integrated-Management.pdf).

31. Cernovodeanu, P., Binder, P. (1993), *Cavalerii apocalipsului – Calamităţile naturale din trecutul României (până la 1800)*, Editura Silex, București.

32. Chauhan, S., Sharma, M., Arora, M.K. (2010), *Landslide susceptibility zonation of the Chamoli region, Garhwal Himalayas, using logistic regression model*, Landslides, vol.7, 4, p. 411-423.

33. Chleborad, A.F., (2000) *Preliminary Method for Anticipating the Occurrence of Precipitation-induced Landslides in Seattle, Washington*, USGS Open-File Report, 00-469.

34. Chung, C.-J.F., Fabbri, A.G. (1999), *Probalistic prediction models for landslide hazard mapping*, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 65-12, p.1389-1399.

35. Chung, C.-J.F., Fabbri, A.G. (2003), *Validation of spatial prediction models for landslide hazard mapping*, Natural Hazards, 30, p.451-472, Kluwer, Olanda.

36. Chung, C.-J.F., Fabbri, A.G. (2005), *Systematic procedures of landslide hazard mapping for risk assessment using spatial prediction models*, Landslide Hazard and Risk, Edited by Th. Glade, M. Anderson, M. J. Crozier, John Wiley & Sons, p.139-174.

37. Chung, C.-J.F., Fabbri, A.G. (2008), *Predicting landslides for risk analysis – Spatial models tested by a cross-validation technique*, Geomorphology, 94, p. 438-452.

38. Coman, Mirela (2006), *Depresiunea Baia Mare: Protecţia mediului din perspectiva dezvoltării durabile*, Ed. Risoprint, Cluj-Napoca.

39. Constantina, C., Costin, D. (2002), *Geotechnical considerations of Bozânta Nou tailing dam stability (Baia Mare region)*, Studia Universitatis Babeş-Bolyai, Geologia, Special Issue 1, p. 145-152.

40. Coteţ, P. (1957), *Depresiunea Baia Mare*, Probleme de geografie, vol. V, Bucureşti.

41. Coteţ. P. (1973), *Geomorfologia României*, Editura Tehnică, Bucureşti.

42. Couclelis, H. (1999), *Space, time, geography*, Geographical Information Systems, Vol.1: Principles and technical issues, Edited by P. A. Longley, M.F. Goodchild, D.J. Maguire, D.W. Rhind, John Wiley & Sons, p. 29-38.

43. Covaci, I. (2005), *Organizarea spaţiului rural în zona de atracţie a municipiului Baia Mare*, Teză de doctorat, Universitatea „Babeş-Bolyai", Cluj-Napoca.

44. Croitoru, M., Mamulea, A., Pricăjan, A. (1964), *Hidrogeologie și geologie tehnică. Manual pentru școala tehnică de geologie*, Ed. Didactică și Pedagogică, București.

45. Crozier, M. J. (1984), *Field assessment of slope instability*, Slope Instability, Edited by D. Brunsdden, D. B. Prior, John Wiley & Sons, Chichester, p. 103-142.

46. Crozier, M.J. (1989), *Landslides: Causes, consequences and environment*, Routledge, London & New York.

47. Crozier, M.J. (1997), *The climate-landslide couple: a Southern Hemisphere perspective*, Paleoclimate Research, 19, p. 333-354.

48. Crozier, M.J., Glade, T. (2005), *Landslide Hazard and Risk: Issues, Concepts and Approach*, Landslide Hazard and Risk, Edited by Th. Glade, M. Anderson, M J. Crozier, John Wiley & Sons, Ltd, p.1-38.

49. Cruden, D.M., Varnes, D.J. (1996), *Ch.3 Landslide types and processes*, Landslides-investigation and mitigation. Special report 247, Edited by A. K. Turner, R. L. Schuster, Transportation Research Board, National Research Council, S.U.A., p. 36-75.

50. Dai, F.C., Lee, C.F. (2002), *Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS, Lantau island, Hong Kong*, Geomorphology, 42(3-4), p. 213-228.

51. Dietrich, W.E., Bellugi, D., Real de Asua, R. (2001), *Validation of the shallow landslide model, SHALSTAB, for forest management*, Water science and application, 2, p.195-227.

52. Dikau, R., Glade, T. (2002) *Gefahren und Risiken durch Massenbewegungen*, Geographische Rundschau, 54(1), p. 38-45.

53. Dragoș, V. (1957), *Deplasări de teren*, Ed. Științifică, București.

54. Dragotă, Carmen-Sofia (2006), *Precipitaţiile excedentare în România*, Editura Academiei Române, Bucureşti.

55. Edelstein, O., Pecskay, Z., Kovacs, M., Bernard, A., Crihan, M., Micle, R. (1993), *The age of the basalts from Firiza zone Igniş Mts, East Carpathians, Romania*, Revue Roumaine de Geologie, Kiev.

56. Einstein, H.H. (1988), *Special lecture: Landslide risk assessment procedure*, în Landslides. (Glissements de terrain), vol.2, Edited by Christophe Bonnard, A.A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands, p. 1075-1090.

57. Fabbri, A.G., Chung, C-J.F., Cendrero, A., Remondo, J. (2003), *Is prediction of future landslides possible with a GIS?*, Natural Hazards, 30, Kluwer, Olanda, p. 487-499,.

58. Fell, R, Ho, K.K.S., Lacasse, S., Leroi, E. (2005) *State of the art paper 1-A framework for landslide risk assessment and management*, International Conference on Landslide Risk Assessment and Management, Vancouver, BC, Canada.

59. Fell, R., Corominas, J., Bonnard, C., Cascini, L., Leroi, E., Savage, W.Z. (2008), *Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning*, Engineering Geology, 102, p. 85-98.

60. Filip, S. (2008), *Depresiunea şi munceii Băii Mari. Studiu de geomorfologie environmentală*, Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca.

61. Fischer, M.M. (1999), *Spatial analysis: retrospect and prospect, Geographical* Information Systems, Vol.1: Principles and technical issues, Edited by P. A. Longley, M.F. Goodchild, D.J. Maguire, D.W. Rhind, John Wiley & Sons, p. 283-292.

62. Florea, N., Munteanu, I. (2003), *Sistemul român de taxonomie a solurilor, SRTS*, Editura Estfalia, București.

63. Fookes, P.G., Lee, M., Griffiths, J. S. (2007), *Engineering Geomorphology: Theory and Practice*, Dunbeath: Whittles Publishing.

64. Fredlund, D.G., Krahn, J. (1977), *Comparison of slope stability methods of analysis*, Canadian Geotechnical Journal 14, p. 429-439.

65. Galli, M., Ardizzone, F., Cardinali, M., Guzzetti, F., Reichenbach, P. (2008), *Comparing landslide inventory maps*, Geomorpholohy, 94, p. 268-289.

66. Garavaglia, S., Sharma, A. (1996), *A smart guide to dummy variables: four applications and a macro*, Murray Hill, NJ: Dunn & Bradstreet (disponibil online: http://www.ats.ucla.edu/stat/sas/library/nesug98/p046.pdf).

67. Garcıa-Rodrıguez, M. J., Malpica, J. A., Benito, B., Dıaz, M. (2008), *Susceptibility assessment of earthquake-triggered landslides in El Salvador using logistic regression*, Geomorphology, 95, p. 172–191.

68. Geipel, R. (1992), *Naturrisiken – Katastrophenbewältigung im sozialen Umfeld*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, Deutschland.

69. Gherasi, N. (1964), *Contribuţii la cunoaşterea unor erupţii neogene de la Baia Mare*, Comitetul Geologic, Dări de seamă, L, 1, Bucureşti.

70. Gherasi, N., Bombiță, G. (1967), *Notă explicativă la Harta geologică a R.S.R, foaia Baia Mare, 1:200 000*, Comitetul de stat al geologiei, Institutul Geologic, București.

71. Ghiurcă, V. (1969), *Geologia bazinului neogen Baia Mare*, Teză de doctorat, Bucureşti.

72. Giuşcă, A., Borcoş, M., Lang, B., Stan, N. (1973), *Neogene Volcanism and Matalogenesis in the Gutâi Mountains*, Institutul de Geologie, Bucureşti.

73. Glade, T. (1997), *The temporal and spatial occurrence of rainstorm-triggered landslide events in New Zealand*, Teză de doctorat, Victoria University of Wellington, Wellington, New Zealand, 380 p.

74. Glade, T. (1998), *Establishing the frequency and magnitude of landslide-triggering rainstorm events in New Zealand*, Environmental Geology 35, p. 160-174.

75. Glade T., Crozier M.J., Smith P. (2000), *Applying probability determination to refine landslide-triggering rainfall thresholds using an empirical "Antecedent Daily Rainfall Model"*, Pure & Applied Geophysics, 157, p.1059-1079.

76. Glade, T. (2001), *Landslide hazard assessment and historical landslide data-an inseparable couple?*, The use of historical data in natural hazard assessments, Edited by T.Glade, F. Frances, P. Albini, Advances in Natural and Technological Hazards Research, 7, p.153-168, Kluwer, Olanda.

77. Glade, T., Crozier, M.J. (2005), *A review of scale dependency in landslide hazard and risk analysis*, Landslide hazard and risk, Edited by T. Glade, M.G. Anderson, M.J. Crozier, John Wiley & Sons, p.75-138.

78. Goetz, J. N., Guthrie, R. H., Brenning, A. (2011), *Integrating physical and empirical landslide susceptibility models using generalized additive models*, Geomorphology 129, p. 376–386.

79. Godt, J.W., Baum, R.L., Savage, W.Z., Salciarini, D., Schulz, W.H., Harp, E.L. (2008), *Transient deterministic shallow landslide modeling: Requirements for susceptibility and hazard assessments in a GIS framework*, Engineering Geology, 102, p. 214-226.

80. Goţiu, Dana, Surdeanu, V. (2007), *Noţiuni fundamentale în studiul hazardelor naturale*, Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca.

81. Grecu, Florina (1997), *Fenomene naturale de risc. Geologie şi geomorfologie*, Ed. Universităţii din Bucureşti, Bucureşti.

82. Grozavu, A., Mărgărint, M.C., Patriche, C.V. (2012), *Landslide susceptibility assessment in the Brăieşti-Sineşti sector of Iaşi Cuesta*, Carpath. J. Earth Env., 7, p. 39-46.

83. Guzzetti, F., Carrara, A., Cardinali, M., Reichenbach, P. (1999), *Landslide hazard evaluation: an aid to a a sustainable development*, Geomorphology, 31, p.181-216.

84. Guzzetti, F., Reichenbach, P., Cardinali, M., Galli, M, Ardizzone, F. (2005) *Probabilistic landslide hazard assessment at the basin scale*, Geomorphology 72, p. 272–299.

85. Guzzetti, F., Reichenbach, P., Ardizzone, F., Cardinali, M., Galli, M. (2006), *Estimating the quality of landslide susceptibility models*, Geomorphology, 81, p.166–184.

86. Guzzetti, F., Mondini, A.C., Cardinali, M., Fiorucci, F., Santangelo, M., Chang, K.-T. (2012), *Landslide inventory maps: new tools for an old problem*, Earth Sci. Rev., 112, p.42-66.

87. Hair, J.R., Anderson, R.E., Tatham, R.L., Black, W.C. (1992), *Multivariate data analysis with readings*, Ed. a 3-a, Macmillan Publishing Company.

88. Hastie, T., Tibshirani, R.(1990), *Generalized Additive Models*, Chapman & Hall/CRC, London.

89. Hardy, M.A. (1993), *Regression with dummy variables*, SAGE University Paper series on Quantitative Applications in the Social Sciences, 07-093, Newbury Park, CA: Sage, (disponibil online ca previzualizare :

http://www.uk.sagepub.com/productSearch.nav?siteId=sageuk&prodTypes=any&q=hardy+1993).

90. Highland, L.M., Bobrowsky, P. (2008) *The landslide handbook—A guide to understanding landslides*, Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular 1325, 129 p.

91. Hilbe, J. (2009), *Logistic regression models*, CRC Press INC, 637 p.

92. Hodor, N. (2002), *Munţii Igniş – Gutâi. Studiu geomorfic*, Teză de doctorat, Universitatea „Babeş-Bolyai", Cluj Napoca.

93. Hosmer, D.W., Lemeshow, S. (2000), *Applied logistic regression*, Ed. a 2-a, John Wiley & Sons, New York, 392 p.

94. Hutchinson, J. N. (1988), *General report: morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology*, Landslides, Proc. 5th Int. Symp. on Landslides, Edited by C. Bonnard, vol. 1, p. 3-35.

95. Ibsen, M.-L., Brunsden, D., Bromhead, E., Collison, A. (1996), *Ch. 5. Slide (translational). 5.3. Slab slide*, Landslide recognition. Report No.1 of the European Commission Environment Programme – Identification, Movement and Causes, Edited by R. Dikau, D. Brunsden, L. Schrott, Maia-Laura Ibsen, John Wiley & Sons, Chichester, England.

96. Ielenicz, M. (1970), *Zonele cu alunecări de teren din ţara noastră*, Rev. Terra, XXII, 1, Bucureşti.

97. Irimuş, I. A. (1997), *Cartografiere geomorfologică*, Ed. Focul Viu, Cluj-Napoca.

98. Irimuş, I.A., Vescan, I., Man, T. (2005), *Tehnici de cartografiere, monitoring şi analiză GIS*, Edit. Casa Cărţii de Ştiinţă, Cluj-Napoca.

99. Irimuş, I.A. (2006), *Hazarde şi riscuri asociate proceselor geomorfologice în aria cutelor diapire din Depresiunea Transilvaniei*, Edit. Casa Cărţii de Ştiinţă, Cluj-Napoca.

100. Jakob, M., Holm, K., Lange, O., Schwab, J.W., (2006), *Hydrometeorological thresholds for landslide initiation and forest operation shutdowns on the north coast of British Columbia*, Landslides, 3, p. 228–238.

101. Jaiswal, P., van Westen, C.J. (2009), *Rainfall –based temporal probability for landslide initiation along transportation routes in Southern India*, Landslide processes: from geomorphologic mapping to dynamic modelling, Edited by J.P. Malet, A. Remaître, T. Bogaard, Strasbourg, France.

102. Kouli, M., Loupasakis, C., Soupios, F.V. (2010), *Landslide hazard zonation in high risk areas of Rethymno Prefecture, Crete Island, Greece*, Natural Hazards, 52, Kluwer, Olanda, p.599-621.

103. Kovacs, M. (2002), *Petrogeneza rocilor magmatice de subducţie din aria central-sud-estică a munţilor Gutâi*, Ed. Dacia, Cluj-Napoca.

104. Lee, S. (2004), *Application of likelihood ratio and logistic regression models to landslide susceptibility mapping using GIS*, Environmental management, vol.34, 2, p.223-232.

105. Lee, E. M., Jones, D. K. C. (2004), *Landslide risk assessment*, Thomas Telford, London, 441 p.

106. Lupaşcu, Gh. (1996), *Depresiunea Cracău-Bistrița. Studiu pedogeografic*, Ed. Corson, Iași.

107. Mac, I. (2000), *Geografie generală*, Ed. Europontic, Cluj-Napoca.

108. Mac, I., Petrea, D. (2002), *Polisemia evenimentelor geografice extreme*, Riscuri şi catastrofe, vol. I, Editor Victor Sorocovschi, Casa Cărţii de Ştiinţă, Cluj-Napoca, p. 11-23.

109. Mac, I., Petrea, D. (2003), *Sisteme geografice la risc*, Riscuri şi catastrofe, vol. II, Casa Cărţii de Ştiinţă, Cluj-Napoca.

110. Marchidanu, E. (2005), *Geologie pentru ingineri constructori cu elemente de protecție a mediului geologic și geologie turistică*, Editura Tehnică, București.

111. Marinescu, Fl. (1964), *Date noi privind Sarmaţianul şi Pannonianul din regiunea Baia Mare*, Dări de seamă ale şedinţelor, Comitetul geologic, vol L, 2, București.

112. Măguț, Flavia-Luana, Zaharia, S., Glade, T., Irimuș, I.A. (2012), *Comparing performances of heuristic and logistic regression models for a spatial landslide susceptibility assessment in Maramureș County, Romania*, EGU General Assembly. Geophysical Research Abstracts, vol.14, abstract nr. 7633.

113. Măguț, Flavia – Luana, Zaharia, S., Irimuș, I. A. (2012a), *Applied legislative methodology in the analysis of landslide hazard. Case study from Maramureş County*, Studia UBB, Geographia, LVII, 2, p. 37-50.

114. Măguț, Flavia-Luana, Irimuș, I.A., Zaharia, S. (2013), *Identifying landslide hazard in the Chechiș catchment*, Baia Mare Depression, Studia UBB, Geographia 2, Cluj- Napoca, în curs de publicare.

115. Mărgărint, M.C., Grozavu, A., Patriche, C.V., Tomașciuc, A.-M.I., Urdea, R., Ungurianu, I. (2011), *Évaluation des risques de glissements de terrain par la méthode de la régression logistique: application à deux zones basses de Roumanie*, Dynam., Environ., 28, p. 41-50.

116. Mărgărint, M.C., Grozavu, A., Patriche, C.V. (2013), *Assessing the spatial variability of weights of landslide causal factors in different regions from Romania using logistic regression*, Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions, 1, p. 1749-1774.

117. Micu, M., Bălteanu, D. (2009), *Landslide hazard assessment in the Curvature Carpathians and Subcarpathians, Romania*, Z. Geomorphologie, 53, p. 31-47.

118. Mihăilescu, V. (1932), *Diviziunile Carpaților Răsăriteni*, Bul Soc. Regale Române de Geogr., București.

119. Mihăilescu, V. (1939), *Porniturile de teren și clasificarea lor*, Rev. Geogr. Rom., an II, f. II-III, București.

120. Modoi, Oana-Cristina (2010), *Managementul integrat al deşeurilor rezultate din valorificarea minereurilor asociate provinciei metalogenetice Baia Mare*, Teză de doctorat, Universitatea „Babeş-Bolyai" Cluj-Napoca.

121. Moldovan, C., Ghiurcă, V. (1971), *Evoluția paleogeografică a Depresiunii Baia Mare*, Comitetul Geologic din România, Buletin Ştiinţific, vol III, seria B, București.

122. Moon, V., Blackstock, H. (2004), *A methodology for assessing landslide hazard using deterministic stability models*, Natural Hazards 32, p.111-134, Kluwer, Olanda.

123. Nădişan, I., Cherecheş, D., Ieremia, G. (2000), *Flagelul poluare la Baia Mare: Evenimentul „Aurul"*, Editura „Vasile Goldiş" University Press, Arad.

124. Nefeslioglu, H. A., Duman, T. Y., Durmaz, S. (2008), *Landslide susceptibility mapping for a part of tectonic Kelkit Valley (Eastern Black Sea region of Turkey)*, Geomorphology, 94, p.410–418.

125. Ohlmacher, G. C., Davis, J. C. (2003), *Using multiple logistic regression and GIS technology to predict landslide hazard in northeast Kansas*, USA, Eng. Geol., 69, p. 331–343.

126. Oprea, R. (2007), *Geografia solurilor*, Editura Credis, București.

127. Paucă, M. (1955), *Sedimentarul din regiunea eruptivă de la N şi E de Baia Mare*, D.S.Com. Geol., 39, Bucureşti.

128. Paucă, M. (1964), *Probleme geologice în bazinul Băii Mari*, D. S. Com. Geol., XLIX, Partea I, Bucureşti.

129. Paucă, M. (1977), *Reţeaua hidrografică a blocului Someşului. Geneza şi evoluţie*, Studii şi cercetări de geologie, geofizică şi geografie, Seria geografie, XXIV, 2/1977, Edit. Academiei R. S. România, Bucureşti.

130. Petrea, D., Petrea, Rodica (2005), *Mining, anthropic landforms and environmental threatening in the urban area of Baia Mare (Romania*), The 10th Romanian-Italian-Franco-Belgian Geomorphological Meeting: Geomorphology and Environment, Mangalia.

131. Petschko, Helene, Bell, R., Brenning, A., Glade, T. (2012), *Landslide susceptibility modeling with generalized additive models - facing the heterogeneity of large regions*, în Landslides and Engineered Slopes, Protecting Society through Improved Understanding, Edited by Eberhardt E., Froese C., Turner A.K., Leroueil S.,Taylor & Francis, Banff, Alberta, Canada, p. 769–777.

132. Petschko, Helene, Bell, R., Leopold, P., Heiss, G., Glade, T. (2013), *Landslide inventories for reliable susceptibility maps*, Landslide Science and Practice, vol. 1: Landslide Inventory and Susceptibility and Hazard Zoning, Editori C. Margottini, P. Canuti, K. Sassa, Springer.

133. Reichenbach, P., Cardinali, M., De Vita, P., Guzzetti, F. (1998), *Regional hydrological thresholds for landslides and floods in the Tiber River Basin (Central Italy)*, Environmental Geology 35, p.146-159.

134. Pop, Gr. (2005), *Dealurile şi Câmpia de Vest*, Ed. Universităţii din Oradea, Oradea.

135. Pop, Gr. (2006), *Carpaţii şi Subcarpaţii României*, Presa Universitară Clujeană, Cluj – Napoca.

136. Pop, V., Augustin, P., Albu, I., Tripa I., Roman, F., Fetea, L., Fosti, V., Mureşanu, F., Maniu, I. (1981), *Geotehnică-îndrumător de laborator*, Institutul Politehnic Cluj Napoca, Facultatea de Construcţii, Catedra Clădiri Civile și Fundații.

137. Posea, Gr. (1962), *Ţara Lăpuşului. Studiu de geomorfologie*, Ed. Ştiinţifică, Bucureşti.

138. Posea, Gr., Popescu, N., Ielenicz, M. (1974), *Relieful României*, Ed. Ştiinţifică, Bucureşti.

139. Posea, G., Moldovan, C., Costea, A. (1980), *Judeţul Maramureş*, Editura Academiei R.S. România, Bucureşti.

140. Posea, G. (2005), *Geomorfologia României: reliefuri, tipuri, geneză, evoluție, regionare*, Ed. a II-a, Editura Fundației România de Mâine, București.

141. Rădoane, Maria, Rădoane, N., Ichim, I., Dumitrescu, Gh., Ursu, C. (1996), *Analiza cantitativă în geografia fizică*, Ed. Universității ”Al.I. Cuza”, Iași.

142. Rădoane, Maria, Dumitriu, D., Ichim, I. (2001), *Geomorfologie*, Ed. Univ. din Suceava.

143. Rădoane, Maria, Rădoane, N. (2007), *Geomorfologia aplicată*, Ed. Universității din Suceava, Suceava.

144. Reichenbach, P., Cardinali, M., De Vita, P., Guzzetti, F. (1998), *Regional hydrological thresholds for landslides and floods in the Tiber River Basin (Central Italy)*, Environmental Geology 35, 146-159.

145. Remondo, J., Gonzalez, A., Diaz de Teran, J.R., Cendrero, A. (2003), *Validation of landslide susceptibility maps, examples and applications from a case study in Northern Spain*, Natural Hazards, 30, p. 437-449.

146. Rossi, M., Guzzetti, F., Reichenbach, P., Mondini, A.C., Peruccacci, S. (2009), *Optimal landslide susceptibility zonation based on multiple forecasts*, Geomorphology, 114, p.129-142.

147. Safaei, M., Omar, H., Huat, B.K., Yousof, Z.B.M., Ghiasi, V. (2011), *Deterministic rainfall induced landslide approaches, advantage and limitation*, Electronic Journal of Geotechnical Engineering (disponibil on-line http://www.ejge.com/Index_ejge.htm).

148. Savu, Al., Tudoran, P. (1969), *Aspecte ale evoluţiei reliefului şi reţelei hidrografice în Depresiunea Baia Mare*, Lucrări Ştiinţifice, I.P. Oradea, seria A.

149. Savu, Gh. (1976), *Cercetări privind efectele nocive ale poluării asupra solurilor şi arboretelor, precum şi măsuri de prevenire prin lucrări silvice pentru zona Baia Mare şi Baia Sprie*, Tema I.C.A.S., nr. 14.5.1/1979.

150. Schmidt, F., Persson, A. (2003), *Comparison of DEM Data Capture and Topographic Wetness Indice*s, Precision Agriculture, vol.4, 2, p.179-192, Springer.

151. Sorocovschi, V. (2007), *Vulnerabilitatea componentă a riscului. Concept, variabile de control, tipuri şi modele de evaluare*, Riscuri şi catastrofe, an IV, 4, Casa Cărţii de Ştiinţă, Cluj-Napoca.

152. Sterlacchini, S., Ballabio, C., Blahut, J., Masetti, M., Sorichetta, A. (2011), *Spatial agreement of predicted patterns in landslide susceptibility maps*, Geomorphology 125, p.51-61.

153. Surdeanu, V. (1998), *Geografia terenurilor degradate. I Alunecări de teren*, Presa Univeritară Clujeană, Cluj-Napoca.

154. Surdeanu, V., Rus, I., Irimuș, I.A., Petrea, D., Cocean, P. (2009), *Rainfall influence on landslide dynamics (Carpathian flysch area, Romania)*, Geographia Fisica e Dinamica Quaternaria, 32, p.89-94.

155. Șandric, I., Chițu, Z., Mihai, B., Savulescu, I. (2011), *Landslide susceptibility for the administrative area of Breaza, Prahova County, Curvature Subcarpathians, Romania*, Journal of Maps, v2011, p.552-563.

156. Şerbănescu, I. (1959), *Cercetări asupra vegetaţiei din depresiunea Baia Mare*, D.S. al Şedinţelor, Comitetul Geologic, XLII.

157. Tufescu, V. (1966), *Subcarpaţii şi depresiunile marginale ale Transilvaniei*, Editura Ştiinţifică, Bucureşti.

158. Tufescu, V., Mocanu, C., Velcea, I., Vanea, Ș., Vlădescu, C. (1985), *Atlas geografic: Republica Socialistă România*, Ed. Didactică și Pedagogică, București.

159. Ujvari, I. (1972), *Geografia apelor României*, Editura Ştiinţifică, Bucureşti.

160. Varnes, D. J. (1978), *Slope movement types and processes*, Landslides Analysis and Control, R. L. Schuster, R. J. Krizek (Editors), Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Special Report 176, p. 12-33.

161. Varnes, D. J. (1984), *Landslides hazard zonation: a review of principles and practice*, Paris, 63.

162. Van den Eeckhaut, M., Vanwalleghem, T., Poeses, J., Govers, G., Verstraeten, G., Vandekerckhove, L. (2006), *Prediction of landslide susceptibility using rare events logistic regression: A case-study in the Flemish Ardennes (Belgium)*, Geomorphology, vol.76, 3-4, p.392-410.

163. Van Westen, C.J., Rengers, N., Terlien, M.T.J., Soeters, R. (1997), *Prediction of the occurence of slope instability phenomena through GIS-based hazard zonation*, Geologische Rundschau, Volume 86, 2, p.404-414.

164. Van Westen, C.J., Seijmonsbergen, A.C., Mantovani, F. (1999), *Comparing landslide hazard maps*, Natural Hazards, 20, p.137-158, Kluwer, Olanda.

165. Van Westen, C.J., Rengers, N., Soeters, R. (2003), *Use of geomorphological information in indirect landslide susceptibility assessment*, Natural Hazards, 30, p.399-419, Kluwer, Olanda.

166. Van Westen, C.J., Van Asch, T.W.J., Soeters, R. (2006), *Landslide hazard and risk zonation—why is it still so difficult?*, Bull. Eng. Geol. Env., 65, p. 167–184.

167. Velcea, I. (1964), *Ţara Oaşului. Studii de geografie fizică şi economică*, Ed. Academiei R.S.R., Bucureşti

168. Vorpahl, P., Elsenbeer, H., Märker, M., Schröder, B. (2012), *How can statistical models help to determine driving factors of landslides?*, Ecol. Model., 239, p. 27–39.

169. White I. D., Mottershead, D.N., Harrison, J.J. (1996), *Environmental Systems*, 2nd edition, Chapman & Hall, London, p. 616.

170. Weichselgartner, J. (2002), *Naturgefahren als soziale Konstruktion: Eine geographische Beobachtung der gesellschaftlichen Auseinandersetzung mit Naturrisiken*, Shaker Verlag, Aachen.

171. Zaharia S., Driga, B.V. (2009), *Geographic premises of the landslides occurence, Satu Mare County, Romania*, Prooceedings of 3nd International Workshop in Geoenvironment and Geotechnics (GEOENV 2009), Milos Island, Greece.

172. Zaharia, S. (2012), *Identificarea și analiza hazardelor geomorfice, climatice și hidrice din municipiul Baia Mare*, Teză de doctorat, Univ. Babeș-Bolyai.

173. Zăvoianu, I., Dragomirescu, S. (1994), *Asupra terminologiei folosite în studiul fenomenelor naturale extreme*, St. şi cercet. de geografie, t. XLI, p. 59-65.

174. *** (1976) *Studiul aero-climatologic al aeroportului Baia Mare/Tăuții Măgherăuș*, Institutul de meteorologie și hidrologie, Secția de studii și cercetare pentru prevederea timpului, disponibil online: http://www.baiamareairport.ro/studiu-climatologic/ (accesat februarie 2013).

175. *** (1978), *P.U.C.M. - Instrucţiuni tehnice pentru proiectarea şi executarea construcţiilor fundate pe pământuri cu umflări şi contracţii mari*, Institutul central de cercetare, proiectare şi directivare în construcţii, Bucureşti.

176. *** (1979), *P 70-79, Instrucțiuni tehnice pentru proiectarea și executarea construcțiilor fundate pe pământuri cu umflări și contracții mari (PUCM)*, Institutul central de cercetare, proiectare și directivare în construcții, Buletinul construcțiilor, 4.

177. *** (1983) *Geografia României, vol.I, Geografia fizică*, Ed. Academiei, Bucureşti.

178. *** (1992), *Geografia României IV, Regiunile pericarpatice*, Ed. Academiei Române, Bucureşti.

179. *** (1997), *STAS 3950-81, Geotehnica. Terminologie, simboluri şi unităţi de măsură*, în Construcții vol. II, Terenuri de fundare – Colecție de standarde, Ed. Tehnică, București, p.25-48.

180. *** (1998), *GT006-97: Ghid privind identificarea și monitorizarea alunecărilor de teren și stabilirea soluțiilor cadru de intervenție asupra terenurilor pentru prevenirea și reducerea efectelor acestora, în vederea satisfacerii cerințelor de siguranță în exploatare a construcțiilor, refacere și protecție a mediului,* Buletinul construcțiilor, vol.10, Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Construcții și Economia Construcțiilor, București.

181. *** (2000), *GT 019-1998* (*Ghid de redactare a hărţilor de risc la alunecare a versanţilor pentru asigurarea stabilităţii construcţiilor*), Elaborator: I.S.P.I.F. Bucureşti), ordin de aprobare M.L.P.A.T. 80/N/19.10.1998, apărut în B.C., 6.

182. *** (2001), *Impactul pe termen lung al activităţilor miniere în poluarea cu metale grele a bazinelor Someş şi Tisa*, Institutul de Geografie al Academiei Române, Beneficiar Compania REMIN S.A. Baia Mare.

183. *** (2002) *Raportul statistic al Județului Maramureș*, Direcția Generală de Statistică din Maramureș

184. *** Australian Geomechanics Society (2002), *Landslide risk management concepts and guidelines*, p.49-92.

185. *** Australian Geomechanics Society (2007), *Practice note guidelines for landslide risk management*, Journal and news of the Australian Geomechanics Society, vol. 42, nr. 1, (http://australiangeomechanics.org/admin/wp-content/uploads/2010/11/LRM2007-c.pdf)

186. *** Australian Geomechanics Society (2007a), *Guideline for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning*, Journal and news of the Australian Geomechanics Society, vol. 42, nr. 1 (http://australiangeomechanics.org/admin/wp-content/uploads/2010/11/LRM2007-a.pdf).

187. *** (2007), *SR EN 1997-2:2007* (Eurocod 7: Proiectarea geotehnică. Partea 2: Investigarea şi încercarea terenului)

188. *** (2008), *Reactualizare plan de amenajare a teritoriului judeţean – PATJ – Judeţul Maramureş*, http://www.cdimm.org/patj_maramures.pdf (accesat iulie, 2013).

189. *** (2011), *PUG Baia Mare – studiu privind zonele de risc*, Proiect 16001/382/08.2010

190. *** Inspectoratul pentru Situații de Urgență al Județului Maramureș "Gheorghe Pop de Băsești", *Raport 2008, 2009, 2010, 2011*, Secretariatul Tehnic Permanent, Baia Mare.

191. *** (2011), *Studiu privind soluțiile de consolidare a alunecărilor de teren din zona Vâlcei, sat Chelința, oraș Ulmeni, Județul Maramureș* (s.c.GEOPROIECT s.r.l., Baia Mare; s.c.CADSIL s.r.l., Cluj-Napoca).

192. *** (2013), *Proiect nr. 2800-2013. Studiul geotehnic necesar proiectului „Reabilitare traseu de drum județean Baia Sprie (DN18) – Cavnic (DJ 184) - Ocna Șugatag (DJ 109F) - Călinești (DJ185) – Bârsana (DJ185)"* (Beneficiar s.c. SEARCH CORPORATION s.r.l. BUCUREŞTI), realizat de s.c. GEOPROIECT s.r.l. Baia Mare și s.c.PROIECT BIHOR s.a.

193. *** *Legea 124/1995* privind aprobarea Ordonanței Guvernamentale 47/1994, privind apărarea împotriva dezastrelor.

194. *** *H.G. 525/1996* privind delimitarea în fiecare județ a zonelor expuse la riscuri naturale.

195. *** *Ordinul 62/N din 31 iulie 1998* privind delimitarea zonelor expuse riscurilor naturale.

196. *** *Legea nr. 575/2001* privind aprobarea Planului de amenajare a teritoriului national - Sectiunea a V-a - Zone de risc natural

197. *** *H.G. 382/2 aprilie 2003* pentru aprobarea Normelor metodologice privind exigențele minime de conținut ale documentațiilor de amenajare a teritoriului și de urbanism pentru zonele de riscuri naturale.

198. *** *H.G. nr.447/10 aprilie 2003* pentru aprobarea Normelor metodologice privind modul de elaborare şi conţinutul hărţilor de risc natural la alunecări de teren și inundații.

199. *** *H.G. 717/2010* pentru modificarea și completarea Hotărârii Guvernului nr.363/2010 privind aprobarea standardelor de cost pentru obiective de investiții finanțate din fonduri publice.

200. *** (1992), *Internationally agreed glossary of basic terms related to disaster management*, IDNDR, Geneva.

201. *** (2001), *UNISDR Terminology on disaster risk reduction*, UNISDR, Geneva

202. *** (2009), *UNISDR Terminology on disaster risk reduction*, UNISDR, Geneva (http://www.unisdr.org/we/inform/publications).

203. *** (1967*), Harta geologică Baia Mare*, Redactor Mircea Paucă, Comitetul de Stat al Geologiei-Institutul Geologic, Bucureşti.

204. *** (1966), *Atlasul Climatologic al R.S.România*, Institutul Meteorologic, Bucureşti.

205. *** (1970), *Harta solurilor*, 1:200 000, Institutul geologic al R.S.R.

206. *** (1994) *Atlasul cadastrului apelor din România*, IGFCOT, Ministerul Mediului, Aquaproiect S.A., Bucureşti

207. *** Planuri topografice 1:5000, Agenția Națională de Cadastru și Publicitate Imobiliară, Baia Mare.