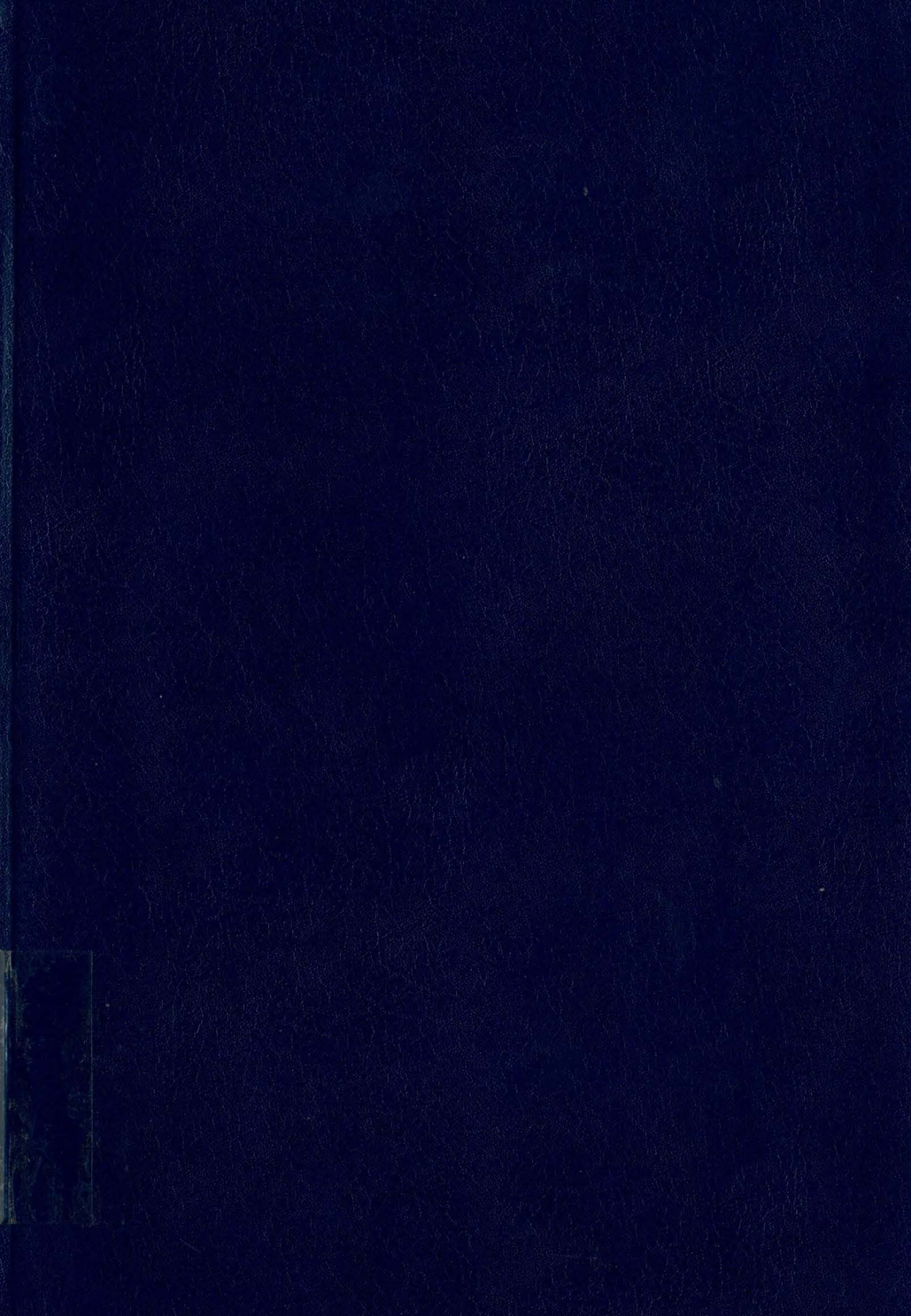




B. C. II
III 464559

FLORINA GRECU

FENOMENE NATURALE DE RISC

GEOLOGIE ȘI GEOMORFOLOGIE

EDITURA UNIVERSITĂȚII DIN BUCUREȘTI
1997



BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITARĂ
București

Cota

III 467 559

Inventar

C. 1880/97

FLORINA GRECU

FENOMENE NATURALE DE RISC

GEOLOGIE ȘI GEOMORFOLOGIE

EDITURA UNIVERSITĂȚII DIN BUCUREȘTI

1997

<https://biblioteca-digitala.ro> / <https://unibuc.ro>

BIBLIOTECA CENTRALĂ UNIVERSITARĂ

BUCUREȘTI

COTA III 467559

374/92 Referenți științifici: Prof. dr. MIHAI GRIGORE
Prof. dr. MIHAI IELENICZ

B.C.U. București



C 01880 97

© Editura Universității din București
Șos. Panduri, 90-92, București - 76235;
Telefon 410.23.84

Culegere și tehnoredactare computerizată: ing. Felicia Grecu

ISBN - 973 - 575 - 153 - 4

CUPRINS

Cuvânt înainte (Mihai Grigore)	5
1. Aspecte teoretice si metodologice	7
1.1. Termeni utilizați	8
1.2. Fenomenele de risc - știință sau concept.....	16
1.3. Clasificare	16
1.4. Aspecte ale cercetării globale a riscului	17
1.5. Riscurile geologice și geomorfologice	17
2. Fenomene de risc datorate proceselor endogene	
(Riscuri geologice)	23
2.1. Fenomene magmatice. Vulcanii	23
2.1.1. Sistemele magmatice	23
2.1.2. Morfologia aparatului vulcanic	28
2.1.3. Tipuri de activitate vulcanică	29
2.1.4. Produsele activității vulcanice	31
2.1.5. Erupțiile vulcanice	32
2.1.6. Impactul activității vulcanice asupra populației	34
2.1.7. Răspândirea vulcanilor pe glob	36
2.1.8. Prevederea erupțiilor vulcanice	40
2.2. Fenomene seismice	41
2.2.1. Elementele unui seism	42
2.2.2. Litologia si riscul seismic	44
2.2.3. Tipuri genetice de seisme	44
2.2.4. Măsurarea seismelor	48
2.2.5. Impactul fenomenelor seismice asupra populației ..	50
2.2.6. Cutremurele din România	59
2.2.7. Aspecte ale predicției cutremurelor	61
2.2.8. Măsuri de autoprotecție a populației.....	62
3. Fenomene de risc datorate proceselor exogene	
(Riscuri geomorfologice)	67.
3.1. Fenomene de risc datorate proceselor de versant.....	67
3.1.1. Legi fundamentale.....	67
3.1.1.1. Legea gravitației.....	67

3.1.1.2. Legea (ecuația) Coulomb-Terzaghi	67
3.1.2. Deplasarea terenurilor și a zăpezii	72
3.1.2.1. Prăbușiri de roci	73
3.1.2.2. Avalanșe	74
3.1.2.3. Alunecări de teren	83
3.1.2.4. Curgeri de noroi (pământ)	87
3.1.3. Eroziunea hidrică	87
3.2. Fenomene de risc datorate proceselor de albie.	
Inundațiile (<i>Ion Zăvoianu</i>)	88
3.2.1. Semnificația inundațiilor ca fenomen de risc	88
3.2.2. Cauzele inundațiilor	90
3.2.2.1. Cauze naturale	90
3.2.2.2. Cauze antropice	95
3.2.3. Pagube și efecte negative	97
3.2.3.1. Pagube economice	97
3.2.3.2. Efecte negative	98
3.2.4. Măsuri de protecție	99
3.2.5. Măsuri de prevedere.....	101
4. Harta expunerii la risc a terenurilor din bazine hidrografice de deal.....	103
4.1. Aspecte teoretice	103
4.2. Etapele întocmirii hărții expunerii la risc a terenurilor ...	105
4.2.1. Potențialul morfodinamic	105
4.2.2. Procesele geomorfologice actuale	120
4.2.3. Regionarea factorilor de risc	129
4.3. Harta expunerii terenurilor la risc. Bazinul Calvei	129
Anexe	135
Bibliografie	139

CUVÂNT ÎNAINTE

Elaborarea și publicarea unui curs intitulat Fenomene naturale de risc - geologice și geomorfologice constituie pentru intuiția și creația din geografia românească o înfăptuire de prioritate.

Ne aflăm, deci, în fața unei prime încercări izbutite de acest gen, pe care o considerăm indubitabil ca pe o deschidere de tematică pentru un domeniu de actualitate și, mai ales, de viitor, reprezentând acel procedeu și acea metodologie necesare de investigare a manifestării în timp și spațiu, respectiv a probabilității apariției unor fenomene și procese având un potențial și efecte distructive pentru societatea umană.

Cu prilejul conceperii unei astfel de lucrări, autoarea oferă dovada unei atente înțelegeri și explicări a fenomenului de risc, atât pentru sfera proprie și specifică acestuia, cât și în privința altor aspecte, ca de exemplu complexitatea și diversitatea posibilităților lui de manifestare, clasificarea, modalitățile de cuantificare a proceselor și a urmărilor determinate în declanșările stărilor de risc etc. Structura prezentului curs indică o anumită integralitate privind sfera de cuprindere a tematicii care se conturează tot mai insistent, dar eficient în ansamblul geografiei aplicate. Lucrarea beneficiază aproape sistematic în capitolele sale de informații vizând metodologia de expertiză a fenomenelor și proceselor de risc. Având o bună concordanță cu textul, materialul ilustrativ constituit din hărți generale, de sinteză, analitice, diferitele categorii de schițe și grafice de corelații, scheme interpretative, împreună cu unele elemente de preluări selective din anumite surse bibliografice, conține evident și trăsături de contribuție personală ale autoarei, fapt ce exprimă o altă latură valorică pentru acest inedit curs de risc, care este audiat de studenții geografi.

O desfășurare logică, cursivă, cu exigență pentru conținutul științific, informativ și formativ, acreditează întreaga lucrare, a cărei intrare în literatura noastră geografică o recomandăm fără rețineri.

Doamna conf. univ. dr. Florina Grecu și cu prilejul acestui nou curs se definește prin valențe de atent și eficient cercetător, pedagog bine înzestrat, care nu pregetă ca printr-o muncă asiduă și pasionată să se implice cu seninătatea ce îi este caracteristică în tumultul eforturilor ce le solicită gândirea și creația geografică universitară.

Prof. univ. dr. **MIHAI GRIGORE**

1. ASPECTE TEORETICE ȘI METODOLOGICE

Noțiunile de risc, hazard, dezastru au fost impuse în problematica globală a cercetării științifice și în preocupările la nivelul statelor de către evoluția fenomenelor și de dezvoltarea firească a științelor și a societății. Aceasta constituie un exemplu elocvent de evoluție a gândirii științifice interdisciplinare.

Creșterea pierderilor umane și materiale datorate unor fenomene naturale extreme a dus la apariția unei noi inițiative științifice pe plan internațional, și anume aceea de a se stabili tendința de evoluție a acestor fenomene și strategiile posibile de atenuare a lor. Concret, este vorba de numărul mare de victime din perioada 1960-1980 (de 3 milioane morți) și de pierderile materiale ce au impus deplasarea a peste 800 de milioane persoane. În perioada 1960-1989 s-au înregistrat, în medie, 3,8 dezastru pe an. În 1995 cele 600 de catastrofe au ucis peste 18.000 persoane și au făcut pagube de circa 180 miliarde dolari. Ținându-se cont de creșterea apreciabilă a populației în perioadele analizate, rezultă dimensiunea reală a efectelor fenomenelor naturale extreme.

Inițiativa în sesizarea acestor fenomene globale a revenit Academiei Naționale de Științe a S.U.A., conceptul fiind propus de președintele acesteia, prof. Frank Press, membru de onoare al Academiei Române. Astfel, Adunarea Generală a Națiunilor Unite din 11.XII. 1987 a adoptat rezoluția numărul 42/169, care a declarat anii 1990-1999 "Deceniul Internațional pentru Reducerea Efectelor și Dezastrelor Naturale" (IDNDR).

Primele cercetări în domeniul hazardelor naturale se pare că au fost făcute de Gilbert White între anii 1942 și 1956. El a concluzionat că deși se cheltuiesc sume imense pentru îndiguiri, canalizări și alte construcții pentru protejarea populației, pagubele sunt mult mai mari în urma inundațiilor, pentru că populația se așează în zonele considerate cu grad de risc redus (Gares A. Paul și colab., 1994).

În România, P. Coteț (1978) sesizează importanța hărților de risc pentru studiile geografice.

1.1. Termeni utilizați

Considerând cercetarea fundamentală a fenomenelor extreme predezastru ca prioritară pentru reducerea urmărilor negative ale dezastrelor asupra populației, sub egida UNESCO și a secretariatului IDNDR s-a elaborat un dicționar de termeni în limbile engleză, franceză și spaniolă cu scopul folosirii unui limbaj științific unitar, în vederea elaborării unor sinteze la nivel planetar. În acest dicționar (1992) hazardul este "*un eveniment amenințător sau probabilitatea de apariție într-o regiune și într-o perioadă dată, a unui fenomen natural cu potențial distructiv*". După DEX, hazard este "împrejurare sau concurs de împrejurări (favorabile sau nefavorabile) a căror cauză rămâne în general necunoscută; întâmplare neprevăzută, neașteptată, soartă, destin".

Pornindu-se de la noțiunea de hazard ca "probabilitatea de apariție a unui fenomen", sunt necesare studii asupra valorilor extreme ale unui fenomen, în vederea calculării probabilității apariției acestora. În acest context, fenomenele extreme fac parte din procesul natural de evoluție. Ele semnifică trecerea peste anumite praguri sau intervale critice, în care are loc schimbarea sistemului de la o stare la alta, respectiv de la starea de echilibru la cea de dezechilibru.

În accepțiunea lui S. Schumm un prag geomorfologic este un prag de stabilitate a fenomenelor de risc care este depășit fie prin schimbări intrinseci ale reliefului însuși, fie prin schimbări progresive ale unei variabile externe. În consecință, un prag este format din următoarele momente:

1. manifestări accelerate intrinseci ale proceselor premergătoare "trecerii" peste prag;
2. trecerea peste prag;
3. consecințele imediate trecerii, respectiv efectul de prag.

Pragurile extrinseci sunt dependente de variabilele care controlează din exterior sistemul (de exemplu, cele induse de activitatea umană).

Pragurile intrinseci sunt induse de energiile din interiorul sistemului.

Trebuie menționat că nu toate pragurile induc valori extreme ale fenomenelor. Există o multitudine de praguri în natură ce corespund anumitor valori critice semnificative pentru dinamica acestora.

Dezastrul (din engleză) natural, sinonim cu catastrofa (în lb. franceză) este definit în dicționarul IDNDR (1992) ca "*o gravă întrerupere a funcționării unei societăți, care cauzează pierderi umane, materiale și de mediu, pe care societatea afectată nu le poate depăși cu resursele proprii*". Dezastrele sunt adesea clasificate în funcție de modul lor de apariție (brusc sau progresiv) sau de originea lor (naturală sau antropică).

Una dintre problemele care stau în atenția specialiștilor este stabilirea limitelor de la care un hazard este un dezastru. Criteriile sunt în funcție de scara la care se analizează fenomenele. De exemplu, un fenomen extrem este dezastru pentru un anumit grup de indivizi, în timp ce pentru alții el este înregistrat ca un fenomen ce poate fi depășit prin resurse proprii. La fel se pune problema și la nivelul statelor. Posibilitatea de a diminua efectele negative ale fenomenelor extreme face ca dezastrul să aibă valori mai reduse în statele puternic dezvoltate, decât în statele slab dezvoltate. În același timp însă, în țările puternic industrializate frecvența riscurilor este mai mare decât în cele bazate pe agricultură.

Particularitățile psihologice de percepere a riscului și răspunsului la acesta poate fi diferit de la popor la popor sau de la populația rurală la cea urbană, măsurile de apărare împotriva pericolelor transmițându-se de la generație la generație. Astfel, instruirea populației trebuie să țină cont de particularitățile psihologice, etnice și de grup în perceperea pericolelor.

Analiza frecvenței dezastrelor impune o perioadă îndelungată de observații, mai mare de 100 de ani. Tehnica de înregistrare a fenomenelor extreme, precum și comunicarea rapidă a datelor prin mass-media, corelate cu explozia demografică constituie factori ce contribuie la considerarea dezastrelor ca fenomene cu frecvență crescândă în perioada actuală (fig. 1). Cele mai discutate sunt cele legate de schimbările climatice globale, deși dezastrele geomorfologice, hidrologice sunt destul de frecvente și cu efecte mari.

În perioada 1988-1992, de exemplu, s-au înregistrat 230.395 morți în urma acestor procese (Gares și colab., 1994) (tabelul nr. 1). Deși vulcanii sunt considerați ca cele mai virulente dezastre, alături de cutremure, din tabelul nr. 1 rezultă că numărul cel mai mare de victime,

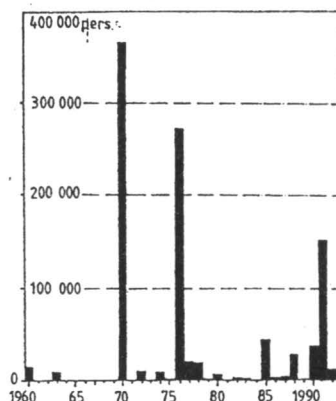


Fig. 1. Numărul total de morți și persoane dispărute ca urmare a dezastrelor naturale (după Bertz, 1992, citat de Rosenfeld, 1994).

după cutremure, este înregistrat ca fiind datorat alunecărilor masive de teren. (tabelul nr. 2)

În ceea ce privește repartitia pe Glob a dezastrelor se constată că circa 2/3 au loc în regiunile lumii a treia, la care se adaugă Japonia și Australia. Tot aici numărul victimelor a fost de 2.066 morți/dezastru (în perioada 1960-1980), în America de Nord de 19 morți/dezastru, iar în Europa Occidentală de 99 morți/dezastru.

Vulnerabilitatea după dicționarul IDNDR (1992) este "*gradul de pierderi (de la 0% la 100%) rezultate din potențialitatea unui fenomen de a produce victime și pagube materiale*".

Prin dinamica lor, fenomenele naturale extreme au un anumit "potențial" de a produce victime sau pagube materiale. Rezultă de aici necesitatea studierii nu numai a hazardelor, dezastrelor, dar și a vulnerabilității, a "potențialității" fenomenelor naturale de a "produce victime și pagube materiale".

În acest sens se admite că fenomenele naturale extreme sunt alcătuite din două componente:

- potențialitatea sau vulnerabilitatea cu efecte indirecte asupra populației;
- fenomenul extrem propriu-zis, cu efecte directe.

De exemplu, despădurirea și pășunatul excesiv accelerează procesele de eroziune și de deplasare a materialelor pe versanți și influențează frecvența inundațiilor, cu efecte indirecte, și respectiv, directe asupra activității umane. Vulnerabilitatea este dependentă de dezvoltarea socială și economică.

Riscul, după DEX, este "posibilitatea de a ajunge într-o primejdie, de a avea de înfruntat un necaz sau de suportat o pagubă; pericol posibil" (din lb. franceză *risque*). După dicționarul IDNDR riscul este definit "*numărul posibil de pierderi umane, persoane rănite, pagube asupra proprietăților și întreruperii activității economice în timpul unei perioade de referință și într-o regiune dată, pentru un fenomen natural particular*". Prin urmare, este produsul dintre riscul specific și elementele de risc.

Arealele cu diferite grade de vulnerabilitate includ *elementele de risc*, și anume: *populația, clădirile și construcțiile de inginerie civilă, activitățile economice, serviciile publice, utilitățile, infrastructura etc. supuse riscului într-o arie dată* (Crozier, 1988).

Riscul specific sau riscul relativ arată gradul așteptat de pierderi provocate de un fenomen natural particular în funcție de hazardul natural și de vulnerabilitate.

Riscul este dat de produsul dintre numărul dezastrelor pe an și numărul morților pe dezastru (exemplu, după datele lui Munich R. P., citat de I. Zăvoianu, Ș. Dragomirescu, 1994):

- intervalul 1960-1990: 114 dezastre cu 828.439 morți;
- frecvența: 114 dezastre: 30 ani = 3,8 dezastre/an;
- mărimea: 828.439 morți: 114 dezastre = 7.267 morți/dezastru;
- riscul: $3,8 \times 7267 = 27.614$ morți/an.

După datele din tabelul nr. 1, rezultă:

- intervalul 1988-1992: 291 dezastre cu 230.395 morți;
- frecvența: 291 dezastre : 4 ani = 73 dezastre/an;
- mărimea 230.395 morți : 291 dezastre = 757 morți/dezastru;
- riscul: $73 \times 757 = 55.261$ morți.

Tabelul nr. 1 - Frecvența unor fenomene catastrofale și numărul de decese asociate lor (perioada 1988-1992) (după P.A. Gares și colab., 1994)

Anul		Avalanșe	Alune- cări	Vulcani	Cutre- mure	Tornade	Inundații	Hurricane (Uragane)	Tsu- nami	Total
1988	Frecvența	5	2	0	29	10	3	14	0	63
	Morți	49	323	0	26.771	32	10.000+	2958	0	40.133+
1989	Frecvența	0	3	3	25	13	3	11	0	58
	Morți	0	286	0	1336	691	0	812	0	3125
1990	Frecvența	4	1	4	30	11	6	11	0	67
	Morți	46	21	0	37.720	53	158	351	0	38.349
1991	Frecvența	5	1	5	24	6	0	9	0	50
	Morți	28	64	141	526	55	0	143.629	0	144.443
1992	Frecvența	2	2	5	26	10	0	6	2	53
	Morți	217	330	1	3637	37	0	23	100+	4345+
Total	Frecvența	16	9	17	134	50	12	51	2	291
	Morți	340	1024	142	69.990	868	10.158	147.773	100+	230.395+

Tabelul nr. 2 - Dezastre majore (peste 200 persoane decedate) (după P. A. Gares, 1994)

Anul	Localitatea	Morți	Tip
1919	Mt. Kelut, Java	5000	prăbușiri în loess
1920	Kansu, China	10.000	cutremure
1921	Alma Ata, Kazahstan	500	alunecări în pătura superficială
1936	Kobe, Japonia	461	curgeri de noroi/alunecări
1941	Quebrada de Cojup, Peru	5000	revărsări de lacuri glaciare
1945	Kure, Japonia	1154	precipitații
1949	Tienshan, Tadjikistan	12.000	alunecări declanșate de cutremure
1958	regiunea Tokio, Japonia	1100	precipitații
1962	Ranrachira, Peru	4000+	avalanșe
1963	Viaont Gorge, Italia	2117	ape subterane, valuri
1966	Rio de Janeiro, Brazilia	1000	precipitații
1967	Rio de Janeiro, Brazilia	1700	precipitații
1970	Mt. Huascarán, Peru	18.000	avalanșe
1971	Chungar, Peru	400	alunecări și valuri
1972	Yungay, Peru	23.000	cutremure
1974	Montaro River, Peru	450	precipitații

Tabelul nr. 2 (continuare)

Anul	Localitatea	Morți	Tip
1976	Guatemala City, Guatemala	240	cutremure
1981	Mt. Sereru, Java	500	precipitații
1982	regiunea Monrovia, Liberia	200	prăbușiri ale haldelor de steril
1983	Yacitan si Cashipampa, Peru	300+	precipitații
1983	Mt. Sale, China	277	ridicarea pânzei freatice
1985	Nevado del Ruiz, Columbia	22.000	lahare
1988	Rio de Janeiro, Brazilia	200	curgeri în pătura de dezagregări/ torenți de pietre
1989	Sharora, Tadjikistan	1000	cutremure
1992	Gormek, Turcia	205	cutremure
1993	Ecuador	200+	precipitații

Comparând valorile riscului, deși perioadele nu au același număr de ani, se constată dublarea numărului de morți pe an în intervalul 1988-1992 față de perioada 1960-1990.

Fenomenele naturale extreme susceptibile de dezastre sau calamități au diferite grade de vulnerabilitate (mică, medie, mare). În consecință, majoritatea studiilor au în vedere cartarea vulnerabilității sau a expunerii terenurilor la risc. Prevederea evenimentelor extreme este foarte dificilă datorită caracterului lor aleatoriu și greu de prevăzut. La acestea se adaugă și posibilitatea atingerii sau depășirii valorilor absolute anterioare. Între fenomenele naturale extreme și populație exista două tipuri de relații (fig. 2):

1) evoluția fenomenelor spre valori extreme când populația prezintă un anumit grad de vulnerabilitate, este susceptibilă deci la pierderi umane și economice;

2) producerea fenomenelor extreme afectează direct populația, numărul de morți și daunele economice fiind apreciabile.

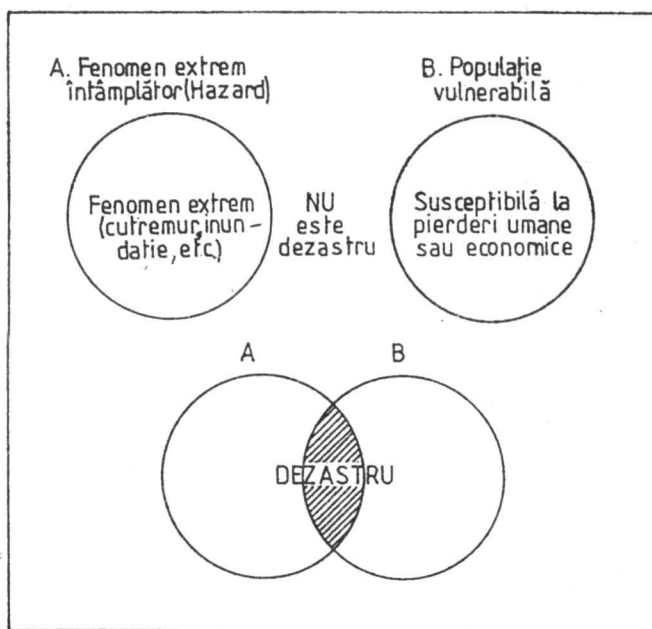


Fig. 2. Relația dintre hazard, dezastru și vulnerabilitate în cazul producerii unui hazard (A) și existența unei populații vulnerabile (B) (după Degg, 1992, citat de Zăvoianu și Dragomirescu, 1994).

1.2. Fenomenele de risc- știință sau concept?

După această prezentare se pun următoarele întrebări la fenomenele de risc:

- totalitatea cunoștințelor despre fenomenele extreme se constituie într-o știință?
- au sau nu caracter interdisciplinar?
- ce loc ocupă în cadrul științelor Pământului?

Totalitatea cunoștințelor despre fenomenele extreme este un concept apărut din necesitatea de a cuantifica fenomenele cu impact negativ asupra omului, în vederea prevederii, preîntâmpinării și combaterii lor. Are un caracter interdisciplinar atât între științele Pământului cât și între acestea și celelalte științe. Apariția conceptului a fost favorizată de apariția teoriei sistemelor.

1.3. Clasificare

În sens larg, se acceptă trei mari categorii de riscuri:

1. riscurile tehnogene; antropice;
2. riscurile sociale;
3. riscurile naturale; ecologice.

Sintagmele care definesc totalitatea fenomenelor extreme naturale cu impact negativ asupra populației sunt destul de ambigue și vehiculate în literatura de specialitate sub forma:

- fenomene geografice de risc;
- geografia riscurilor;
- riscurile naturale.

Expresia "fenomene geografice de risc" este parțial sinonimă cu "riscurile naturale". Definirea fenomenelor de risc ca fiind *geografice* ar justifica includerea riscurilor din natură în preocupările științelor geografice, fiind clasificate în: riscuri geomorfice, hidrologice, climatice, biogeografice, pedogeografice. Tot în preocupările geografiei intră și unele riscuri sociale, etnice ș.a.

Geografia fizică studiază izvoarele naturale ale riscului, respectiv procese și fenomene cu influențe negative directe și indirecte asupra

omului și asupra mediului. Rezultă de aici descompunerea conceptului de risc natural în: risc în natură și risc pentru om.

1.4. Aspecte ale cercetării globale a riscului

Cercetarea globală a riscului este orientată spre:

- sistematizarea și tipizarea tuturor fenomenelor de risc;
- cunoașterea factorilor de risc;
- găsirea unui sistem unic al măsurării;
- stabilirea unor criterii și parametri de apreciere;
- alegerea nivelului admisibil al riscului;
- elaborarea hărții riscului (metode și mijloace de cartografiere).

Abordarea complexă a raporturilor dintre risc și sistemele geografice (fizice și sociale, naturale și antropice) este impusă de diversitatea acestora, de multitudinea variabilelor care le definesc și le asigură funcționalitatea (vezi anexa 1). O mare parte a riscurilor din natură sunt induse de intervenția omului în mediu, astfel încât clasificările unilaterale nu sunt elocvente.

Analiza complexă a riscului și a dinamicii sistemelor geografice este un demers în favoarea acceptării unei geografii unice, cu analize pe componente în vederea efectuării sintezei.

1.5. Riscuri geologice și geomorfologice

Riscurile de origine geologică, datorate modificărilor normale din structura internă a scoarței terestre, sunt:

- seismele;
- erupțiile vulcanice submarine sau terestre;
- tsunami, produse de cutremure sau de vulcani.

Ele se caracterizează prin dispersia unei mari energii cu impact direct asupra populației și asupra mediului, declanșând alte fenomene extreme, cum sunt: alunecări de teren, căderi de blocuri, avalanșe, emisii poluante în atmosferă, perturbații majore în viața animalelor și a plantelor. Acestea se regăsesc în modificări importante și de lungă durată în geosisteme:

- modificări brutale în relief;
- distrugerea vegetației;
- modificări în rețeaua hidrografică, în pânza de apă freatică;
- poluarea aerului, apei și solului;
- alte efecte secundare.

Riscurile de origine strict geomorfică vizează "ansamblul de amenințări la resursele umane care vin din instabilitatea caracteristicilor de suprafață ale Pământului" (P. Gares și colab., 1994). Definiția exclude cutremurele, parțial vulcanii, dar nu și răspunsul formei de relief la acestea.

În sens restrâns riscurile (hazardele) geomorfice sunt doar acelea induse de modificările formelor de relief. Ridicarea nivelului mării, spre exemplu, nu este un risc geomorfic, dar toată suita de procese de țărmece au loc ca urmare a ridicării nivelului mării întră în sfera de cercetare a geomorfologului.

Caracteristici esențiale ale riscurilor geomorfologice sunt timpul variat de manifestare și dispersia mare în spațiu. Unele riscuri geomorfologice au o intensitate maximă în timp scurt (alunecările masive de teren), altele se produc în timp îndelungat (eroziunea solului). Cele mai multe riscuri geomorfice sunt cele continue, dezastrul putându-se produce după o evoluție îndelungată a proceselor. Din acest motiv, riscurile geomorfologice par mai puțin importante pentru societate. Ele au însă efecte negative indirecte asupra populației în timp îndelungat. Studiile asupra sistemelor geomorfologice trebuie să includă atât dinamica sistemelor, cât și componenta socială a acestora.

Riscurile de origine geomorfologică sunt datorate următoarelor procese:

- prăbușiri, rostogoliri, căderi de roci și de zăpadă;
- alunecări masive de teren;
- curgeri de pământ;
- eroziune hidrică.

La scară planetară, fenomenele catastrofale sunt grupate în cinci tipuri majore după următoarele criterii: suprafață, durată activă, frecvență, principalele efecte (Michel Chardon, 1990) (tabelul nr. 3).

Cartarea expunerii la risc geomorfologic

Cartarea caracteristicilor geologice și geografice care expun teritoriile la rupturi în sisteme geografice naturale și antropice, cum sunt inundațiile, prăbușirile, eroziunea solului, constituie o preocupare a geomorfologilor. Una dintre problemele dificile este elaborarea legendei. Harta expunerii la risc geomorfologic reprezintă o fază finală a unui demers analitic deosebit de laborios. Astfel se explică faptul că puținele hărți de risc elaborate până în prezent în țara noastră (vezi bibliografia) se bazează pe cercetări ale autorilor efectuate în timp îndelungat, harta constituind o sinteză a cercetărilor geomorfologice. Ea se cuplează cu harta utilizării terenurilor și a densității populației.

Harta expunerii la risc geomorfologic se realizează prin *metoda suprapunerii hărților*, în etape succesive, metodologia de amănunt putând avea unele adaptări în funcție de substratul geologic și de particularitățile reliefului (vezi "**Harta expunerii la risc geomorfologic**").

Aceste etape decurg dintr-o perspectivă geomorfologică și vizează (Florina Grecu, 1994, 1997):

1. analiza potențialului morfodinamic;
2. analiza proceselor geomorfologice și elaborarea hărții acestora;
3. regionarea proceselor geomorfologice și a factorilor morfodinamici;
4. elaborarea hărții expunerii la risc pe baza unei legende a cărei structură se stabilește în timpul etapei anterioare (areale cu intensitate diferită a proceselor geomorfologice și factorilor morfodinamici).

Menționăm că conținutul hărții expunerii la risc și legenda acesteia sunt determinate de particularitățile geologice și geografice ale regiunii analizate (vezi anexa 2).

Tabelul nr. 3 - Tipologia geografică a catastrofelor naturale (după M. Chardon, 1990)

Tipul de catastrofă	Suprafața afectată	Durata efectelor active	Principalele efecte	Frecv. pe planetă	Exemple
<u>Giga catastrofă</u> Explozii vulcanice	De la 100 la 510 mil. km ² (suprafața Terrei)	Mai mulți ani	- Relief distrus și creat - Perturbații climatice și hidrologice la scara globului - Tsunami	1/200-300 ani la 1/secol	Exploziile vulcanilor Tambora, Krakatoa
<u>Mega catastrofă</u> Mari seisme Erupții vulcanice Secete din Sahel	Între 1 și 100 mil. km ²	Mai multe luni	- Formarea de relief - Marea, tsunami - Alunecări de teren - Modificări ale geosistemelor și ecosistemelor	5 la 10 pe secol	Alaska (1964), Mont Saint Helen, Peru (1970), California (1906), Mexic (1985)
<u>Mezo catastrofă</u> Erupții vulcanice Seisme Valuri de frig Oraje, tornade	de la 10.000 la 1.000.000 km ²	Mai multe săptămâni la mai multe luni	Modificări de relief Perturbații ale vieții animale și vegetale Maree Inundații Alunecări de teren	1 sau mai multe pe an	Frig (1956, 1985 în Europa și 1987 în S.U.A.) Seisme în Guatemala (1978)

Tabelul nr. 3 (continuare)

Tipul de catastrofă	Suprafața afectată	Durata efectelor active	Principalele efecte	Frecv. pe planetă	Exemple
<u>Catastrofă</u> Mici seisme Tornade Ploi excepționale	Între 100 și 10.000 km ²	De la săptămâni la 1 sau 2 luni	Alunecări de teren Inundații Modificări de relief și hidrografie Perturbații ecologice și poluare	1 pe lună	Valteline (1987); Frioul (1976); Dauphine (1856); Nevado del Ruiz, Columbia (1985); Muntele Pelee (1902)
<u>Fenomene localizate</u> <u>punctual</u>	Sub 100 km ²	De la câteva zile la câteva săptămâni	Modificări de relief și hidrografie Alunecări de teren Curgeri de lave Poluare Transformări de ecosisteme	zilnic	

Un exemplu de hartă este cea a riscurilor naturale la nivel planetar (scara 1:100.000.000), care prezintă riscurile de origine geologică și climatică.

Sunt cartate cinci zone seismice după intensitatea maximă probabilă (în scara Mercalli modificată - MM) a seismului cu o perioada de circa 50 de ani:

- zona 0 - intensitatea până la V MM;
- zona 1 - intensitatea VI MM;
- zona 2 - intensitatea VII MM;
- zona 3 - intensitatea VIII MM;
- zona 4 - intensitatea IX MM.

O altă categorie de riscuri de pe hartă o constituie vulcanii activi și foarte periculoși. Sunt cartate de asemenea țărmurile expuse la tsunami de origine seismică, ciclonii tropicali, furtuni și tornade, limitele aisbergurilor și ale banchizei. La acestea se adaugă orașele (cu peste 1.000.000 locuitori; între 100.000 și 1.000.000 locuitori; sub 100.000 locuitori).

2. FENOMENE DE RISC DATORATE PROCESELOR ENDOGENE (RISURI GEOLOGICE)

În raport cu locul desfășurării față de geosistemul terestru, factorii și procesele morfogenetice se împart în cosmici și tereștri (endogeni și exogeni).

Procesele morfogenetice endogene (ca mod concret de acțiune a agenților modelatori) se manifestă fie în timp îndelungat cu viteză foarte redusă, numite *procese diastrofice* (mișcările tectonice), fie în timp scurt, cu ritm și intensitate ridicate, cu deplasări remarcabile de materie solidă din interiorul Pământului sau de la suprafața sa (procesele vulcanice și cutremurele).

2.1. Fenomene magmatice. Vulcanii

Vulcanii reprezintă partea superioară terminală a unui sistem magmatic, prin care materialul topit ajunge la suprafață sub forma de lave, adică de magme din care s-a degajat cea mai mare parte a fracțiunii volatile.

Formarea, prezența și evoluția magmelor în litosfera (de la astenosferă până la suprafața terestră) sunt cunoscute sub numele de *fenomene magmatice*. Termenul *măgmă* este de origine greacă (aluat) și a fost introdus în știință de către H. Vogelsang (1836-1874).

Vulcan este de origine latină, Vulcano fiind numele zeului focului la romani.

2.2.1. Sistemele magmatice

Sistemele magmatice prezintă anumite particularități în funcție de repartiția lor pe orizontală, respectiv de repartiția geografică pe Terra, și în funcție de dezvoltarea lor pe verticală. Repartiția pe orizontală este strâns legată de *tectonica plăcilor*, și anume de *procesele de divergență* dintre plăci, de-a lungul rifturilor dorsalelor oceanice (arii de acree, de extindere sau de creștere a plăcilor) și de *procesele de*

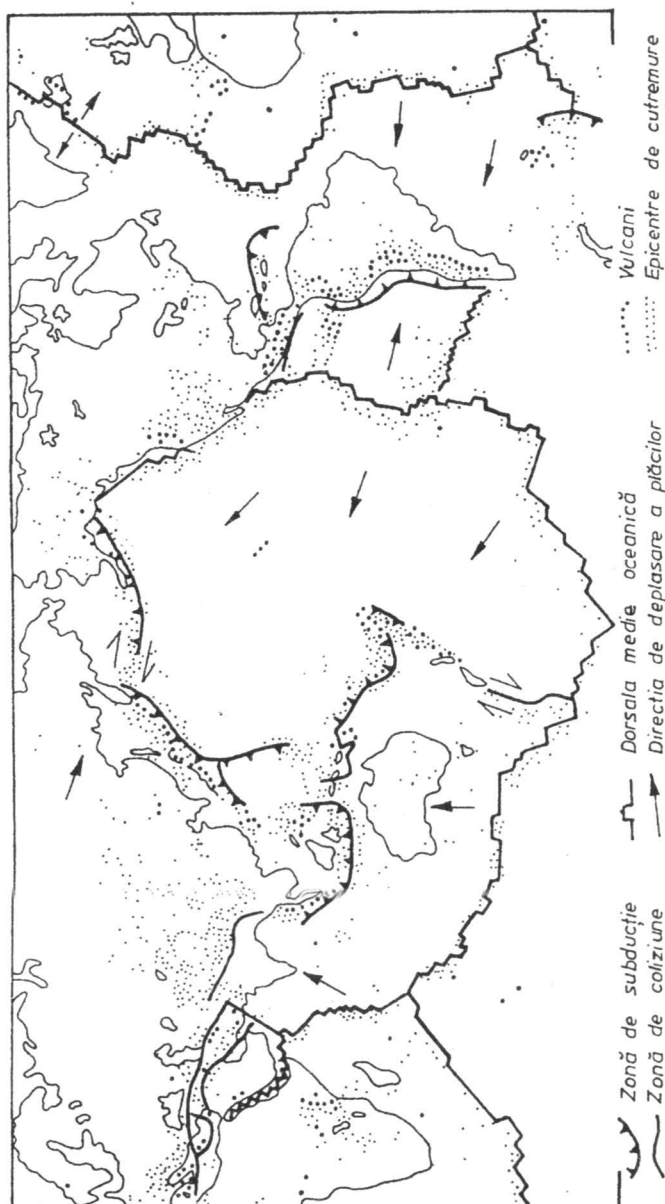


Fig. 3. Corelații între plăcile tectonice majore, cutremure și vulcanii recenti

convergență și subducție, de apropiere și încălecare a plăcilor. În funcție de aceste arii, magmatismul are anumite particularități (fig. 3).

1. Magmatismul rifturilor este caracteristic dorsalelor oceanice și este de natură bazică (bazalte ce provin din partea superioară a astenosferei) sau ultrabazică. Prin funcționarea rifturilor se formează crusta oceanică. Pe continente, în lungul rifturilor apar vulcani activi, dispuși liniar, cum este cazul *riftului african*.

2. Magmatismul scuturilor este caracteristic scuturilor cu fracturi adânci; vulcanii sunt punctiformi, cu aparate centrale sau revărsări liniare, care pot să acopere, uneori, suprafețe întinse cu lavă intermediară și bazică. Podișul Deccan, Africa de Sud, regiunea Parana din Brazilia ș.a. s-au format prin astfel de erupții.

3. Magmatismul plăcilor oceanice este legat de faliile transformate adânci, se formează vulcani centrali, grupați în arhipelaguri (Hawai), vulcani centrali dispuși liniar (de la Hawai spre nord-nord-vest), precum și linia de erupție submarină (Feroe, Islanda, Jan Mayen, Svalbard).

4. Magmatismul ariilor orogenice are magme ce provin din partea inferioară a tectonosferei și se realizează în mai multe faze succesive într-un ciclu orogenic: magmatismul inițial, magmatismul sinorogen, magmatismul postorogen, magmatismul final.

Sistemul magmatic reprezintă formele și spațiile pe care le ocupă magmele în ascensiunea lor de la baza cutelor până la suprafață (fig. 4). El se întinde de la adâncimi de 30-40 km până la suprafață, delimitându-se:

- I - nivelul abisic, al *batolitelor*;
- II - nivelul hipoabisic, al *masivelor* și *canalelor de legături*, filoane pegmatitice;
- III - nivelul subvulcanic, al *lacolitelor*;
- IV - nivelul vulcanic extrusiv.

Tipuri de magme:

- bazice, cu conținut de SiO_2 mai mic de 52%, caracterizează rifturile; au fluiditate mare; sunt foarte fierbinți, cu temperaturi de 1.000-1.100°C;

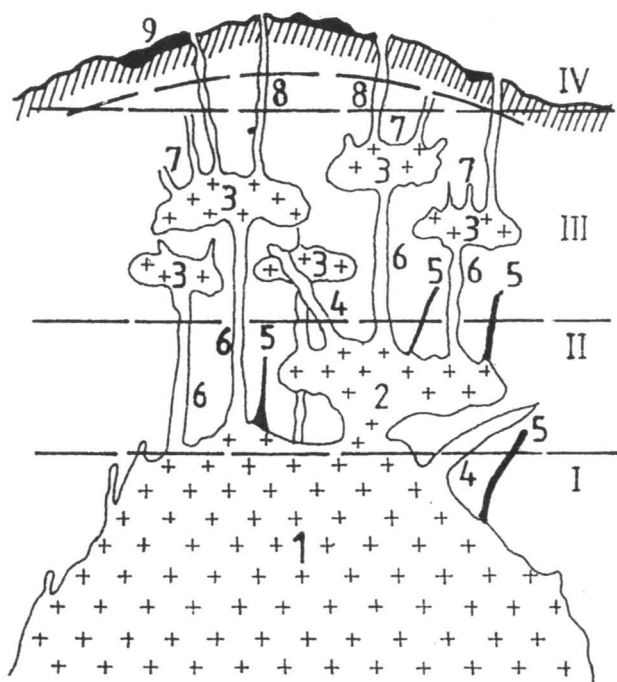


Fig. 4. Părțile componente ale unui sistem magmatic: 1: batolit; 2: masiv; 3: lacolite; 4: lame intrusiv; 5: filoane pegmatitice; 6: canale de legătură; 7: apofize, filoane magmatice, stâlpi înrădăcinați; 8: aparate vulcanice; 9: produse vulcanice (după N. Lupei, 1979)

- acide, cu conținut de SiO_2 mai mare de 62%, în zonele profunde ale scoarței continentale; au temperaturi de 600-800°C; sunt mai vâscoase de 1.000 de ori decât cele bazice;

- intermediare, cu un conținut de SiO_2 de 52-62%, se formează deasupra zonelor de subducție, în zonele marginale ale plăcilor continentale.

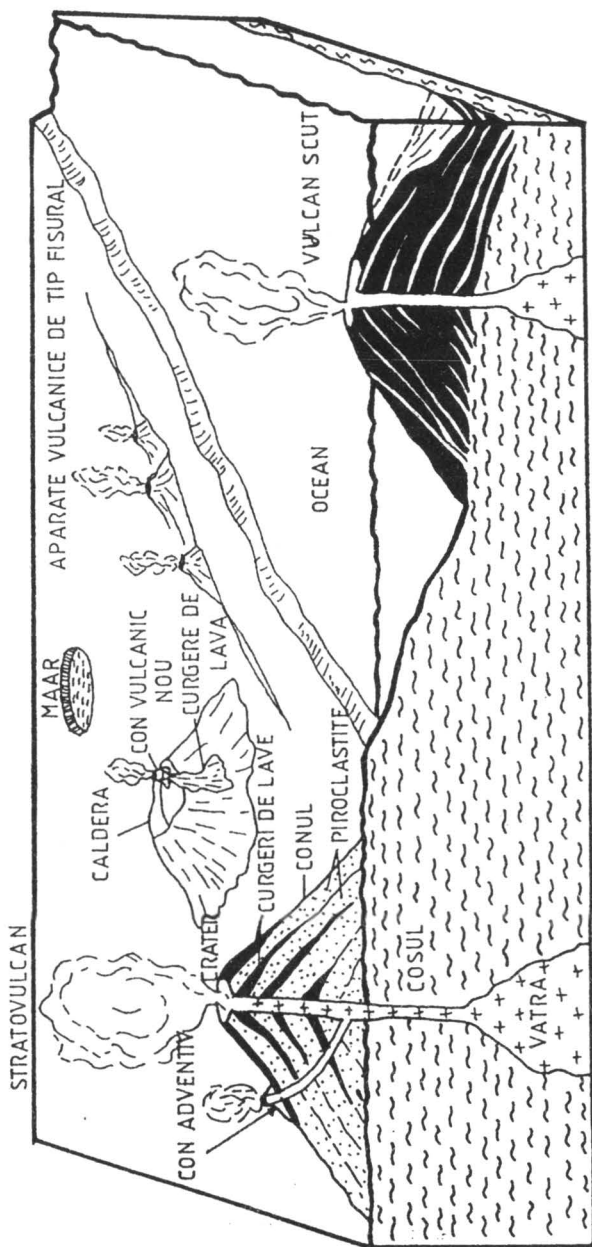


Fig. 5. Tipuri de aparate vulcanice

2.1.2. Morfologia aparatului vulcanic

Vulcanii reprezintă partea superioară, spre suprafața terestră, a unui sistem magmatic. Lavele ies la suprafață prin zonele de minimă rezistență din scoarța reprezentate de fracturile adânci și de regiunile unde scoarța este mai subțire. În funcție de dispunerea și de complexitatea acestora, erupțiile pot fi:

- centrale, produse la intersecții de falii sau prin perforarea depozitelor geologice;
- liniare, produse pe falii și fracturi; dau naștere la sisteme vulcanice alungite (insula vulcanică Surtsey de circa 800 m lungime, formată în 1963-1964 în sud-vestul Islandei);
- areale, în lungul faliilor și pe fracturi.

Aparatul vulcanic central are forma "clasică" a unui vulcan și este specific pentru vulcanii din zonele de subducție și din "punctele fierbinți". Este constituit din: con, crater, coș și cuptor (fig. 5).

Conul vulcanic este realizat prin suprapunerea succesivă a pâzelor de lavă și (sau) piroclastite, forma caracteristică fiind cea de con cu versanți de 5-10° (lave bazice) și de 25-45° (piroclastite sau lave acide). Unii vulcani au și conuri adventive (Etna are sute de conuri adventive ce pornesc din conul principal).

Craterul este microdepresiunea situată în partea superioară a conului și a coșului vulcanic, de formă circulară cu diametru de sute de metri, în funcție de lave: cele bazice dau cratere mai mari decât cele acide. Unii vulcani, în special cei cu activitate liniștită, au în crater lacuri de lavă fluidă (vulcanul Nyragongo din Africa).

Coșul vulcanic sau hornul este canalul de alimentare cu lavă a vulcanului și se dezvoltă între cuptorul magmatic și crater, alungindu-se odată cu crearea conului. În stadiile de inactivitate a vulcanului, coșul poate fi umplut fie cu lavă consolidată, fie cu brecii vulcanice, care pot rămâne în relief după îndepărtarea conului vulcanic.

Cuptorul sau vatra vulcanului reprezintă zona cu magmă din interiorul Pământului care alimentează vulcanul. Adâncimea la care se află diferă de la 5 km la 50 km.

Calderele sunt resturi ale unor aparate vulcanice centrale, de forma unor căldări, a căror geneză se datorează fie erupției propriu-zise, fie unor procese post erupție (prăbușire, eroziune).

Erupția vulcanică se realizează în două etape: *preeruptivă* și *eruptivă*. În etapa preeruptivă gazele (fracțiunea volatilă a magmei) exercită presiuni enorme însoțite de zgomote subterane și zguduiri; se formează coșul. Erupția se declanșează prin expulzarea gazelor cu fragmente solide de dimensiuni mici și continuă cu fragmente solide de diferite dimensiuni (de la câteva kilograme la câteva tone cenușă vulcanică). În faza lichidă, postparoxismică, lava din crater curge peste conul vulcanic.

2.1.3. Tipuri de activitate vulcanică

Caracteristicile magmei (conținut în SiO_2 și în gaze, temperatură) determină modul de manifestare a vulcanilor.

Tipurile clasice au fost stabilite după activitatea vulcanilor cu caracteristici bine cercetate.

Tipul hawaian (vulcan scut = shield volcano) este o erupție oceanică cu lave bazice foarte fluide; conul vulcanic are versanți lini (5-10°) și prelungi pe suprafețe mari; înălțimea absolută este de peste 5.000 m (de la baza submarină); craterul este de tip calderă, o depresiune de 20-30 km în diametru. Vulcanismul din Islanda are caractere similare (după unii autori formează un tip aparte). Sunt mai puțin periculoși. Vulcani cu erupție de acest tip sunt Kilauea și Mauna Loa.

Tipul strombolian (după vulcanul Stromboli) are lave bazice obișnuite care dau curgeri pe versanții conului dar care se și proiectează în aer și cad sub formă de bombe și lapili; conul vulcanului are pante mari, de 30-40° și este alcătuit din alternanțe de curgeri de lavă și depuneri de bombe și lapili; craterul are dimensiuni reduse.

Tipul vulcanian sau vezuvian are lave acide sau intermediare cu erupții explozive; în urma unei erupții, lava se consolidează ca un dop pe coșul vulcanului care este antrenat la erupția ulterioară; conul este format din strate de cenușă, transformate în tufuri vulcanice și are versanți abrupti. Sunt periculoși atât prin caracterul erupției cât și prin repetarea erupției la intervale lungi și neprevăzute.

Tipul peleean (după vulcanul Mont Pelee, insula Martinica) se caracterizează prin explozii puternice, erupții de bombe, cenușe, “nori arzători”. Erupția din 1902, descrisă de A. Lacroix (citată de A. Rittmann, 1967), particularizează acest tip de erupție. Începând din 1792 au avut loc erupții care nu au produs victime sau pagube materiale, permițând dezvoltarea orașului Saint Pierre. Lava vulcanului fiind vâscoasă, nu curge peste versanții craterului, ci se întărește în crater, luând formă de stâlp sau ac vulcanic. Prin crăpăturile acului vulcanic și prin stratele conului ies gaze, vapori de apă supraîncălziți și cenușă vulcanică formând “nori arzători”. La 8 mai 1902, nori de fumarole și nori arzători cu viteze de 150 m/s s-au rostogolit asupra orașului, omorând toată populația orașului în câteva minute (circa 28.000-30.000 oameni). Alte erupții imediate au ridicat acul vulcanic la 476 m. Acest tip de erupții a permis explicarea formării domurilor vulcanice. Caracterul catastrofal este dat de “norii arzători”.

Tipul Bandai San (vulcan japonez care a erupt după 1000 ani, în 1888, expulzând 1 km³ roci) sau tipul Krakatoa (1883) se caracterizează printr-o erupție foarte violentă, explozivă, de lave acide, care aruncă în aer “dopul” din coș și partea superioară a conului. Erupția vezuviană, spre deosebire de acest tip, se manifestă prin curgeri de lavă după explozia de cenușă. Caracterul catastrofal este întărit și de erupția după perioade îndelungate de mii de ani de inactivitate.

Erupția din arhipelagul Krakatoa s-a produs în centrul unei caldere vechi care avea la suprafață trei insule vulcanice: Rakata, Danan, Perbuatan și a început în mai 1883 prin seisme, cenușă vulcanică, zgomote cu o durată de 5-10 minute. Deasupra insulei s-a observat un nor circular. La 24 iunie a fost expulzat în aer craterul Perbuatan, urmând o perioadă de activitate mai redusă până la 26 august 1883 (de la ora 13 până seara, când zgomotele subterane puternice anunțau catastrofa). Seara, erupțiile de cenușă deasă se ridicau până la 30 km, însoțite de blocuri de materiale. La 27 august (ora 10) în faza paroxismală, a avut loc o explozie catastrofală, care a aruncat gaze, vapori de apă, cenușă și blocuri de lavă pe o suprafață de un milion de kilometri pătrați. Valul seismic (tsunami) provocat de explozie (de circa 30-70 m înălțime) a omorât circa 36.000 oameni prin șoc sau prin înecare. Suflul exploziei a produs pagube materiale până la 150 km depărtare, iar zgomotul s-a auzit până în Madagascar (la 4.775 km). În

jurul vulcanului, pe 827.000 km², cenușa vulcanică a format un strat de 2 m, acoperind ca o platoșă apa oceanului.

2.1.4. Produsele activității vulcanice

În urma erupției vulcanice rezultă trei grupe mari de produse: gazoase, lichide-vâscoase, solide.

- Emanatiile de gaze se compun în cea mai mare parte din vapori de apă, dioxid de carbon, dioxid de sulf, azot, la care se adaugă clor, acid azotic, acid foshidric, acid clorhidric, cloruri de sodiu, fier, potasiu. Temperatura atinge 700-800 °C la începutul erupției. Cantitățile de gaze degajate de o erupție vulcanică pot fi foarte mari. Exemplu în 1980 - vulcanul St. Helens din Munții Cascadelor (S.U.A.) a emis 50.000 t dioxid de sulf și 25.000 t acid clorhidric. Principalele emanații de gaze sunt:

- fumarolele - emanații fierbinți cu temperaturi mai mari de 200° C, bogate în apă, acid clorhidric, clor, azot și sulf, care se degajă din fisurile vulcanilor activi;

- solfatarele - emanații de gaze cu temperaturi de 200-100 °C, bogate în hidrogen sulfurat, care prin reacția cu oxigenul atmosferic depune cantități apreciabile de sulf;

- mofetele - emanații reci, cu temperaturi sub 40 °C, bogate în dioxid de carbon; formează izvoarele carbogazoase.

- Produsele vulcanice lichide sunt lave ce pornesc din craterul vulcanic sau din fisuri laterale situate pe conul său. Lavele bazice, foarte fluide, formează șuvoaie, adevărați torenți cu viteze de câțiva metri pe secundă, lungimi de zeci de kilometri și lățimi de 1-2 km. Lavele intermediare au o curgere foarte lentă, datorită vâscozității ridicate. Curgerile de lavă pot fi evitate pentru că se declanșează după faza paroxistică. De obicei, erupția unui vulcan începe prin expulzarea fragmentelor de roci, gaze și vapori de apă ce premerg accesul magmei spre suprafață. Erupția continuă cu revărsări de lavă. În faza de stingere predomină produsele gazoase.

Cea mai mare amploare o au curgerile de lavă din zonele de rift sau din "punctele fierbinți", cum sunt vulcanii actuali din Islanda și din Hawaii.

- Produsele vulcanice solide sunt formate din cenușă vulcanică, fragmente de lavă aruncate în aer din care, prin acumulare, iau naștere rocile piroclastice sau cineritele.

Anual sunt aruncate în aer mai mult de $0,5 \text{ km}^3$ de asemenea fragmente cu denumirea (după dimensiunea diametrului):

- blocuri peste 1 m
- bombe 10-100 cm
- lapili 0,2-10 cm
- nisip vulcanic 0,02-0,2 cm
- cenușă vulcanică material pulverizat foarte fin.

- Norii arzători sunt gaze încărcate cu particule foarte fine de lavă incandescentă care se deplasează spre baza versantului vulcanului cu viteze de sute de kilometri pe oră. Rezultă din erupțiile laterale ale vulcanului.

2.1.5. Erupțiile vulcanice

De o deosebită importanță pentru stabilirea intensității și amplitudinii riscului datorat erupțiilor vulcanice este cunoașterea atât a violenței vulcanilor după tipul erupției, precum și a succesiunii fazelor erupției la fiecare tip.

Cunoașterea particularităților vulcanilor permite luarea unor măsuri preventive în vederea reducerii impactului negativ asupra populației, respectiv deplasarea locuitorilor din zona imediată într-o zonă cu vulnerabilitate redusă.

1. Vulcanii cu erupție mixtă, cu produse gazoase, solide, lichide, cu magme de tip dacitic și andezitic, datorită fazei preeruptive care se manifestă prin zgomote subterane și zguduiri locale, permit în unele cazuri evacuarea populației din zonă.

2. Cei mai violenți sunt vulcanii de explozie, care expulzează cantități mari de sfărâmaturi rezultate uneori și din conul și din craterul vulcanului în erupție. Au magme vâscoase formate din dacite și riolite.

3. Vulcanii cu erupții liniștite se alimentează din magne bazice (ofiolite, bazalte), fluide și sunt caracteristici vulcanilor din ariile oceanice (Hawai, Japonia). Ei au un impact ceva mai redus asupra populației.

Din categoria vulcanilor cu *explozie mixtă și violentă* se citează Vezuviul și, respectiv, Mont Pelee (Insula Martinica) și Krakatoa din Strâmtoarea Sunde între Jawa și Sumatera.

Vulcanul Vezuviu este cea mai veche erupție consemnată de istorie; este situat lângă orașul Neapole (Muntele Somma).

Plinius cel Tânăr descrie astfel primele erupții:

- anul 63 d.Ch. a avut loc un cutremur fără erupție vulcanică;
- anul 79 d.Ch., 24 august, ora 1 (noaptea) erupția începe

printr-o coloană înaltă de gaze și produse vulcanice care s-au depus formând un strat gros de piatră ponce și cenușă vulcanică. Cantitatea mare de precipitații atmosferice a determinat transportarea produselor vulcanice sub formă de noroi vulcanic. Aceasta a acoperit așezările omenești cu un strat gros de trei metri. Spre sfârșitul erupției, bombe, lapilii și cenușa vulcanică s-au depus peste noroiul vulcanic.

Activitatea vulcanului a continuat până în anul 1136, după care a urmat o perioadă de 500 de ani de liniște. Erupțiile sale au reînceput din 1631 și au continuat până în zilele noastre.

Vezuviul este un *vulcan activ* cu perioade lungi de inactivitate între erupții puternice.

În cazul vulcanilor cu erupție explozivă și mixtă, producerea unor catastrofe este neprevăzută. Un exemplu îl constituie vulcanul *Mont Pelee* din insula Martinica. Erupția din 1792 nu a produs victime. Prin urmare, activitatea economică a cunoscut o dezvoltare permanentă, astfel încât s-a format orașul Saint Pierre. Erupția din 1902 a dus la pierderea a circa 28.000-30.000 vieți omenești, locuitori ai portului, în doar câteva minute.

Violența vulcanului a fost influențată de un dop de lavă întărită din gura vulcanului, care a forțat gazele să izbucnească lateral. Norii arzători au fost transportați de vânt cu o viteză de 150 m/s deasupra orașului. Până în 1929 și 1932 vulcanul s-a liniștit, devenind din nou activ ulterior.

Vulcanul Krakatoa la erupția din 26 august 1883 a aruncat în aer întregul aparat vulcanic, inclusiv două treimi din insulă cu un volum total de circa 18 km³. Praful vulcanic a înconjurat Pământul până în 1885. În regiunea coastei din apropiere valurile au avut 70 m înălțime. Ele s-au propagat până la coastele Americii cu o înălțime de 40 cm.

Tipul liniștit de erupție prezintă lave foarte fluide care se transformă în adevarați torenți de lave până la 50 km, se solidifică treptat. În momentul erupției are loc o intensificare a emanațiilor de gaze, urmată de creșterea volumului de lavă în crater și de revărsarea lavei în exterior.

Vulcanul Mauna Loa are 10.200 m înălțime din care 6.000 m sub apa oceanului. Diametrul de la bază este de circa 400 km. Craterul vulcanului are 5 km în diametru, cu un lac de lavă. Volumul întregului con este de 400.000 km³.

Din categoria vulcanilor cu erupții liniștite fac parte cei care au format insulele Azore, Ascension, Sf. Elena.

În insula Islanda cei 20 de vulcani au lave fluide, 7-8 sunt activi, producând azi pagube materiale însemnate.

Pentru *România* se citează vulcanii violenți riolito-dacitici de la Roșia Montana (acum 15-20 mil. ani). Cenușa vulcanică s-a întins în Podișul Transilvaniei dând tufurile vulcanice.

2.1.6. Impactul activității vulcanice asupra populației

Impactul activității vulcanice asupra omului se realizează prin:

- a) suflul exploziilor și produsele activității vulcanice;
- b) cutremurele care însoțesc activitatea vulcanică;
- c) valurile seismice (tsunami).

a) Suflul exploziilor este deosebit de periculos în cazul erupțiilor laterale, când unda de șoc se propagă pe orizontală cu viteze de sute de km/oră. Unda produce distrugerii importante pe o rază de zeci de kilometri în jurul vulcanului. De exemplu, vulcanul Sf. Helens din nord-vestul S.U.A.: explozia sa din 1980 s-a auzit până la 300 km depărtare, iar suflul exploziei a distrus peste 600 km² de pădure pe o rază de 20 km.

Explozia lui Krakatoa din 1883 s-a auzit până la peste 4000 km depărtare, iar suflul a provocat daune construcțiilor pe o rază de 150 km.

- Emanațiile de gaze influențează mediul pe distanțe mult mai mici. Efectul nociv al emanațiilor de gaze se resimte doar în zona din imediata apropiere a vulcanului. Acțiunea lor se poate manifesta

treptat, în timp, prin emanațiile de dioxid de sulf, acid clorhidric, acid sulfhidric și alte gaze toxice care sunt emise chiar în perioada de activitate liniștită a vulcanului.

Emanațiile pot avea și caracter catastrofal în cazul degajării unui volum mare de gaze. De exemplu, gazele toxice eliminate de Vezuviu în 79 d.Ch. au omorât peste 2.000 oameni, orașul fiind acoperit cu un strat de cenușă vulcanică de 2 m grosime.

Gazele pot influența și mediul acvatic cu repercusiuni asupra vieții din mediul respectiv.

- Curgerile de lavă - deși spectaculoase - nu constituie decât rar pericole pentru viața oamenilor. Ele produc însă daune materiale importante. Etna, în 1929, a produs un șuvoi de lavă printr-o fisură laterală care a acoperit orașul Mascalì, făcând 1500 victime.

- Norii arzători sunt cele mai periculoase produse ale activității vulcanice, producând un însemnat număr de victime. De exemplu, norii arzători rezultați din erupțiile vulcanilor Mt. Pelee și La Soufriere (1902) din Antilele Mici au făcut 30.000 victime.

- Laharii - fenomene legate de erupțiile vulcanice formate din apă amestecată cu produse ale erupției (cenușă, lapili, nisip vulcanic) - sunt adevarați torenți de noroi ce antrenează blocuri mari de rocă ce se deplasează cu repeziciune pe versanți și produc pagube deosebit de mari.

Proveniența apei este fie din precipitații, fie din ghețari. Cum cea mai mare parte a vulcanilor activi depășesc în altitudine limita zăpezilor persistente, rezultă că laharii au o frecvență mare pe Terra și un impact deosebit de puternic.

Cel mai concludent exemplu îl reprezintă erupția vulcanului cu ghețari Nevada de Ruiz din Columbia de est din 14 noiembrie 1985, care constituie cea mai mare catastrofă vulcanică din istoria Americii de Sud și s-a soldat cu 22.000 morți. Biroul ONU pentru securitate în caz de catastrofe naturale (UNDRO) a prevăzut erupția iminentă a vulcanului încă din noiembrie 1984.

Erupția propriu-zisă a fost premersă de zgomote puternice și de cutremure pe circa 100 km, urmate de curgeri de lave care au topit masa de gheață ce acoperea cupola muntelui.

Puhoaiile de noroi, piatră incandescentă, copaci dezrădăcinați au format mase enorme care au acoperit orașul Armero împreună cu multe alte sate până la 40 km distanță de vulcan.

Deși se știa cu un an înainte despre iminenta erupție a vulcanului, totuși urmările au fost dezastruoase datorită gradului mare de populare a zonei.

Echipa de vulcanologi era la fața locului prezicând încă din 13 noiembrie dezastrul ce va urma.

- Căderile de materiale piroclastice modifică aspectul regiunii pe distanțe foarte mari. Efectele sunt devastatoare și de lungă durată. De exemplu, în Islanda au decedat 9.283 oameni din cauza foametei și a bolilor provocate de erupția din anul 1783 care a acoperit cu lavă sute de kilometri pătrați de teren.

b) Cutremurele de pământ ce însoțesc activitatea vulcanică pot produce mari distrugerii și pierderi de vieți omenești. Orice erupție este precedată de cutremure. De altfel, 10% din seisme însoțesc erupțiile vulcanice și sunt provocate de procesele de decompresiune. Impactul catastrofal asupra populației este dat de caracterul lor superficial, cutremurele producându-se până la o adâncime de 60 km. Seisme vulcanice care au precedat erupțiile din Kamceatka și Hawai s-au situat la 60-70 km adâncime, focarele eruptive de aici fiind cele mai adânci (H. Tazieff, 1966)

c) Tsunami - valurile produse de explozia vulcanilor submarini - prin forța cu care izbesc uscatul produc imense daune umane și materiale. Sunt prezente frecvent în Japonia.

Cea mai mare catastrofă este legată de erupția lui Krakatoa (1883) când valuri de 35 m înălțime au izbit țărmurile ducând la 36.000 morți în Sumatra și Jawa. În urma erupțiilor vulcanice din ultimii 2.000 ani s-au înregistrat următoarele victime:

1. Indonezia în 6 erupții - 147.000 victime;
2. America Centrală și de Sud în 4 erupții - 53.000 victime;
3. Italia și Islanda în 4 erupții - 34.000 victime;
4. Japonia și Filipine în 3 erupții - 18.000 victime.

2.1.7. Răspândirea vulcanilor pe glob

Zonele geotectonice ale Pământului sunt: rifturile, zonele de subducție, "punctele fierbinți" (fig.3). Cea mai mare parte a vulcanilor activi se

află în rifturile oceanice (peste 10.000 munți vulcanici în Oceanul Pacific). Vulcanii care vin în contact direct cu populația sunt cei de pe continente sau insule (dețin circa 87% din numărul vulcanilor activi).

Din numărul total al *vulcanilor activi* de 500, în zona de subducție sunt situați 417, în lungul riftului est-african 14, în zonele oceanice 63 (44 în Oceanul Atlantic, 15 în Oceanul Pacific și 4 în Oceanul Indian) (J. Petrescu, 1993) (fig. 6).

I. *Cercul de Foc al Pacificului* (62% din vulcanii activi ai globului).

- Peninsula Kamceatka - 390 vulcani recentți, 19 vulcani activi (Kliucev - 4.877 m);
- Insulele Kurile - 39 vulcani recentți, 33 activi;
- Arhipelagul Nipon și Insulele Ryu Kyu - 58 vulcani recentți din care 37 activi;
- Insulele Filipine - 31 vulcani recentți din care 15 activi;
- Arhipelagul Indonezian - 122 vulcani recentți din care 69 activi;
- Insulele Mariene - 23 vulcani recentți din care 20 activi;
- Malaezia și Polinezia - 94 recentți din care 48 activi;
- Noua Zeelandă (numeroși vulcani recentți și activi);
- Insulele Aleutine și Alaska - 60 vulcani recentți din care 39 activi;
- Munții Cascadelor - 15 vulcani recentți din care 7 activi;
- America Centrală - 60 vulcani recentți din care 42 activi;
- Munții Anzi din America de Sud - 60 vulcani recentți din care 47 activi;
- Antarctica - 16 vulcani recentți din care 10 activi.

II. *Zona de subducție din Antilele Mici* - 17 vulcani recentți din care 9 activi (Mt. Pelee - 1.397 m);

III. *Zona vulcanică a Oceanului Atlantic* cuprinde 44 vulcani activi;

IV. *Zona vulcanică mediteraneană* cuprinde vulcani activi europeni: Etna, Vezuviu, Stromboli din Marea Tireniană și Santorin din Marea Egee, precum și vulcani stinși din Orientul Apropiat (Ararat - 5.165 m; Elbrus - 5.633 m; Demavend - 5.604 m).

V. *Zona vulcanică a Oceanului Indian* cuprinde vulcani activi.

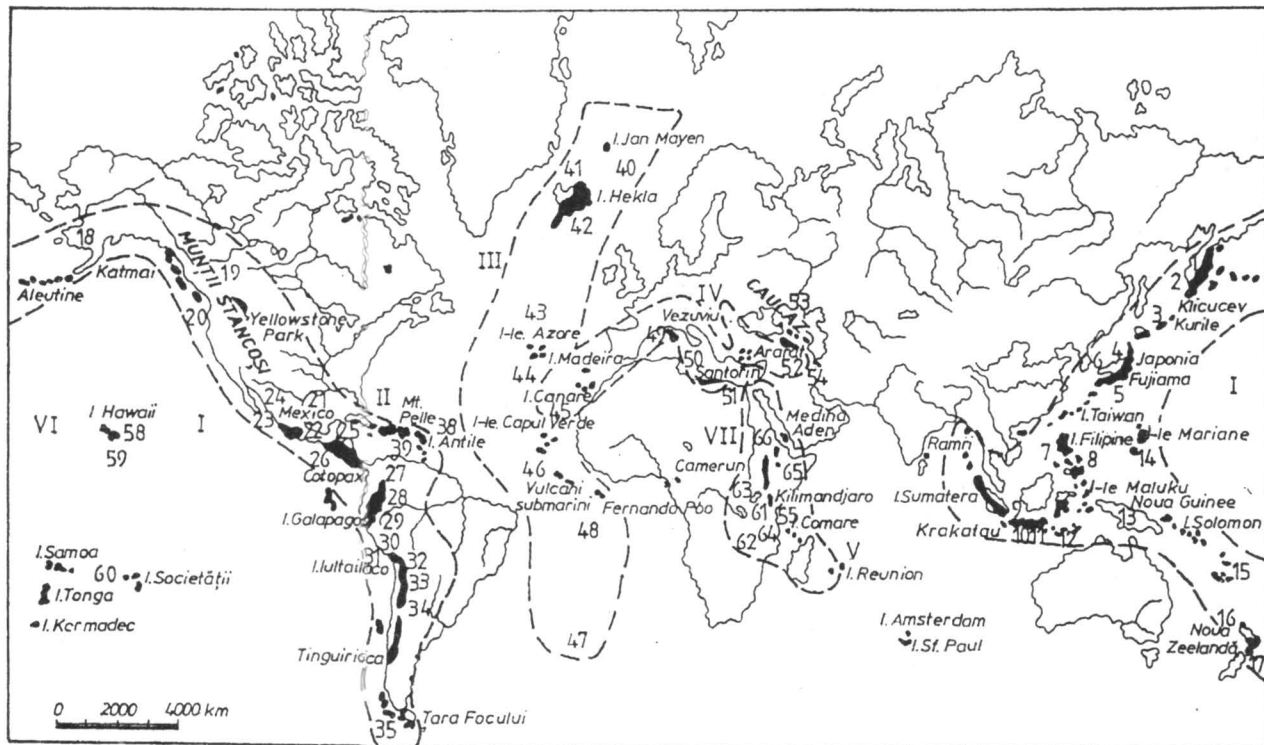


Fig. 6. Răspândirea vulcanilor pe glob

VI. *Zona vulcanică a Oceanului Pacific* cuprinde 15 vulcani activi situați deasupra "punctelor fierbinți" - Mauna Loa 4.170 m (Hawai).

VII. *Zona vulcanică din Africa* cuprinde 43 de vulcani recenți din care 14 activi (Kilimandjaro - 5.895 m; Kenya - 5.199 m).

Fig. 6. Răspândirea vulcanilor pe glob

I. Cercul de Foc al Pacificului: a - Peninsula Kamceatka (1: Kliucev; 2: Bezâmianâi); b - ins. Kurile (3: Alaid); c - arhipelagul nipon (4: Asama; 5: Fuji; 6: Sakurajima); d - ins. Filipine (7: Taal; 8: Hibok-Hibok); e - arhipelagul indonezian (9: Krakatoa; 10: Merapi; 11: Kelud; 12: Tambora; 13: Lamington); f - Ins. Mariane (14: Osima); g - Noile Hebride (15: Benbow); h - Noua Zeelandă (16: Tarawera; 17: Taranaki); i - ins. Aleutine și Alaska (18: Katmai); j - Munții Cascadelor (19: Mt. Rainier; 20: Lassen Peak); k - America Centrală (21: Orizaba; 22: Popocatepetl; 23: Colima; 24: Paricutin; 25: Mt. Agna; 26: Irazu); l - Anzii Cordilieri (27: Tolima; 28: Nevado del Ruiz; 29: Cotopaxi; 30: Chimborazo; 31: Sangay; 32: El Misti; 33: Llullailaco; 34: Aconcagua; 35: Maipu); m: Antarctica (36: Erebus; 37: Mt. Ross).

II. Antilele Mici (38: La Soufriere; 39: Mt. Pelee).

III. Zona vulcanică a Oceanului Atlantic (40: Beerenergins, ins. Jan Mayen; 41-42: Hekla și Helgafell, Islanda; 43-44: Capelinhos și Fayal, ins. Azore; 45: Pico de Teide, ins. Canare; 46: Pico de Fuego, ins. Capului Verde; 47: Eons, ins. Tristan da Cunha; 48: ins. Ascension).

IV. Zona vulcanică mediteraneană: a - Marea Tireniană (49: Vezuviu; 50: Etna); b - Marea Egee (51: Santorin); c - Orientul Apropiat (52: Ararat; 53: Elbrus; 54: Demavend).

V. Zona vulcanică a Oceanului Indian (55: Karthala, ins. Comore; 56: Piton des Neiges, ins. Réunion; 57: Ross, ins. Kerguelen).

VI. Zona vulcanică a Oceanului Pacific (58-59: Mauna Loa și Mauna Kea, ins. Hawai; 60: Orohena, ins. Tahiti).

VII. Zona vulcanică din Africa (61: Kilimandjaro; 62: Kenya; 63: Nyiragongo; 64: Nyamagira; 65: Ardoukoba; 66: Erta Ale).

2.1.8. Prevederea erupțiilor vulcanice

Prevederea momentului erupției vulcanice este deosebit de dificilă pentru că fenomenele anteerupție sunt foarte diferite în spațiu (de la vulcan la vulcan) și în timp (chiar la același vulcan). Studiile de predicție au la bază datele unor observatoare vulcanologice, special dotate, situate în diferite puncte pe Terra, cum sunt în S.U.A. (Hawai), Japonia (Aso), Italia (Ercolano lângă Vezuviu) ș.a. Sinteze realizate de cunoscuți vulcanologi (H. Tazieff, Yokoyama, Fr. Press, D. P. Rădulescu ș.a) precizează că predicția vulcanologică se bazează pe studii privind (C. Lăzărescu, 1980):

- zonarea vulcanică;
- fenomene geochimice;
- fenomene geofizice;
- schimbări topografice.

Zonarea vulcanică își propune stabilirea vulnerabilității terenurilor la erupții în funcție de poziția vulcanului, orientarea produselor vulcanice, direcția dominantă a vântului etc.

Fenomenele geochimice sunt considerate de unii specialiști ca fenomene clasice de urmărire a vulcanismului. De exemplu, un paroxism vulcanic este anunțat de creșterea valorilor raportului sulf/clor de la 1 la 7-8.

Fenomenele geofizice care anunță erupția unui vulcan sunt foarte diferite: creșterea temperaturilor în sol și a fluxului termic, scăderea rezistivității electrice a substratului, schimbări în câmpul geomagnetic sau gravitațional, activitate seismică locală.

Schimbările topografice anterioare erupției, cum sunt ridicările lente ale terenului, se urmăresc cu aparate speciale. Sunt mai dificil de înregistrat mișcările orizontale ale terenului.

Manifestările bazice cu vetre vulcanice puțin adânci pot fi prevăzute mai ușor decât alte tipuri de vulcani prin fenomenele care au loc înaintea erupției.

Pe baza informațiilor asupra fenomenelor ce au loc înaintea erupției se poate aprecia în general momentul erupției, dar nu și intensitatea acesteia.

Datorită faptului că fiecare vulcan are particularități proprii, este dificil să se stabilească reguli generale de supraveghere și măsuri de protecție.

2.2. Fenomene seismice

Ansamblul de fenomene legate de geneza, transmiterea și efectele cutremurelor poartă denumirea de seismism, domeniu al seismologiei (V. Lăzărescu, 1980).

Seisme sau cutremurele de pământ sunt fenomene naturale ce produc unele dintre cele mai mari dezastre. În perioada 1970-1980, cutremurele au provocat moartea a circa 450.000 oameni și pagube materiale de peste 19 miliarde dolari. În perioada 1920-1950 au decedat peste 887.000 oameni. De aceea, se impune cercetarea științifică predezastru a cutremurelor și educarea populației pentru a suporta cu riscuri minime impactul produs de un viitor seism.

De la început apreciem necesitatea explicării unor termeni întrucât seisme se manifestă pe suprafețe extinse, într-un timp scurt.

Hazardul seismic este probabilitatea de apariție a unui cutremur de o anumită magnitudine, într-un anumit loc și timp. Este exprimat cu parametri ce caracterizează mișcarea terenului în timpul cutremurului (acelerația, viteza sau deplasarea), precum și prin hărți de hazard seismic ("probabilitatea ca un anumit nivel al accelerației maxime să fie depășit într-un anumit interval de timp" - N. Mândrescu, 1991, p.94).

Riscul seismic este "probabilitatea ca efectele sociale sau economice, exprimate în bani sau victime să egaleze sau să depășească valorile așteptate la un anumit amplasament într-un anumit interval de timp" (N. Mândrescu, 1991, p.96).

Riscul seismic a fost abordat de numeroși autori (după anul 1970) și depinde, local, și de formațiunile geologice de suprafață. Pentru timp îndelungat riscul seismic se apreciază prin perioada de revenire a unui

cutremur cu anumită intensitate sau magnitudine și prin calcularea energiei seismice medii anuale și compararea ei cu energia eliberată pe an. Riscul seismic crește atunci când energia seismică anuală este mai mică decât energia seismică medie.

2.2.1. Elementele unui seism

După definiția adoptată în general de nespecialiști, cutremurele sunt zguduiri bruște ale scoarței terestre într-un timp scurt și cu intensitate variabilă. Geofizic, seisme sunt solicitări elastice de scurtă durată ale scoarței terestre, care se propagă cu viteze de peste 1 km/s. Microseisme au o intensitate foarte redusă și nu sunt simțite direct de om, decât sunt înregistrate cu ajutorul seismografelor. Macroseisme sunt simțite de om și au urmări asupra construcțiilor, în funcție de scara intensității.

Efectele seismelor asupra populației, construcțiilor și mediului sunt rezultanta dinamicii terestre și implicit a elementelor ce definesc un seism.

Focarul seismic sau hipocentrul este locul din scoarță unde se produc deranjamente, unde are loc șocul inițial. Se redă în kilometri ce indică adâncimea punctului. După adâncimea focarelor cutremurele sunt: superficiale sau normale (până la 60-70 km sub suprafață); mijlocii sau intermediare (70-300 km); de adâncime (300-700 km) (fig. 7).

Epicentrul este punctul de la suprafața Pământului situat deasupra focarului pe prelungirea razei terestre, antiepicentrul fiind antipodul epicentrului.

Pozițiile acestor puncte sunt date de coordonatele geografice.

Timpul la origine arată momentul inițierii cutremurului în hipocentru.

Durata măsurată a seismului, de la câteva secunde până la zeci de secunde, este mai lungă decât durata de producere în hipocentru datorită timpului în care se transmit undele seismice.

Energia seismului, exprimată în lucru mecanic, se produce datorită fracturării sau schimbării volumului din scoarța terestră.

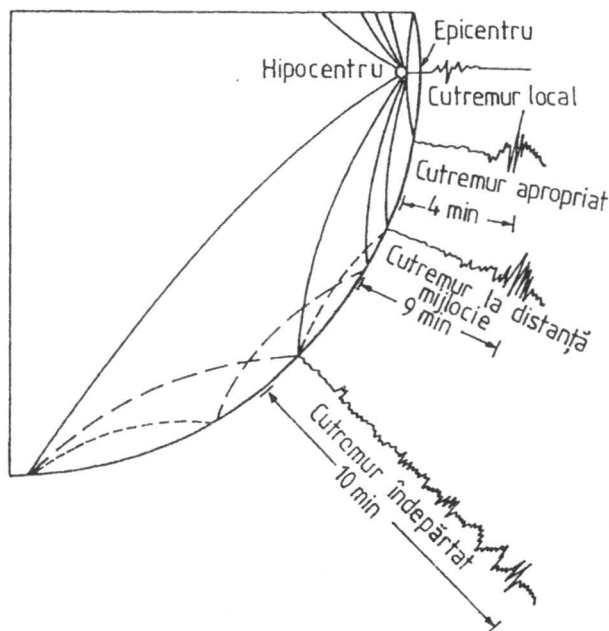


Fig. 7. Pozițiile hipocentului și epicentului. Traiectoriile undelor seismice în scoarță și în manta. Înregistrarea undelor seismice la diferite depărtări (după Siebeg, citat de N. Lupei, 1979).

Elementele caracteristice ale seismului se stabilesc după undele seismice: prime sau longitudinale, secunde sau transversale și superficiale (fig. 8).

Undele prime (cu simbolul P) se propagă prin dilatări și comprimări succesive pe direcția lor de deplasare cu viteze mari de 4-7 km/s (în crustă) și 8,0-8,2 km/s (sub suprafața Moho), ajungând "primele" la un observator.

Undele secunde (cu simbolul S) sunt unde transversale, propagându-se prin deformări perpendicular pe direcția lor de deplasare cu viteze de 2-4 km/s (în crustă).

Undele prime și secunde se formează în hipocentru și se transmit spre epicentru. Viteza lor crește proporțional cu puterea $1/2$ a raportului rigiditate/densitate a rocilor.

Undele superficiale rezultă din interferența în epicentru a undelor longitudinale și transversale. Sunt unde lungi (simbolul L) și au viteza constantă de 3,4 km/s. Se propagă mai lent în formațiunile superficiale, din cauza rigidității reduse a acestora.

Undele seismice se înregistrează cu ajutorul unor aparate speciale - seismografe, accelerografe și seismoscoape - existente în stația seismică. Raza de propagare face cu dreapta epicentru-hipocentru un unghi numit *unghi de urgență*. Primul impuls al razei de propagare se descompune în: componenta verticală (Z), componenta orizontală spre nord (N) și componenta orizontală spre est (E) (fig. 9).

Faza precursorare este dată de undele longitudinale și apoi de cele secundare; faza principală a microseismului este dată de undele superficiale; ultima fază este cea de stingere sau finală, cu unde de tipul celor din faza principală.

La macroseisme, cele mai distrugătoare sunt undele de suprafață, mai ales pentru regiunile situate aproape de epicentru.

2.2.2. Litologia și riscul seismic

Riscul seismic este diferit în rocile necoezive și în cele coezive. Undele seismice se propagă cu viteză mai mare și pe spații mai întinse în rocile compacte față de cele afânate.

În pietrișuri și nisipuri, deși viteza de propagare a undelor este mai mică, seisme sunt mai distrugătoare. Dacă se consideră riscul la seisme în roci cristaline compacte egal cu unu, atunci, în rocile puțin coezive și necoezive riscul va fi de: $1 \div 2,4$ (în roci sedimentare cimentate); $1,4 \div 4,4$ (în nisipuri umede); $4,4 \div 11,6$ (în rambleuri); 12 (în terenuri mlăștinoase) (N. Lupei, 1979).

2.2.3. Tipuri genetice de seisme

- Cutremure de origine tectonică. Peste 90% din cutremure sunt datorate deplasărilor care au loc în scoarța terestră, fiind strâns legate de limitele dintre marile plăci tectonice care sunt și ariile cele mai

mobile. H. E. Reid (1911) a explicat mecanismul apariției seismelor prin teoria destinderii elastice, teorie completată cu cea a tectonicii plăcilor. Pe scurt aceasta arată că datorită mișcării regionale de forfecare, rocile din cele două părți ale unei falii sunt deformatate elastic. Când se depășește rezistența la forfecare, are loc ruperea acestora și descărcarea bruscă a energiei elastice acumulate, care generează cutremure. La limitele dintre marile plăci tectonice au loc deplasări divergente (de-a lungul creștelor medio-oceanice), convergente (în zonele de subducție) și de translație (de-a lungul ariilor transformate).

În funcție de particularitățile morfologice și geologice de la limita plăcilor s-au separat patru tipuri de zone seismice (vezi fig. 3 și fig. 10).

1. Zona seismică a dorsalelor medio-oceanice se caracterizează prin cutremure superficiale cu magnitudini până la 6 (pe scara Richter). Reprezintă circa 10% din cutremurele produse într-un anumit interval de timp. Focarele sunt situate în valea riftului sau în creșta învecinată. Activitatea vulcanică intensă este bazaltică și are un flux termic ridicat.

2. Zona seismică cu cutremure superficiale, fără vulcanism. Plăcile se deplasează lateral, fără adăus sau consum de materie ca în cazul dorsalelor și, respectiv al zonelor de subducție. Astfel sunt regiunile faliei San Andreas și faliei Anatoliană. În primul caz, sistemul faliei se află la limita plăcilor Nord Americană și Nord Pacifică; deplasarea plăcilor se face cu circa 3,5-6,0 cm/an.

3. Zona seismică a foselor oceanice adânci este asociată zonelor de subducție cu mecanismul accentuat din jurul Pacificului. Hipocentrul cutremurelor este la adâncimi de 20-700 km, dispus pe un plan cu înclinări de 55-60° dinspre ocean spre continent (planul Benioff). Magnitudinea cutremurelor din "Cercul de Foc" al Pacificului poate atinge sau depăși valoarea 8 pe scara Richter.

4. Zona seismică continentală se extinde lanțurilor muntoase orogenice tinere, unde energia este acumulată la contactul a două sau mai multe plăci continentale. Cutremurele sunt în general superficiale (în regiunile muntoase înalte); cele cu adâncime intermediară apar în Carpați.

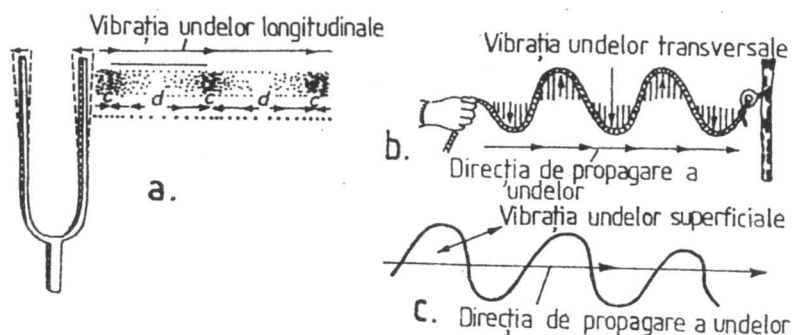


Fig. 8. Propagarea undelor seismice. a: unde longitudinale; b: unde transversale; c: unde superficiale (după Longwell și Flint, citat de N. Lupei, 1979).

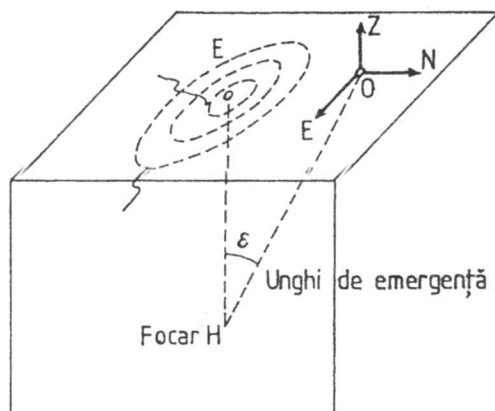


Fig. 9: Elementele unui cutremur de pământ și componentele undelor seismice la observatorul seismic (după Airinei, 1979).

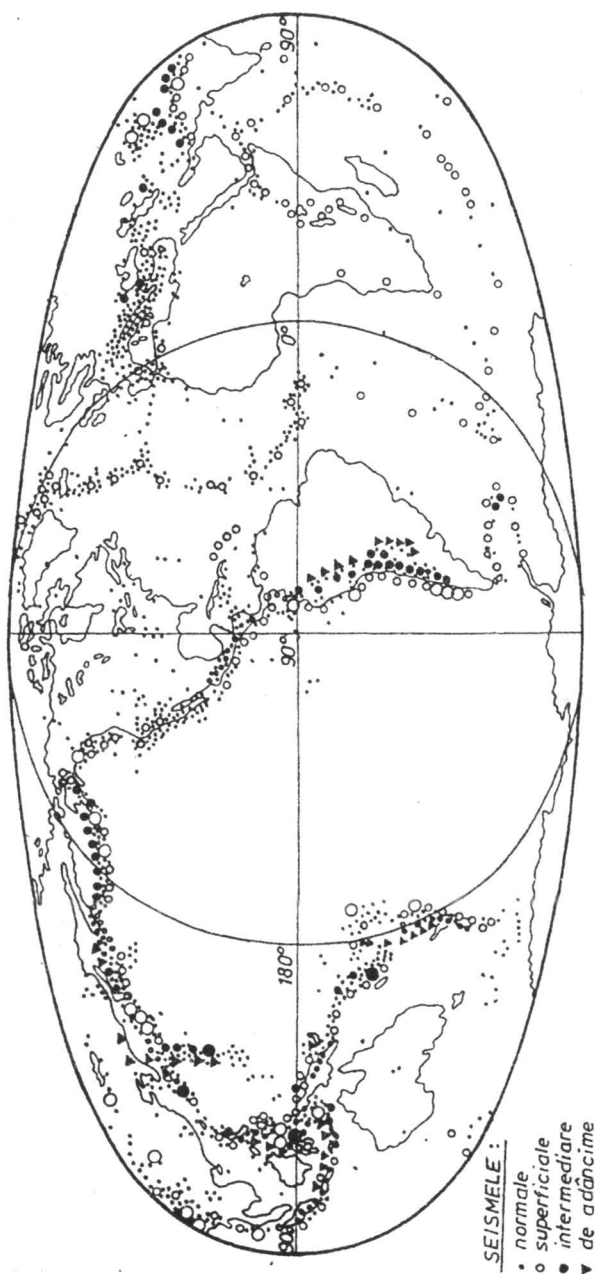


Fig. 10. Repartiția cutremurelor pe Glob

5. Zonele relativ stabile sunt vechile scuturi, ca: Scandinavia, Groenlanda, partea de est a Canadei, nord-vestul Siberiei, Platforma Est-Europeana, peninsula Arabica, o parte a Indiei peninsulare, părțile centrală și estică ale Americii de Sud, Africa (fără regiunile Riftului Est-African și Magrebului), Australia.

- Cutremure de origine vulcanică. Circa 7% din cutremure preced, însoțesc sau urmează erupțiile vulcanice. Ele sunt asociate în general vulcanilor explozivi. Între seismele tectonice și cele vulcanice nu există o limită tranșantă. Seismele vulcanice ca și vulcanii se produc datorită tensiunilor efectelor de decompresiune. Ele sunt superficiale, cele mai profunde cutremure vulcanice declanșându-se până la 60 km adâncime, unde se află focarele eruptive. Seismele vulcanice au caracter local și sunt de mică energie. Seismele cu hipocentrul între 1 și 10 km, uneori 20 km sub suprafață au aspectul unor seisme normale (tip A, cu faze P și S); seismele adânci până la 1 km, plasate imediat sub crater, sunt cele mai frecvente (tip B, fără faze P și S separabile); seismele cu focarul în dreptul dopului de lavă al coșului (de explozie) prezintă un șoc la început care se propagă în toate direcțiile.

- Cutremurele datorate unor cauze locale (cutremure de prăbușire). Prăbușirile de stânci din regiunile muntoase, de-a lungul falezelor sau din peșteri generează seisme de mică energie. Sunt cele mai puțin frecvente (circa 3%). În multe cazuri, cutremurele provocate de prăbușirea tavanului peșterilor sunt asociate unor falii active. Un exemplu concludent îl constituie seismul carstic din iulie 1963, care a provocat mari pagube orașului Skopje, deși magnitudinea a fost de numai 6,3.

2.2.4. Măsurarea seismelor

Măsurarea seismelor se face utilizându-se două tipuri de scări: scara intensității și scara magnitudinii.

- Intensitatea seismelor se apreciază după gravitatea distrugerii clădirilor, construcțiilor, după tipul și amploarea deformărilor suprafeței terestre și după reacțiile populației la șocul seismic.

Primele studii asupra urmărilor unui seism aparțin lui Robert Mallet, pentru cutremurul în 1857 care a afectat sudul Italiei. S-a observat că

efectele șocului se diminuează proporțional cu creșterea distanței față de epicentru. În 1873, Rossi și Forel întocmesc prima scară cu valori între I și X. Seismologul italian Mercalli elaborează, în 1902, o scară tot cu 10 grade, modificată (în 1931) de Wood și Newmann într-o scară de 12 grade. În 1917, Mercalli, Cancani și Sieberg au elaborat o altă scară, de 12 grade, modificată ulterior de Rothe (în 1942) și de Richter (în 1956). Aceasta este cea mai utilizată scară de intensitate, cunoscută sub denumirea de *scara Mercalli Modificat CMMMD* (sau MM) și prezintă următoarele caracteristici:

Gradul I - Nu este simțit. Păsările și animalele sunt neliniștite;

Gradul II - Simțit numai de puține persoane care se găsesc în repaus, în special la etajele superioare;

Gradul III - Se simte de unele persoane din interiorul clădirilor;

Gradul IV - Se simte de mai multe persoane din interiorul clădirilor și de unele aflate în exterior;

Gradul V - Se simte aproape de toată lumea. Mulți sunt sculați din somn;

Gradul VI - Se simte de toată lumea. Mulți se sperie și fug din locuințe; unele mobile grele se deplasează;

Gradul VII - Cei mai mulți oameni părăsesc locuințele. Este perceput și de persoanele aflate la volan. Stricăciuni considerabile în clădiri prost construite;

Gradul VIII - Casele se deplasează pe fundațiile lor. Pereții ușori sunt aruncați în afară. Unii pereți de cărămidă se prăbușesc.

Gradul IX - Panică generală. Stricăciuni considerabile și în structuri special construite. Crăpături mari în teren.

Gradul X - Sunt distruse cele mai multe structuri din cărămidă. Mari alunecări de teren.

Gradul XI - Puține clădiri din cărămidă rămân în picioare. Sunt distruse poduri. Șinele de cale ferată sunt îndoite puternic.

Gradul XII - Distrugerea este aproape totală. Obiectele sunt azvârlite în sus. Au loc modificări ale reliefului.

În urma studiilor asupra intensității cutremurelor se elaborează hărțile seismice prin izolinii ce unesc puncte de egală intensitate seismică, numite izoseiste (linii de sensibilitate sau culminație seismică, după I. Atanasiu, 1961).

Mărimea riscului la seisme este dată de intervalul cuprins între două izoseiste, fiind gradat de la epicentru spre distanțe din ce în ce mai mari: risc foarte mare, risc mare, risc mediu, risc mic, fără risc.

- **Magnitudinea (M)** (magnitudine = mărime) reflectă energia seismelor, fiind deci un criteriu de clasificare și măsurare cantitativă, introdus pentru a se evita erorile scărilor de intensitate. Noțiunea de magnitudine a fost introdusă de C. F. Richter în 1935, dezvoltată împreună cu B. Gutenberg (în 1947) și sintetizată în lucrarea „Seismicitatea Pământului” (1954, citat de V. Lăzărescu, 1980).

Magnitudinea este o funcție logaritmică a energiei eliberate în zona de focar a unui cutremur și este proporțională cu pătratul amplitudinii maxime înregistrate pe seismogramă:

$$M = \log A + B$$

unde A = componenta orizontală a amplitudinii maxime a deplasării solului în undele superficiale; B = constantă ce redă influența caracterelor structurale și litologice și distanța de epicentru.

Între energia unui cutremur și magnitudine există relația:

$$\log E = A + BM$$

Scara de magnitudine *Richter* cuprinde valori între 1,3 și 8,6. Ultima valoare corespunde unui seism de intensitate XII și energie $10^{26} \div 10^{27}$ ergi (tabelul nr. 4).

2.2.5. Impactul fenomenelor seismice asupra populației

Impactul fenomenelor seismice asupra societății umane vizează, pe lângă numărul de victime și valoarea pagubelor materiale, și aspecte grave, de ordin psihic și social cu consecințe pe termen lung, dificil de evaluat. În consecință, fenomenele naturale au și o componentă psihologică.

Fenomenele cu impact asupra populației au loc atât în timpul seismului, cât și postseism.

- **Zgomotul** produs de cutremure este asemănător tunetului, zgomotului produs de o căruță în mișcare pe un drum de piatră. Este mai puternic auzit în regiuni montane decât în cele de câmpii aluvionare. Durata zgomotului este dificil de stabilit. Efectul său însă asupra populației este foarte mare când este însoțit și de vibrațiile pământului.

Tabelul nr. 4. Corelație orientativă între intensitatea, energia, magnitudinea și accelerația maximă a mișcărilor seismice
(după V. Lăzărescu, 1980)

Intensi- tatea I	Energie în (ergi) $\log E =$ 5,8+2,4M	Magnitudine $M=1,3+0,6I$	Accelerația maximă (mm/s ²)	pt. <i>M</i> dat
I	$10^{9,0}-10^{10,4}$	1,3-1,9	sub 10	sub 1,5
II	$10^{10,4}-10^{11,8}$	1,9-2,5	10-25	2,5
III	$10^{11,2}-10^{13,2}$	2,5-3,1	25-50	3,2
IV	$10^{13,2}-10^{14,7}$	3,1-3,7	50-100	4,2
V	$10^{14,7}-10^{16,2}$	3,7-4,3	100-250	4,8
VI	$10^{16,2}-10^{17,8}$	4,3-5,0	250-500	4-5,4
VII	$10^{17,8}-10^{19,2}$	5,0-5,6	500-1.000	5,5-6,1
VIII	$10^{19,2}-10^{20,5}$	5,6-6,2	1.000- 2.500	6,1
IX	$10^{20,5}-10^{22,1}$	6,2-6,8	2.500- 5.000	6,9
X	$10^{22,1}-10^{23,5}$	6,8-7,4	5.000- 7.500	7,0-7,3
XI	$10^{23,5}-10^{25,0}$	7,4-8,0	7.500- 9.800	7,4-8,1
XII	$10^{25,0}-10^{27,0}$	8,0-8,6	peste 9.800	8,1≤8,9

• Unele fenomene luminoase care apar atât înainte și în timpul seismului cât și după seism sunt încă insuficient explicate, asupra genezei lor emitându-se o serie de ipoteze. Unele dintre fenomenele luminoase observate în timpul seismului nu au legătură cu cutremurul. Incendiile sunt declanșate de ruperea conductelor de gaze și sunt favorizate și întreținute de materialul din care sunt construite locuințele, produse chimice, rezervoare de materiale inflamabile etc. În San Francisco distrugerile incendiilor reprezintă circa 75-80%, astfel încât cauza reală a catastrofelor (cutremurul) apare mult diminuată.

• Anumite fenomene particulare ale apei au fost puse în evidență de asemenea înainte și după cutremur. Cele care premerg cutremurele au importanță în predicția acestora. Menționăm astfel modificările

nivelului apei freatice din puțuri determinat de dezechilibrul dintre greutatea coloanei de fluid și presiunea straturilor acvifer. Dintre fenomenele acvatică care însoțesc seismul sau continuă după diminuarea vibrațiilor terestre, valurile produse de undele seismice la diferite distanțe de epicentru pot avea efecte catastrofale asupra populației. Seiscele seismice apar în lacuri situate la mai multe sute de kilometri de epicentru. Fenomenul a fost explicat în 1955 de Anders Kvale (citată de N. Mândrescu, 1991).

Tsunami (*tsu* = port; *namu* = val, în lb. japoneză) sunt valuri înalte din mări deschise și oceane produse de cutremure, erupții vulcanice sau alunecări submarine.

Dimensiunile acestor valuri sunt impresionante: 110 km distanța între două valuri; 1 m înălțime (nesesizată de vapoare); 700 km/h viteză; scade spre țărm odată cu creșterea înălțimii (la câțiva zeci de metri) și a energiei.

Regiunile expuse la tsunami sunt puse sub observații speciale. În Oceanul Pacific există Sistemul de Alarmă pentru Valuri Seismice (SSWS) cu observatoare seismice în: Berkeley, Tokio, Canada și stații de măsurare a valurilor pe coastele Pacificului. Sistemul a fost creat după catastrofa produsă în Aleutine de tsunami la 1 aprilie 1946. În anii 1960 numeroase țări s-au alăturat sistemului, astfel încât din 1965 Sistemul Internațional de Avertizare Tsunami are centrul în Honolulu. Sistemul are 69 stații seismice, 65 puncte în care se măsoară mările și 101 puncte de răspândire a datelor în aria pacifică.

Valurile provocate de cutremurul din 1 noiembrie 1755 din Lisabona au devastat coastele Portugaliei, Spaniei, Marocului și au condus la circa 60.000 morți în Lisabona (tabelul nr. 5).

- Mișcările (vibrațiile) pământului în timpul cutremurului au cele mai puternice efecte indirecte asupra populației. Victimele omenești și pagubele materiale sunt determinate de avarii ale construcțiilor, cum sunt: prăbușirea clădirilor (parțială sau totală), a coșurilor, a cornişelor, a balcoanelor, a geamurilor etc. La acestea se adaugă și alte fenomene ca incendii, inundații, boli, distrugerea recoltei etc.

În *Chile*, în mai 1960, în mai multe zile s-au succedat șocuri de magnitudini cuprinse între 7 și 8,7. Criza seismică a început la 21 mai

ora 6 și 2 minute, cu intensitatea VIII în arealul orașelor Concepcion (pe coastă) și Chillian (la 100 km de Concepcion, în interiorul țării). Al doilea șoc s-a produs după o jumătate de oră, populația fiind însă adunată în piețe nu s-au mai produs victime omenești. Paroxismul s-a produs duminică 22 mai (ora 15), o mare parte din locuitorii orașului Concepcion se aflau afară din case, favorizați de o vreme frumoasă. Au fost distruse 58.622 locuințe din 352.421 câte erau în arealul afectat (Haroun Tazieff, 1966).

Numărul victimelor a fost diminuat de faptul că seismul s-a produs la o oră din timpul zilei pe timp frumos. De asemenea, înainte de paroxism s-au produs zguduiri care au scos populația afară din clădiri. Criza seismică a continuat în următoarele 8 zile cu încă trei șocuri de mare energie, după care au început replicile cu magnitudini de gradul 7. Orașele cele mai afectate au fost Valdivia, Puerto Montt și Castro din insula Chiloe, unde seismul atinsese intensitatea XI. De la nord la sud, între 38 și 45° latitudine sudică, seismul a depășit în cele mai multe orașe gradul VIII.

În *Peru*, la 31 mai 1970, s-a produs un cutremur cu magnitudinea 7,5 la 25 km de orașul Chimbote (în partea de nord). Catastrofa a fost amplificată de faptul că au fost distruse numeroase baraje, apa din lacurile de acumulare acoperind orașe și sate situate în aval. Au murit circa 70.000 oameni și au rămas fără locuințe peste 800.000 persoane.

În *China*, la 28 iulie 1976, s-a produs un violent cutremur cu magnitudinea 7,8 în epicentrul de la Tangshan din nord-estul Chinei (circa un milion de locuitori). Au fost distruse 85% din clădirile cu 2-8 etaje și circa 90% din clădirile mici, orașul fiind practic distrus. S-a apreciat că victimele omenești ar fi fost cuprinse între 600.000 și 800.000. Alte pagube materiale, ca rețeaua de căi ferate (peste 500 km) și autostrăzi (228 km) scoase din circulație, precum și avariile puțurilor de alimentare cu apă, ale rețelei de telecomunicații dau amploarea cutremurului. Primul șoc major s-a produs la ora 3,43, urmat de un al doilea șoc, în aceeași zi.

În *România*, la 4 martie 1977 (ora 21 și 21 minute, 56,2 secunde la București), a avut loc un distrugător cutremur cu magnitudinea 7,2 cu epicentrul în Vrancea și hipocentrul la 110 km adâncime. Vibrațiile seismice au produs importante pagube materiale pe circa 35% din suprafața țării.

Tabelul nr. 5. Dezastre provocate de tsunami

Data	Sursa	Înălțimea apreciată [m]	Zone afectate	Observații
1	2	3	4	5
500 î.Ch.	Erupția Santorin	5 - 10	Creta	Devastarea coastelor Mediteranei 60.000 morți
1 nov.1755	Atlantic	câțiva m	Lisabona	
21 dec.1812	California	5 - 6	California	
7 nov. 1837	Chile	5	Hilo, Hawai	Dezastru în Hawai
17 mai 1841	Kamchatka	5	Hilo, Hawai	
2 apr. 1868	Hawai	3	Hilo, Hawai	
13 aug. 1868	Peru	10	Africa, Peru	
10 mai 1877	Peru	2 - 6	Japonia	
4 nov. 1952	Kamchatka	5	Hilo	119 morți, 104 mil. \$
9 mar. 1957	Aleutine	5	Hilo	
23 mai 1960	Chile	10	Waiakea	
29 mar. 1964	Alaska	6	California	30.000 morți
17 aug. 1976	Mindanao	5	Filipine	
27 aug. 1883	Erupția Krakatau	30	Jawa	26.000 morți
15 iun. 1896	Honshu	24	Japonia	3.000 morți
3 feb. 1923	Kamchatka	5	Waiakea, Hawai	
2 mar. 1933	Honshu	20	Japonia	150 morți, 2,5 mil.\$
1 apr. 1946	Aleutine	10	Winaku, Hawai	

Ele s-au simțit în vest până la Roma, în est până la Moscova; în Bulgaria și Iugoslavia au produs victime și pagube materiale. Numărul total al persoanelor decedate a fost de 1570, iar cel al accidentaților de 11.275, din care 7.576 în municipiul București. Distrugerile provocate de cutremur au cuprins teritoriul Subcarpaților de Curbură (localitățile Vălenii de Munte, Câmpina, Valea Călugărească, Boldești, Ceptura, Cerașu, Draja etc.) și interfluviul Argeș - Colentina (cu municipiul București, localitățile Dărăști, 30 Decembrie, Adunații Copăceni - din lunca Argeșului; Mogoșoaia și Otopeni de pe râul Colentina; Pasărea). În București au fost avariate grav peste 100 blocuri și s-au prăbușit 32 blocuri. Distrugerii mari au avut loc și în Craiova, mai ales în cartierele din lunca Jiului, fiind grav avariate 556 clădiri.

Avarii importante au fost și în orașele Iași, Bârlad, în localitățile Delești, Miclești, Plopana, Dragomirești (bazinul hidrografic al Bârladului), Ungureni, Parincea, Ivești, Liești (lunca Siretului), Fălciu (lunca Prutului).

Impactul seismului asupra mediului a fost evident în dinamica versanților, producându-se mari alunecări și prăbușiri de teren în Subcarpații de Curbură. Au fost reactivate alunecările vechi dar au apărut și multe alunecări de amploare deosebită (la Albești, Slon, Zăbala, Dumitrești) sau pe areale mai reduse. Materialele alunecate au barat cursul unor râuri. De exemplu, lacul format pe râul Zăbala (în amonte de localitatea Nereju) a avut 2 km lungime și 4 m adâncime.

Economia națională a fost afectată grav, valoarea distrugerilor depășind 2 miliarde dolari.

* * *

Inventarul numărului de victime umane și materiale este strâns legat de dezvoltarea societății în decursul istoriei, de evoluția tehnologiei construcțiilor de locuințe și de apariția aglomerărilor urbane. Se consideră că până în prezent au murit mai mult de 13 milioane oameni datorită cutremurelor de pământ.

În antichitate și în evul mediu timpuriu, informații asupra distrugerilor provocate de cutremure se găsesc în documente istorice și scrieri literare. În Sicilia, în anul 400 î.Ch., datorită unui cutremur s-au surpat șapte mari temple. Cornelius C. Tacitus (60-117 d.Ch.) arată că în anul 15 d.Ch., în Asia Mică au fost distruse de cutremur 12 orașe vestite

(Sades, Magnezia, Efes etc). Erupția vulcanului Vezuviu din anul 79 d.Ch. a declanșat un cutremur în sudul Italiei.

În Evul Mediu, documentele istorice nu consemnează multe seisme.

În secolele XIX și XX s-au înregistrat cutremure catastrofale. În perioada 1897-1914 au avut loc multe seisme, 71 seisme au depășit magnitudinea 8 (scara Richter).

Cele mai devastatoare cutremure după 1450 relevă frecvența mare a acestora în cercul seismic circumpacific și în cercul de seisme mediteraneene (tabelul nr. 6).

Tabelul nr. 6. Seisme catastrofale (R - după Richter, 1958; S magnitudinea calculata la Strasbourg)

Data	Locul	Morti	Magnitudi ne
1	2	3	4
1456	Napoli	30.000	
1556	Şensi	830.000	
1716	Alger	20.000	
1755	Lisabona	60.000	
1759	Baalbek	20.000	
1783-1786	Calabria	60.000	
1819	Kutch (India)	1.800	
1833 28 VII	Ischia (Italia)	2.300	
1891 28 X	Mino-Owari (Japonia)	7.300	
1897 12 VI	Assam	1542	8,7 R
1897 5 VIII	38°N 143°E		8,7 R
1897 20 IX	6°N 122°E		8,6 R
1897 21 IX	6°N 122°E		8,7 R
1889 10 X	Yakutat (Alaska)		8,6 R
1902 22 VIII	40°N 77°E		8,6 R
1905 4 IV	Kangra (India)	19.000	8,6 R

Tabelul nr. 6 (continuare)

1	2	3	4
1905 23 VII	49°N 98°E		8,7 R
1906 31 I	Columbia		8,9 R
1906 17 III	Taiwan	1.250	
1906 18 IV	San Francisco	700	8,3 R
1906 17 VIII	Valparaiso		8,6 R
1906 28 XII	Messina	82.000	7,5 S
1911 3 IX	Tiansan		8,7 R
1915 13 I	Avezzano (Italia)	30.000	
1917 1 V	29°S 177°V		8,6 R
1917 26 VI	15°S 173°V		8,7 R
1920 16 X	Gansu	180.000	8,6 R
1923 1 IX	Kwanto (Japonia)	140.000	8,2 R
1927 7 III	Tango	3.000	7,9 R
1929 7 III	51°N 170°V		8,7 R
1933 3 III	Sanriku	3.000	8,9 R
1935 31 V	Quetta (Belucistan)	30.000	
1938 1 II	5°S 130°E		8,6 R
1939 25 I	Concepcion (Chile)	25.000	8,3 R
1940 10 XI	Bucuresti	1.000	7,6 R
1943 10 IX	Tottori (Japonia)	1.400	7,4 R
1944 15 I	San Juan (Argentina)	5.000	
1946 10 XI	Ancash (Peru)	1.500	7,4 R
1948 28 VI	Fukui (Japonia)	5.300	7,3 R
1949 5 VIII	Ambato (Ecuador)	6.000	6,7 R

Tabelul nr. 6 (continuare)

1	2	3	4
1950 15 VIII	Assam	1.526	8,7 R, 8,6 S
1951 6 V	San Salvador	4.000	
1952 4 III	Tokachi (Japonia)	600	8,6 R, 8,3 S
1953 9-13 VIII	Ins. Ionice	500	7 (lungă și puternică criza)
1954 9 IX	Orleansville	1.250	6 S
1954 29 III	Granada (Spania)		7 S prof. 640 km.
1956 9 VII	Santoria (Thira Grecia)	53	7,7 S
1957 4 XII	Altai (Mongolia)	20	8,6 R
1957 13 XII	Kurdistan	2.000	7,25 S
1957 25 IV	Tesalia (Grecia)		7,25 S
1960 29 II	Agadâr (Maroc)	10.000	
1960 24 IV	Lar (Iran)	1.000	5,75 S
1960 22 V	Chile	(șoc principal) 5-10.000	8,9 S, media 8,6 S
1964	Scopje (Iugoslavia)		
1965 28 III	Chile	1.500	
1965 5 IV	Grecia	17	
1970 31 V	Peru	70.000	7,5 R
1976 28 VII	Tangshan (China)	800.000	7,8 R
1977 4 III	Romania	1.570	7,2 R
1985 19-20 IX	Ciudad de Mexico	mari pagube	8,1 R și 7,8 R
1988 7 XII	Armenia	25.000	7 R

Tabelul nr. 6 (continuare)

1	2	3	4
1992 12 X	Egipt	a afectat Cairo	5,8 R
1995	Kobe	6.000	

2.2.6. Cutremurele din România

În România, cel mai mare risc seismic îl are regiunea Vrancea. Ea se înscrie în regiunile seismice legate de orogen, și anume lanțului latitudinal alpino-carpato-himalayan. Instabilitatea de la Curbura Carpaților este explicată prin tectonica plăcilor, și anume prin "jocul" unor plăci și microplăci litosferice. Spre Carpații și Subcarpații de Curbură, plăcile sunt în mișcare convergentă: placa eurasiatică, microplaca interalpină, microplaca moesică și microplaca Mării Negre. Dintre acestea, placa eurasiatică și microplaca Mării Negre acumulează energii în tendința lor de subducție spre "rădăcinile" Carpaților, pe planul de afundare Benioff. Periodic, aceste energii se descarcă provocând vibrații ale scoarței terestre. O parte a energiei cinetice eliberate din focarul Vrancea este transportată pe planuri de falii. Se poate admite că la cutremurul din 4 martie 1977, energia a fost "transportată pe planuri de falii în Depresiunea Loviște-Brezoi, unde a constituit un focar nou, efemer, care a afectat orașele Râmnicu Vâlcea și Craiova, situate la sud, având legături prin fracturi crustate cu depresiunea amintită" (N. Lupei, 1979, p.235).

O sinteză a cutremurelor din România a fost făcută pentru prima dată de I. Atanasiu (1961). Acesta prezintă și o clasificare după numărul șocurilor puternice și după poziția focarelor.

- Cutremurele monokinetice se caracterizează printr-o zguduire puternică principală;
 - cutremure *moldavice*, datorate epicentrului Vrancea, cu hipocentrul între 110 și 150 km;
 - cutremure *transilvanice*, cu focare între Mureș și Târnava Mare (în anii 1880, 1940);

- cutremure *prebalcanice*, cu focare în Bulgaria, dar care afectează și teritoriul României;
- cutremure *banatice*, în arealele Vinga, Periam, canalul Bega.
- Cutremurele polikinetice se caracterizează prin mai multe zguduiri:
 - cutremure *danubiene*, pe linia Vârșeț (Iugoslavia)-Moldova Nouă;
 - cutremure *făgărășene*, pe o direcție oblică pe Munții Făgăraș (în anii 1832, 1916, 1932);
 - cutremure *pontice*, pe o linie paralelă cu țărmul Mării Negre (în anul 100 î.Ch. a fost distrusă cetatea Bisone-Cavarna; 1901, de gradul 10 în scara Mercalli, distrugerii în sate din regiunea Cavarna-Bulgaria).

Cutremurele din Banat sunt legate de faliile soclului cristalin ce îl delimitează în blocuri a căror reechilibrare se realizează prin acumularea unor energii care se eliberează brusc dând naștere la mișcări ale scoarței terestre. În perioada 1991-1992 s-au înregistrat seisme cu focare la sub 10 km: 12 iulie 1991, ora 13:30 - Banloc, Olbșenița - 5,5 M; 15 august 1991 - Voiteg - 3,8 M (cu fenomene luminoase); 2 decembrie 1991, ora 10:49 - Voiteg - 5,7 M; 2 martie 1992, ora 22:33 - Mașloc-Fibiș - 4,5 MD.

Cutremurele de pe teritoriul țării noastre au fost consemnate în documente și cronici din secolul IV. Ulterior, literatura de specialitate prezintă pe cele mai dezastruoase:

- 1472, mari pagube mănăstirii Neamț;
- 1677, prăbușirea bisericii Bărăția din București;
- 1683, 9 august, s-a prăbușit turnul mare al cetății Suceava;
- 1740, înregistrat la Iași, însoțit de zgomote subterane, de fisuri ale solului și de țâșniri ale apei;
- 1790, în Banat, destul de puternic, s-au dărâmat multe case;
- 1802, 26 octombrie, s-a manifestat la București prin țâșniri de apă și gaze, prin ondulații ale solului; s-au prăbușit multe case și Turnul Colței;
- 1829, un cutremur similar celui din 1802;
- 1838, 11 ianuarie, similar cutremurelor din 1802, 1829, însoțit și de fenomene luminoase;
- 1894, 31 august, epicentrul în zona Galați-Focșani, resimțit în toată Moldova și Muntenia;
- 1912, 12 mai, epicentrul în Vrancea, zgomote subterane, a reactivat falii din Muntenia și Moldova;

- 1913, 1 iunie, epicentrul în Bulgaria, s-a simțit în Dobrogea și în partea de sud a Munteniei;

- 1916, iarna, epicentrul în Munții Făgăraș, gradul VIII în scara Mercalli; s-au simțit zguduiri timp de mai multe luni (pe versantul sudic în bazinul Argeșului), în unele zile s-au produs 5-6 zguduiri;

- 1940, 10/11 noiembrie, epicentrul în Vrancea, intensitatea VIII-IX pe suprafața dinspre Olt, Dunăre și Iași și maxime răzlețe de X în scara Mercalli la Lopătari, Neculele, Petrești, Focșani, Panciu, Târgu Bujor. La București magnitudinea a fost de gradul 7,6 în scara Richter, iar în regiunea Vrancea de gradul 8. Hipocentrul a fost la cel puțin 150 km adâncime. Harta seismică a României arată o dispunere aproape egală la nord și sud de epicentru, izoseistele fiind mai dese spre Carpați și mai distanțate în Câmpia Română și Moldova (roci mai puțin dure) (fig. 11);

- 1977, 4 martie, epicentrul în Vrancea, hipocentrul la 110 km adâncime, magnitudine 7,2 în scara Richter la București. Harta seismică arată o expunere mai mare a părții de sud și de sud-vest a României, față de cutremurul din 1940.

În concluzie, harta riscului seismic pune în evidență faptul că întregul teritoriu al țării este expus la cutremure cu magnitudine mai mare de gradul 6 în scara Richter (fig. 12).

Între mișcările seismice și mișcările crustale verticale recente (Cornea și colab., 1979) există o strânsă legătură.

2.2.7. Aspecte ale predicției cutremurelor

Predicția cutremurelor presupune precizarea timpului, locului și magnitudinii viitorului cutremur. Pentru construcții, sunt importante și prevederea caracteristicilor mișcării terenului, precum și durata șocului seismic în anumite regiuni. Cercetările privind predicția cutremurelor datează de la începutul acestui secol (A. Imamura, B.B.Galițin, H.F.Reid), unele rezultate obținându-se abia în ultimele două-trei decenii.

Cercetările asupra prevederii cutremurelor au caracter interdisciplinar și sunt de natură geologică, geofizică, geochemică, biologică, geomorfologică. Unele cercetări vizează fenomene care anunță un

seism într-un viitor apropiat, altele, fenomene care indică iminența seismului la intervale scurte de timp (o zi, o oră, câteva minute).

În prima categorie se înscriu fenomenele legate de cauzele seismelor cum sunt: modificări ale proprietăților fizico-mecanice ale rocilor anterioare rupturilor majore din litosferă; starea de stress din hipocentru care induce perturbări ale presiunii și echilibrului fizic al unor zăcăminte de petrol sau gaze, și care modifică compoziția chimică și concentrația gazelor dizolvate în apa subterană; scăderea anuală, într-un timp îndelungat, a energiei seismice dintr-o arie epicentrală sau creșterea frecvenței seismelor după un timp îndelungat fără seisme importante (teoria "lacunei seismice").

În a doua categorie se înscriu fenomenele ce vizează iminența unui seism, ca fenomene mareice însoțite de modificări rapide ale magnetismului terestru și ale câmpului electric din roci și din atmosferă, modificări ale vitezelor undelor prime și secunde ale microsistemelor, starea generală de agitație a animalelor.

Din perspectiva riscului seismic interesează nu atât metodele, mijloacele sau procedeele de previziune utilizate de oamenii de știință, cât *alarma* sau *informarea* populației asupra iminentului seism. Dificultatea rezidă și în caracterul "probabil" al predicției, alarma falsă putând provoca perturbări economice și sociale.

2.2.8. Măsuri de autoprotecție a populației

Un rol important în reducerea riscului seismic îl are proiectarea construcțiilor și instruirea populației cu privire la comportarea în situații critice atât în familie și în colectiv, cât și în casă și pe stradă. Cunoașterea unor măsuri simple de autoprotecție diminuează numărul de victime.

Prezentăm în continuare aceste măsuri (după N. Mândrescu, 1991, p. 102-105) din dorința de a le face cunoscute nu numai studenților, ci și altor cititori, ținându-se cont de riscul mare la seisme pe care îl are întreaga suprafață a României.



Fig. 11. Harta seismică a României (după Ciocârdel și colab., 1965).

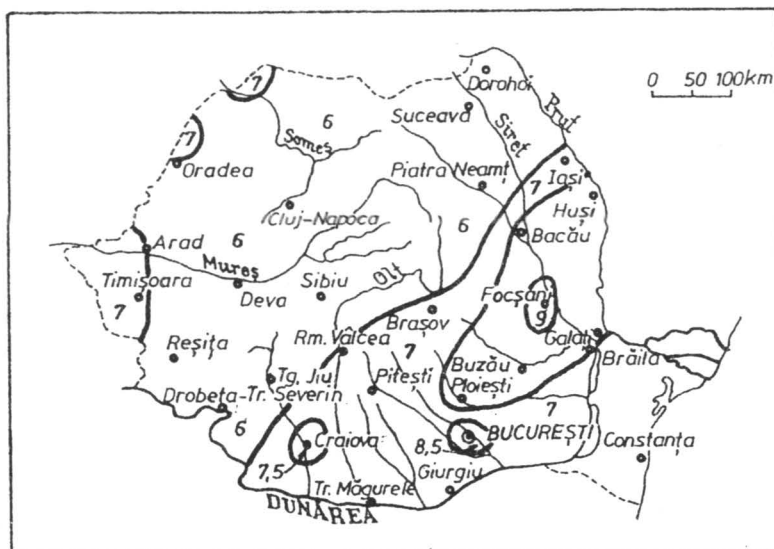


Fig. 12. Harta seismică a României după cutremurul din 4 martie 1977

"Înainte de cutremur. Se va avea grijă ca discuțiile purtate cu membrii familiei sau în cercul prietenilor cu privire la cutremure și la efectul acestora să fie calme; nu se vor relata întâmplări tragice petrecute în timpul unor cutremure anterioare.

Este recomandabil a se stabili un loc anume, cunoscut de toți membrii familiei, în care se vor afla: o trusă de prim ajutor, un aparat de radio cu baterii, o lanternă, o rezervă de mâncare, de preferință conservată sau semipreparată, aflată într-o stare cât mai apropiată de cea în care poate fi consumată, o rezervă de apă potabilă. Dacă spațiul permite pot fi depozitate păături și îmbrăcăminte calduroasă.

Fiecare membru al familiei trebuie să cunoască tehnica acordării primului ajutor. Aceasta va face posibilă atât salvarea unor accidentați ușor, cât și economisirea timpului personalului medical solicitat de cazuri mult mai grave.

Toți membrii familiei trebuie să cunoască locul și modul de manevrare a robinetelor de alimentare cu apă, gaze, precum și locul tabloului electric pentru a putea fi acționate, respectiv întrerupte la nevoie. Obiectele grele nu vor fi păstrate pe etajere înalte, iar piesele de mobilier sau alte obiecte masive care se pot răsturna în timpul cutremurului vor fi ancorate. Este bine a se stabili un punct de adunare a membrilor familiei pentru a se ști imediat dacă cineva a rămas izolat și eventual are nevoie de ajutor.

În timpul cutremurului cel mai important lucru îl reprezintă păstrarea calmului. Panica vă poate expune unor riscuri atât pe dumneavoastră cât și pe cei din jurul dumneavoastră. Încercați să liniștiți pe cei din jur și gândiți-vă tot timpul la consecințele fiecărei acțiuni pe care o veți întreprinde. Dacă vă aflați în interiorul locuinței este mai bine să rămâneți acolo. Așezați-vă în dreptul ușilor dintre camere, lângă pereți sau într-unul din colțurile camerei în care vă aflați. Stați departe de ferestre, oglinzi și coșuri de fum. Încurajați pe alții să vă urmeze exemplul. Urmăriți atent obiectele care ar putea cădea de pe etajere sau bibliotecă. În cazul clădirilor cu mai multe etaje evitați utilizarea lifturilor și nu alergați pentru a ieși din clădire, deoarece scările se pot rupe, prăbușindu-se cu oameni cu tot. Dacă ați rămas blocat în locuință, deschideți aparatul de radio și lăsați-l să funcționeze, iar dacă vă aflați în

afara clădirilor păstrați o distanță rezonabilă până la stâlpii de susținere a conductorilor electrici sau de telegraf, balcoane, cornișe sau alte ornamente exterioare ale clădirilor, care în timpul cutremurului pot deveni adevărate "proiectile". Nu alergați pe străzi. Dacă este posibil, deplasați-vă spre parcuri sau alte terenuri neconstruite. Nu atingeți stâlpii sau conductorii electrici căzuți la pământ. În interiorul camerelor nu utilizați chibrituri, lumânări sau alte surse de lumină cu flacără deschisă înainte de a vă convinge că nu sunt scurgeri de gaze. Dacă vă aflați la teatru, cinematograf sau magazine mari, cu ieșiri limitate, este deosebit de important să vă păstrați calmul. Nu vă precipitați spre ieșire, deoarece sute de persoane vor avea aceeași intenție. Dacă trebuie să părăsiți clădirea alegeți ieșirea cu cea mai mare grijă posibilă. Panica în asemenea împrejurări poate provoca mai multe victime decât șocul seismic. Același calm trebuie păstrat și de persoanele care ar putea rămâne blocate sub dărâmături. Este recomandabil în astfel de situații a se semnala prezența prin lovituri în țevi sau în grinzi care pot fi auzite de la distanțe foarte mari.

Dacă vă aflați într-un autoturism în mișcare, opriți și rămâneți în interiorul acestuia până la încetarea mișcării terenului. Dacă sunteți în autobuz, rămâneți pe loc până ce șoferul oprește autobuzul.

După cutremur, când vibrațiile au încetat, verificați dacă în apropierea dumneavoastră se află cineva care are nevoie de ajutor. Acordați primul ajutor; persoanele rănite grav vor fi așezate confortabil acolo unde se găsesc până la sosirea echipelor de salvare. Se vor controla instalațiile de apă, gaz și electricitate. Coșurile de fum se vor controla pe întreaga lungime, pentru a se constata dacă sunt fisurate sau crăpate; uneori degradări aparent neînsemnate au favorizat declanșarea unor incendii devastatoare. Nu se vor aprinde chibrituri și nu vor fi acționate comutatoare electrice înainte de a verifica prezența gazelor. Nu se va utiliza toaleta până nu aveți convingerea că toate conductele de alimentare cu apă precum și canalizarea sunt intacte. Se va utiliza rezerva de apă, cuburi de gheață din frigider, conserve, fructe și legume. Se va consuma în primul rând mâncare proaspătă și ușor perisabilă și apoi conservele. Nu se va găti în spații închise decât după

examinarea conductelor de gaz și a coșurilor de fum. Folosiți grătare sau faceți foc în zone deschise. Nu se va folosi apa din rețeaua de alimentare decât după ce autoritățile au avizat acest lucru, deoarece prin spargerea unor conducte apa s-ar putea contamina. Nu se va folosi telefonul decât în situația în care solicitați ajutor. Se vor scoate de pe carosabil autoturismele proprii, pentru a ușura accesul mașinilor de intervenție ale pompierilor sau alte mijloace de transport angajate în îndepărtarea molozului.

Adesea cutremurele puternice sunt urmate de postșocuri care pot fi la fel de severe sau chiar mai puternice decât mișcarea inițială. De aceea, după ce ați întrerupt gazul, apa și curentul electric va veți deplasa în ordine spre zonele deschise (parcuri, grădini, stadioane) cele mai apropiate. Fiți receptivi la solicitările de ajutor care pot veni fie din partea organelor de ordine, a pompierilor, a membrilor gărzilor de apărare civilă sau organizațiilor sanitare, dar nu pătrundeți în ariile devastate până când nu vi s-a cerut acest lucru. Nu răspândiți zvonuri. Acestea au efecte deosebit de grave în situații de dezastru. Analize recente au arătat că cei mai vulnerabili în caz de cutremur sunt copiii între 4 și 14 ani care nu sunt nici suficient de puternici din punct de vedere fizic și nici destul de maturi pentru a înțelege riscurile secundare cum sunt incendiile, exploziile, prăbușirea unor elemente ale construcțiilor, la care se pot expune. De asemenea handicapații și bătrânii sunt la fel de expuși. Acestor categorii de persoane li se va acorda o atenție deosebită."

3. FENOMENE DE RISC DATORATE PROCESELOR EXOGENE (RISCURI GEOMORFOLOGICE)

3.1. Fenomene de risc datorate proceselor de versant

3.1.1. Legi fundamentale

3.1.1.1. Legea gravitației

Forța de gravitație a oricărui obiect se exprimă prin greutatea sa și acționează vertical. Pe versant, greutatea unui obiect este descompusă în două componente: prima este forța în josul pantei care tinde să deplaseze obiectul spre pante line, paralel cu suprafața topografică; cea de-a doua este o forță perpendiculară pe suprafața topografică care acționează să țină materialul pe versant.

Forțele de gravitație acționează diferit în următoarele cazuri:

1) Când materialul este o *particulă* situată pe o suprafață înclinată: forța este masa particulei (m) înmulțită cu accelerația gravitațională (g) și este egală cu $m \cdot g$ (fig. 13).

- Componenta în josul pantei = $m \cdot g \sin \beta$
- Componenta perpendiculară = $m \cdot g \cos \beta$

2) Când materialul care se mișcă are o anumită *grosime* și este dispus pe un posibil plan de alunecare, forța de gravitație relevantă este presiunea exercitată de greutatea materialului; acționează de asemenea vertical și este egală cu $\gamma \cdot z$, în care γ = greutatea specifică a materialului; z = distanța verticală dintre suprafața topografică și planul de alunecare (fig. 13).

- Componenta în josul pantei = $\gamma \cdot z \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta$
- Componenta perpendiculară = $\gamma \cdot z \cdot \cos^2 \beta$

3.1.1.2. Legea (ecuația) Coulomb-Terzaghi

Estimarea stabilității terenurilor are în vedere proprietățile fizico-mecanice ale rocilor, structura geologică și tectonică (fig. 14).

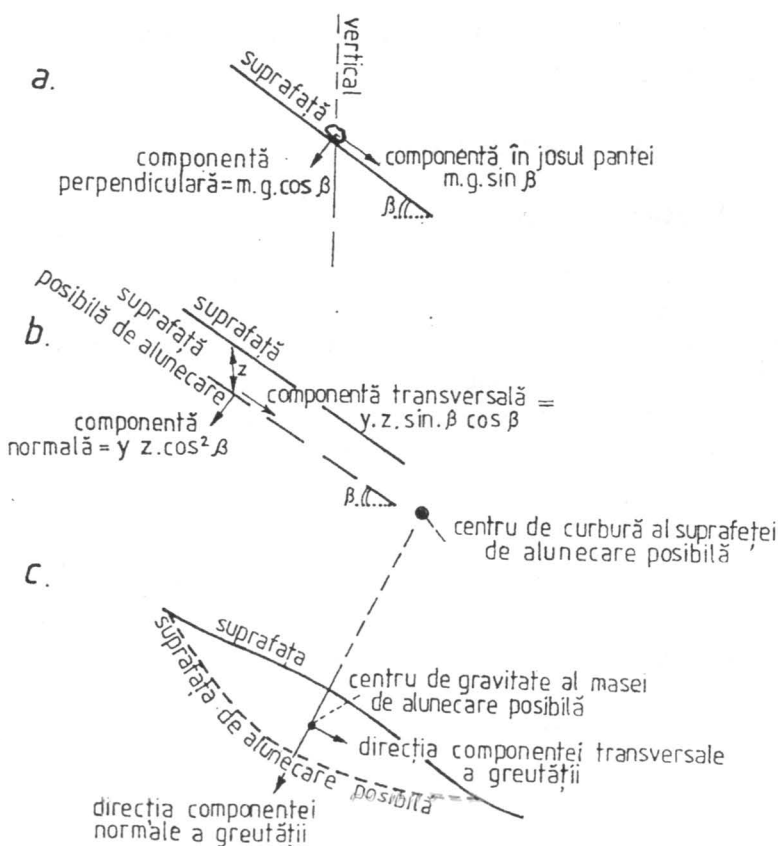


Fig. 13. Acțiunea forței de gravitație pe versanți: (a) asupra unei particule; (b) pe o suprafață de alunecare posibilă la adâncimea z sub suprafața unui mediu cu greutatea specifică γ , (c) asupra unei mase de sol care se află pe o suprafață neregulată de alunecare (după Carson și Kirkby, 1972).

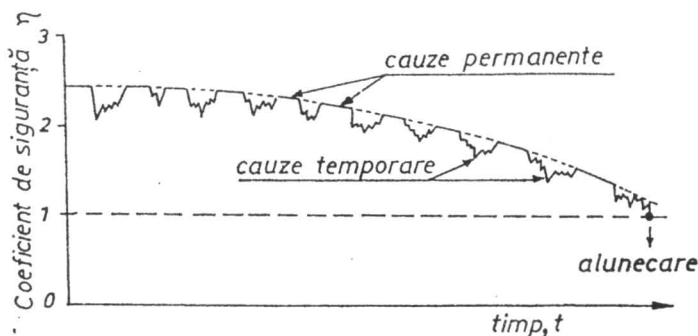


Fig. 14. Variația coeficientului de siguranță al stabilității versantului (după Terzaghi).

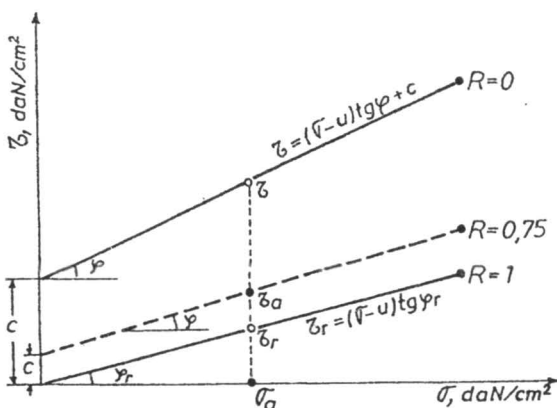


Fig. 15. Determinarea unghiului de frecare internă și a coeziunii pe suprafețe de alunecare

Cele mai importante sunt caracteristicile de rezistență ale rocilor, reprezentate de unghiul de frecare internă și de coeziune (vezi tabelele nr. 9 și 10, fig. 15).

Unghiul de frecare internă și coeziunea se determină cu ecuația lui Coulomb:

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi + c$$

în care: τ = rezistența la forfecare (efortul tangențial pe planul de forfecare), daN/cm²;

σ = presiunea normală pe planul de forfecare, daN/cm²;

φ = unghiul de forfecare internă, grade;

c = coeziunea, daN/cm².

Ecuația a fost completată de K. Terzaghi, ținând seama de presiunea apei din pori:

$$u = \gamma_a h_a$$

în care: u = presiunea apei din pori;

γ_a = greutatea specifică a apei;

h_a = înălțimea echipotențialei duse în punctul a (fig. 16)

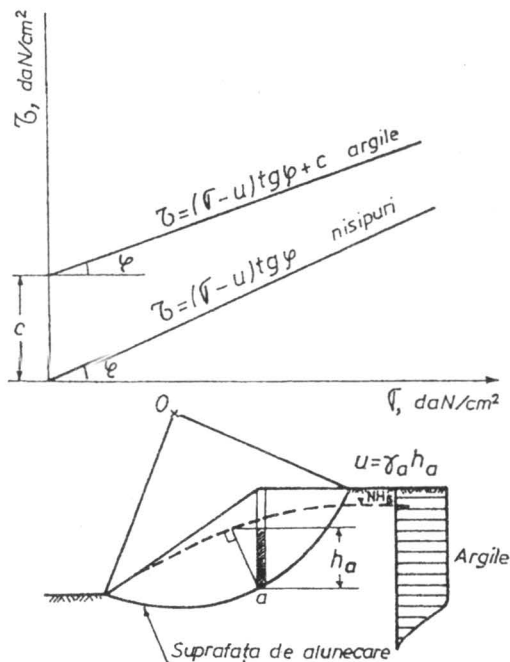


Fig. 16. Graficele ecuației Coulomb-Terzaghi

Astfel ecuația Coulomb-Terzaghi este:

$$\tau = (\sigma - u) \operatorname{tg} \varphi + c$$

Presiunea apei din pori este dependentă de variațiile nivelului apei subterane, corelate cu cantitatea de precipitații și cu intervențiile în versant (săpături) (fig. 17).

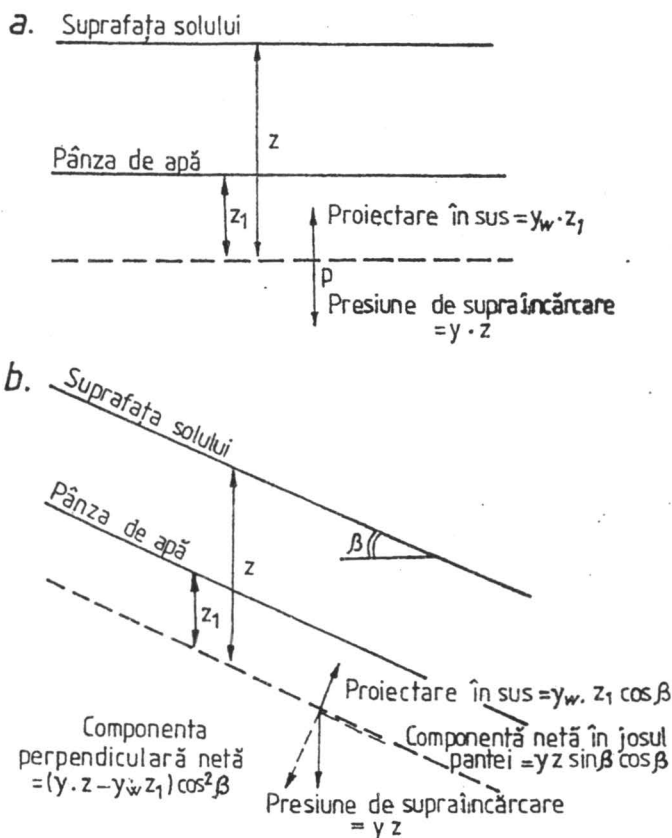


Fig. 17. Presiunea exercitată în substrat în funcție de poziția pânzei de apă freatică (a) pe o suprafață orizontală; (b) pe o suprafață înclinată (după Carson și Kirkby, 1972)

3.1.2. Deplasarea terenurilor și a zăpezii

Noțiunea de teren reprezintă volumul de rocă care este influențat de lucrările de construcții, lucrările agricole, lucrările de îmbunătățiri funciare, sistematizare și organizare.

Conform STAS 3300/1-85, terenul este parte constitutivă a taluzurilor și versanților. Terenul este alcătuit din roci compacte și din pământuri (roci dezagregate). Rocile compacte se clasifică în roci stâncoase (masive cu rari crăpături, masive crăpate și masive stratificate) și roci semistâncoase (marne, marne argiloase și nisipuri cimentate). Rocile dezagregate sau pământurile pot fi necoezive (bolovănișuri, pietrișuri, nisipuri, nisipuri prăfoase) și coezive (prafuri, argile prăfoase, argile).

Procese de versant afectează scoarța terestră și au loc fie în *depozite (formațiuni superficiale)* fie în *rocă în loc*, principalul factor fiind forța gravitațională.

Vulnerabilitatea terenurilor la risc datorată proceselor de versant se extinde pe suprafețe de diferite dimensiuni, de la ordinul metrilor până la ordinul kilometrilor pătrați.

Majoritatea proceselor de versant cu efect de dezastru se produc și datorită intervenției antropice.

Caracterul dezastruos, intensitatea acestuia sunt determinate de *volumul* masei antrenate, de *consistența* acesteia și de *viteza de deplasare*.

În funcție de modul de manifestare a deplasărilor de teren, de viteza și de caracteristicile materialului antrenat, fenomenele geografice de risc datorate proceselor de versant se pot grupa în:

- prăbușiri, rostogoliri de roci (căderi) și de zăpadă;
- alunecări masive de teren;
- curgeri de pământ (curgeri de noroi);

3.1.2.1. Prăbușiri de roci

Prăbușirile de roci sunt deosebit de periculoase datorită impactului pe care îl are masa de rocă deplasată brusc din pereții de rocă sau din tavanul unor peșteri. Spre deosebire de alunecări, ce se dezvoltă pe o suprafață de alunecare, modul de deplasare poate fi căderea liberă, rostogolirea sau săltarea.

În cazul prăbușirilor, respectiv al deplasărilor prin cădere liberă, impactul negativ este direct proporțional cu viteza de deplasare și cu masa materialului deplasat. Desprinderea și prăbușirea rocilor sunt dependente de starea terenului (S_{1-n}) și de factorii perturbatori ai stării (F_{1-n}), în concepție sistemică (C. Marinescu, 1988).

Elementele fizice structurale (S_i) ale stării terenului:

- S_1 = greutatea volumică a rocilor din masiv;
- S_2 = caracteristicile de formă ale conturului masivului;
- S_3 = regimul apelor subterane;
- S_4 = încărcările pe conturul masivului;
- S_5 = anizotropia masivului.

Factorii perturbatori ai sistemului (F_i) sau *intrările* în sistem:

- F_1 = acțiunea antropogenă;
- F_2 = acțiunea hidrometeorologică;
- F_3 = factori biotici (pădure);
- F_4 = factori mecanici naturali statici (eroziuni, depuneri);
- F_5 = factori mecanici naturali dinamici (seismici).

Parametrii de stare sunt modificați în urma acțiunii singulare sau concomitente a factorilor astfel: la S_1 funcție de F_2 ; la S_2 funcție de F_1 , F_2 , F_4 , F_5 ; la S_3 funcție de F_1 , F_2 , F_3 ; la S_4 funcție de F_1 , F_3 ; la S_5 funcție de F_1 , F_5 .

Pornindu-se de la cauze esențiale ale căderii rocilor este deosebit de important de studiat nu numai *forma* ce rezultă în urma proceselor respective, ci mai ales *factorii și procesele ce premere pragului*, respectiv al acelor procese ce slăbesc *stabilitatea* versanților.

Spre deosebire de cutremure și vulcani și chiar inundații, unde factorul preventiv este limitat, în cazul prăbușirilor, căderilor și în general al deplasării materialelor pe versanți, măsurile de prevenire și de combatere a lor sunt mult mai eficiente.

În acest sens au prioritate cercetările din regiunile populate, a regiunilor în care deplasarea populației este iminentă, a regiunilor în care au loc construcții de durată (de folosință îndelungată). În ceea ce privește periodicitatea deplasărilor se constată că cele mai frecvente sunt primăvara pe versanți cu expunere sudică și estică.

Prăbușirile și rostogolirile de roci sunt răspândite pe tot globul, acolo unde versanții sunt abrupti. Au frecvență mai mare însă în regiunile favorabile alternanțelor înghețului cu dezghețul sau cu alternanțe puternice de temperatură de la zi la noapte.

În regiunile montane, prăbușirile afectează cu prioritate căile ferate și șoselele. Ele se produc de multe ori ca urmare a trepidațiilor mijloacelor de transport - vehicule grele, garnituri de tren.

Una din cele mai mari prăbușiri se citează a fi cea din Munții Pamir, din valea râului Bartango, în anul 1911. Masa de rocă deplasată a fost de circa 4.800 milioane metri cubi. Aceasta a barat râul creând un lac de circa 75 km lungime și 262 m adâncime.

La începutul secolului (1903) prăbușirea a peste 30 mil. m³ de calcare paleozoice intens fisurate a acoperit o parte a orașului Frank din Canada. Deplasarea a fost provocată de pierderea stabilității versantului datorită unui strat de carbune de la piciorul pantei.

În Europa au fost înregistrate numeroase surpări de stânci.

În Elveția, conglomeratele terțiare ale versantului Rossberg au acoperit comuna Goldau și au pierit 457 de oameni (în anul 1806).

În țara noastră sunt frecvente în regiunile montane, pe malurile râurilor, pe litoral. Se poate exemplifica cu formarea Lacului Roșu în urma surpării unui pînten de munte (în 1837) care a barat valea Bicazului.

3.1.2.2. Avalanșe

Ca mod de manifestare, avalanșele sunt similare cu deplasările de teren. Deosebirea constă în materialul deplasat. Particularitățile materialului deplasat (zăpadă sau gheață) și ale substratului (versanți abrupti)

justifică frecvența acestora în regiunile montane, unde zăpada persistă timp îndelungat.

Avalanșele sunt procese gravitaționale reprezentate de masele de zăpadă și gheață care alunecă sau se rostogolesc la vale, mărindu-și, în aval, volumul, greutatea, și viteza.

Numele vine de la avaler = a coborî; se folosea și termenul de *lavalanșă*, care desemnează curgerea în lanț a materiei, fiind din aceeași categorie cu lava. Termenul de avalanșă sau lavină este folosit de oamenii de munte pentru toate mișcările de zăpadă sau de gheață de mari proporții.

Ca și în cazul altor deplasări gravitaționale, există factori potențiali și factori declanșatori ai avalanșelor:

Factorii potențiali:

- acumularea zăpezii;
- structura stratelor de zăpadă;
- rezistența păturii de zăpadă;

Factorii declanșatori:

- factorii potențiali când depășesc pragurile ce conduc la dezechilibrarea maselor de zăpadă;
- vântul;
- trepidațiile antropice;
- cutremurele;
- grosimea zăpezii proaspete este considerată factor esențial în declanșarea avalanșelor. După grosimea zăpezii se consideră că prezintă un anumit risc pentru:
 - turiști: 30-50 cm;
 - căi de comunicație: 40-70 cm;
 - case: 70-100 cm;
 - catastrofă: peste 110 cm.

Momentul deplasării este în funcție de valoarea precipitațiilor și de structura stratului de zăpadă. Vânturile puternice însoțesc sau premereg avalanșele. Sunt și situații când nu vântul declanșează avalanșele.

Deci, riscul la avalanșe depinde de: importanța precipitațiilor și de structura mantalei de zăpadă.

Temperatura aerului acționează indirect, influențând căderile mari de zăpadă. Obișnuit, nu constituie un factor al avalanșelor.

Pentru avalanșe, dezechilibrul este dependent de limita de rupere a păturii de zăpadă (fig. 18).

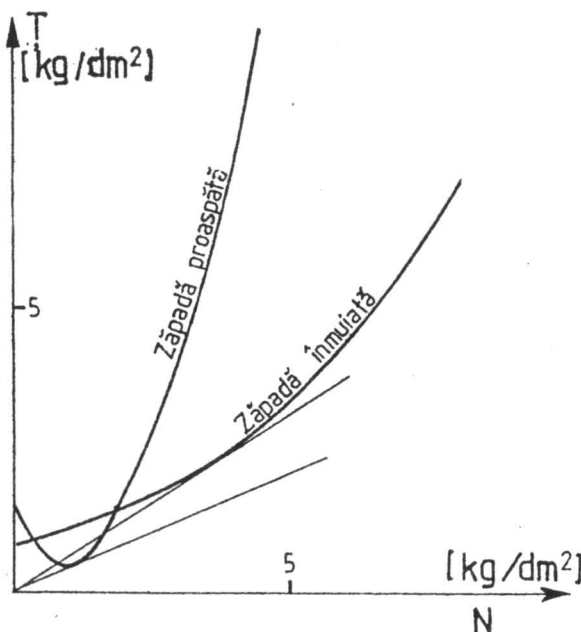


Fig. 18. Curba intrinsecă a două tipuri de zăpadă (după L. Lliboutry, 1965).

Rezistența păturii de zăpadă este determinată de acțiunea forței de gravitație, materializată prin unghiul de pantă. Pentru zăpada, *unghiul de frecare statică* este de circa 50° . Pentru zăpada proaspătă însă are valori de 90° .

În straturile succesive de zăpadă depuse pe un strat preexistent, tensiunea normală și tensiunea de forfecare cresc proporțional, coeficientul de proporționalitate fiind egal cu tangenta pantei:

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi$$

Rezultă că o zăpadă stabilă pentru sarcini mici poate fi instabilă pentru sarcini mai mari.

Zăpada pusă în mișcare se deplasează în funcție de *unghiul de frecare cinetică* (frecare de alunecare).

Pe versanții al căror unghi cu orizontala este cuprins între unghiul de frecare cinetic și unghiul de frecare static, zăpada nu curge, dar, pusă în mișcare datorită unor cauze brutale, ea nu se mai oprește.

Pe măsură ce o masă de zăpadă coboară, lucrul mecanic al greutatei este mai mare decât lucrul mecanic al frecării interne. O anumită cantitate de energie eliberată rupe coeziunea zăpezii și pune în mișcare particulele învecinate, astfel încât masa de zăpadă care coboară este din ce în ce mai mare în aval, producându-se o avalanșă.

Tipuri de avalanșe.

Există mai multe tipuri de avalanșe, stabilite în funcție de criteriul folosit.

- După *grosimea stratului de zăpadă antrenat* în mișcare:

- avalanșe de suprafață;
- avalanșe de adâncime;

- După *calitatea zăpezii*, avalanșele sunt formate din:

- zăpadă prăfoasă (pudroasă) proaspătă;
- zăpadă viscolită;
- zăpadă proaspătă umedă;
- zăpadă în grăunți rotunjiți.

- *L. Lliboutry* (1965) prezintă următoarele tipuri:

- avalanșe pudroase;
- avalanșe în plăci care alunecă pe versanți;
- avalanșe de zăpadă umedă;
- avalanșe de primăvară.

1. Avalanșele de zăpadă prăfoasă uscate se produc în zăpadă proaspătă, fără coeziune, la scurt timp după căderea ei. Frecvența lor este maximă în mijlocul iernii, în Alpi, Anzi, Himalaya, Arctica. Sunt avalanșe fie superficiale, fie de adâncime, foarte repezi. Avalanșele de adâncime sunt specifice regiunilor cu climă rece și uscată.

Avalanșele sunt periculoase nu numai prin presiunea aerului care are efectul unui uragan, ci prin efectul greutateii zăpezii (fig. 19). Diferența dintre coeficientul cinetic și cel static este foarte mare, din această cauză viteza zăpezii crește rapid pe pantă. După Oechslin (citată de L. Lliboutry, 1965, p. 264):

$$V = 116\sqrt{h(m/s)} = 417\sqrt{h(km/s)}$$

Avalanșele de acest tip sunt periculoase pentru că:

a) Presiunea statică exercitată în stratul de aer comprimat este:

$$\Delta P = \frac{1}{2} \rho_a W^2 \quad - \text{adică de circa } 0,1 \text{ atm.}$$

Unda de presiune se propagă în aer cu viteza sunetului c .

Dacă o undă sonoră se propagă într-un mediu de densitate ρ_a cu viteza V , presiunea maximă ΔP este: $\Delta P = \rho_a \cdot c \cdot V$.

Voellmy (citată de L. Lliboutry, 1965) a stabilit că dacă $V = W$ (a frontului) atunci $P = 0,2 \div 0,5 \text{ atm}$, adică $2.000 - 5.000 \text{ kgf/m}^2$.

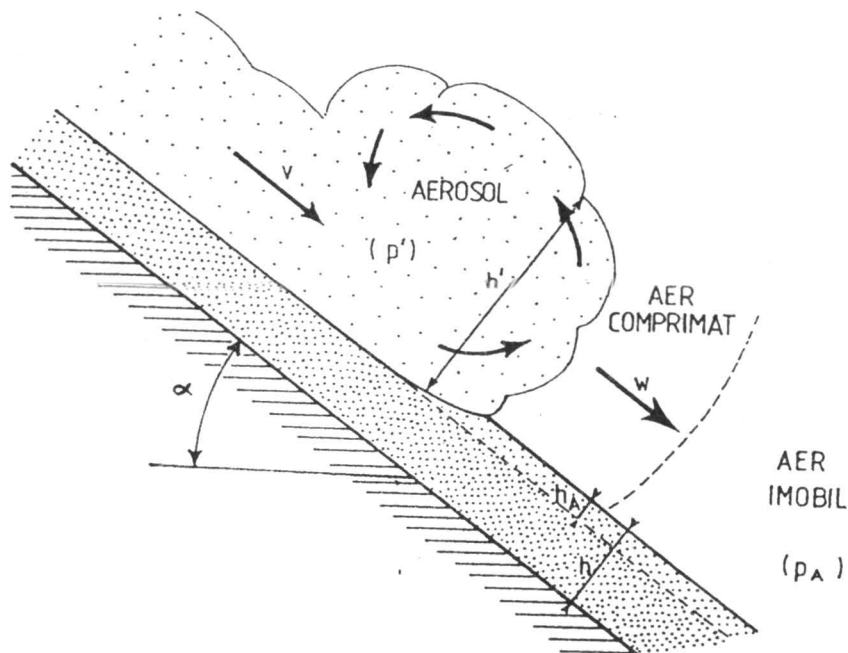


Fig. 19. Schema dezvoltării unei avalanșe pudroase

Se citează avalanșa Gastein din 1951, când victimele au prezentat rupturi ale plămânilor datorate undei de șoc cu o presiune de circa 3 atm.

b) În frontul avalanșelor se formează curenți ascendenți și contracurenți deosebit de violenți.

c) Când avalanșa lovește direct o construcție, presiunea de oprire poate atinge valori foarte mari, de ordinul a mai multe tone pe metru pătrat.

d) Victimele pot fi asfixiate de zăpada pulverizată.

2. Avalanșele de zăpadă umedă se formează în zăpada îmbibată cu apă, zăpada grea. Deplasarea are loc pe diferite culoare cu o viteză de 30-80 km/oră (fig. 20).

Presiunea acestor avalanșe este foarte mare, putând atinge 10-20 t/m². În cazul acestui tip de avalanșe:

$$V = 64\sqrt{h}(m / s) = 230\sqrt{h}(km / h)$$

3. Avalanșele în plăci sau de rostogolire se produc după trei-patru zile de la căderea zăpezii, când se formează o crustă superficială și o anumită consolidare, ambele datorate și vântului. Mecanismul avalanșelor se aseamănă puțin cu cel al alunecărilor (fig. 21).

Deplasarea este determinată de straturile de zăpadă care acționează ca un lubrefiant.

4. Avalanșele de primăvară se produc în zăpezi mai grele și mai vechi, la primele temperaturi ridicate de primăvară. Sunt avalanșe mari, de adâncime, care antrenează și o parte din materialele de pe versanți.

Viteza lor este:

$$v = 18\sqrt{h}(m / s)$$

Survîn de obicei în locuri previzibile, de aceea pagubele sunt mai reduse decât la celelalte tipuri de avalanșe.

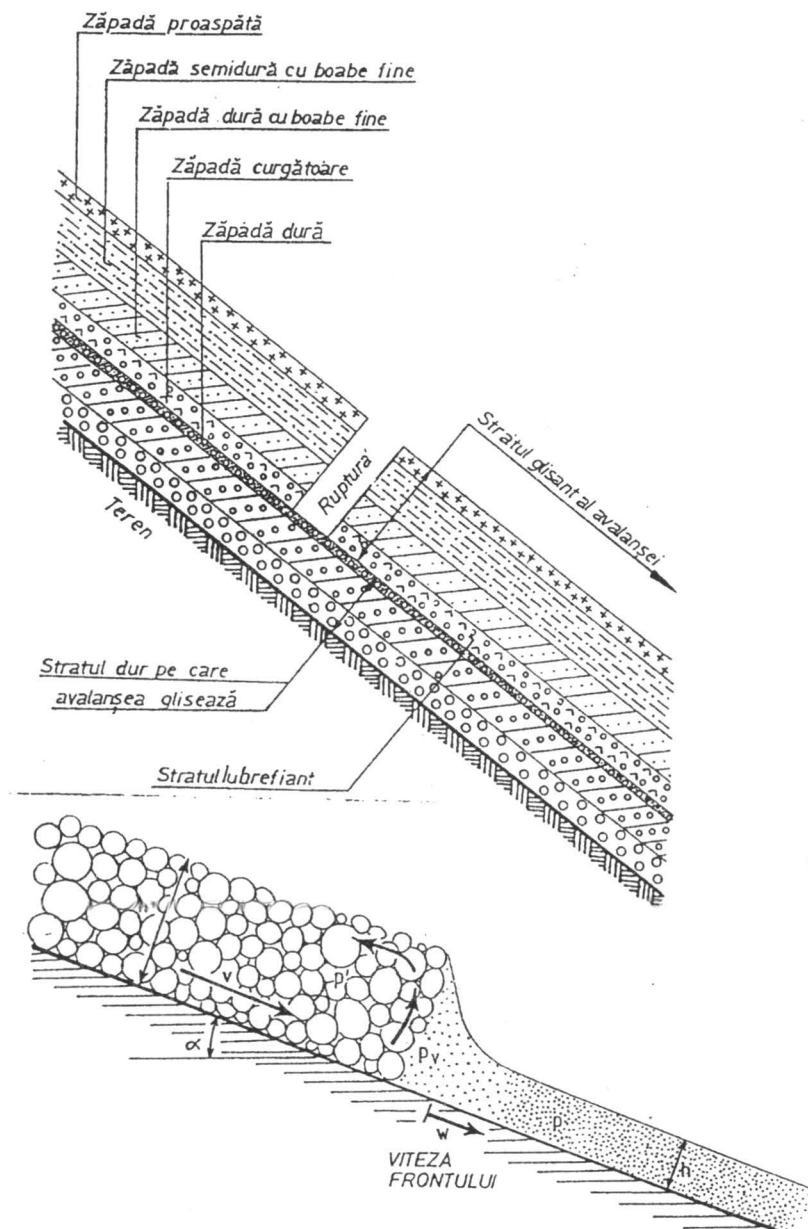


Fig. 20. Structura avalanșei de zăpadă umedă

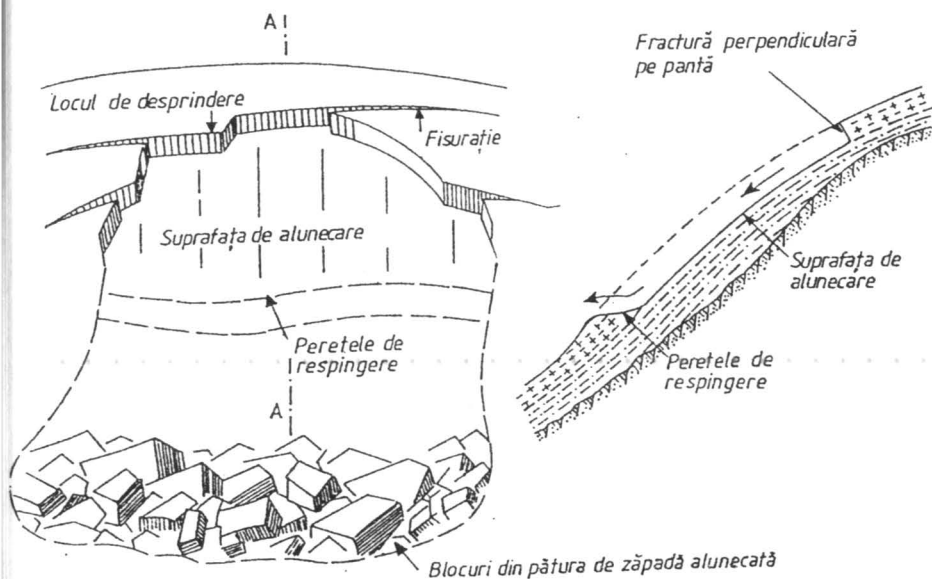


Fig. 21. Avalanșa în plăci de zăpadă

Probleme de risc

Avalanșele constituie unele dintre fenomenele cu cel mai ridicat risc pentru societate, datorită impactului direct pe care îl au în primul rând asupra oamenilor, atunci când aceștia sunt în perimetrul afectat. În Munții Alpi se produc în permanență avalanșe cu urmări negative pentru societate. În decursul istoriei, au avut loc catastrofe datorate avalanșelor, zeci și sute de oameni căzându-le victime.

Unele dintre primele consemnări sunt cele referitoare la anul 218 î.Ch., când o parte a armatei lui Hannibal este îngropată de o avalanșă într-o trecătoare din Alpi. În anul 1949, un bloc de gheață cu un volum de circa 50.000 m³ a sfâșiat în bucăți șase persoane pe Valea Chamonix, blocul de gheață rupându-se din ghețarul Tour. Avalanșele din Masivul St. Gothard, din 1951, au distrus satul Airolo, tunelul pe sub munte a fost blocat timp de 8 zile. Tot în același an și-au pierdut viața în Alpi

300 persoane. O masă de gheață din ghețarul Allain (Elveția) a îngropat sub ruinele unei lucrări 80 muncitori la un șantier hidrotehnic, în august 1965. În noaptea de 16 aprilie 1970, la poalele masivului Mont Blanc și-au pierdut viața 62 persoane din sanatoriul Roc de Fiz.

În 14 ani (1975-1989) în *Munții Alpi* s-au înregistrat 1.622 morți datorită avalanșelor (fig. 22). Cele mai multe victime au fost în Franța cu o medie anuală de 32, iar cele mai puține, în Germania, cu 3 victime pe an (Fr. Valla, 1990). Suprafața montană alpină diferită pe teritoriul statelor respective explică și numărul diferit de victime.

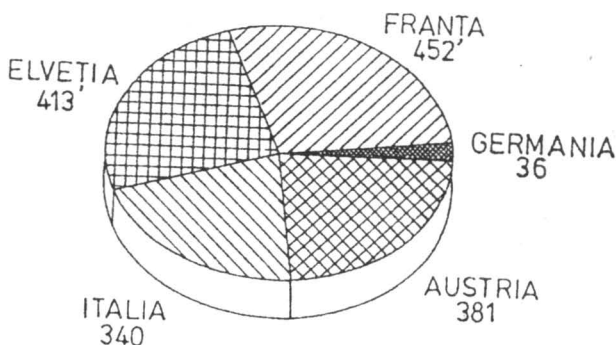


Fig. 22. Numărul morților pe țări în Munții Alpi, între anii 1975 și 1989 (după Yves Brauard, 1990)

Evoluția anuală a numărului de victime în perioada 1975-1989 nu arată nici o tendință, cele mai multe victime înregistrându-se în iernile 1977-1978 (147) și 1984-1985 (180) (fig. 23).

În *bazinul Chamonix*, predomină avalanșele de profunzime (67,7%). Cele mai multe au loc noaptea între orele 18 și 6 (140 în perioada 1971-1988) și ziua între orele 9 și 15 (118, în aceeași perioadă).

Avalanșe cu urmări catastrofale se produc în toate regiunile montane cu zăpezi. Una dintre cele mai devastatoare a fost cea din ianuarie 1962. Avalanșa cu un milion metri cubi de gheață și șapte milioane

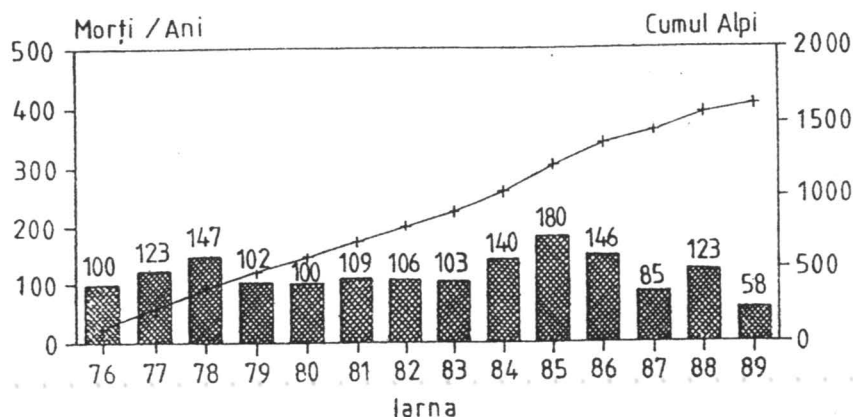


Fig. 23. Numărul anual al morților în Munții Alpi, între anii 1975 și 1989 (după Yves Bravard, 1990)

metri cubi de rocă desprinsă din Muntele *Huascaran* (Anzii Peruani) de la 6.500 m altitudine, a devastat localitatea Raucrachira, murind 1.000 persoane.

În *Iran*, la granița cu Turcia, avalanșa din februarie 1972 a făcut 60 victime, peste 600 dispăruți și imense pagube materiale.

În *Carpații Românești*, avalanșele nu au amplexat încă cele menționate în alte regiuni de pe Terra, cum sunt Munții Alpi, de exemplu. Ele nu sunt însă suficient cercetate. O cartare a arealelor cu risc la avalanșe în Carpații Românești, ar fi benefică nu numai pentru cercetarea științifică, ci și pentru oamenii care, dintr-un motiv sau altul, ajung în perimetre cu risc ridicat la avalanșe.

3.1.2.3. Alunecări de teren

Impactul alunecărilor de teren asupra societății trebuie analizat atât prin urmările directe, ce vizează în general declanșarea și evoluția procesului (fig. 24), cât și prin urmările indirecte, legate de formele de relief create, forme a caror utilizare în agricultură este diminuată datorită degradării terenurilor. Aceste terenuri prezintă un potențial productiv redus, astfel încât riscul se manifestă în timp îndelungat.

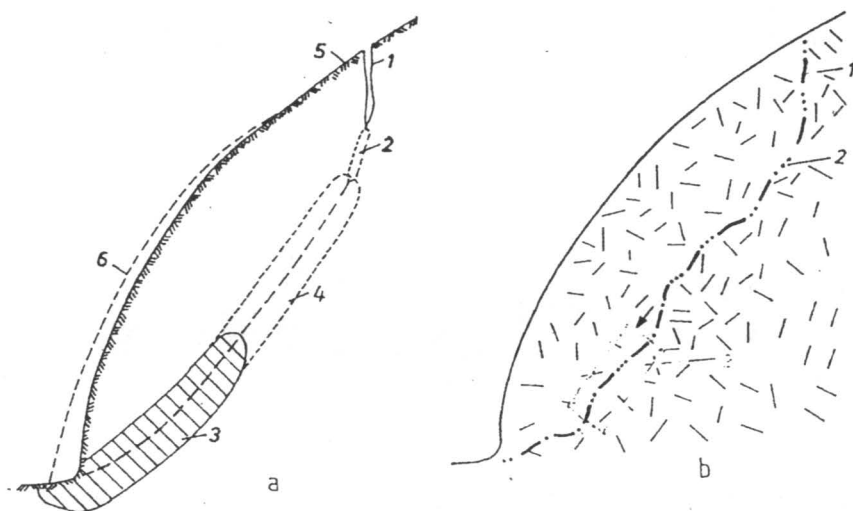


Fig. 24. Starea de eforturi și deformații și apariția suprafeței de alunecare într-un masiv stâncos . (a): zone caracteristice de eforturi și deformații: 1: fisura de întindere; 2: zona de extindere a fisurii; 3: zona de cedare plastică prin forfecare; 4: zona de extindere a cedării plastice prin forfecare; 5: profilul taluzului inițial; 6: profilul taluzului deformat; (b): formarea suprafeței de alunecare: 1: macro-și microfracturi existente; 2: zone de dezvoltare a acestora sub influența eforturilor (după C. Marinescu, 1988)

Pentru prevenirea alunecărilor și combaterea urmărilor lor negative de o deosebită importanță sunt studiile ce vizează: cauzele, tipurile și respectiv clasificarea alunecărilor, mecanismele deplasării în diferite tipuri de roci, stabilirea stadiului de evoluție, recunoașterea arealelor afectate de alunecări, cunoașterea lucrărilor tehnice de stabilizare a terenurilor.

Recunoașterea arealelor afectate de alunecări se face în primul rând după forma neregulată pe care o are profilul versantului, respectiv cea a depozitelor care îl acoperă.

Stabilirea părților componente ale alunecării se realizează printr-o cartare atentă a râpei de desprindere și a corpului alunecării, cu toate microformele înscrise pe acestea.

Datorită microreliefului, învelișul de soluri este extrem de mozaicat, mai ales în arealele afectate de glimee. În microdepresiuni apar soluri turboase, pe versanți, soluri mai evoluat, alături de roci nesolificate. Mozaicul de soluri și microrelieful se regăsesc în asociațiile vegetale care indică condiții ecologice variate.

Dintre tipurile de alunecări, cele de adâncime pot atinge dimensiuni considerabile cu urmări dezastruoase când se produc în areale locuite.

Cele mai favorabile roci pentru producerea alunecărilor sunt "*argilele sensitive*" cu extensiune în regiunile acoperite în Cuaternar cu ghețari. Acestea favorizează deplasarea materialelor chiar la pante extrem de reduse de 2-3°.

Senzitivitatea argilei este raportul între rezistența la compresiune a unei probe de pământ netulburate și rezistența la compresiune a unei probe tulburate (frământate pentru a i se distruge structura) cu aceeași umiditate și porozitate ca pământul natural. Senzitivitatea este o caracteristică a argilei ce pune în evidență rolul legăturilor de cimentare, care sunt distruse la probe de pământ tulburate. Este rezultatul transformărilor produse în timp ale depozitelor de argilă datorită unor procese chimice și a presiunilor.

În țările nordice ale Europei asemenea alunecări sunt frecvente. Alunecarea din 1702, de exemplu, a distrus două localități situate pe versanții fiordului Trondheim. O altă alunecare produsă în argile sensitive în 1966, tot în Norvegia, a afectat 30 localități. Alunecările produse în urma cutremurelor care slăbesc coeziunea depozitelor de pe versanți sunt deosebit de periculoase datorită suprafețelor pe care le afectează și a rapidității cu care se produc.

Exemplele sunt numeroase, ele însoțesc practic fiecare cutremur de intensitate mare. În Alaska, în 1964, alunecarea declanșată în urma cutremurului a distrus o mare parte a orașului Anchorage. Orașul Acobana, din Peru, a fost acoperit de alunecări și avalanșe produse în urma cutremurului din 1946.

În țara noastră, cutremurul din 1977 a activat și a reactivat alunecări din Munții Vrancei.

Cantitatea mare de precipitații favorizează declanșarea unor alunecări cu grave efecte asupra populației.

În *România* alunecări dezastruoase au avut loc în județul Brăila (1992), la Șvinița (1994), Mătăsari-Gorj (1996), la Pârcovaci (8 decembrie 1996). Alunecarea de la Pârcovaci s-a produs în Dealul Sângeopului pe o lungime de 3 km și o lățime de 400-800 m, adâncimea râpei de 4-12 m. Mișcarea de alunecare a început pe 8 decembrie și a continuat până pe 14 decembrie, având viteza de 53 cm/h. Au fost afectate grav circa 100 locuințe și evacuate circa 600 persoane.

Alunecările submerse sunt datorate ruperii echilibrului materialului acumulat pe șelful continental și deplasării acestuia pe povârnișul continental spre câmpiile abisale.

Frecvent aceste alunecări sunt datorate cutremurelor. Riscul în acest caz nu îl constituie materialul deplasat, ci urmările acestuia, respectiv ruperea cablurilor submerse, valurile provocate cu repercusiuni asupra navigației etc.

Deplasările de teren generate de activitatea umană sunt rezultatul utilizării necorespunzătoare a terenurilor, implicit a efectuării unor construcții care nu țin cont de gradul de vulnerabilitate a terenurilor, respectiv a stabilității versanților, a proceselor de sufoziune și tasare în cazul suprafețelor cvasiorizontale.

Obișnuit se citează carierele, excavațiile, lucrările miniere sau construcțiile hidrotehnice drept cauze pentru declanșarea unor alunecări cu efecte dezastruoase.

Se iau în seamă însă și alți *factori antropici*, care, în funcție de condițiile morfogenetice concrete, duc la declanșarea alunecărilor, factori cum sunt: despăduririle, aratul în lungul pantei, suprapășunatul, lacurile de acumulare; acestea din urma modifică echilibrul de pe versanți în condițiile formării unui nivel de bază local. Un exemplu concludent îl constituie catastrofa provocată în 9 octombrie 1963 când au murit peste 2.000 oameni pe valea Adige. Desele modificări ale nivelului lacului de acumulare Vajant (Italia) au slăbit stabilitatea versanților, dintr-un versant desprinzându-se o cantitate de 300 milioane metri cubi de rocă, care prăbușindu-se în apele lacului de acumulare au dus la formarea unor valuri ce s-au revărsat peste baraj.

3.1.2.4. Curgeri de noroi (pământ)

Curgerile de pământ (de noroi) sunt deosebit de periculoase și sunt legate ca desfășurare de cantitățile mari de precipitații.

Ele urmează rețelele organismelor torențiale și se produc cu intensitate maximă pe versanții abrupti, despăduriți, alcătuiți din alternanțe de roci permeabile și impermeabile.

În Subcarpați, viteza de deplasare a acestora înregistrează valori de 120 m/oră, iar proporția apei este de 10-60%.

Curgerile de noroi care însoțesc vulcanii sunt deosebit de periculoase (vezi **Vulcanismul**).

3.1.3. Eroziunea hidrică

Eroziunea hidrică, respectiv eroziunea datorată în principal apei, afectează solul, conducând la degradarea fizică a acestuia cu impact negativ pentru utilizarea terenurilor.

Stabilirea solurilor erodate și estimarea degradării solurilor prin eroziune au în vedere și eroziunea antropică.

Indicatorii propuși pentru eroziunea hidrică sunt grupați în:

- indicatori de stare sau de stadiu actual al degradării;
- indicatori de impact asupra productivității;
- indicatori de risc.

Indicatorii de stare și de risc vizează: eroziunea în suprafață; eroziunea în adâncime; alunecările de teren (vezi "**Harta expunerii la risc...**").

Riscul datorat proceselor de versant influențează direct capacitatea de susținere a populației planetei prin rezervele de hrană.

Se preconizează că între 1990 și 2030, populația globului va crește anual cu circa 90 milioane locuitori (3,6 miliarde în 40 de ani). Ori, la nivel planetar, pierderile anuale din cauza degradării solului se înregistrează atât în sectorul cultivării plantelor, cât și în cel zootehnic. În acest ultim sector, de exemplu, pierderile anuale în regiunile secetoase se ridică la circa 23,2 miliarde dolari, la nivel planetar; pe

continente, cele mai mari pierderi sunt în Asia (8,3 miliarde dolari) și Africa (7,0 miliarde dolari).

Și mai semnificative sunt valorile suprafeței agricole pe cap de locuitor care va cunoaște o continuă scădere. În perioada 1950-1990 reducerea a fost de la 0,23 la 0,13 hectare pe cap de locuitor; în anul 2030 va ajunge la 0,08 hectare (Lester R. Brown, Hal Kane, 1996).

În România, circa 7 milioane hectare sunt terenuri afectate de procese de degradare (47% din suprafața agricolă). Din această suprafață, circa 3,1 milioane hectare prezintă un risc de la mediu la foarte puternic. La acestea se adaugă 1,6 milioane hectare de terenuri cu pajiști montane cu risc mare la procese de eroziune (S.A. Munteanu, 1991).

3.2. Fenomene de risc datorate proceselor de albie. Inundațiile

3.2.1. Semnificația inundațiilor ca fenomene de risc

Între fenomenele naturale extreme, inundațiile ocupă un loc aparte, prin amploarea și dinamica lor, fiind cele mai spectaculoase evenimente din viața râurilor, dar și cele mai periculoase prin pagubele pe care le produc și prin modificarea configurației albiei minore. Despre inundațiile catastrofale produse pe glob în decursul istoriei, cu foarte mari pagube materiale și victime omenești, se spune, pe drept, că sunt "războaiele pierdute ale omenirii".

Aceste fenomene extreme, care sunt normale în procesul de evoluție a mediului, pot deveni catastrofale și pot provoca dezastre pentru comunitățile umane care au încălcat legile armoniei din natură fără a-și lua măsurile de securitate necesare. Cu timpul, chiar și în aceste condiții, s-a realizat o comuniune om-fluviu, care în cele mai multe cazuri durează de milenii, chiar dacă pentru aceasta s-au plătit mari tributuri de vieți omenești.

Un exemplu elocvent îl constituie fluviul Galben din China, care drenează o suprafață de 752.000 km², de două ori mai mare ca suprafața României. În bazinul acestui fluviu, în provincia Henan, descoperirile arheologice au scos la iveală urme ale culturii paleolitice

și neolitice, agricultura practicându-se de 7.000 ani, inundațiile fiind întotdeauna o problemă pentru populația riverană.

Prin urmare, s-au făcut de foarte timpuriu diguri, dar de fiecare dată ele erau depășite, inundațiile afectând uneori până la 250.000 km² din cursul inferior al fluviului și din Câmpia Chineză, provocând victime, ruinând și distrugând sate, lăsând milioane de oameni fără adăpost, sau aducând cu ele moarte, molime și pribegie. În anul 1642, de exemplu, lângă Kaifeng din 370.000 de locuitori, 340.000 au pierit înecați. În 1933, lângă Shaanxian, ca urmare a ruperii digului în 50 puncte s-au inundat 11.000 km², au murit 18.000 persoane și au fost 3.640.000 sinistrați. În decurs de 2.000 ani, râul a rupt digurile de 1.500 ori și și-a mutat cursul de 27 ori. Numai între 1400 și 1900 au fost 350 inundații și de fiecare dată s-au soldat cu victime.

În alte locuri de pe glob, leagănul civilizațiilor a fost tot în lungul marilor fluvii. Este suficient de amintit Mesopotamia (Țara dintre fluvii) sau civilizația egipteană care a dăinuit peste patru milenii în lungul "panglicii albastre" care sfidează cel mai mare deșert al Terrei.

Inundația este *acoperirea temporară cu apă a unei porțiuni de teren ca urmare a creșterii nivelului unui râu, lac, sau altă masă de apă*. Deci o inundație este provocată de un surplus de apă care depășește capacitatea de transport a albiei minore și ca urmare se revarsă în albia majoră acoperind suprafețe de teren care de regulă nu sunt afectate de creșteri ale nivelurilor medii sau mici. Din punct de vedere hidrologic o inundație poate fi orice creștere a nivelului apei ori a debitului peste un nivel care depășește malurile albiei minore. Pentru a fi mai cuprinzătoare definiția inundației poate fi formulată și astfel: "*O masă de apă ce acoperă un teren care în mod normal este emers*" (Ward, 1978). În acest fel, includem în această categorie și terenurile din zonele de câmpie, temporar inundate ca urmare a creșterii nivelului apelor subterane până la intersectarea suprafeței topografice și stagnarea la suprafața solului, perioade îndelungate de timp. Se mai pot întâlni astfel de fenomene în zonele litorale recent scoase de sub dominația mărilor, cum este în Olanda, care accidental pot fi inundate, sau cele care pot intra în raza de acțiune a unor valuri marine provocate de cutremurele de pământ (tsunami). Având în vedere și aceste considerații este acceptată și definiția: "*zona inundabilă este o suprafață joasă care poate fi acoperită cu ape la o creștere de nivel a unei mase de apă*".

Viiturile și inundațiile au probabilități de apariție care variază de la un loc la altul și intensități diferite pentru același teritoriu.

3.2.2. Cauzele inundațiilor

3.2.2.1. Cauze naturale

Apariția inundațiilor se datorează în primul rând unor factori naturali legați de condițiile climatice care generează cantități mari de precipitații, furtuni ș.a.

Cauzele climatice presupun o creștere a nivelurilor sau a debitelor peste valorile normale și revărsarea apelor în arealele limitrofe ca urmare a unor fenomene climatice deosebite.

Ploile și în special cele torențiale, constau în căderea unor cantități mari de precipitații într-un timp foarte scurt, astfel încât capacitatea de infiltrare a solului este repede depășită și aproape întreaga cantitate de apă căzută se scurge spre rețeaua de văi generând viituri, depășirea capacității de transport a albiilor minore și deversarea apelor în albiile majore provocând inundații. Sunt cunoscute în România inundațiile produse de astfel de ploi în anul 1970, pe majoritatea râurilor mari, în 1972 și 1975 cu precădere în partea de sud a țării, în 1991 pe râurile din Subcarpații Moldovei (Tazlău, Trotuș cu ruperea barajului de la Belci etc). Areale susceptibile de a fi inundate se întâlnesc în lungul multor râuri din România (fig. 25).

În cazul râurilor, viiturile cu amplitudini mari de nivel stau la baza producerii inundațiilor în albiile majore. Cea mai importantă caracteristică a unei viituri este înălțimea apei în albie, pentru că înainte de toate, ea este generată de o creștere a nivelului apelor. Pentru a se produce o inundație este însă necesar ca în lungul râului să existe o luncă inundabilă. Excepție fac sectoarele de chei și defilee din lungul râurilor unde nu se produc inundații chiar la creșteri spectaculoase ale nivelurilor.

Pentru a caracteriza o viitură sunt necesare o serie de valori cantitative asupra debitelor de apă scurse și a nivelurilor înregistrate. Uneori acestea ating valori impresionante, de peste 200.000 m³/s în cazul

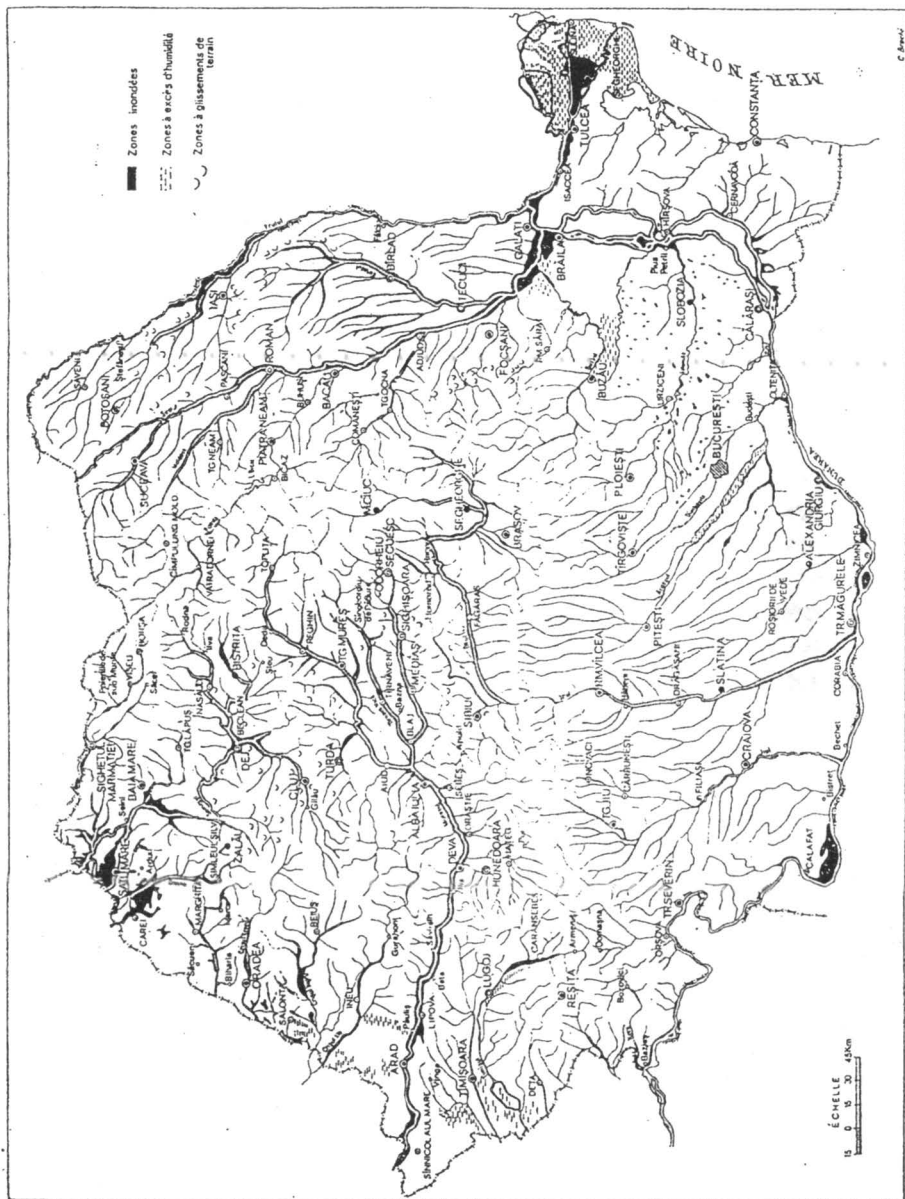


Fig. 25. Terenuri expuse la inundații în România

Amazonului, de 80.000-100.000 m³/s pentru Lena și Enisei, 60.000-70.000 m³/s pentru Volga și Mississippi. Pentru fluviul Dunărea cel mai mare debit înregistrat a fost de 16.285 m³/s în luna mai 1970, pentru Someș la Satu Mare de 3.342 m³/s la 15 mai 1970 iar pentru Siret la Lungoci de 3.186 m³/s la 19 mai 1970.

Orice viitură se caracterizează printr-un timp de creștere, care este cu atât mai mare cu cât suprafața bazinului este mai mare, un vârf al viiturii și un timp de descreștere, de regulă mult mai mare ca cel de creștere. Dacă o viitură are un singur vârf, ea este cunoscută sub denumirea de viitură simplă, dar dacă are mai multe vârfuri este o viitură compusă.

Pe glob, viiturile și deci și inundațiile au o frecvență mai mare în climatele în care precipitațiile cad preponderent sub formă de ploi. În acest sens Guilcher (1965) distinge:

- viituri mediteraneene, specifice pentru sudul Franței în munții Cevennes, pentru sudul Italiei, în Calabria, pentru râurile din insulele Sicilia și Sardinia. În aceste regiuni intensitatea precipitațiilor ajunge uneori la câteva sute de mm și chiar peste 1.000 mm în 24 ore;

- viituri oceanice, mai ales în sezonul rece, la râurile din Franța de pe fațada vestică, cum este bazinul Senei, la cele din Insulele Britanice și în centrul și estul Statelor Unite;

- viituri de vară sunt specifice zonei temperate în special pentru Europa Centrală și pentru România. Pe continentul american, astfel de viituri au urmări catastrofale în statele Texas, Kansas, și Oklahoma;

- viituri tropicale care apar în regiunile bântuite de cicloane tropicale sau de tornade.

Topirea zăpezilor este un alt factor important al formării viiturilor și al producerii inundațiilor mai ales în zonele climatelor temperat și rece. De regulă, procesul de topire a zăpezilor generează apele mari de primăvară sau de vară în zonele înalte. Acest proces poate fi însă accelerat de invaziile de mase de aer cald sau se poate asocia cu ploile căzute în acest interval. În România topirea zăpezilor începe în lunile februarie-martie, mai întâi în Câmpia Tisei și în sud-vestul și sudul țării. În zonele de deal și în Moldova începe în luna martie, iar la munte, în aprilie - mai. Astfel de viituri sunt spectaculoase pe râurile din vestul Statelor Unite, pe Columbia, pe Volga, Obi, Enisei și Lena.

Topirea zăpezilor suprapusă cu căderea precipitațiilor conduce de multe ori la producerea inundațiilor. În România acest fenomen a fost caracteristic pentru inundațiile și viiturile catastrofale produse cu precădere în luna mai 1970, pe râurile din Transilvania, pe Olt, Siret și Dunăre. Astfel, în primele 4 luni ale anului 1970 au căzut precipitații abundente care au saturat solul iar în zona de munte au generat un strat de zăpadă de grosimi apreciabile. În primele 12 zile din luna mai au căzut în bazinele Mureș și Someș în jur de 100 mm precipitații. Apoi, între 12 și 14 mai au mai căzut încă pe atâtea precipitații și pe alocuri chiar mai mult. Ploile căzute au găsit un sol saturat și ca urmare s-au scurs în proporție de 80%. La munte, ploile au topit și stratul de zăpadă și s-au format viituri puternice în toate bazinele de pe fațada vestică a Carpaților, în bazinele Olt, Siret și chiar Dunăre. Undele de viitură cu debite excepțional de mari produse pe râurile din bazinul Someș au inundat multe localități producând pagube foarte mari. Pe râul Someș, de exemplu, la Satu Mare, pe data de 14 mai nivelul maxim înregistrat a fost de 816 cm, la un debit de 3.200 m³/s, care s-a revărsat în albia majoră inundând aproape în întregime orașul și terenurile riverane.

În bazinul Mureșului, undele de viitură s-au format tot în zona de obârșie și s-au propagat în aval cu viteze, niveluri și debite apreciabile. La Mediaș, pe Târnava Mare, nivelul maxim înregistrat a fost de 747 cm, deși cota de inundație era la 350 cm (cu 4 m peste această cotă). Ca urmare, la Sighișoara apele au ajuns aproape la nivelul primului etaj. La Alba Iulia, unde albia Mureșului avea la apele medii o lățime de 110 m, în timpul inundațiilor a ajuns la 3.700 m, iar la Arad nivelul maxim a atins 698 cm. Probabilitatea de apariție a unor astfel de fenomene s-a apreciat a fi de o dată la 160-170 de ani.

La nivel național pagubele inundațiilor din 1970 au fost foarte mari. Au fost afectate total 83 de localități și parțial 1.528. S-au evacuat din calea apelor 256.000 persoane și 455.000 de animale. Au fost avariate 395 de unități productive și 45.460 de case, din care 13.070 au fost complet distruse. Analizate pe bazine hidrografice, se constată că cea mai mare parte a acestora (43%) s-au produs în bazinul Mureșului (Podani, Zăvoianu, 1971).

Zăpoarele apar frecvent pe râurile din zona climatului temperat continental sau subpolar, dar cu precădere pe cele care curg de la sud spre nord în Rusia și în Canada. Un astfel de fenomen s-a semnalat pe

râul Enisei, în anul 1909, când în urma unui baraj de ghețuri, nivelul râului a crescut cu 12 m în 24 de ore și a inundat în amonte, iar ruperea zăporului a generat o viitură și inundații care au distrus mai multe vase aflate la iernat pe un canal lateral. Pe Dunăre, cea mai spectaculoasă creștere de nivel, ca urmare a unui astfel de fenomen s-a produs în anul 1838, când în urma blocării ghețurilor în zona orașului Budapesta, nivelurile au crescut în așa fel încât au depășit cu 2 m pe cele mai mari înregistrate, deși debitele fluviului nu au fost decât de 5.000-6.000 m³/s. În timpul acestui zăpor apele au afectat partea de est a orașului, unde nivelurile crescute și ghețurile sub influența vântului au distrus 4.254 de case (53,6% din fondul de locuințe) și au inundat o suprafață de circa 6.000 km².

Excesul de umiditate poate genera inundații periculoase. În România, perioada 1969-1973 s-a caracterizat ca fiind cu exces de umiditate față de media multianuală. Ca urmare în foarte multe areale depresionare, sau pe interfluvii orizontale, din zona Câmpiei de Vest și din Câmpia Română, cu apele freatice la mică adâncime s-au produs inundații. În partea de nord-est a Câmpiei Române s-a remarcat creșterea nivelului lacurilor naturale din crovuri, inundarea crovurilor frecvent seci, a unor suprafețe joase de luncă și a unor terenuri orizontale care în mod obișnuit erau emerse (Gâștescu și colab. 1979).

Cauze parțial climatice stau uneori la baza declanșării undelor de viitură și a inundațiilor. Interacțiunea dintre scurgerea apelor în estuarele unor fluvii și marea poate genera în anumite cazuri inundarea zonelor de luncă. Cel mai tipic exemplu îl reprezintă râul Senegal de pe coasta vestică a Africii. Din cauza pantelor foarte mici din cursul inferior (0,035-0,005‰) apele marine urcă pe fluviu în timpul mareelor până la distanța de 440 km. În timpul viiturilor, interferența celor două mase de apă poate genera inundații puternice în funcție și de volumul de apă adus de fluviu.

Furtunile puternice, provocate de cicloni sau de vânturile musonice, pot provoca inundații ale coastelor marine. Astfel de situații se întâlnesc în golful Mexic (Florida), în jurul Filipinelor, în India și în Bangladesh, pe coastele Alaskăi și ale Chinei, în Europa vestică în special în Țările de Jos. Între 1916 și 1965, coastele Japoniei au fost afectate de 5 mari taifune foarte puternice cu valuri de peste doi metri față de normală. În acest caz se pot distinge două tipuri de furtuni.

Primul tip are loc pe coastele deschise cum sunt ale Oceanului Atlantic din Statele Unite. Pe aceste țărmuri, afectate de ciclonii tropicali, apele marine pătrund adânc în zonele limitrofe. Între 1900 și 1960, coastele Floridei au fost afectate de 40 de huricane cu puternice efecte asupra liniei de țărm și a zonei limitrofe. Al doilea tip se produce pe mările mai mult sau mai puțin închise cum sunt Marea Nordului și Marea Adriatică, dar și în acest caz sunt foarte periculoase.

Topirea bruscă a zăpezilor și a gheturilor ca urmare a unor erupții vulcanice, genează viituri și inundații, ca în Islanda, Norvegia, la ghețarul Hardanger, în Anzi etc.. Este recent exemplul vulcanului Nevado del Ruiz din Columbia.

Cutremurele de pământ, în special cele produse în domeniul marin, provoacă valuri foarte mari ce se transmit cu viteze de la 100 la 700-800 km/oră și înălțimi de până la 10 m și distrug pe coasta tot ce găesc în calea lor. Sunt afectate de astfel de valuri coastele Mării Mediterane, ale Mării Caraibilor și ale Asiei. Astfel, în anul 1876 Golful Bengal a fost puternic afectat de un astfel de fenomen în urma căruia în arealele inundate au pierit 300.000 de persoane.

3.2.2.2. Cauze antropice

Despăduririle efectuate de om în decursul timpului în toate regiunile globului au modificat foarte mult o serie de verigi ale circuitului hidric și prin aceasta au favorizat o scurgere mai puternică a apelor pe versanți. Ca urmare, amplitudinea viiturilor a crescut, de unde și niveluri mai mari și o sporire a pericolului de inundare a terenurilor joase din lungul râurilor.

Construcțiile hidrotehnice efectuate fără a se cunoaște suficient de bine probabilitatea de apariție a nivelurilor și a debitelor maxime pot pune în pericol comunități umane și bunuri materiale. În cazul barajelor de exemplu, accidentele pot fi legate de o serie de calcule greșite ale planului barajului, de defecte rezultate la încastrarea corpului barajului în roca de bază, de calcularea greșită a rezistenței barajului, de deficiențe de control a rezistenței barajului etc.

Dintre toate accidentele produse pe plan mondial, 69% au apărut la barajele din pământ și din anrocamente și în 31% la alte tipuri de

baraje. Se pare că una din cauze constă în faptul că aceste baraje au o mare neomogenitate a materialelor de umplutură și pot apărea procese de sufoziune fizică, de eroziune regresivă, de tasări, sau de apariție a unor viituri excepționale înainte de terminarea construcției. O astfel de situație s-a întâlnit la barajul Oros din Brazilia, cu o înălțime de 54 m, care a fost confruntat cu o viitură survenită în 1959, în timpul execuției. Vitura produsă în luna martie a umplut lacul deși se evacua continuu prin galeria de fund $400 \text{ m}^3/\text{s}$. Un nou val de ploi a determinat o creștere a debitului râului principal cu $2.250 \text{ m}^3/\text{s}$ (cu mult peste capacitatea de evacuare) și în noaptea de 25-26 martie apele deversau peste tot coronamentul pe o lățime de 620 m cu un debit de $6.900 \text{ m}^3/\text{s}$. Forța apei a făcut o breșă în baraj de 200 m și într-un timp scurt s-au erodat cei 900.000 m^3 de pământ și anrocamente cărați cu multă trudă în corpul barajului. Din fericire populația din aval fusese avertizată și evacuată, dar munca, energia consumată, pagubele produse și cheltuielile produse de inundație nu au mai putut fi recuperate.

Astfel de accidente se pot produce și la barajele în arc, din beton. De exemplu, ruperea barajului Malpasset din sudul Franței, pe râul Reyran, la 80 km nord de Nisa, în anul 1959, a distrus case, poduri, calea ferată pe 2.000 m, parțial orașul Frejus, iar pe cele 43.000 ha inundate nu au rămas decât ruine și noroi. Au pierit 421 persoane, 1.188 sinistrați, 100 case distruse complet, 700 avariate, 200 vehicule distruse, pagube de 30 miliarde franci, fără a socoti barajul.

Ruperea digurilor fluviale sau marine pe cale naturală constituie un alt pericol mare de inundare a terenurilor protejate. În partea de vest a Europei, în Țările de Jos s-au construit diguri marine care au scos, în decursul istoriei, de sub apele mării o suprafață de 2.200 km^2 . Aceste suprafețe deși intens folosite și locuite sunt în pericol de a fi inundate, datorită ruperii digurilor de protecție, cu toată supravegherea atentă a acestora. O astfel de catastrofă a avut loc în luna ianuarie 1953 din cauza unei furtuni puternice care a generat valuri cu o înălțime de 12 m. Digurile marine au rezistat la această încercare, dar au cedat digurile de pe malurile estuarelor și ca urmare s-au inundat 70.000 ha de teren. Pagubele au fost apreciabile: 1.800 morți, 4.000 case distruse și 25.000 avariate. Au pierit 25.000 bovine, 20.000 porci, 2.000 berbeci, 1.500 cai, 100.000 păsări ș.a.

Ruperea deliberată a barajelor și digurilor în anumite scopuri poate provoca inundații foarte puternice. Barajul Dneproghes de pe Nipru cu un volum de 3 miliarde m^3 și un lac de 162 km lungime a fost distrus de armata rusă, în retragere, în cel de al doilea război mondial, pentru ca armatele germane care înaintau să nu poată folosi energia produsă. Unda de viitură cu un debit de 35.000 m^3/s a inundat suprafețe foarte mari de teren, dar populația a fost avertizată anterior.

3.2.3. Pagube și efecte negative

3.2.3.1. Pagube economice

Pagubele directe constau, așa cum s-a arătat la fiecare caz în parte, din pierderile de vieți omenești din localitățile afectate total sau parțial, din numărul de case distruse sau avariate, din obiectivele industriale afectate cu pagube în funcție de gradul de afectare și de profilul întreprinderii. Tot pagube directe se pot produce și la obiectivele agricole și zootehnice care înregistrează pierderi de animale și păsări în cazul în care acestea nu au putut fi evacuate din zona devastată. Este afectată direct cu pagube materiale rețeaua de drumuri și căi ferate prin distrugere completă sau prin avariarea de poduri, drumuri și căi ferate. Rețeaua de linii electrice și de comunicații are de suferit în cazul în care stâlpii de susținere au fost avariați, la fel rețeaua de conducte de transport de gaze petrol, sau apă potabilă și industrială. Așa după cum a reieșit din multitudinea de exemple, pot fi afectate o serie de construcții hidrotehnice, lacuri de baraj, prin distrugere completă, avariere sau pur și simplu colmatare. Astfel de situații se pot frecvent întâmpla, mai ales acolo unde lacurile de acumulare au fost construite în zone cu un transport mare de aluviuni în suspensie. Lacurile sunt practic transformate în simple trepte în profilul longitudinal, cu reducerea la maxim a volumului util și fără perspective deoarece cheltuielile pentru decolmatarea lor sunt foarte mari. În China s-a adoptat o tehnică aparte de protejare a lacurilor de acumulare de astfel de fenomene. În corpul barajului sunt prevăzute niște vane foarte mari care în timpul viiturilor sunt deschise, viitura trece fără dificultăți și închiderea lor se face numai la turbidități mici, prelungind foarte mult durata de viață a lacurilor. Alte pagube directe se pot produce la depozitele de materiale sau de materii prime dacă acestea sunt amplasate în zonele inundabile.

Pagubele indirecte constau din efectele pe care le au inundațiile asupra întreruperii temporare sau permanente a proceselor de producție, asupra întârzierilor produse în livrarea produselor și chiar prin reducerea exportului. Intervin apoi costurile suplimentare de transport, cele de apărare prin măsurile adoptate în timpul inundațiilor, fără a mai vorbi de cheltuielile efectuate pentru normalizarea situației și reluarea activităților economice, ca și pentru plata asigurării bunurilor materiale și umane.

3.2 3.2. Efecte negative

Pe lângă pagubele economice care pot fi cuantificate inundațiile au și efecte care se răsfrâng atât asupra vieții sociale cât și asupra mediului înconjurător prin consecințele de ordin ecologic pe care ele le pot produce.

Efectele sociale negative constau în primul rând din pierderile de vieți omenești și consecințele ulterioare ale acestora asupra vieții comunităților umane și ale societății în general. În timpul inundațiilor se desfășoară ample acțiuni de evacuare a populației care duc la generarea de panică cu efecte psihologice negative. Dacă nu sunt luate măsurile de protecție medicală necesare, se poate ajunge la declanșarea unor epidemii. Pe perioada inundațiilor sunt drastic diminuate veniturile populației fie prin întreruperea activităților fie prin pagubele directe pe care le suportă comunitățile riverane. Tot în această categorie trebuie să introducem și distrugerea unor valori culturale ale comunităților umane din zonele inundate.

Efectele ecologice negative sunt evidente prin degradarea mediului ambiant prin afectarea stării de calitate a factorilor săi. În timpul inundațiilor are loc poluarea apelor de suprafață prin antrenarea în albiile de râu a tuturor deșeurilor de pe malurile apelor, prin descompunerea animalelor înecate și transportate prin ruperea conductelor de transport a produselor petroliere ș.a. Are loc o poluare a apelor subterane și chiar poluarea solurilor din zonele inundate în cazul în care apele transportă astfel de substanțe.

Efectele geomorfologice ale viiturilor și ale inundațiilor sunt foarte importante și prin urmările lor. Sunt cazuri când la viituri se produc spectaculoase eroziuni de maluri și în albie. La fluviul Galben se poate

aprecia că sunt sectoare în care patul albiei se înalță cu circa 10 cm la fiecare viitură și uneori eroziunile de mal ajung la 300 m/zi în timpul viiturilor puternice. Așa se explică de ce în ultimii 2.000 ani cursul fluviului a suferit 26 de modificări majore, pe actualul traseu stabilindu-se în anul 1851.

Sunt apoi efectele care se produc în albia majoră unde actualul orizont de sol și așa destul de subțire este acoperit cu un strat de aluviuni și mîl de diferite grosimi în funcție de adâncimea și viteza apei. În felul acesta terenurile inundate suferă o modificare a modului de folosință anterior, un proces de autoînălțare, o dereglare a ecosistemelor anterioare și instalarea unei perioade de dezordine până la refacerea vechilor echilibre, pe baza puterii de autoreglare a ecosistemelor.

În timpul viiturilor, foarte multe râuri transportă volume importante de aluviuni în suspensie și prin târâre, care în mare parte se depun la gura de vărsare provocând o înaintare a deltelor, care poate ajunge la peste 100 m/an în funcție de cantitatea depusă. Pentru a avea o imagine asupra acestor procese este suficient să amintim că Nilul transportă anual 111 milioane tone de aluviuni în suspensie, Mississippi 312 milioane și Fluviul Galben 1.887 milioane tone. În acest din urmă caz scurgerea medie specifică de aluviuni în suspensie este de 28 t/an km², cu puțin mai mare ca valorile de 25 t/ an km² determinate pentru zona Subcarpaților de la Curbură, din România.

3.2.4. Măsuri de protecție

În ultimul secol comunitățile umane stabilite sau cu activități în regiunile supuse inundațiilor au depus un efort conjugat, bazat pe experiența și informațiile acumulate, pentru a-și proteja bunurile și viețile omenești contra furiei acestor fenomene. Dintre acestea de cea mai mare importanță sunt digurile și lacurile de acumulare.

Digurile scot de sub influența inundațiilor suprafețe apreciabile de teren arabil, apără localități și alte bunuri materiale situate în zonele expuse. În acest scop, în lungul Dunării s-au construit diguri care au scos de sub influența apelor atât launca Dunării cât și incintele bălților Ialomiței și Brăilei.

Trebuie să amintim că pentru reușita unor astfel de lucrări se fac studii detaliate asupra regimului de scurgere al râurilor pentru a vedea periodicitatea de apariție a unor astfel de fenomene și amplitudinea nivelurilor la diferite probabilități, pentru a ști cât de înalte să se construiască digurile. În cazul Dunării, remarcăm că digurile construite au rezistat cu bine viiturii maxime produsă pe cursul inferior al Dunării în anul 1970.

Construirea lacurilor de acumulare. Se știe că regimul de scurgere al arterelor hidrografice este foarte neregulat, cu perioade scurte în care există un excedent de apă care depășește cu mult consumurile din bazin și altele cu mult mai lungi în care resursele sunt mult reduse și nu ajung pentru acoperirea necesităților. Pentru a înlătura acest inconvenient, s-au construit salbe de lacuri de acumulare cu scopul de a reține apele din perioadele cu exces și a le folosi în perioadele cu deficit. În acest fel se produce o atenuare a undelor de viitură și apele se pot folosi pentru hidroenergie, alimentări cu apă potabilă și industrială, piscicultură, irigații și agrement. Aceste lacuri, de regulă construite în salbă, cum se observă pe Bistrița, Argeș, Olt, preiau surplusul de apă din timpul viiturilor, îl stochează și îl refolesc în cazul în care scurgerea are valori minime și sunt necesare mai multe resurse de apă. În felul acesta este eliminat pericolul inundațiilor sau al viiturilor catastrofale.

Proiectarea lacurilor de acumulare și construirea lor cer foarte multe fonduri și eforturi materiale din care cauză se impun studii aprofundate asupra efectelor pe care pot să le aibă astfel de construcții asupra mediului. Apoi se pune acut problema eficienței lor. Un exemplu concludent îl constituie lacurile de pe Argeș din zona subcarpatică și în special lacul Pitești care la numai patru ani de la darea în folosință a fost aproape complet colmatat fără a mai putea fi folosit pentru scopurile pentru care a fost construit.

Tot ca măsuri de protecție se pot menționa și o serie de lucrări care se efectuează direct în albiile de râu care să le mărească capacitatea lor de transport prin regularizarea malurilor, (tăierea unor meandre, tăierea de canale care să preia o parte din apele în exces), sau zone joase de tip polder care să preia o parte din apele viiturilor cu scopul de a le atenua.

3.2.5. Măsuri de prevedere

Măsurile de prevedere reprezintă un alt mijloc major de a ne apăra de inundații, mai ales acolo unde nu s-a reușit să se construiască diguri sau lacuri de acumulare. Aceste măsuri merg de la măsurarea și transmiterea nivelurilor până la supravegherea situațiilor critice prin sateliți.

Măsurarea și transmiterea nivelurilor care se înregistrează la mirele hidrometrice instalate în lungul râurilor este o măsură de prevedere care se impune. La fiecare miră hidrometrică s-au stabilit dinainte două repere importante. Este vorba de cota de atenție și de cota de inundație, care dacă este depășită apele râului se revarsă în albia majoră provocând inundații și pagube materiale. De exemplu, inundațiile din luna mai 1970 au inundat o suprafață de 1.112.000 ha, dintre care 699.179 ha erau deja însămânțate. În astfel de cazuri, transmiterea cotelor nivelurilor este de foarte mare importanță pentru prognoza nivelurilor și diminuarea pagubelor pe cât posibil.

Prognoza evoluției undelor de viitură în aval se realizează tocmai pe baza acestor transmisii pentru a se cunoaște dinainte dimensiunea pericolului și a se putea lua măsurile necesare pentru prevenirea populației riverane din aval și evacuarea zonei inundabile.

4. HARTA EXPUNERII LA RISC A TERENURILOR DIN BAZINE HIDROGRAFICE DE DEAL

4.1 Aspecte teoretice

Harta expunerii la risc a terenurilor reprezintă faza finală a unui demers analitic deosebit de laborios. Astfel se explică faptul că puținele hărți cu asemenea conținut, elaborate până în prezent în țara noastră (vezi "**Bibliografia**"), se bazează pe cercetări ale autorilor efectuate în timp îndelungat, harta constituind o sinteză a cercetărilor geomorfologice.

Regionarea fenomenelor de risc și gradarea lor în mod arbitrar, fără cartări detaliate și fără a fi susținute de indici cantitativi nu permit stabilirea corectă a expunerii terenurilor la risc și nici compararea unor regiuni cercetate.

Întrucât majoritatea lucrărilor de prevenire și combatere a degradării terenurilor, de amenajare și organizare a teritoriului se realizează pe bazine hidrografice mici, considerăm oportună analiza expunerii la risc a terenurilor din aceste unități teritoriale. În consecință, noțiunea de bazin-versant, preluată din literatura franceză, noi o folosim în sensul de bazin hidrografic relativ redus în suprafață, a cărui funcționalitate este dată de rețeaua hidrografică și de relief, analiza fiind astfel prioritar morfohidrografică.

În acest sens, stabilirea mărimii bazinelor hidrografice se realizează cu ajutorul modelului drenajului, care are la bază ierarhizarea rețelei hidrografice în *sistem Horton-Strahler*, conform căruia talvegurile elementare sunt de ordinul 1. Ordinul de mărime al bazinului hidrografic este dat de ordinul segmentului de la confluența râului principal

În prezent se observă că abordarea *fenomenelor geografice de risc* comportă două orientări: una care analizează de fapt dezastrele, respectiv numărul de victime, alta care privește fenomenele externe ca.

facând parte din evoluția normală a mediului. "Hazardele sunt pur și simplu o parte a evoluției geomorfologice normale" (A.E. Scheidegger, 1994, p.24).

În prima parte a lucrării am explicat conținutul unor termeni. Opinăm pentru cel de-al doilea mod de abordare. Trebuie precizat că analiza fenomenelor de risc prin prisma dinamicii sistemelor geografice impune stabilirea intervalelor critice de la care anumiți factori pot conduce la efecte negative. În această accepțiune, în multe situații, trecerea peste prag, respectiv translația factorilor spre extreme, poate fi prevăzută, preîntâmpinată și combătută. În funcție de măsurile de protecție luate, gradul de vulnerabilitate a terenurilor se modifică. În dicționarul Națiunilor Unite (IDNDR) privind principalii termeni folosiți în studiile dezastrelor, *vulnerabilitatea* este "gradul de pierderi (de la 0% la 100%) rezultate din *potențialitatea* (subl.n.) unui fenomen de a produce victime și pagube materiale".

În regiunile temperate cu relief de dealuri și podiș, noțiunea de vulnerabilitate, circumscrisă *terenurilor*, este parțial sinonimă cu expresia *degradarea terenurilor*. Aceasta din urmă are însă sensul de distrugere a structurilor solului, uneori și a celor situate în subsol, până la o anumită adâncime, distrugere care afectează sau nu și modul de suprapunere a straturilor geologice.

Ambele noțiuni au și o semnificație economică: prima într-o accepțiune mai cuprinzătoare, ce vizează victime și pagube materiale, a doua, cu un sens mai precis, respectiv distrugerea sau reducerea potențialului productiv al terenurilor.

Fenomenele geomorfologice extreme, cum sunt alunecările (activ), torențialitatea, inundațiile ș.a., conduc la degradarea terenurilor; vulnerabilitatea acestor terenuri la pagube materiale este mare și se manifestă atât direct, în timp scurt, asupra populației prin victime, distrugerii de bunuri materiale, cât și indirect, în timp îndelungat, prin reducerea capacității de producție a terenurilor, respectiv a producției vegetale și animale.

În consecință, studiile asupra fenomenelor de risc geomorfologic vizează în egală măsură geneza și dinamica diferitelor tipuri de procese, precum și localizarea (cartarea) și regionarea lor.

4.2. Etapele întocmirii hărții expunerii la risc a terenurilor

Harta expunerii la risc a terenurilor din zonele temperate cu relief de deal și podiș se realizează în etape succesive de cercetări (inclusiv hărți analitice), metodologia de amănunt putând avea unele adaptări, în funcție de substratul geologic și de particularitățile reliefului.

Menționăm că aceste etape decurg dintr-o perspectivă geomorfologică, și vizează:

- analiza potențialului morfodinamic;
- analiza proceselor geomorfologice și elaborarea hărții

acestora;

- regionarea proceselor geomorfologice și a factorilor morfodinamici;

- harta expunerii la risc pe baza unei legende a cărei structură se stabilește în timpul etapei anterioare (areale cu intensitate diferită a proceselor geomorfologice și factorilor morfodinamici).

4.2.1. Potențialul morfodinamic

Evaluarea potențialului morfodinamic al bazinelor are la bază date concrete vizând: poziția geografică, morfometria, morfografia, forța morfodinamică: factorii de condiționare sau pasivi (rocă, sol, vegetație, valori medii ale elementelor climatice - inclusiv înghețul în sol -, hidrologice); factorii dinamici sau activi (precipitații maxime, scurgerea, temperaturi extreme ale aerului și solului, valori maxime ale debitelor lichide, solide, ale nivelurilor, activități antropice - inclusiv modul de utilizare a terenurilor -, seismicitate, neotectonică).

Analiza morfometrică și morfografică ca expresie actuală a evoluției îndelungate a reliefului, se realizează pe baza unor parametri calculați (pentru detalii vezi S.A.Munteanu și colab., 1991; Florina Grecu, 1992).

Date morfometrice: altitudinea maximă a bazinului (și a râului) (H_{max}); altitudinea minimă (H_{min}); altitudinea medie (H_{med}); lungimea râului colector principal (L); coeficientul de sinuozitate (k_s); lungimea bazinului (L_b); lățimea bazinului (I) (maxima - I_{max} ; minima - I_{min} ; medie I_{med}); suprafața (S); perimetrul (P); coeficientul lui Gravelius (k_G).

Date morfografice: profilul transversal al versanților (convex, concav, mixt, drept); unități morfodinamice de versant (vezi I. Mac, 1986); profilul longitudinal al râurilor (profile efectuate cu ajutorul hărții topografice); indicele de formă al talvegurilor pentru organismele torențiale ($n=Fs/Fi$; Fs = suprafața de deasupra liniei talvegului; Fi = suprafața de sub linia talvegului).

Forța morfodinamică potențială în funcție de: panta medie a versantului $l_{v\ med}$ (pe ordine de mărime); lungimea versantului L_v (pe ordine de mărime); categorii de pante; lungimea râului colectiv principal (pe subbazine); panta medie a râului colector principal l, med (pe ordine de mărime).

Expunerea versanților - pe ordine de mărime, raportate la rețeaua de râuri.

Modele morfometrice (cu caracter de sinteză pentru morfometrie și morfografie): modelul drenajului; modelul perimetrelor; modelul suprafețelor; modelul pantelor.

- *Bazinul Calvei* este axat pe paralela de 46° latitudine nordică și meridianul de $24^\circ 20'$ longitudine estică, fiind situat în Podișul Transilvaniei de Sud, mai precis în partea de nord-vest a Podișului Hârtibaciului.

Râul Calva este afluent de dreapta al Vișei, râu care se varsă în Târnava Mare în aval de localitatea Copșa Mică (fig. 26). Altitudinea maximă a bazinului este de 673 m (Dealul Hamba, în cursul mediu, nu la izvoare), iar cea minimă de 298 m, la gura de varsare în Vișa, în perimetrul localității Șeica Mare.

Râul Calva izvorăște de la 625 m (Dealul Zlagna), traversează Podișul Hârtibaciului având o direcție est-vest și o lungime de 29 km, rezultă o diferență de nivel de 327 m. Suprafața bazinului este de 179 km^2 , iar altitudinea medie a reliefului de 487 m. Raportând suprafața bazinului la lungimea sa (27 km), rezultă o înălțime medie a bazinului de 6,6 km. Lățimea maximă atinge însă

12 km în partea centrală, unde primește un afluent de circa 10 km (Valea Satului).

Analiza modelului drenajului (fig. 27) permite următoarele constatări:

- valoarea calculată a numărului segmentelor de râu pentru cel mai mare ordin (5) este supraunitară și arată o realizare a bazinului peste valoarea 1, respectiv 1,34, la un raport de confluență (R_c) de 4,32, dovedind un anume echilibru la nivelul întregului bazin. În acest caz, numărul segmentelor de râu de ordinul 4 (calculat) este de 5,78, peste valoarea reală, măsurată (4) (tabelele nr. 7 și 8).

- valorile calculate ale sumei lungimilor și lungimilor medii pentru termenul de cel mai mare rang (5) sunt mult sub valoarea măsurată, dar pentru segmentele de ordin 4 ele sunt supradimensionate, indicând anumite dezechilibre care rezultă și din modelul drenajului bazinelor de ordinul 4 și respectiv a celor de ordinul 3.

- analiza hărților ierarhizării hidrografice, proceselor geomorfologice și a expunerii la risc pune în evidență bazinele de ordinele 2 și 3 ca areale cu risc la eroziune regresivă și în adâncime;

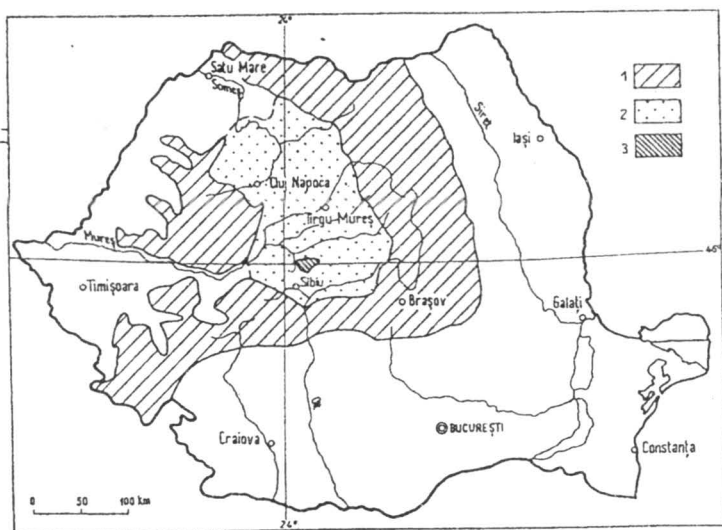


Fig. 26. Poziția geografică. 1: Carpații; 2: Depresiunea Transilvaniei; 3: Bazinul Calvei.

- aceeași constatare este susținută și de analiza segmentelor de râu de ordinul 1, care au importanță primordială în organizarea scurgerii pe versanți. În prezentarea grafică în coordonatele semilogaritmice (fig 27.B) punctele ce definesc numărul segmentelor de râu (N_I), suma lungimilor medii (L_I) și media lungimilor (l_I) se abat de la dreaptă, fiind sub valoarea măsurată, situație care reflectă o eroziune regresivă încă puternică în condițiile unui substrat geologic friabil.

Factorii morfodinamici sunt grupați, în general, în factori pasivi sau de condiționare și factori activi. Analizați prin prisma fenomenelor de risc, chiar factorii pasivi se pot transforma în factori declanșatori ai proceselor de modelare, pot deveni deci factori de risc. Frunțile cuestelor, spre exemplu, la pante diferite, în funcție de duritatea rocii, devin factori de risc, deși particularitățile geologice sunt încadrate la elemente cu acțiune pasivă.

Pentru rocă se au în vedere caracteristici fizico-mecanice și chimice, cum sunt: rezistența la compresiune, coeficientul de tărie, unghiul de frecare, compoziția granulometrică, tixotropia etc. (I. Băncilă coord., 1980) (tabelele nr. 9 și 10).

Trebuie menționat că analiza factorilor de risc se realizează inițial pe componente separate; identificarea pragurilor de translație spre extreme se face ținându-se seama de cât mai multe variabile. Specialiștii cu experiență și practică de teren stabilesc cu multă ușurință factorii de risc cu dominantă maximă în expunerea terenurilor la risc.

- În bazinul Calvei depozitele ce apar la zi prezintă o remarcabilă uniformitate ca vârstă și litologie (A. Vancea, 1960). Sub aspectul particularităților lor fizico-mecanice și chimice au fost relativ bine studiate (L. Matei, 1983; Florina Grecu, 1983), semnalându-se predispoziția lor spre alunecări, eroziune în suprafață și eroziune în adâncime.

Cele mai vechi depozite de suprafață pot fi urmărite la sud de râul Calva, sub forma unei fâșii înguste cu orientare aproximativă est-vest, în lungul unei falii, precum și într-un petic restrâns, în jurul localității Șalcău. Ele aparțin miocenului mediu-superior,

respectiv volhinian-basarabianului inferior. În general, sarmațianul din Bazinul Transilvaniei este constituit din marne vinete-cenușii cu intercalații de nisipuri slab cimentate ce depășesc zeci de metri grosime.

În unele locuri nisipurile devin grosiere și alternează cu pachete importante de marne, formând complexe separate, bine distincte. Apar, de asemenea, și complexe formate dintr-o alternanță deasă de strate subțiri în partea superioară și mai groase în cea inferioară a sarmațianului.

La sud de Șeica Mare, pe versantul estic al Dealului Heghelul, sarmațianul prezintă într-un profil de circa 780 m, în partea superioară a acestuia, un complex de circa 12 m alcătuit din marne vinete și gălbui. Profilul continuă tot cu alternanțe de nisipuri și marne în straturi groase de 1-2 m.

Cea mai mare suprafață a bazinului este sculptată în depozite panoniene, respectiv pontiene.

Depozitele pontiene au fost grupate pe criterii litologice în următoarele orizonturi (A. Văncea, 1960):

- orizontul nisipurilor inferioare;
- orizontul marnelor medii;
- orizontul nisipurilor superioare.

Fiecare orizont conține numeroase intercalații de marne sau nisipuri. Orizontul nisipurilor inferioare poate fi urmărit pe direcția Buia-Boarta-Șeica și este transgresiv peste sarmațian. Complexul marnelor medii pontiene reprezintă sedimente depuse concomitent sub același facies și răspândit pe o mare suprafață a bazinului. La sud de Târnava Mare apar deschideri de marne pontiene în mai multe puncte, printre care și la sud de Șeica Mare, la vest de Ocna Sibiului. Orizontul nisipurilor superioare apare la nord de Șeica Mare, la Veseud-Șteneș, precum și între Buia și Mihăileni.

Tabelul nr. 7. Datele pentru modelul drenajului - bazinul Calvei-

Parametrul	Măsurat (m) Calculat (c)	Ordinul					Rația	Total bazin
		1	2	3	4	5		
Numărul segmentelor de râu (N)	m	474	108	25	4	1	$R_c = 4,32$	ΣN 612
	c	466	108	25	5,7	1,3		
Lungimea L (km)	m	246	90	54	14	25	$R_L = 1,66$	ΣL 429
	c	149	90	54	32,	19,		
Lungimea medie l	m	0,52	0,83	2,02	3,5	25	$R_l = 2,43$	0,70
	c	0,34	0,83	2,02	4,9	12		

Tabelul nr. 8. Parametrii calculați pe baza datelor de drenaj

	Formulă	Unit. Măsură
Frecvența segmentelor	$\frac{\sum N_1}{S} = \frac{612}{179} = 3,41$	nr. segmente/km ²
Frecvența talvegurilor elementare	$\frac{\sum N_1}{S} = \frac{474}{179} = 2,65$	N _l /km ²
Torențialitatea incipientă	$\frac{\sum L_1}{S} = \frac{246}{179} = 1,37$	km/km ²
Torențialitatea totală	$\frac{\sum (L_1 + L_2)}{S} = \frac{246 + 90}{179} = \frac{336}{179} = 1,87$	km/km ²
Densitatea lungimii talvegurilor	$\frac{\sum L}{S} = \frac{429}{179} = 2,39$	km/km ²

Cele mai recente formațiuni aparțin cuaternarului, respectiv holocenului și pot fi urmărite în lungul râului Calvei, fiind formate din nisipuri și mături (fig. 29).

Structural și tectonic, bazinul Calvei este situat în extremitatea sud-vestică a domului Copșa Mică, fiind prins practic între flancurile acestuia și falia normală ce îl traversează în jumătatea sudică pe direcție est-vest. Partea stângă a bazinului se înscrie în unitatea tectonică de sud-vest a Bazinului Transilvaniei, separată de corpul central al cuvetei prin anticlinalele Buia-Ghijasa și Ruși-Cenade, ce se întind pe circa 30 km. La sud de aceste anticlinale se ivește diapirul de la Ocna Sibiului.

Pătura pliocenă este slab cutată. Anticlinalul Cenade-Sorostin-Ruși-sud Buia constituie o cută majoră cu o fâșie de sarmațian orientată nord-vest - sud-est de 2,5 - 4 km lățime, marginită la nord-est și nord-vest de depozite pliocene. În zona axială, înclinarea stratelor este de 40-50-70° și uneori chiar verticală. Stratele pliocene de pe flancul de sud au înclinări de 15-10° și chiar de 4°.

Anticlinalul Buia-Șalcău-Ghijasa de Sud se dezvoltă la 15 km sud de Copșa Mică. În alcătuirea lui intră depozite pliocene, sarmațiene și bugloniene. Este orientat est-vest și apare de sub depozite pliocene lângă localitatea Șteneș, trece prin marginea de nord a comunei Buia, urmează firul văii cu același nume, apoi trece prin marginea de nord pe la sud de Șalcău, prin Dealul Mormântul Mare, intrând în bazinul Hârtibaciului. Înclinările pe flancul de nord sunt de 3-7°, iar pe cel de sud de până la 10-20°. La sud de Șalcău pe flancul sudic prezintă înclinări de 50°, provocate de direcția sinclinalului Ruși care se curbează spre est, apropiindu-se axial de anticlinalul Buia. În continuare spre est, flancul de sud se lărgeste mult datorită dispariției anticlinalului Ruși în sinclinalul adânc de la Slănic-Hamba-Vurpăr, umplut cu nisipuri superioare pontiene. Flancul nordic al anticlinalului Buia este normal și mai larg decât cel sudic, cu înclinări ce nu trec de 20°. La est de comuna Șalcău în axul anticlinalului înclinările ating 70°. Domul gazeifer Copșa Mică este situat la sud-est de orașul cu același nume, respectiv în sectorul nord-estic al Dealurilor Șoalei (Subunitate a Podișului Mediașului) (V. Gârbacea, Florina Grecu, 1994).

Tabelul nr. 9. Valori orientative ale caracteristicilor fizico-mecanice ale rocilor

Tăria roci	R_c daN/cm ²	Cate- goria roci	Caracterizare generală	Tipuri de bază ale grupei	Coef. tărie f	Unghi frecare intern Φ	Coez. in masiv, C_m daN/cm ²	Greutate vol. γ kN/m ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tari, stân- coase	800	Ia	Roci eruptive sau metamorfice slab fisurate, nealterate Roci eruptive sau metamorfice slab fisurate, slab alterate	1. Granite, diorite, diabaze, bazalte, gabrouri, porfire, calcar silicificat, gresii silicioase, compacte, andezite compacte 2. Gnaise cu cristale mari, granite și granodorite, diabaze, calcare recristalizate, calcare dolomitizate foarte compacte, amfibolite, porfire alterate cuartite, gresii cuproase fin cristalizate	10 9-10	35°	 1,5-10,0	27-29
		Ib	Roci eruptive sau metamorfice puternic fisurate, alterate	1. Bazalte, gabrouri, gnaise, granite și diabaze alterate, porfire puternic alterate	7-8	30°	1,0-5,0	

Tabelul nr. 9 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Semi tari sau semi- stân- coase	700	II	Roci eruptive și metamorfice puternic alterate, șisturi, gresii, argilite, aleurite, marne, conglomerate breccii, calcare lumașelice	1. Amfibiolite, granodiorite și diabaze alterate, șisturi calcaroase argiloase cuartitosercitoase, calcar dolomitizat, argilite compacte	6	30°	0,35-3,0	25-27
				2. Granite, granodiorite, diorite foarte alterate, diabaze alterate complet, creta compactă, gresii alterate, porfirite și sienite caoliniza- te, lufuri afectate de alterare, calcare marnoase, conglome- rate și gresii cu ciment argi- los, șisturi argiloase, cristali- zate micacee sericiloase	4-5	27,5°		
	200			3. Șisturi cloritoase, calcito- cloritoase, scricitoase, argiloase, argilo-carbunoase slab grezoase, calcare lumașelice, argilite cu compactitate medie	3	25°		

Tabelul nr. 9 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Moi coe- zive	<200	III	Roci eruptive sau metamorfice intens alterate sau complet dezagregate, roci sedimentare alterate, crete, argile, loesuri, depozite deluviale	1. Șisturi puternic alterate, sericitizate, cloritoase micacee, conglomerate slabe, calcare dolomitice moi, gresii calcaroase, argile grezoase, aleurite compacte argiloase moi, cretacice, marne 2. Gresie slab cimentată cu ciment de natură argilo- nisipoasă, roci sedimentare conglomerate, aleurite argiloase, argilite slabe, marnă argiloasă	2 1	22,0° 20°	0,1-0,5	22-24

Tabelul nr. 10. Valori orientative ale parametrilor Φ (in grade) si C (in kPa) dupa STAS 3300/1-85

Caracterizarea pământurilor			Indicele porilor, e													
			0,45		0,55		0,65		0,75		0,85		0,95		1,05	
			Φ	C	Φ	C	Φ	C	Φ	C	Φ	C	Φ	C	Φ	C
Necoezive		Nisip cu pietriș	37	-	34	-	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		nisip mare														
		Nisip mijlociu	34	-	32	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Nisip fin	32	-	31	-	27	-	23	-	-	-	-	-	-	-
		Nisip prăfos	31	-	29	-	25	-	22	-	-	-	-	-	-	-
Coezive saturate ($S_r \geq 0,8$)	$I_p < 10$	$0,75 < I_c \leq 1$	25	10	24	7	22	5	-	-	-	-	-	-	-	-
		$0,5 < I_c \leq 0,75$	23	8	22	6	20	4	17	2	-	-	-	-	-	-
	$10 < I_p < 20$	$0,75 < I_c \leq 1$	22	30	21	24	20	20	19	16	18	14	16	12	-	-
		$0,5 < I_c \leq 0,75$	20	24	19	22	18	18	17	15	15	12	14	10		
		$0,25 < I_c \leq 0,5$					16	16	15	13	13	10	11	9	10	7
	$I_p > 20$	$0,75 < I_c \leq 1$			17	53	16	44	15	35	15	31	13	27	11	24
		$0,5 < I_c \leq 0,75$					15	37	14	33	13	28	11	24	9	21
		$0,25 > I_c \leq 0,5$					12	29	11	27	10	23	8	21	5	19

Aspectul general al reliefului diferă în raport cu axa principală de drenaj formată de râul Calva. Partea dreaptă a bazinului este un versant cuestic, desfășurat între râurile Calvei, Valea Râpei (în bazinele mediu și inferior) și apoi Calva și Târnava Mare (în bazinul superior). Rețeaua hidrografică pune în evidență un relief de dealuri asimetrice, care deseori se termină la partea superioară a interfluviilor prin suprafețe plane cu înclinare ușoară longitudinală și transversală.

Caracteristic este interfluviul situat între râul Calva și Valea Râpei ce coboară pe o distanță de peste 5 km de la 483 m în extremitatea estică până la 455 m în vest deasupra localității Șeica Mare (fosta localitate Calvasar inclusă acesteia). Lărgimea suprafeței este de aproximativ 1,5 km, cultivată cu porumb în cea mai mare parte. Versantul sudic, spre râul Calvei prezintă pante accentuate de peste 25-30°. Predominarea nisipurilor ușor cimentate determină o frecvență redusă a proceselor de versant sub formă de alunecări, fiind favorizată adâncirea organismelor torențiale și menținerea versanților acestora. Acești factori explică menținerea suprafețelor plane pe interfluvii. De altfel, la sud de valea Calvei, în dreptul stației de cale ferată Hășag apar singurele sectoare cu glinee din această parte a Podișului Hârtibaciului.

Aspectul general al reliefului este de dealuri cu energie maximă de 373 m, rezultând din altitudinea maximă a bazinului (673 m) și cea minimă (298 m). Caracterul de "tinerețe" este dat și de valorile densității fragmentării reliefului, favorizate pe de o parte de substratul nisipos, pe de altă parte de nivelul local al Vișei, dependent de cel al Mureșului, mai coborât decât al Oltului.

Modelarea actuală a terenurilor are loc în condițiile unui *climat temperat continental* cu influențe oceanice, specific ținuturilor de dealuri și podișuri. Temperatura medie anuală de circa 8°C prezintă ușoare variații în lungul văii Calvei față de interfluvii, punându-se astfel în evidență topoclimatul de vale și topoclimatul de interfluviu. În cursul mediu și inferior al văii Calvei este frecventă ceața în diminețile de vară și inversiuni termice în anotimpul rece. Acest fapt se datorează caracterului de vale cu

sectoare relativ înguste, pe ansamblu însă deschisă spre confluența cu Vișa.

Precipitațiile medii anuale sunt cuprinse între 600 și 700 mm. Cele mai mari cantități maxime zilnice se înregistrează însă în lunile mai-august cu influență directă în regimul debitelor și nivelurilor râurilor.

Caracterul torențial al precipitațiilor se transmite în lungul râurilor prin *măririi de debite și niveluri*, sporind posibilitatea producerii inundațiilor. Luncile râurilor sunt puternic aluviate, mai ales în cursul inferior.

Pânza de apă freatică este dependentă de nivelul din râuri și de existența lentilelor argiloase. Apele freatice sunt cantonate în lunci și la baza versanților, în depozitele coluvio-proluviale.

Influența primordială în degradarea reliefului o are însă gradul de acoperire cu *vegetație arborescentă*. Suprafața ocupată cu păduri deține circa 23% din suprafața bazinului (cvercinee și păduri de amestec cvercinee cu fagacee). Acestea din urmă se extind pe dealurile mai înalte din sudul și estul bazinului.

Cea mai mare suprafață a bazinului este ocupată de pajiști secundare. Culturile agricole dețin suprafețe restrânse datorită predominării terenurilor în pantă și a eroziunii. De multe ori acestea sunt extinse pe podurile netede ale interfluviilor.

Tipurile de soluri și repartitia lor spațială reflectă direct gradul de degradare al terenurilor. Învelișul de soluri are un caracter mozaicat, în sensul că pe suprafețe restrânse există mai multe tipuri de soluri repartizate în strânsă legătură cu valorile fragmentării reliefului și ale pantelor. Frecvența mare a proceselor geomorfologice, în special a eroziunii torențiale au intervenit în procesul de pedogeneză, astfel încât, corelate cu fragmentarea și pantele reliefului, solurile neevoluate ocupă areale destul de însemnate.

Regosolurile predomină pe abrupturile cuestice, cum sunt cele de pe dreapta Văii Satului, a Văii Albiilor, în bazinul râului Buia, pe

stânga Ștenei, precum și pe abruptul cestic de pe dreapta Vișei, în cursul său inferior.

Solurile aluviale și aluviunile frecvent gleizate se extind de o parte și de alta a râului Calvei, precum și în lungul afluenților săi principali (Văile Satului, Vurpărului, Albilor, Moardășului).

Solurile brune podzolice, alături de toată gama solurilor argiloiluviale prezintă un profil îngust, sunt deosebit de mozaicate și slab productive.

Pe suprafețe restrânse, la sud de Calva, apar și soluri hidromorfe, respectiv soluri de fâneață umedă, favorizate de excesul de umiditate din arealele cu lentile argiloase (perimetrul localităților Metiș, Mihăileni).

4.2.2. Procesele geomorfologice actuale

Procesele geomorfologice constituie principalii factori de risc pentru degradarea terenurilor. De aceea, cartarea la scări mari (scara 1:25.000 și chiar la scări mai mari), precum și stabilirea dinamicii lor actuale (active sau fixate) sunt obligatorii pentru studiul riscului unei regiuni de podiș.

Studiile întreprinse asupra eroziunii solului grupează de obicei procesele geomorfologice de versant după impactul pe care îl au asupra solului, în: eroziune în suprafață; eroziune în adâncime și alunecări de teren.

Principalii indicatori de estimare a studiului degradării terenurilor sunt: indicatori de stare (stadiul actual); indicatori de risc.

Indicatorii de stare pentru eroziunea în adâncime, eroziunea în suprafață și alunecări au în vedere dimensiunile de suprafață sau lungime afectate de procesul respectiv (S_x) și suprafața totală (S_t), luată în studiu (bazinul hidrografic), stabilite procentual:

$$I_x = (S_x/S_t) \cdot 100$$

Estimarea suprafeței acoperite de ravene aplicând formula:

$$C_r = (S_r/S_t) \cdot 100$$

are o doză de imprecizie când nu se utilizează date măsurate în teren; S_r = suprafața ravenelor (km^2); S_t = suprafața totală analizată (km^2).

Gradul de afectare a terenului de eroziunea în adâncime rezultă din raportul suprafeței totale a rețelei de drenaj la suprafața totală a terenului:

$$I_{ea} = (S_{ea}/S_t) \cdot 100$$

Corelat cu densitatea rețelei hidrografice ($L/S = \text{m}/\text{km}^2$), valoarea eroziunii în adâncime permite și evaluări asupra dinamicii reliefului din perspectiva liniară. Întrucât formula eroziunii în adâncime (I_{ea}) se aplică cu foarte mare dificultate chiar atunci când se fac măsurători de teren, se pot utiliza dimensiunile de lungime cum sunt densitatea fragmentării, adâncimea fragmentării, precum și alte calcule pe baza datelor obținute din modele morfometrice (sistem Horton-Strahler).

Starea eroziunii în suprafață a bazinului hidrografic are în vedere suprafața cu soluri erodate, folosindu-se cinci clase pentru eroziunea solului (N. Florea și colab., 1987):

$$I_{es} = (S_{es} / S_t) \cdot 100$$

(S_{es} = suprafața cu soluri erodate; S_t = suprafața totală)

Aceeași formulă simplă se aplică și pentru starea de degradare a terenului prin alunecări:

$$I_a = (S_a / S_t) \cdot 100$$

(I_a = indicatorul de alunecare; S_a = suprafața afectată de alunecări; S_t = suprafața bazinului hidrografic).

Indicatorii de risc ai degradărilor terenurilor sunt grupați în indicatori pentru eroziunea în adâncime, indicatori pentru eroziunea în suprafață și indicatori de risc pentru alunecări.

Indicatorii de risc pentru eroziunea în adâncime prin ravene sunt: indicatorul pentru creșterea în lungime (R_f) și indicatorul pentru creșterea volumului de sol erodat (R_v).

Rata de alungire a ravenelor este în strânsă corelare cu suprafața bazinului în amonte de vârful ravenelor. Dintre modelele statistice utilizate pentru rata de alungire a ravenelor, pentru Podișul Moldovei s-a folosit (Maria Rădoane și colab., 1994):

$$\log y = a + b \log x_1 + c \log x_2 + \dots + n \log x_n$$

în care y = rata de lungime a ravenei (R_a ; m/an);

x_1 = lungimea ravenei (L ; m);

x_2 = suprafața bazinului de drenaj amonte de vârful ravenei (S_z ; ha);

x_3 = panta bazinului amonte de vârful ravenei (P ; %);

x_4 = energia de relief amonte de vârful ravenei (E ; m).

Pentru creșterea în lungime a ravenelor se folosește și formula propusă de S.C.S. - S.U.A.:

$$R_f = R_p \cdot A^{0,46} \cdot P^{0,20}$$

în care:

R_f = viteza de înaintare a vârfului ravenei (m/an);

R_p = viteza de înaintare măsurată pentru o perioadă anterioară (m/an) (se stabilește pe aerofotograme pe cel puțin 10 ani);

A = raportul între suprafața de colectare anterioară (pentru diferite distanțe, de la vârful ravenei) și cea corespunzătoare unor lungimi alese (variază între 0 și 1);

P = raportul între suma precipitațiilor medii anuale (pentru perioade cât mai îndelungate) și media multianuală a perioadei pentru care s-au efectuat măsurători.

Potențialul eroziunii regresive este redat și de valorile frecvenței talvegurilor elementare (de ordinul 1) și ale torențialității incipiente.

Pentru eroziunea în suprafață s-au folosit diferite relații empirice, referitoare la factorul hidric. Nu se iau în calcul alunecările superficiale ale păturii înierbate.

Riscul erozional efectiv se stabilește cu ajutorul ecuației universale a eroziunii stabilite de Wischmeier (1960) și adaptată de M. Moțoc (M. Mureșanu și colab., 1992):

$$E_{ef} = K \cdot S \cdot C \cdot C_s \cdot L^{0,3} \cdot i^{1,4}$$

în care:

- E_{ef} = eroziunea medie anuală (t/ha.an);
- K = coeficientul de agresivitate pluvială (fig. 28);
- S = coeficientul pentru erodabilitatea solului (tabelul nr. 11);
- C = coeficientul pentru influența vegetației (tabelul nr. 12);
- C_s = coeficientul pentru influența sistemului de cultură folosit, lucrări de amenajare a versanților (tabelul nr. 12);
- L = lungimea versantului (m);
- i = panta medie a versantului (%) (tabelul nr.13).



Fig. 28. Zonarea agresivității pluviale (după D. Mureșanu, I. Pleșa, 1992)

În cazul eroziunii potențiale (E_p) nu se iau în calcul coeficienții de vegetație și lucrări de amenajare a versanților, formula fiind:

$$E_{ef} = K \cdot S \cdot L^{0,3} \cdot i^{1,4}$$

Gradul de vulnerabilitate a terenului la eroziunea în suprafața (V_{es}) este dat de relația:

$$V_{es} = (E_{ef} / E_p) \cdot 100$$

Indicatorii de risc pentru alunecările care duc la degradarea terenurilor au în vedere în primul rând alunecările active, respectiv volumul masei care se deplasează, viteza de deplasare, suprafața afectată.

Cartarea detaliată a alunecărilor de teren la scară mare este completată de date asupra dinamicii alunecărilor, cum sunt:

- alunecări - instabilitate evidentă cu râpa de desprindere;
- alunecări cu instabilitate potențială;
- alunecări vechi; deplasări pe suprafețe restrânse;
- alunecări stabilizate prin lucrări de amenajare a versanților;
- suprafețe fără alunecări.

Pentru calcularea volumului masei alunecate există diverse formule empirice. Una dintre formulele ușor de utilizat este:

$$V = 1 / 6\pi L_d \cdot D_d \cdot W_d$$

în care:

L_d = lungimea materialului deplasat;

D_d = grosimea (înălțimea) maximă a masei deplasate;

W_d = lățimea masei deplasate.

- În bazinul hidrografic al *Calvei*, ca de altfel în toată partea nord-vestică și vestică a Podișului Hârtibaciului (Dealurile Șoalei și Podișul Vurpărului), este specifică dezvoltarea formelor de eroziune liniară în toată complexitatea lor, de la formele simple până la organisme torențiale puternic ramificate și eroziunea în adâncime puternică a râurilor.

Ele sunt răspândite în întregul bazin hidrografic al *Calvei*, având dimensiuni și lungimi mai reduse pe frunțile cuestelor și mai mari pe suprafețele structurale. Adâncimile lor depășesc 5 și chiar 10-

20 m. Eroziunea în adâncime este mai activă la râurile secundare, inclusiv la torenți.

Este semnificativ faptul că baza eroziunii organismelor torențiale nu corespunde întotdeauna nivelului râurilor cu scurgere permanentă. Situația este frecventă în cazul organismelor torențiale situate pe dreapta Calvei, al căror con de dejecție este situat fie pe glacisuri mai vechi, fie pe podul terasei inferioare. Organismele torențiale actuale apar astfel într-o fază a evoluției lor. Formarea organismelor torențiale trebuie privită în contextul evoluției paleogeografice de la sfârșitul cuaternarului, în care condițiile de climă și de vegetație au favorizat modelarea versanților prin eroziune liniară. Modificarile produse în echilibrul versanților din ultimul timp trebuie corelate și cu activitățile antropice, respectiv cu despăduririle masive din regiune, în condițiile unui substrat geologic ușor friabil. De altfel, în Podișul Transilvaniei au fost efectuate observații din care rezultă o modificare alternativă a condițiilor climato-vegetale în timpul cuaternarului, cu unele faze în care s-a manifestat eroziunea liniară pe versanți și formarea organismelor torențiale, succedate de perioade de reducere sau chiar de stingere a acestor procese.

Cercetările întreprinse de noi s-au bazat în primul rând pe cartarea proceselor actuale (fig. 29). Calcularea indicatorilor de risc pentru eroziunea liniară este justificată de frecvența mare a organismelor torențiale.

Numărul de segmente de primul ordin (474) reprezintă circa 77% din numărul total de segmente de râu măsurate (612). Raportate la suprafața întregului bazin se obține o frecvență a talvegurilor elementare de 2,65 N₁/km², valoare destul de apropiată de frecvența numărului total de segmente, respectiv 3,41.

Bazinele hidrografice de ordinele 2 și 3 cu densitatea cea mai mare a talvegurilor elementare au un potențial ridicat de eroziune în adâncime și eroziune regresivă.

Tabelul nr. 11. Clasificarea solurilor în raport cu erodabilitatea, în funcție de eroziune și unele însușiri fizice

Clasa	Caracterizarea solurilor	Valoarea coeficientului de corecție, pentru erodabilități în formula de calcul a eroziunii
1	Soluri foarte puternic sau excesiv erodate, cu coeziune foarte mică, fără structură	1,2
2	Soluri puternic sau foarte puternic erodate, cu coeziune mică, slab structurate	1,0
3	Soluri puternic sau foarte puternic erodate, cu coeziune mijlocie sau slab și moderat erodate cu coeziune mică	0,8
4	Soluri puternic sau foarte puternic erodate, cu coeziune mare, bine structurate, profil puternic dezvoltat	0,7
5	Soluri slab sau moderat erodate, cu coeziune mijlocie, profil puternic dezvoltat, rocă mamă friabilă	0,7
6	Soluri slab sau moderat erodate cu coeziune mare, structură foarte bună, profil puternic dezvoltat, rocă mamă friabilă	0,6

Tabelul nr. 12. Valorile coeficienților C_s și C

Specificație	Panta versant, %					
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	>25
Sistemul de cultură	Coeficientul C_s					
- Culturi anuale din deal în vale	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
- Culturi anuale pe curba de nivel	0,50	0,60	0,70	0,75	0,80	0,85
- Culturi în fâșii	-	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
- Culturi cu benzi înierbate	-	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45
- Culturi cu canale, valuri	-	-	0,18	0,21	0,24	0,25
- Culturi cu terase banchetă	-	-	0,15	0,18	0,21	0,25
- Culturi cu terase în trepte	-	-	0,05	0,08	0,10	0,15
Natura vegetației	Coeficientul C					
- Ogor negru cu rigole și șiroiri	1,20					
- Ogor negru	1,00					
- Cereale păioase de toamnă	0,15					
- Cereale păioase de primăvară	0,20					
- Mazăre, fasole	0,30					
- Porumb, cartofi, sfeclă	0,70					
- Culturi de protecție	0,25					
- Ierburi perene anul I	0,10					
- Ierburi perene anul II	0,05					
- Pajiști puternic degradate	0,80					
- Pajiști moderat degradate	0,30					
- Pajiști bine încheiate	0,05					
- Livezi pe terenuri degradate	0,70					
- Livezi pe curba de nivel	0,50					
- Vii din deal în vale	0,75					
- Vii pe curba de nivel	0,30					
- Pădure pe terenuri degradate	0,25					
- Pădure încheiată	0,02					

Tabelul nr. 13. Clasificarea terenurilor după valoarea pantei (dupa Moșoc și colab.)

Grupa		Clasa		Denumirea terenului
Simbol	Pantă %	Simbol	Pantă %	
I	0-5	A	0-2	practic
		B	2-5	extrem de slab înclinat
II	5-12	C	5-8	foarte slab înclinat
		D	8-12	slab înclinat
III	12-25	E	12-18	mijlociu înclinat
		F	18-25	puternic înclinat
IV	25-50	G	25-35	foarte puternic înclinat
		H	35-50	extrem de puternic înclinat
V	peste 50	I	50-70	abrupt
		J	70-100	foarte abrupt
		L	peste 100	extrem de abrupt

Pentru estimarea eroziunii în suprafața s-a avut în vedere nu numai pluviodenudarea, ci și alunecările superficiale în pătura înierbată care afectează toți versanții neîmpaduriți, cu pante mai mari de 12-17°, respectiv de la mijlociu înclinat la puternic înclinat.

În ceea ce privește alunecările profunde, acestea apar pe suprafețe foarte restrânse, la contactul miocen-pliocen în părțile sudică și sud-estică ale bazinului.

4.2.3. Regionarea factorilor de risc

Regionarea factorilor de risc, respectiv a proceselor geomorfologice și a potențialului morfodinamic constituie etapa preliminară elaborării hărții expunerii terenurilor la risc. În majoritatea hărților de risc elaborate în prezent, această operație nu apare explicit, ea rezultând însă din redactarea hărții finale.

În bazinul Calvei, s-au cartat mai întâi interfluviile, versanții, albiile majore. În această etapă, folosindu-se metoda suprapunerii hărților, s-au stabilit areale cu expunere mică, medie și mare, ținându-se seama de relief (pantă), vegetatie, sol.

4.3. Harta expunerii terenurilor la risc. Bazinul Calvei

Din cele prezentate rezultă că pentru regiunile deluroase, cu utilizare agricolă intensă și cu populație relativ densă, impactul proceselor geomorfologice asupra terenurilor este privit prin prisma capacității productive ale acestora. Este vorba de gradul diferit de expunere a terenurilor la procese de degradare sau de vulnerabilitatea lor.

Principalele variabile care influențează expunerea la risc în regiunile temperate cu relief deluros, în speță în bazinul Calvei, sunt: litologia, relieful (processe geomorfologice, pante, densitatea drenajului), solul, vegetația. De aceea, din volumul bogat de informații analitice, diversificat cantitativ și calitativ s-au utilizat hărțile proceselor geomorfologice, solurilor și eroziunii solului, densitățile rețelei de

drenaj. Harta de bază a fost cea a proceselor geomorfologice, cartate pe teren. Litologia relativ uniformă pe bazin nu induce variații spațiale deosebite. De asemenea, reflectarea înclinării stratelor în relief este concretizată în harta pantelor.

Interacțiunea variabilelor este diferită în cadrul suprafețelor orizontale sau cvasiorizontale, versanților și albiilor (majore și minore), rezultând o gradare a expunerii terenurilor la risc (fig. 30).

A. Podurile interfluviilor și teraselor cu pante sub 5° în general nu prezintă risc actual. Culmile foarte înguste sunt agresate de organisme torențiale de ordinul 1 prin eroziune regresivă. Astfel de culmi pot fi urmărite și în areale împădurite, cum sunt cele din bazinele Ștenei și Văii Satului.

B. Versanții sunt formele predominante în bazinul Calvei.

Versanții (glacisurile) cu expunere mică la risc datorită inundațiilor și formațiunilor coluvio-proluviale au o pantă foarte lină ("de glacis") de $5-7^\circ$ și se extind de o parte și de alta a râurilor Calva, Valea Satului, Șteana, în cursurile mediu și inferior.

Podurile interfluviilor și teraselor, precum și glacisurile sunt terenuri nedegradate, utilizate pentru culturi agricole.

Versanții cu expunere medie la risc actual au valori diferite ale înclinării, de la mijlociu până la puternic și foarte puternic înclinat; sunt împăduriți, cu soluri brune luvise pseudogleizate și luvisoluri albice. Pot fi urmăriți pe stânga și în cursul superior al râului Calva, corespunzând în cea mai mare parte suprafețelor cu păduri.

Versanții cu expunere mare la risc actual au înclinări de la mijlociu la puternic înclinat și foarte puternic înclinat, sunt neîmpăduriți, cu soluri brune argiloiluviale și brune luvise erodate.

Procese geomorfologice actuale afectează pătura înierbată și parțial și solul.

Predomină eroziunea în suprafață și alunecările superficiale. Terenurile sunt slab productive, utilizate pentru pășuni și fânețe. Terasale artificiale neîntreținute au favorizat instalarea proceselor.

Versanții cu expunere foarte mare la risc sunt puternic și foarte puternic înclinați, neîmpăduriți, cu erodisoluri, soluri brune argiloiluviale erodate. Alături de eroziunea în suprafață este deosebit de activă și eroziunea în adâncime, terenurile fiind scoase din circuitul agricol.

Versanții excesiv erodați prezintă pante foarte puternic înclinate, cu rocă la zi, sol erodat, neîmpăduriți; sunt organisme torențiale active, cu versanți abrupti, adânci de 15-30 m.

Pe arealele restrânse s-a încercat fixarea lor cu specii de salcâm.

C. Albiile majore au o expunere medie la risc datorită inundațiilor. *Talvegurile* râurilor au formă de șanț adâncit în propriile aluviuni, maluri abrupte, alcătuite din nisipuri și mături.

Fig. 29. Procesele geomorfologice actuale

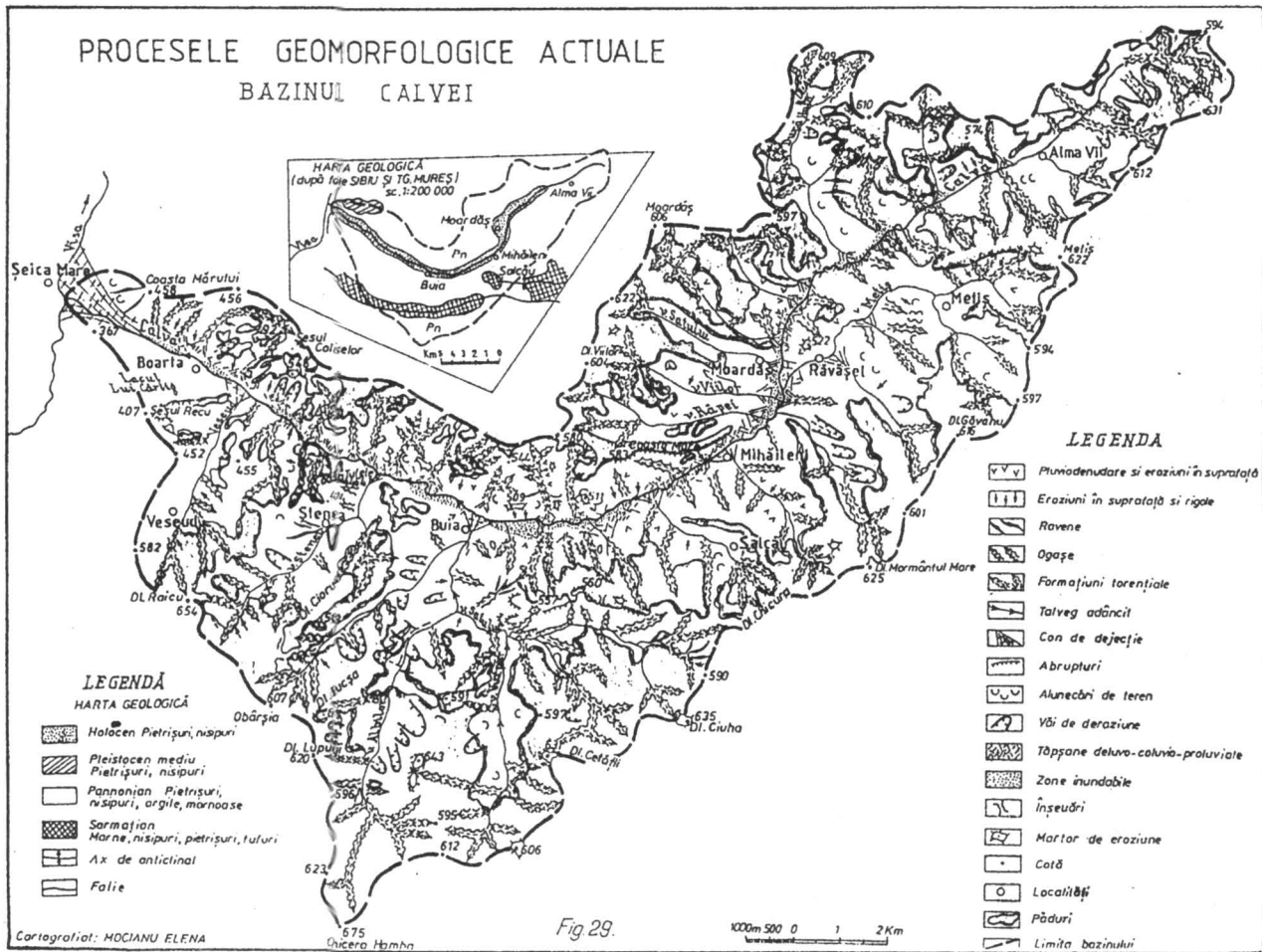


Fig. 30. Harta expunerii terenurilor la risc

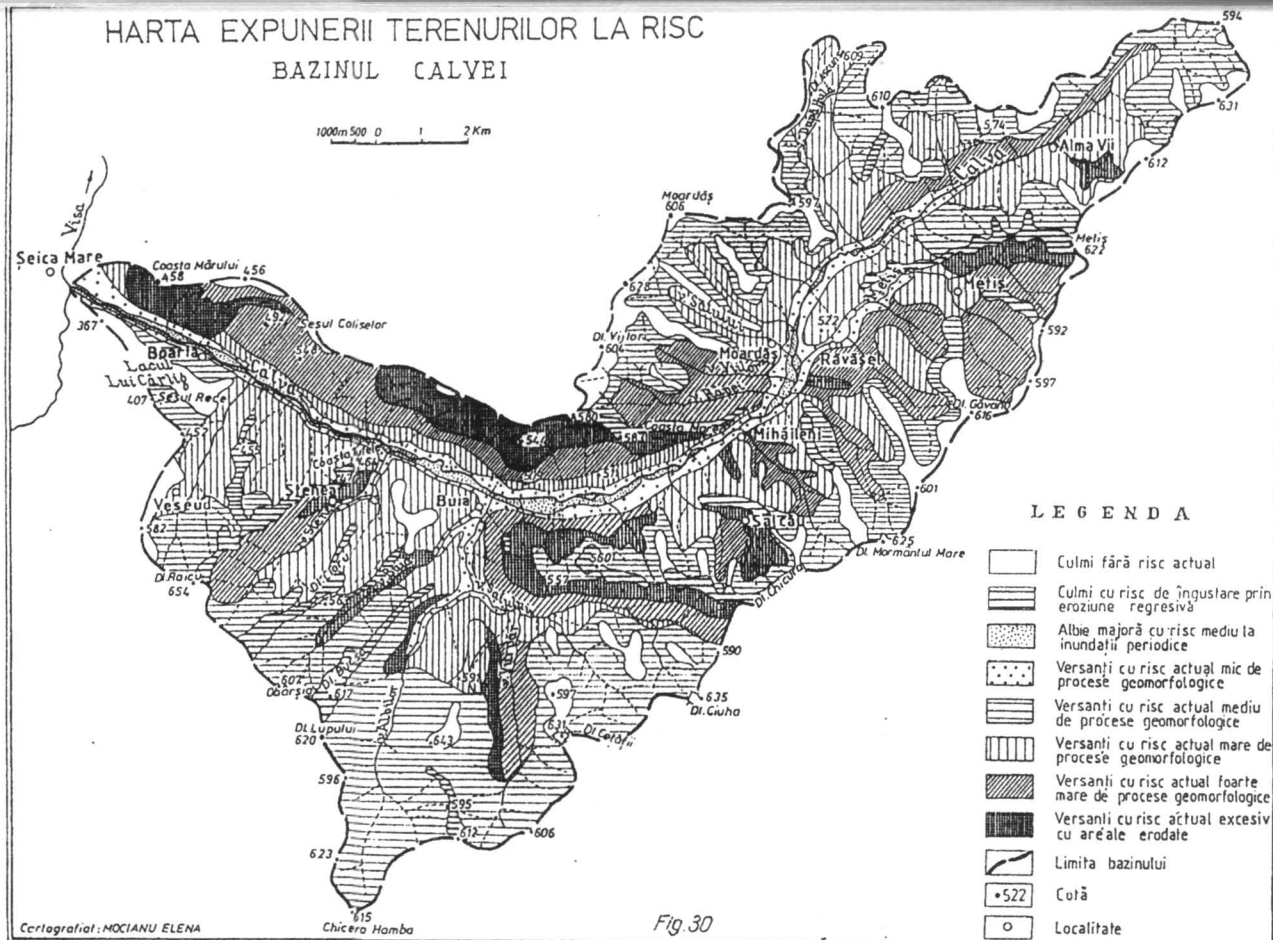
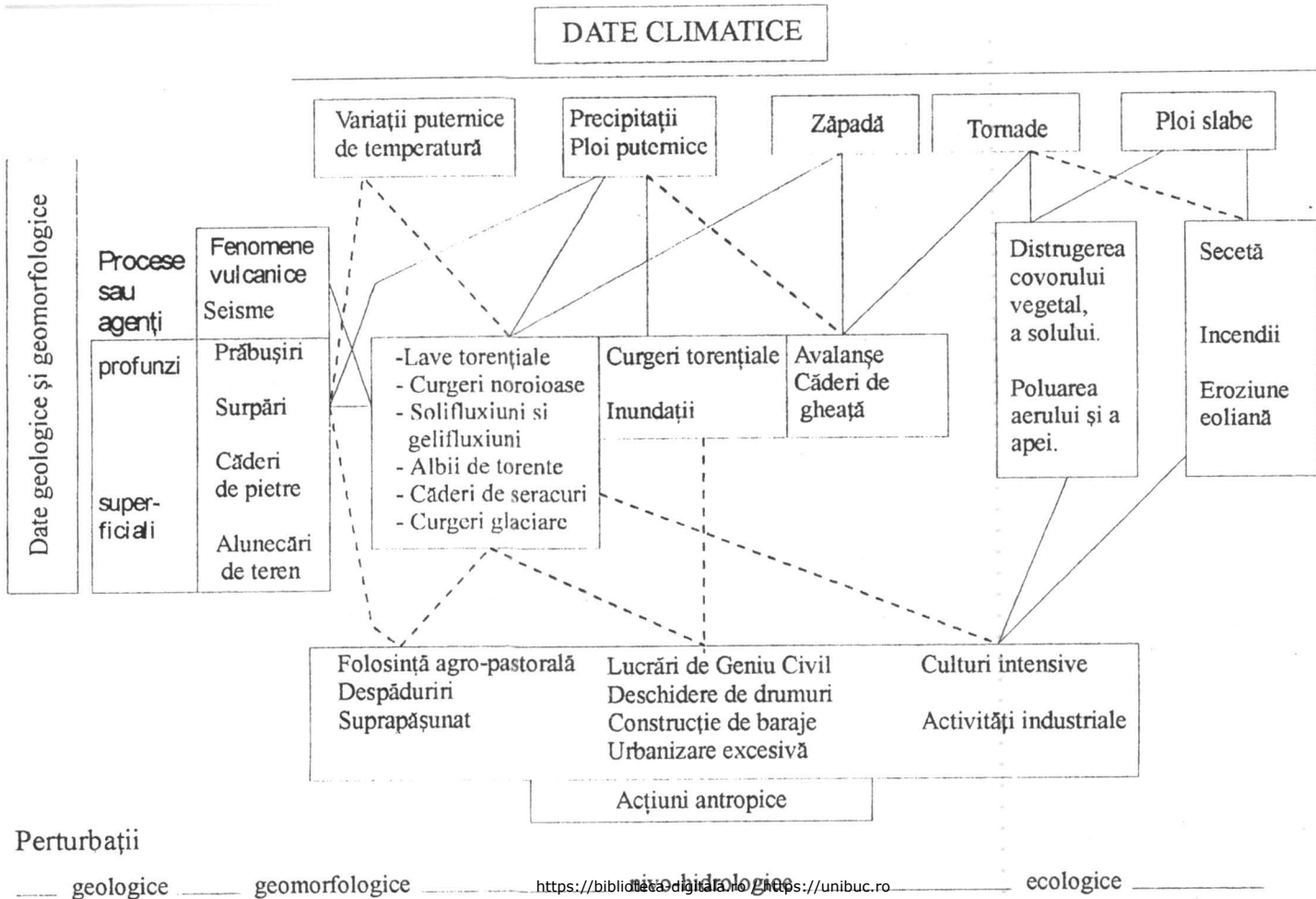


Fig. 30



ANEXA 2

Legenda pentru eroziunea și amenajarea solurilor în dealuri (adaptată după o legendă Phare)

1. Clasificarea unităților după intensitatea crescândă sau descrescândă a problemei în studiu
 2. Primul nivel de citire sintetică (redat prin coduri A, B, C, D, E)
 3. Al doilea nivel de citire (A1, A2) 4. Conținut 5. Recomandări practice succinte

	Cod	DEFINIȚIE	DIRECȚII PRINCIPALE DE AMENAJARE
	1	2	3
RISC SLAB DE EROZIUNE	A ₁	Mediu fizic puțin sensibil cu acoperirea vegetală protectoare bine încheagată	RISC FOARTE SLAB SAU FOARTE LOCAL • În zona aluvială: protecția malurilor, limitarea eroziunii regresive a glacișurilor... • În zona de coline: amenajări locale, adaptarea practicilor de cultivare...
	A ₂	Mediu fizic sensibil la eroziune compensator printr-o ocupare a solului protectoare (umană sau naturală)	RISC LATENT MEDIU • Zone necultivate: control al drumurilor și al despăduririlor • Zone cultivate: amenajări legate de mici irigații de munte, menținerea culturilor arboricole sau perene
RISC MEDIU DE EROZIUNE	B ₁	Mediu fizic puțin sensibil la eroziune dar cu o acoperire a solului insuficientă	AMELIORAREA LOCALĂ A MODULUI DE OCUPARE A SOLURILOR: • Dezvoltarea culturilor arboricole sau perene • Mici amenajări locale (maluri, ravine)
	B ₂	Mediu fizic destul de sensibil la eroziune și o acoperire a solului puțin protectoare	PROTECȚIE A MEDIULUI ȘI MENȚINEREA SAU AMELIORAREA LOCALĂ A OCUPĂRII SOLURILOR: Dezvoltarea direcțiilor de cultivare puțin intensive (irigații de munte) pentru a permite reîmpăduriri și amenajări destul de importante

RISC DE EROZIUNE ȘI RISC ACTUAL, CREȘCĂTOR

RISC DE EROZIUNE ȘI RISC ACTUAL CRESCĂTOR



	1	2	3
	B ₃	Mediu fizic foarte sensibil și bună protecție a cuverturii vegetale (umană sau naturală)	RISC LATENT RIDICAT prin degradarea cuverturii vegetale: • Vegetația "naturală": Limitarea strictă a despăduririlor și exploatarea forestieră rațională • Zone cultivate: amenajări antierozivune legate de micile irigații, • Menținerea culturilor arboricole
RISC RIDICAT DE EROZIUNE	C ₁	Mediu fizic sensibil la eroziune și cuvertură a solului insuficientă, Eroziune a solului notabilă	AMELIORAREA CUVERTURII VEGETALE GENERALE ȘI AMENAJAREA STABILIZĂRII EROZIUNII ÎN CURS • Amenajări importante • Diminuarea locală a presiunii agricole
	C ₂	Sensibilitate foarte puternică a mediului fizic moderată printr-o ocupare a solurilor destul de proteoate. Eroziune actuală locală marcată	RISC LATENT FOARTE RIDICAT: • Reîmpăduriri sau generarea de populații forestiere • Dezvoltare de culturi arboricole și de amenajări importante contra eroziunii
RISC DE EROZIUNE FOARTE RIDICAT ȘI EROZIUNE ACTUALĂ MARCATĂ ZONE ERODATE	D	Mediu fizic foarte sensibil asociat cu o cuvertură de soluri insuficientă	MEDII DEJA PUTERNIC DEGRADATE SAU ÎN CURS DE DEGRADARE ACCELERATĂ • Realizarea de amenajări foarte importante, legate în general de o diminuare a presiunii agricole
	E	EROZIUNEA este un element major de ocupare a solurilor	

BIBLIOGRAFIE

- Airinei, Șt. (1987), *Geotermia cu aplicații la teritoriul României*, Edit. Științifică și Enciclopedică, București.
- Atanasiu, Ion (1961), *Cutremurele de pământ din România*, Edit. Academiei, București.
- Bălan, Șt., Cristescu, V., Cornea, I. (coord.) (1982), *Cutremurul de pământ din România de la 4 martie 1977*, Edit. Academiei, București.
- Băloi, V., Ionescu, V. (1986), *Apărarea terenurilor agricole împotriva eroziunii, alunecărilor și inundațiilor*, Edit. Ceres, București.
- Bălțeanu, Dan (1979), *Procese de modelare a versanților declanșate de cutremurul din 4 martie 1977 în Carpații și Subcarpații Buzăului*, St. Cerc. Geol., Geofiz., Geogr., Geografie, t. XXVI.
- Bălțeanu, Dan (1992), *Natural hazard in Romania*, Rev. Roum. Geogr., t.36.
- Băncilă, I. (Coord.) (1980-1981), *Geologie inginerească*, vol. I, II, Edit. Tehnică, București.
- Boutout, Alain (1996), *Inventarea formelor*, Edit. Nemira, București.
- Bravard, Yves (1990), *Les avalanches a Chamonix (Haute-Savoie, France)*, Revue de geographie alpine, t. LXXVIII, nr. 1,2,3.
- Brown, Lester R., Kane, Hal (1996), *Casa plină. Reevaluarea capacității Pământului de a-și susține populația*, Edit. Tehnică, București.
- Cornea, I., Drăgoescu, I., Popescu, M., Visarion, M. (1979), *Harta mișcărilor crustale verticale recente*, St. Cerc. Geol. Geofiz. Geogr., Geofizica, t. 17, nr. 1.
- Carson, M.A., Kirkby, M.J. (1972), *Hillslope. Form and Processes*, Cambridge, Univ. Press.
- Chardon, M. (1990), *Quelques reflexions sur les catastrophes naturelles en montagne*, Rev. Geogr. Alpine, t. LXVIII, nr. 1, 2, 3.

- Ciulache, Sterie, Ionac, Nicoleta (1995), *Fenomene geografice de risc*, Partea I, Edit. Universității București.
- Constantinescu, Liviu, Enescu, Dumitru (1985), *Cutremurele din Vrancea în cadrul științific și tehnologic*, Edit. Academiei, București.
- Coteț, P. (1978), *O nouă categorie de hărți - hărți de risc - și importanța lor geografică*, Terra, X (XXX), nr. 3.
- Crozier, M. (1988), *The Terminology of Natural Hazards Assessment*, New Zealand, Journal of Geography, October.
- Florea, M.N. (1979), *Alunecări de teren și taluze*, Edit. Tehnică, București.
- Florea, N., Bălăceanu, V., Răuță, C., Canarache, A. (1987), *Metodologia elaborării studiilor pedologice*, Partea a III-a - Indicatorii ecopedologici, ICPA, București.
- Gares, P., Sherman, D., Nordstrom, K. (1994), *Geomorphology and Natural Hazards*, Geomorphology, vol. 10, Edit. Elsevier, Amsterdam.
- Gârbacea, V., Grecu, Florina (1994), *Dealurile Șoalei. Caractere geomorfologice*, St. Cerc. Geografie, t. XLI.
- Gâțescu, P., Zăvoianu, I., Bogdan, Octavia, Driga, B., Breier, Ariadna, (1979), *Excesul de umiditate din Câmpia Română de nord-est (1969-1973)*, Edit. Academiei, București.
- Grecu, Florina (1996), *Expunerea la risc a terenurilor deluroase, în vol. Cercetări geografice în spațiul carpato-danubian*, a II-a Conferință regională de Geografie, Timișoara.
- Grecu, Florina (1997), *Etapetele întocmirii hărții expunerii la risc geomorfologic a terenurilor din bazinele hidrografice de deal*, Mem. Sect. Șt. Acad. Rom., t. XVII, 1994.
- Grecu, Florina (1992), *Bazinul Hârtibaciului. Elemente de morfohidrografie*, Edit. Academiei, București.
- Grigore, Mihai (1979), *Reprezentarea grafică și cartografică a formelor de relief*, Edit. Academiei, București.
- Guilcher, A. (1965), *Precis d'hydrologie marine et continentale*, Edit. Masson, Paris.

- Ianoș, Ioan (1994), *Riscul în sistemele geografice*, St. Cerc. Geogr., t. XLI.
- Josan, N. (1986), *Relieful în continuă transformare*, Edit. Sport-Turism, București.
- Lăzărescu, V. (1980), *Geologie fizică*, Edit. Tehnică, București.
- Lliboutry, L. (1964-1965), *Traité de Glaciologie*, Edit. Masson, Paris.
- Lupei, Nestor (1979), *Dinamica terestră*, Edit. Albatros, București.
- Mac, I. (1986), *Elemente de geomorfologie dinamică*, Edit. Academiei, București.
- Marinescu, C. (1988), *Asigurarea stabilității terasamentului și versanților*, Edit. Tehnică, București.
- Măndrescu, N. (1991), *Cutremure de pământ*, Edit. Tehnică, București.
- Mihailescu, Vintilă (1968), *Geografie teoretică*, Edit. Academiei, București.
- Moțoc, M. (Coord) (1975), *Eroziunea solului și metode de combatere*, Edit. Ceres, București.
- Moțoc, M., Vatau, A. (1992), *Indicatori privind eroziunea solului*, Med. Înconj., vol. III, nr. 3.
- Munteanu, S.A (coord.) (1991, 1993), *Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale prin lucrări silvice și hidrotehnice*, vol. I, II, Edit. Academiei, București.
- Mureșan, D., Pleșa, I. (1992), *Irigații, desecări și combaterea eroziunii solului*, Edit. Didactică și Pedagogică, București.
- Pech, P. (1988), *Méthode statistique pour la cartographie des zones exposées a des risques (L'exemple d'Ossola - Italie du Nord - 46°N*, Revue de géomorphologie dynamique, 2.
- Petrescu, Justinian (1993), *Terra. Catastrofe naturale*, Edit. Tehnică, București.
- Podani, M., Zăvoianu, I. (1971), *Considérations sur les inondations catastrophiques de Roumanie de l'année 1970*, Rev. roum. géol., géophys., géogr. - Géographie, t. 15, nr. 1.

- Podani, M., Zăvoianu, I. (1992), *Cauzele și efectele inundațiilor produse în luna iulie 1991 în Moldova*, St.cerc. geol., geofiz., geogr., Seria Geografie, XXXIX.
- Posea, Gr., Grigore, M., Popescu, M., Ielenicz, M. (1976), *Geomorfologie (ed. a II-a)*, Edit. Didactică și Pedagogică, București.
- Rădoane, Maria, Rădoane, N., Ichim, Ioniță (1994), *Ecuații de regresie multiplă pentru evaluarea ratei de avansare a ravenelor din Podișul Moldovenesc*, St. Cerc. Geografie, t. XLI.
- Rădulescu, Dan (1976), *Vulcanii astăzi și în trecutul geologic*, Edit. Tehnică, București.
- Rittman, A. (1967), *Vulcanii și actualitatea lor*, Edit. Tehnică, București.
- Rosenfeld, Ch. (1994), *The Geomorphological Dimensions of Natural Disasters*, Geomorphology, vol. 10, Edit. Elsevier, Amsterdam.
- Sandu, Maria (1994), *Harta de risc geomorfologic a culoarului depresionar Sibiu-Apold*, Lucrările Sesiunii Științifice anuale 1993, Academia Română, Inst. de Geografie, București.
- Scheidegger, A.E. (1994), *Hazards: Singularities in Geomorphic System*, Geomorphology, vol. 10, Edit. Elsevier, Amsterdam.
- Schreiber, W. (1980), *Harta riscului intervențiilor antropice în peisajul geografic al Munților Harghita*, St. Cerc. Geol., Geofiz., Geogr., Geografie, t. XXVII, nr. 1.
- Seliverstov, I.P., (1994), *Problema riscului ecologic global*, (în 1. rusă), Izvestia Russcogo Geograficescogo Obscestva, nr. 2.
- Șelărescu, M., Podani, M.(1993), *Apărarea împotriva inundațiilor*, Edit. Tehnică, București.
- Tazieff, H. (1966), *Când pământul se cutremură*, Edit. Științifică, București.
- Tufescu, V. (1966), *Modelarea naturală a reliefului și eroziunea accelerată*, Edit. Academiei, București.
- Ujvári, I. (1972), *Geografia apelor României*, Edit. Științifică, București.

- Valla, F. (1990), *Les accidents d'avalanches dans les Alpes (1975-1989)*, Rev. de Geographie Alpine, t. LXXVIII, nr. 1,2,3.
- Vancea, A. (1960), *Neogenul din bazinul Transilvaniei*, Edit. Academiei, București.
- Vladimirescu, I. (1978), *Hidrologie*, Edit. Didactică și Pedagogică, București.
- Ward, R. (1978), *Floods a Geographical Perspective*, The Macmillan Press LTD, London.
- Zaruba, Q., Mencl, V. (1974), *Alunecările de teren și stabilizarea lor* (traducere din lb. cehă), Edit. Tehnică, București.
- Zăvoianu, I. (1985), *Morphometry of Drainage Basins*, Edit. Elsevier, Amsterdam.
- Zăvoianu, I. (1988), *Râurile - bogăția Terrei*, Edit. Albatros, București.
- Zăvoianu, I., Dragomirescu, S. (1994), *Asupra terminologiei folosite în studiul fenomenelor naturale extreme*, St. Cerc. Geogr., t. XLI.
- Zăvoianu, I., Podani, M. (1977), *Les inondation catastrophiques de l'année 1975 en Roumanie - considerations hydrologiques*, Rev. roum. géol., géophys., géogr., Série Géographie, XX.
- *** (1984), *Accidente la construcții hidrotehnice*, ISPH, București.
- *** (1992), *Internationally Agreed Glossary of Basic Terms Related to Disaster Management*, United Nations, Department of Humanitarian Affairs, IDNDR, DHA, Geneva.

* * *



Tiparul s-a executat sub c-da nr. 345/1997 la
Tipografia Editurii Universității din București

DATA RESTITUIRII

26. APR. 2005	11. NOV. 2008	16. MAI. 2011
12. MAI. 2005	5. IAN. 2009	
27. MAI. 2005 22. NOV. 2005	1. APR. 2009	06 IUL. 2012
27. FEB. 2005	9. APR. 2009	
15. APR. 2005		
17. APR. 2005	24 SEP. 2009	
7. IUN. 2005	11 IAN. 2010	
	10. MAR. 2011	
5. DEC. 2005		
10. IAN. 2007 5. MAR. 2007	22 OCT. 2011	
11 IAN. 2007	1 APR. 2011	

9. MAR. 2007

