



Editura Transversal

Târgoviște

Bd. General Matei Vlădescu bl. 20, et. 2, ap. 14

Tehnoredactare&Procesare: Transversal SRL

[www.edituratransversal.ro](http://www.edituratransversal.ro)

[transversaldifuzare@yahoo.com](mailto:transversaldifuzare@yahoo.com)

0723653274

0245214415

Editură acreditată de Consiliul Național al Cercetării Științifice din Învățământul Superior (CNCSIS) și membră fondatoare a Asociației Geografilor Umaniști din România (AGUR).

Lucrare publicată cu sprijinul CNCSIS.

*Referent științific:* prof.univ.dr. Dan Bâlțeanu, m.c. al Academiei Române

Contribuția autorilor la realizarea lucrării:

Dănuț Tanislav – Hazarde naturale

Andra Costache – Hazarde antropice

**Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României**

TANISLAV, DĂNUȚ

Geografia hazardelor naturale și antropice / Dănuț Tanislav,

Andra Costache. - Târgoviște : Transversal, 2007

ISBN 978-973-7798-42-8

I. Costache, Andra

502.58

504.05

DĂNUȚ TANISLAV

ANDRA COSTACHE

## **GEOGRAFIA HAZARDELOR NATURALE ȘI ANTROPICE**



Editura Transversal  
Târgoviște, 2007

## Cuprins

	Introducere .....	7
1.	<b>Noțiuni introductive</b>	
	1.1. Considerații teoretice .....	9
	1.2. Clasificarea hazardelor .....	10
	<b>Hazarde naturale</b>	
2.	<b>Hazarde geologice și geofizice</b>	
	2.1. Hazarde seismice .....	12
	2.1.1. Efectele cutremurelor și hazardele legate de acestea .....	13
	2.1.2. Predicția cutremurelor .....	17
	2.1.3. Evaluarea riscului seismic .....	18
	2.1.4. Cutremurele din România .....	20
	2.2. Tsunami .....	21
	2.3. Hazarde vulcanice .....	24
	2.3.1. Tipuri de vulcani și erupții vulcanice .....	25
	2.3.2. Magnitudinea erupțiilor vulcanice .....	27
	2.3.3. Tipuri de hazarde vulcanice .....	27
	2.3.4. Hazardele vulcanice și evaluarea riscului .....	30
3.	<b>Hazarde geomorfologice</b>	
	3.1. Hazarde care afectează versanții .....	33
	3.1.1. Deplasările în masă .....	33
	3.1.2. Eroziunea hidrică .....	45
	3.2. Evaluarea hazardelor geomorfologice .....	50
	3.2.1. Stabilitatea versanților .....	50
	3.2.2. Indicatori de evaluare .....	52
4.	<b>Hazarde hidrologice</b>	
	4.1. Cauzele producerii inundațiilor .....	53
	4.2. Efectele negative ale inundațiilor .....	55
	4.3. Evaluarea hazardelor legate de inundații .....	57
	4.4. Prevenirea și combaterea inundațiilor .....	60
	4.5. Inundațiile din România .....	61
5.	<b>Hazarde climatice</b>	
	5.1. Ciclonii tropicali .....	64
	5.2. Orajele .....	67
	5.3. Grindina .....	68
	5.4. Tornadele .....	70
	5.5. Furtunile extratropicale .....	72
	5.6. Viscolul .....	74
	5.7. Seceta .....	75
	5.7.1. Impactul negativ al secetei .....	76
	5.7.2. Evaluarea secetei .....	78
	5.8. Temperaturile extreme .....	80
	5.8.1. Valurile de căldură .....	80
	5.8.2. Valurile de frig .....	82

	5.9. Furtunile de nisip și praf .....	83
<b>6.</b>	<b>Hazarde glaciare</b>	
	6.1. Permafrost .....	85
	6.2. Avalanșe de zăpadă .....	86
	6.3. Iceberguri .....	90
<b>7.</b>	<b>Hazarde biologice</b>	
	7.1. Invaziile de insecte și rozătoare .....	92
	7.2. Epidemiile .....	93
	<i>Bibliografie</i> .....	95
	<b>Hazarde antropice</b>	
<b>8.</b>	<b>Hazarde tehnologice</b>	
	8.1. Introducere .....	99
	8.2. Hazarde industriale .....	102
	8.2.1. Tipuri de hazarde industriale .....	103
	8.2.2. Prevenirea și atenuarea impactului hazardelor industriale .....	106
	8.2.3. Expunerea teritoriului României la hazarde industriale .....	107
	8.2.4. Evaluarea riscului de producere a accidentelor industriale .....	110
	8.3. Hazarde legate de transporturi .....	111
	8.3.1. Tipuri de hazarde legate de transporturi .....	112
	8.3.2. Hazarde legate de transporturi în România .....	115
	8.3.3. Evaluarea riscului de producere a accidentelor în transporturi .....	116
<b>9.</b>	<b>Hazarde nucleare</b>	
	9.1. Accidentele nucleare .....	118
	9.1.1. Clasificarea accidentelor nucleare .....	121
	9.1.2. Impactul accidentelor nucleare .....	121
	9.1.3. Prevenirea și atenuarea impactului accidentelor nucleare .....	125
	9.1.4. Expunerea teritoriului României la accidente nucleare .....	126
	9.2. Transportul și depozitarea deșeurilor radioactive .....	127
	9.3. Alte tipuri de hazarde nucleare .....	129
	9.4. Cooperarea internațională pentru prevenirea și atenuarea hazardelor nucleare .....	132
	9.5. Evaluarea riscului la accidente nucleare .....	132
<b>10.</b>	<b>Conflictele</b>	
	10.1. Clasificarea conflictelor .....	134
	10.2. Impactul conflictelor asupra mediului înconjurător .....	137
	10.3. Impactul socio-economic al conflictelor .....	138
	10.4. Atenuarea impactului conflictelor și eforturi de menținere a păcii .....	139
	10.5. Expunerea teritoriului României la conflicte .....	140
	10.6. Evaluarea riscului de producere a conflictelor .....	141
<b>11.</b>	<b>Terorismul</b>	
	11.1. Introducere .....	143
	11.2. Tipuri de terorism .....	145
	11.3. Impactul atacurilor teroriste .....	147
	11.4. Combaterea terorismului .....	150
	11.5. Evaluarea riscului la atacuri teroriste .....	151
	<i>Bibliografie</i> .....	154

## Introducere

În contextul intensificării și extinderii unor hazarde la nivel global acest curs universitar asupra hazardelor naturale și antropice întregeste sfera de cunoștințe a studenților geografi cu un domeniu interdisciplinar de actualitate.

Întrunirea Interguvernamentală asupra schimbărilor climatice de la Paris (IPCC februarie, 2007) a pus în evidență că este foarte probabil ca în deceniile viitoare, valurile de căldură și fenomenele extreme legate de precipitațiile abundente vor fi tot mai frecvente, iar pagubele legate de acestea se vor extinde în majoritatea regiunilor.

Dezastrelor naturale sunt o amenințare permanentă pentru dezvoltarea durabilă a societății și generează anual mari pagube materiale și numeroase victime omenești. Reducerea efectelor acestor dezastre implică studiul interdisciplinar a hazardelor, vulnerabilității și riscului și precizarea celor mai adecvate măsuri pentru prevenirea și atenuarea efectelor. Cursul prezintă sintetic aceste aspecte reușind să acopere interdisciplinar, o sferă largă de probleme legate de cunoașterea hazardelor naturale și de evaluarea impactului lor asupra societății și a mediului.

În prima parte este precizată accepțiunea noțiunilor de hazard, vulnerabilitate, elemente la risc, reziliență, în acord cu definițiile stabilite de Programul Internațional pentru Reducerea Dezastrelor (ISDR - International Strategy for Disaster Reduction) al Organizației Națiunilor Unite.

Primele două capitole se referă la hazardele geologice, geofizice și geomorfologice fiind precizate elementele esențiale referitoare la seisme, valuri de tip tsunami și deplasări în masă. O atenție specială se acordă genezei fenomenelor respective, magnitudinii, intensității și frecvenței în strânsă legătură cu impactul acestora asupra omului și activităților umane. Sunt prezentați sintetic indici de evaluare și elemente pentru aprecierea riscului.

Dintre hazardele hidrologice și climatice sunt selectate cu discernământ aspectele referitoare la teritoriul României. Inundațiile, secetele și tornadele sunt tratate în corelație cu schimbările climatice și cu desfășurarea activităților umane în areale vulnerabile.

O largă extindere este acordată hazardelor antropice diferențiate în hazarde tehnologice, hazarde nucleare, conflicte și terorism.

Expunerea este clară, bazată pe o documentare detaliată și pe experiența personală a autorilor acumulată în stagii de specializare internaționale și în participarea la diferite manifestări științifice de prestigiu.

Recomandăm cu căldură acest curs nu numai studenților geografi ci și celor din alte domenii care se ocupă de problemele mediului și dezvoltării durabile.

**Prof. univ. dr. Dan Bălțeanu**  
**m.c. al Academiei Române**



# 1. NOȚIUNI INTRODUCTIVE

## 1.1. Considerații teoretice

Creșterea frecvenței fenomenelor extreme în ultima perioadă a conștientizat comunitatea științifică și mediul politic în vederea combaterii efectelor negative, pentru asigurarea unei dezvoltări durabile a societății și creșterii calității vieții. Astfel, sub egida ONU, perioada 1990-1999 a fost declarată „Deceniul Internațional pentru Reducerea Dezastrelor Naturale” (IDNDR), continuată, din anul 2000, de programul „Strategia Internațională pentru Reducerea Dezastrelor” (ISDR), pentru o mai bună armonizare a eforturilor multidisciplinare și intersectoriale, la nivel internațional și național.

În mod firesc, necesitatea înțelegerii fenomenelor extreme a impus elaborarea unei terminologii de bază, utilă în egală măsură publicului, autorităților și practicienilor.

**Hazardul** este un eveniment potențial dăunător, generat de fenomene naturale și/sau activități umane, care pot determina pierderi de vieți omenești, rănirea unor persoane, pagube asupra proprietăților, perturbarea activităților sociale și economice sau degradarea mediului (ISDR, 2002). Rezultă că hazardele includ condiții latente care pot reprezenta amenințări viitoare. Sunt caracterizate prin localizare, intensitate, frecvență și probabilitate.

Hazardul apare ca un prag în evoluția sistemului, care descarcă energii imense și determină dezechilibru pe scara de evoluție mediului, spre o nouă stare de echilibru (Bogdan, 1992; Bogdan, Niculescu, 1999).

**Vulnerabilitatea** cuprinde un set de condiții și procese corelate cu factorii fizici, sociali, economici și de mediu care măresc susceptibilitatea unei comunități față de impactul hazardelor. Factorii pozitivi care măresc abilitatea populației și societății de a rezista efectiv la acțiunea hazardelor poartă numele de capacitate de adaptare (ISDR, 2002). Evidențiază gradul de expunere al omului, bunurilor sale și mediului față de diferite hazarde.

Vulnerabilitatea are dimensiuni fizice, sociale, economice și politice. Include aspecte privind abilitatea structurilor de a rezista, capacitatea unei comunități de a se organiza în situații de urgență, gradul în care economia unui stat depinde de un singur produs sau serviciu ce poate fi ușor afectat de dezastru și gradul de centralizare al deciziilor politice.

**Riscul** reprezintă probabilitatea unor consecințe dăunătoare și exprimă nivelul așteptat al pierderilor (decese, persoane rănite, pagube produse proprietăților și activităților economice, distrugerii ale mediului) rezultate din interacțiunea dintre hazardele naturale sau antropice și condițiile de vulnerabilitate dintr-un anumit teritoriu. De asemenea, riscul trebuie întotdeauna evaluat în legătură cu sistemele sociale (ce impune percepții diferite din partea comunității afectate).

Altfel, riscul este definit ca produsul dintre *riscul specific* (gradul așteptat de pierderi provocate de un fenomen particular în funcție de mărimea hazardului și de gradul de vulnerabilitate a societății) și *elementele la risc* (populație, proprietăți, căi de comunicație, activități economice, servicii publice, expuse riscului într-un anumit areal).

În mod convențional, se poate exprima prin formula:  $R = E \cdot R_s = E \cdot (H \cdot V)$ , unde: E – elementele la risc,  $R_s$  – riscul specific, H – hazardul, V – vulnerabilitatea.

**Dezastrul** implică o gravă perturbare a funcționării unei comunități sau societăți, care cauzează mari pierderi umane, materiale, economice și de mediu, ce depășesc capacitatea comunității sau societății afectate de a reacționa eficient prin folosirea propriilor resurse, fiind necesare intervenții și ajutoare naționale și internaționale. Dezastrul rezultă din combinarea unor hazarde majore cu anumite condiții de vulnerabilitate și o capacitate limitată sau măsuri insuficiente de a reduce consecințele potențiale negative ale riscului (ISDR, 2002).

Termeni sinonimi, care exprimă amploarea fenomenului, prin suprafața afectată și consecințele imediate, sunt: *catastrofă* (eveniment tragic de mari proporții, survenit pe neașteptate), *calamitate* (nenorocire de mari proporții, care se abate asupra unei comunități) și *cataclism* (schimbare bruscă de mare intensitate, provocată de declanșarea unor fenomene extreme).

Pentru înțelegerea mai corectă a terminologiei folosite, pot fi aduse în discuție și alte *noțiuni asociative*: reziliență, capacitate de adaptare, senzivitate, fragilitate, pericolozitate (ISDR, 2002; Mac, Petrea, 2002).

## 1.2. Clasificarea hazardelor

Tipologia fenomenelor de risc se bazează pe câteva elemente de mare importanță, care pun în evidență atât modul de manifestare, cât și perceperea în timp și spațiu a fiecărui fenomen de risc.

În funcție de *geneză*:

- **Hazarde naturale** - declanșate de factori de mediu. Cuprind la rândul lor *hazarde geologice* (cutremure, tsunami, erupții vulcanice); *hazarde geomorfologice* (deplasări în masă, eroziune); *hazarde climatice sau meteorologice* (ciclone tropicale, furtuni severe, fulgere, grindină, temperaturi extreme, secetă); *hazarde hidrologice* (inundații); *hazarde glaciare* (permafrost, avalanșe, iceberghi); *hazarde biologice* (epidemii, invazii de insecte și rozătoare).

- **Hazarde antropice** – generate de diferite activități umane. Din această categorie fac parte *hazardele tehnologice*, respectiv: accidentele industriale (inclusiv accidentele nucleare); accidentele survenite în transporturile civile sau în transportul și depozitarea substanțelor periculoase; prăbușirea structurilor construite sau deficiențe ale elementor de infrastructură publică; hazarde legate de dezvoltarea biotehnologiilor.

Sunt considerate hazarde antropice și o serie de evenimente și fenomene potențial dăunătoare generate de particularitățile socio-culturale, economice și politice ale societății, precum *conflictele, terorismul și sărăcia*.

- **Hazarde complexe** – reprezintă o combinație sau o înlănțuire de două sau mai multe hazarde naturale și antropice. Ex: *deșertificarea și reducerea biodiversității*.

În funcție de *durata de manifestare*:

- **cu caracter violent** – cutremure, tornade, inundații;
- **cu caracter progresiv** – furtuni locale însoțite de grindină;
- **cu caracter lent** – seceta.

În funcție de *suprafața afectată*:

- **globale** – deșertificarea și eroziunea solurilor;
- **regionale** – afectează suprafețe întinse pe continente și oceane (furtuni severe);
- **locale** – alunecări, erupții vulcanice, cutremure.

În funcție de *mărimea efectelor (număr de persoane afectate, pagube economice, distrugerii ale mediului)*:

● **cu efecte reduse** - produc pagube mici ce pot să fie remediate prin forțe locale.  
De ex: curgeri de noroi, furtuni cu grindină.

● **cu efecte severe** - produc perturbări ale funcționării societății, pagube importante și răni de persoane ce necesită intervenția formațiunilor de protecție civilă și a altor organisme abilitate. De ex: ploi excepționale, tornade.

● **dezastre (catastrofe)** - produc cel puțin 10 victime și 100 persoane afectate, mari pagube materiale și distrugerii ale mediului, ce necesită declararea stării de urgență la nivel național, fiind necesar solicitarea ajutorului internațional (conform OFDA/CRED International Disasters Database). De ex: mari seisme, erupții vulcanice, secete.

## **Bibliografie**

- Bălțeanu D. (1992), *Natural hazards in Romania*, Rev. roum. geogr., **36**, p. 12-18
- Bălțeanu D., Șerban Mihaela (2005), *Modificările globale ale mediului. O evaluare interdisciplinară a incertitudinilor*, Edit. CNI Coresi, București, 232 p.
- Bogdan Octavia, Niculescu Elena (1999), *Riscurile climatice din România*, Edit. Sega International, București, 280 p.
- Bryant E.A. (1991), *Natural hazards*, Cambridge University Press
- Greco Florina (2004), *Hazarde și riscuri naturale*, Edit. Universitară, București, 168 p.
- Ianoș I. (1994), *Riscul în sistemele geografice*, St. cerc. geogr., XLI, p. 19-26
- Mac I., Petrea D. (2002), *Polisemia evenimentelor geografice extreme*, în "Riscuri și catastrofe", vol. I (editor V. Sorocovschi), Edit. Casa Cărții de Știință, Cluj Napoca, p. 11-23
- Smith K. (1996), *Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster*, Routledge, London, 389 p.
- Voiculescu M. (2002), *Fenomene geografice de risc în Masivul Făgăraș*, Edit. Brumar, Timișoara, 231 p.
- Zăvoianu I., Dragomirescu Ș. (1994), *Asupra terminologiei folosite în studiul fenomenelor naturale extreme*, St. cerc. geogr., XLI, p. 59-65
- \* \* \* (1992), *International Agreed Glossary of Basic Terms Related to Disaster Management*, UN-DHA, IDNDR, Geneva, 83 p.
- [www.unisdr.org](http://www.unisdr.org) International Strategy for Disaster Reduction

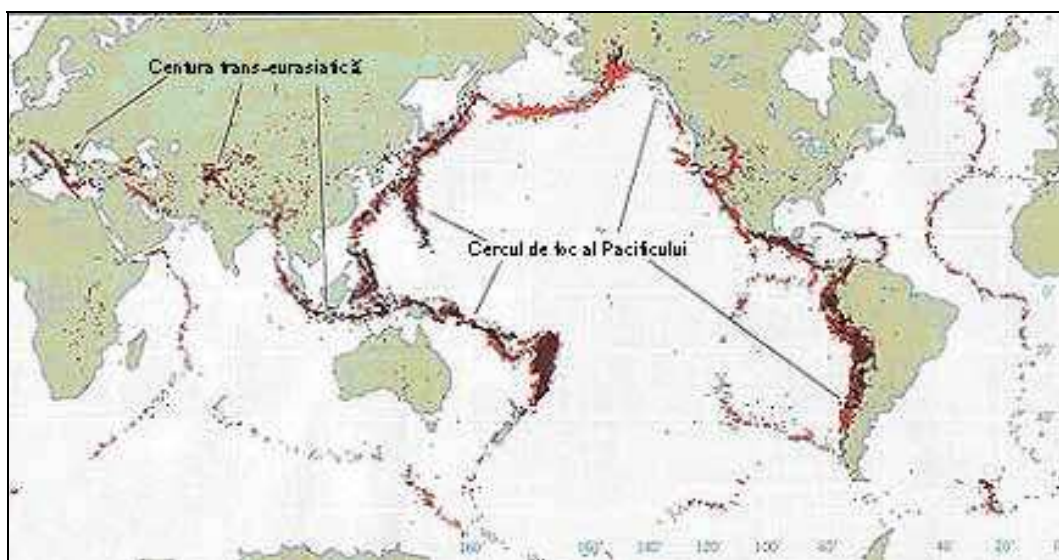


## 2. HAZARDE GEOLOGICE ȘI GEOFIZICE

### 2.1. Hazarde seismice

Cutremurul este cauzat de eliberarea bruscă a energiei acumulate în scoarța terestră. Ariile de maximă frecvență a cutremurelor poartă numele de zone seismice.

Aproape 90% din cutremurele de pe glob se întâlnesc în două zone distincte: (1) „Cercul de foc” al Pacificului și (2) Indonezia-Himalaya-Orientul Mijlociu-Alpi-vestul Mediteranei-nordul Africii.



**Fig. 1.** Distribuția geografică a cutremurelor

Cele mai numeroase cutremure sunt datorate dinamicii interne a scoarței terestre. *Cutremurele tectonice* (90% din totalul cutremurelor produse) sunt legate de contactul dintre plăcile tectonice. *Cutremurele vulcanice* (7% din numărul de cutremure) preced sau însoțesc erupțiile vulcanice, fiind determinate de deplasarea magmei, dar au în general efecte locale.

De asemenea, unele cutremure rezultă în urma activității umane (extracția mineralelor și petrolului, injectarea diferitelor substanțe fluide în scoarță, amenajarea lacurilor de acumulare, explozii puternice, prăbușirea unor construcții mari, etc.). De obicei, pentru asemenea evenimente se folosește noțiunea de *seismicitate indusă*, apărută în urma modificării presiunilor la care sunt supuse rocile. Cutremurele declanșate pe această cale rar ating magnitudini mari (M-6.3 pentru barajul Koyna, India în 1967 sau M-7 pentru detonarea bombei nucleare Ivan, Uniunea Sovietică în 1961).

Tabel 1

## Cele mai distrugătoare cutremure înregistrate pe glob (peste 70.000 victime)

Data	Localizarea	Victime	Mag.	Observații
23 ianuarie 1556	Shansi (China)	830.000	8.0	
27 iulie 1976	Tangshan (China)	242.000	7.5	655.000 victime (neoficial)
9 august 1138	Alep (Siria)	230.000		
22 mai 1927	Xining (China)	200.000	7.9	Fracturi mari
22 decembrie 856	Damghan (Iran)	200.000		
16 decembrie 1920	Gansu (China)	180.000	8.6	Fracturi majore, alunecări de teren
26 decembrie 2004	Sumatra	153.200	9.0	Tsunami
23 martie 893	Ardabil (Iran)	150.000		
1 septembrie 1923	Kwanto (Japonia)	143.000	7.9	Marele incendiu din Tokyo
5 octombrie 1948	Ashgabat (Turkmenistan)	110.000	7.3	
28 decembrie 1908	Messina (Italia)	100.000	7.5	Tsunami
septembrie 1290	Chihli (China)	100.000		
noiembrie 1667	Shemakha (Caucaz)	80.000		
18 noiembrie 1727	Tabriz (Iran)	77.000		
8 octombrie 2005	Kashmir (Pakistan)	73.000		
1 noiembrie 1755	Lisabona (Portugalia)	70.000	8.7	Tsunami
25 decembrie 1932	Gansu (China)	70.000	7.6	

### 2.1.1. Efectele cutremurelor și hazardele legate de acestea

În funcție de localizarea și mărimea lor, cutremurele determină fenomene fizice de vibrație a terenului, falieri de suprafață, procese geologice dinamice și, în unele regiuni de coastă, valuri uriașe (tsunami). Uneori, șocul principal poate fi urmat de cutremure mai mici, sub formă de replici, după câteva ore, luni sau chiar câțiva ani.

#### a) Vibrațiile terenului

Patru caracteristici principale influențează nivelul pagubelor provocate de vibrațiile produse de un cutremur: mărimea, atenuarea, durata și răspunsul terenului. Amplitudinea vibrațiilor terenului este legată de distanța față de epicentrul cutremurului (punctul de la suprafață situat deasupra focarului).

**Mărimea cutremurului** poate fi exprimată prin intensitate și magnitudine. Intensitatea (exprimată în cifre romane) reprezintă efectul aparent al unui cutremur, iar magnitudinea (exprimată în cifre arabe) este legată de cantitatea de energie eliberată. În timp ce un cutremur poate avea o valoare unică a magnitudinii, el poate avea mai multe intensități, care afectează diferit comunitățile umane.

*Intensitatea* este estimată conform unor scări variate, folosite în diferite regiuni ale lumii: scara Mercalli Modificată în SUA; scara Macroseismică Europeană, în Europa; scara Shindo, în Japonia și Taiwan; scara MSK-64, în India, Israel și fosta Uniune Sovietică.

Efectele observate la suprafața terestră (intensitatea) depind de adâncimea focarului, distanța față de acesta, durata cutremurului și condițiile geologice inițiale.

Scara Richter (1956), care exprimă *magnitudinea*, este cel mai frecvent utilizată pentru evaluarea cantitativă a mărimii cutremurelor.

$$\log_{10}E = 11.8 + 1.5 M$$

în care, E – energia eliberată (ergi); M – magnitudinea pe scara Richter (până la 9.5).

Natura logaritmică a scării Richter arată faptul că energia eliberată sau mărimea cutremurului crește de 32 de ori pentru fiecare grad întreg de magnitudine.

Tabel 2

Cele mai puternice cutremure din ultimul secol

	Localizare	Data	Magnitudine	Coordonate	
1	Chile	22.05.1960	9.5	38.24 S	73.05 V
2	Prince William Sound (Alaska)	28.03.1964	9.2	61.02 N	147.65 V
3	I-lele Andreanof (Alaska)	09.03.1957	9.1	51.56 N	175.39 V
4	Kamchatka	04.11.1952	9.0	52.76 N	160.06 E
5	NV Sumatra	26.12.2004	9.0	3.30 N	95.78 E

**Atenuarea** se referă la descreșterea amplitudinii undelor seismice pe măsura îndepărtării de locul de producere al cutremurului. Este influențată de tipul materialelor și structurilor străbătute de unde (mediul de transmitere) și de magnitudinea cutremurului. Spre exemplu, cutremurul din 1811 care s-a produs la New Madrid (SUA) a fost resimțit pe o suprafață mult mai mare decât cel de la San Francisco (1906), deși magnitudinea celui din urmă a fost mai mare.

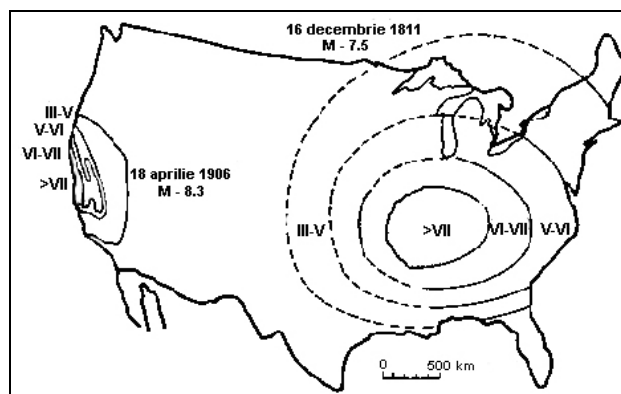


Fig. 2. Izoeste ale cutremurelor de la San Francisco din 1906 și New Madrid din 1811 (Algermissen, 1984)

Undele seismice se propagă cu viteză mai mare și pe suprafețe întinse în rocile compacte față de cele afânate. De asemenea, trebuie menționat că la fel de importantă este și grosimea profilului depozitelor sedimentare. La o grosime a depozitelor sedimentare de câteva sute de metri, capacitatea de absorbție a materialelor predomină față de efectele de amplificare ale stratelor de la suprafață. Este cazul văii Rinului (Berz *et al*, 2001).

**Durata** unui cutremur se referă la intervalul de timp, măsurat în secunde (de la câteva secunde până la zeci de secunde), în care se produc și se transmit undele seismice. De obicei cutremurele mai puternice au durate mult mai mari decât cele mici, de aici rezultând și diferențierile mari în ceea ce privește nivelul pagubelor.

**Răspunsul terenului** exprimă reacția condițiilor geologice locale (proprietățile fizice ale rocilor, structura geologică, adâncimea și umiditatea solului, tipul de depozite) față de transmiterea undelor seismice, care duce la reducerea sau amplificarea mișcărilor terenului.

Se cunoaște faptul că fiecare construcție are o perioadă proprie de vibrație, care crește proporțional cu înălțimea. Dacă această perioadă coincide cu perioada de vibrație a terenului, clădirea va intra în rezonanță, rezultând efecte catastrofale asupra construcției (Mândrescu, 2000).

Astfel de efecte au fost constatate în timpul cutremurului din 1985 care a afectat orașul Mexico City (de unde și denumirea de „efectul Mexico-City”), unde depozitele lacustre, afânate, au amplificat perioadele oscilațiilor seismice, aducându-le la valori apropiate de perioadele proprii de vibrație ale clădirilor înalte, înregistrându-se o accelerație a terenului de 1,2g, de 30 de ori mai mare decât valoarea inițială. Drept rezultat, un număr de structuri din beton armat, considerate rezistente la cutremure, având între 10 și 20 etaje, s-au prăbușit, producând 8.000 victime.

#### **b) Falierea de suprafață**

Falierea de suprafață reprezintă deplasarea sau secționarea suprafeței terestre prin mișcări diferențiate în lungul unei falii, în timpul unui cutremur. Acest efect este, în general, asociat cutremurelor cu  $M > 5.5$ . Deplasările variază de la câțiva milimetri până la câțiva metri, iar nivelul pagubelor crește direct proporțional cu creșterea deplasării. Pagube semnificative apar, de obicei, doar pe o fâșie de până la 300 m lățime în lungul faliei, deși în unele cazuri se pot întâlni procese similare de falieri până la 3 sau 4 km față de falia principală. Lungimea rupturii la suprafață poate ajunge până la câteva sute de km.

În afară de clădiri, susceptibile la pagube sunt structurile lineare (șosele, căi ferate, poduri, tuneluri și linii de transport a petrolului și gazelor), care intersectează linii de falie.

#### **c) Procese geologice dinamice declanșate de cutremure**

- *Deplasări în masă*

Cutremurele reprezintă adesea o importantă cauză în pregătirea și declanșarea proceselor de deplasare în masă. Stabilitatea versanților, în timpul seismelor, este afectată de reducerea rezistenței depozitelor prin pierderea coeziunii structurale și prin creșterea presiunii apei din pori. Se pot declanșa imediat procese de deplasare în masă (în depozite neconsolidate) sau, prin apariția de fisuri, se pot crea condiții favorabile declanșării, după un anumit interval de timp, a unor astfel de procese. Una din regiunile în care deplasările în masă cunosc o amploare deosebită este situată în Munții Anzi din America de Sud.

În timpul cutremurului din 1970, în masivul Huascaran din Peru, s-a produs o *avalanșă de roci și gheață* în urma căreia au fost acoperite orașele Yungay și Ranrahirca, rezultând 18.000 morți.

*Prăbușirile* constituie procesele cu cea mai largă răspândire. Versanții puternic înclinați ( $> 40^\circ$ ) furnizează diferite cantități de roci care se pot deplasa prin cădere liberă

sau rostogolire. Spre exemplu, cantitățile desprinse datorită cutremurului din 4 martie 1977 din România au fost de circa 20-50 de ori mai mari decât cantitatea medie anuală furnizată de versanți în condiții normale, pentru Carpații și Subcarpații Buzăului (Bălțeanu, 1979).

Cutremurele produc fie reactivarea *alunecărilor și curgerilor de noroi* existente, fie apariția altora noi, chiar în condițiile în care precipitațiile nu depășesc valorile medii multianuale. Acestea au produs însemnate pagube materiale în timpul cutremurelor din Chile (1960), Alaska (1964), Kobe (1995). La 4 februarie 1976 un cutremur a declanșat în Guatemala cel puțin 10.000 de alunecări de teren, care au distrus 500 de case și au ucis 200 de persoane (Mărunțeanu, 1994).

- *Lichefierea*

Fenomenul prin care depozitele sedimentare, datorită trepidațiilor, își pierd temporar coeziunea și se comportă ca un fluid, poartă numele de lichefiere. Ea este caracteristică anumitor condiții geologice și hidrologice, în special în arealele cu nisipuri și argile care s-au depus în ultimii 10.000 ani, cu nivelul hidrostatic situat la adâncime redusă, de obicei până în 10 m. Asemenea condiții se întâlnesc în deltele holocene, albiile râurilor, depozitele de luncă, materialele eoliene și umpluturile puțin compacte.

Lichefierea reprezintă un factor major în pagubele provocate de cutremurele produse în Japonia, China, Chile, California, Alaska, India.

Cutremurul din 1964 de la Niigata (Japonia) a evidențiat efectele lichefierii excesive asupra unui oraș mare. Orașul a fost înălțat pe depozite nisipoase în lungul râului Shinano. În timpul cutremurului, câteva blocuri de patru etaje s-au înclinat sau chiar răsturnat, rămânând totuși intacte. În total, au fost distruse 3018 case și afectate 9750 (Mărunțeanu, 1994).



**Fig. 3.** Clădiri distruse de lichefierea solului în urma cutremurului de la Niigata, 1964 ([www.ce.washington.edu](http://www.ce.washington.edu))

***Impactul cutremurelor asupra societății omenеști*** este mult mai profund decât pot arăta statisticile cu privire la numărul victimelor și valoarea pagubelor materiale. De exemplu, rănirea sau invaliditatea, pierderea unui membru al familiei sau a locului de muncă, distrugerea locuinței sau mutarea într-o tabără de sinistrați, toate au consecințe greu de estimat pe termen lung.

Deși nivelul pagubelor materiale este direct proporțional cu mărimea cutremurelor, există o relație strânsă și cu gradul de dezvoltare economică a țărilor afectate. Spre exemplu, prin compararea a două cutremure de magnitudini apropiate ce s-au înregistrat în regiuni cu numărul de locuitori relativ asemănător, rezultă diferențieri semnificative. Astfel, cutremurul din Armenia (1988;  $M = 6,9$ ) a produs peste 25.000 victime, în vreme ce cutremurul Loma Prieta din SUA (1989;  $M = 7,1$ ) doar 63 de victime.

De asemenea, valoarea pagubelor materiale afectează mult mai grav economiile țărilor în curs de dezvoltare, față de cele ale țărilor dezvoltate. Astfel, cutremurul din Guatemala (1976;  $M = 7,9$ ) a produs distrugerii de 1,1 miliarde dolari, aproape cât întregul venit anual al țării, iar cutremurul din El Salvador (1986;  $M = 5,4$ ) a determinat pagube de 1,5 miliarde dolari, aproximativ 31% din PIB. În contrast, cutremurul din Italia (1980;  $M = 6,9$ ), deși a produs distrugerii materiale de 10 miliarde dolari, acestea nu reprezintă decât 7% din PIB, iar Loma Prieta (1989;  $M = 7,1$ ) a produs pagube de 8 miliarde dolari, ce reprezintă doar 0,2% din PIB (Mândrescu, 2000).

### **2.1.2. Predicția cutremurelor**

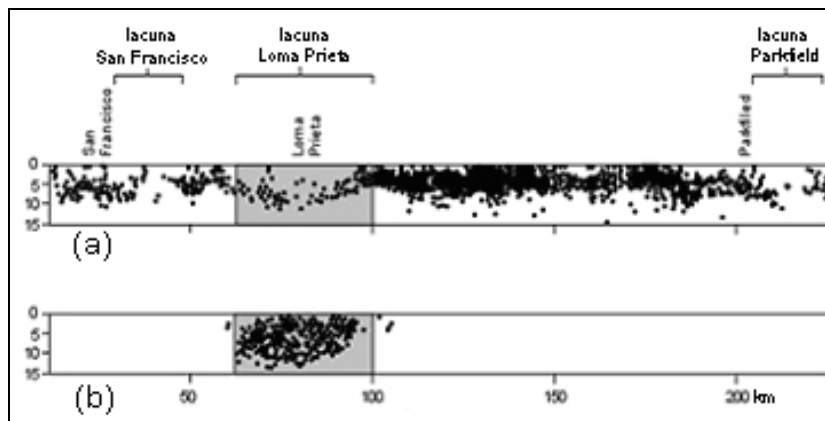
O predicție reușită impune precizarea datei, locului și magnitudinii unui cutremur, pentru un interval de timp de zile, cel mult săptămâni. Însă, în ciuda numărului mare de cercetători implicați (în special în California și Japonia) și a investițiilor considerabile, predicții credibile nu sunt încă disponibile.

Trebuie făcută o distincție între previziunea unui cutremur făcută de oamenii de știință, pe baza metodelor probabilistice sau deterministice, și alarmele false ce pot provoca pagube economice și sociale foarte grave, uneori la fel de însemnate ca și cele care s-ar fi produs în timpul unui cutremur. Spre exemplu, în 1980 s-a prezis eronat că, în următoarele nouă luni, în Peru și nordul statului Chile se va produce cel mai distrugător cutremur al secolului trecut. Prin intermediul mijloacelor mass-media, populația a fost informată și s-au luat o serie de măsuri de precauție. Dar, cu toate pregătirile, cutremurul așteptat nu s-a produs, iar costurile totale, inclusiv pierderile de venit din turism, au fost estimate la aproximativ 50 mil. \$ (Smith, 1996).

S-au înregistrat unele progrese în prognoza regională și pe termen lung. Analiza modului de apariție a cutremurelor anterioare, de-a lungul faliilor majore, a condus la ceea ce se cunoaște drept teoria „lacunei seismice”. Potrivit acesteia, cutremurele majore (cu magnitudine peste 7 pe scara Richter) nu se produc în același loc în lungul faliei, până când nu a trecut o perioadă de timp suficientă (de obicei câteva decenii) pentru ca tensiunea să se acumuleze. În principalele regiuni seismice, aceste zone „liniștite” pot sugera locul unui viitor șoc seismic. Confirmând teoria lacunei seismice, o serie de lacune identificate în apropierea coastelor Alaskăi, Mexicului și Americii de Sud au cunoscut cutremure mari în ultimele decenii. În plus, comportarea unor falii apare surprinzător de constantă: sunt areale unde apar cutremure în același loc, dar la distanță de decenii în timp și au caracteristici aproape identice.

Proгноza de acest tip se referă doar la areale relativ întinse, în care se va produce un potențial cutremur, într-o anumită perioadă de timp. Au existat însă și previziuni încununate de succes ale unor cutremure, dar acestea nu sunt decât excepțiile care să confirme regula.

Predicția cutremurelor implică monitorizarea mai multor aspecte, care includ: frecvența cutremurelor, înălțarea sau înclinarea ușoară a terenului, rezistivitatea electrică a rocilor, modificarea nivelului, chimismului apelor subterane și a emisiilor de gaze din pământ, comportamentul animalelor.



**Fig. 4.** Secțiune în lungul faliei San Andreas ce reliefează gradul de seismicitate: (a) înainte și (b) după 17 octombrie 1989 (*U.S. Geological Survey Circular 1045*)

Cel mai mare succes în domeniul predicției a fost în cazul cutremurului din 4 februarie 1975, Haicheng (China), când populația a fost evacuată cu șase ore înainte de producerea cutremurului (M-7.3). În aria din jurul epicentrului 50% din locuințe au fost distruse sau s-au prăbușit. Printre indicatorii analizați se numără modificarea adâncimii apei freatice, creșterea concentrației de radon, existența unor preșocuri și comportamentul neobișnuit al unor viețuitoare. Dar, din păcate, cutremurul catastrofal din anul următor nu a mai putut fi prevăzut, astfel că la 28 iulie 1976, în Tangshan, au fost 242.000 victime.

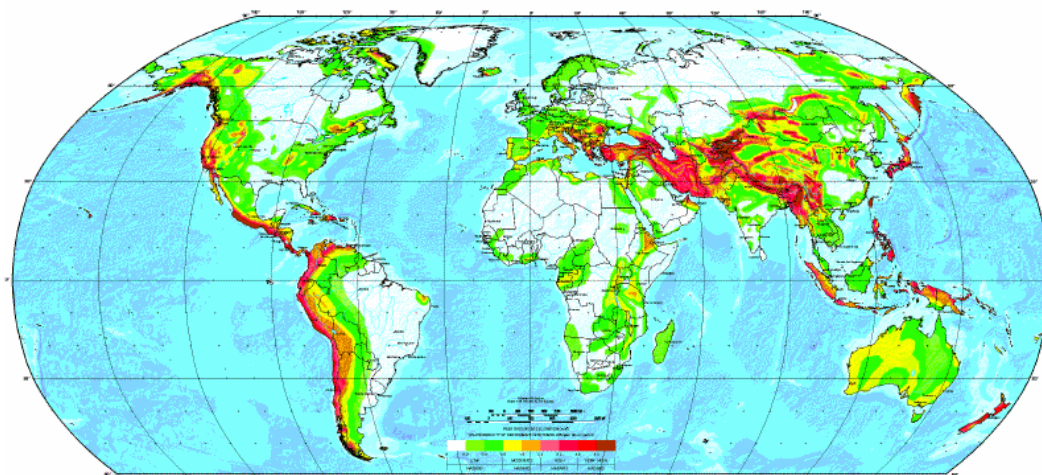
### 2.1.3. Evaluarea riscului seismic

Dacă în stadiul actual al cunoștințelor privind fenomenele seismice, nu se poate face nimic în ceea ce privește controlul proceselor tectonice, există, în schimb, o varietate de modalități în controlul riscului sau expunerii la apariția cutremurelor.

#### (1) Evaluarea hazardelor seismice

Se pornește de la informația geologică și geofizică existentă, la care se asociază observațiile din teren. Este necesar să se cunoască: tipul de rocă, rezistența diferită a structurilor construite, hărți de intensitate bazate pe pagubele înregistrate de cutremure în trecut, zonele de falie existente, harta sedimentelor recente și harta cu adâncimea pânzei freatice (pentru stabilirea susceptibilității la lichefiere).

În proiectul Global Seismic Hazard Assessment Program (GSHAP), desfășurat în cadrul IDNDR în perioada 1992-1998, s-a realizat o hartă a hazardului seismic pe baza accelerației maxime a terenului ( $>2 \text{ m/s}^2$ ) cu o probabilitate de apariție de 10% în 50 ani, adică o dată la 475 ani.



**Fig. 5.** Hazarde seismice la nivel global (GSHAP)

### **(2) Inventarierea elementelor la risc**

Se referă la distribuția spațială a structurilor și populației expuse hazardelor seismice. Include mediul construit (clădiri, căi de comunicații, poduri, linii de transport a apei, energiei electrice, construcții hidrotehnice), precum și densitatea populației.

Aproximativ 10 mil. km<sup>2</sup> (7,5% din suprafața uscatului terestru) și 1,2 mld. loc. (20% din populația lumii) este expusă la apariția unor cutremure catastrofale (*Disaster Risk Management*, 5).

### **(3) Evaluarea vulnerabilității**

Exprimă gradul de expunere a structurilor și populației la apariția diferitelor pagube cauzate de un cutremur. Este destul de dificil, dacă nu imposibil, de prevăzut pagubele ce pot apărea, deoarece acestea depind de epicentrul cutremurului, mărimea și durata sa. Cea mai bună evaluare este cea bazată pe analiza efectelor unui cutremur cu intensitate cunoscută în aria cercetată și relația acestuia cu structurile existente.

### **(4) Evaluarea riscului**

Prin combinarea hazardului și a vulnerabilității elementelor la risc se obține riscul specific, ce exprimă o valoare a costurilor asumate de populație. În perioada 1901-2006, în 1023 cutremure, s-au înregistrat în medie 1938 morți, 105.049 persoane afectate și pagube de 312 mil. dolari (CRED-EMDAT, 2006)

Limitarea efectelor negative ale cutremurelor vizează controlul calității mediului construit (95% din numărul victimelor apar în urma prăbușirii construcțiilor), adică respectarea disciplinei în construcții. În acest scop, proiectarea structurilor se realizează prin utilizarea unor *coduri* sau *standarde speciale*. La baza proiectării construcțiilor se află concepția potrivit căreia clădirile trebuie să reziste cutremurelor mici fără stricăciuni,



șocurilor moderate cu unele deteriorări, iar în timpul cutremurelor puternice pot înregistra distrugerii grave dar fără a se prăbuși (Mândrescu, 2000).

#### **2.1.4. Cutremurele din România**

Teritoriul țării noastre este caracterizat printr-o activitate seismică ridicată, legată de mai multe arii epicentrale: Vrancea, Munții Făgăraș, Banat, Oradea, litoralul sud-dobrogeran.

Cea mai importantă este *aria seismogenică Vrancea*, situată la curbura Carpaților, caracterizată prin *cutremure intermediare* cu focare situate la adâncimi de 90-160 km, generate de procese tectonice de subducție. Undele seismice sunt orientate predominant pe direcția NE-SV, afectând peste 50% din teritoriul țării noastre.

Celelalte arii epicentrale înregistrează *cutremure normale (crustale)*, produse la adâncimi relativ mici (10-30 km), dar cu magnitudini chiar de peste 5 grade pe scara Richter.

Cutremurele de pe teritoriul țării noastre au fost menționate în documente și cronici încă din secolul al V-lea (cel mai vechi cutremur despre care există informații a avut loc în anul 455). În ultimul mileniu, s-au manifestat 20 cutremure ( $M \geq 7$ ), unele dintre ele cu efecte semnificative asupra populației (Căescu, 2001, citat de Grecu, 2004), printre care se remarcă: *11 iunie 1738* (M-7.5), „cutremurul cel mare” din *26 octombrie 1802* (M-7.7), *11 ianuarie 1838* (M-7.3), *10 noiembrie 1940* (M-7.4) ce a produs 980 de morți, 4.000 de răniți și pagube de 10 mil. dolari, *4 martie 1977* (M-7.2), *31 august 1986* (M-7.0) și *30 mai 1990* (M-6.7).

Cutremurul din *4 martie 1977* (M-7.2) a cauzat 1571 de victime, 11.300 de răniți și pagube evaluate la peste 2 miliarde de dolari. Cele mai mari distrugerii au fost înregistrate în București (32 clădiri înalte prăbușite), dar și în orașele Craiova, Zimnicea, Turnu Măgurele, Iași, Bârlad, Tecuci. S-au produs alunecări de teren (27 case distruse în localitatea Slon), tasări și lichefierii (în lunca Dunării, la Combinatul chimic de la Giurgiu). Prin efectele sale, este cel mai distrugător cutremur care a afectat teritoriul României în perioada modernă.

Harta de *zonare seismică a teritoriului României* (fig. 6) s-a realizat pe baza valorilor coeficientului seismic al zonei ( $k_s$ ), care reprezintă raportul dintre accelerația maximă a mișcării seismice a terenului (cu o perioadă medie de revenire de circa 50 ani pentru zonele în care predomină influența focarului Vrancea și de ordinul a 100 ani pentru zonele în care predomină influența altor focare) și accelerația gravitației (*România. Calitatea solurilor și rețeaua electrică de transport – atlas geografic*, 2004).

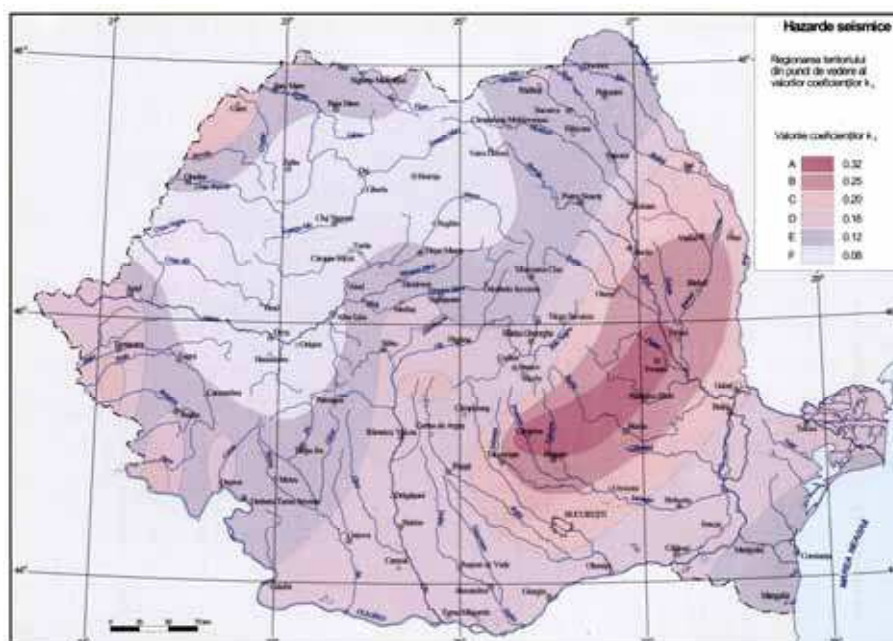


Fig. 6. Harta zonării seismice a teritoriului României

## 2.2. Tsunami

*Tsunami* ("tsu" = port, "nami" = val), reprezentând un val uriaș, se formează în mări deschise și oceane, provocând pagube serioase la distanțe de mii de kilometri de locul de origine. În mod obișnuit, un asemenea val nu depășește 1 m înălțime în largul oceanului. Are viteze foarte mari, care ajung la 900 km/h și lungimi de până la 500 km. Pe măsură ce se apropie de ape mai puțin adânci, viteza scade și energia se transformă în înălțime, uneori ajungându-se la 25 m, dar intervalul de timp dintre două valuri succesive rămâne neschimbat, de obicei între 20 și 40 minute.

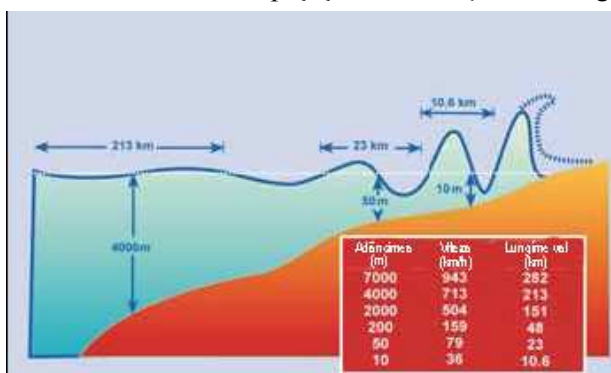


Fig. 7. Caracteristicile unui tsunami

Valurile uriașe sunt cauzate de deplasarea bruscă a unor compartimente ale scoarței terestre datorită cutremurelor și mai rar erupțiilor vulcanice și alunecărilor submarine.

Cel mai distrugător tsunami din Oceanul Pacific a fost produs de cutremurul din Chile (22 mai 1960). Toate orașele situate pe litoral între 36 și 44° latitudine sudică au fost distruse sau serios avariate. În Chile, acțiunea combinată a cutremurului și valurilor uriașe a determinat 2000 victime, 3000 răniți, 2 milioane de persoane au rămas fără adăpost și pagube de 550 milioane dolari. De asemenea, tsunami au cauzat victime (61 în Hawaii, 20 în Filipine, 138 în Japonia) și pagube materiale (50 milioane dolari în Japonia, 24 milioane dolari în Hawaii) la distanțe extrem de mari de locul producerii cutremurului, unde au atins înălțimi semnificative (12 m în insulele Pitcairn, 11 m în Hawaii, 6 m în Japonia).

În anul 1883, o serie de erupții vulcanice în Krakatoa a generat un puternic tsunami, ce a afectat în principal insulele Java și Sumatra. Valurile, cu înălțimi de 15-36 m, au scufundat 5000 vase și au distrus 300 sate, rezultând circa 36000 victime. Specialiștii cred că valurile au traversat de 2-3 ori globul terestru.

Efecte mai ales pe plan local au tsunami generate de alunecări. În anul 1958, un cutremur a provocat deplasarea unei mase uriașe de gheață și roci (circa 81 milioane tone) în Golful Lituya (Alaska). Alunecarea a creat un val cu o înălțime surprinzătoare – 350-500 m – cea mai mare înregistrată vreodată, ce a distrus în totalitate vegetația de arbori și arbuști de pe versanții din jur, dar în mod miraculos nu s-au înregistrat decât două victime.

Tabel 3

Cele mai distrugătoare tsunami înregistrate pe glob

Data	Localizarea	Victime
2004	Cutremur și tsunami în Oceanul Indian (Indonezia, India, Sri Lanka, Thailanda, Somalia, Myanmar)	226.000
1755	Cutremurul de la Lisabona (tsunami și incendii în Portugalia și Maroc)	100.000
1908	Cutremur și tsunami la Messina (Italia)	70.000
1782	Marea Chinei de Sud	40.000
1883	Explozia vulcanului Krakatoa	36.000
1707	Tokaido-Nankaido (Japonia)	30.000
1826	Japonia	27.000
1868	Chile	25.674
1896	Sanriku (Japonia)	22.070
1792	Erupția vulcanului Unzen (sud-vestul insulei Kyushu, Japonia)	15.030
1771	Fosa Ryukyu	13.486

**Efectele negative** produse de tsunami rezultă, în primul rând, din impactul direct al valurilor uriașe: (1) morți și răniți; (2) case distruse total sau parțial, prin erodarea fundațiilor în urma inundațiilor; (3) deplasarea, avarierea sau distrugerea ambarcațiunilor din porturi; (4) distrugerea instalațiilor marine; (5) pagube utilităților publice, cum ar fi căi ferate, șosele, centrale electrice, bazine de alimentare cu apă. De asemenea, nivelul pagubelor este amplificat de: (1) incendierea caselor, vaselor, tancurilor petroliere, stațiilor de pompare a petrolului; (2) poluarea mediului prin diferite materiale care plutesc

pe apă, petrol sau alte substanțe; (3) izbucnirea unor epidemii de proporții, mai ales în arealele dens populate.

Efectele valurilor uriașe pot fi puternic amplificate de configurația locală a liniei de țărm și de topografia fundului marin. Deoarece nu există o metodologie precisă în definirea acestor efecte, este important să se studieze datele istorice și să se determine dacă o anumită secțiune de coastă a fost supusă acțiunii unor astfel de valuri și care a fost înălțimea atinsă.

**Tsunami din Oceanul Indian.** Cel mai distrugător tsunami din istoria modernă a fost generat de cutremurul submarin (M=9) produs la 100 km vest de insula Sumatra, la 26 decembrie 2004, ora locală 7:58, cu hipocentrul situat la 30 km sub nivelul mării.

S-au format mai multe valuri uriașe (cu înălțimi de 3-15 m) pe un front larg de 1200 km, cu direcție vest-est, ce au afectat direct teritoriul a 12 state (Indonezia, Sri Lanka, India, Thailanda, Maldive, Malayezia, Myanmar, Bangladesh; Somalia, Tanzania, Seychelles, Kenya) de pe două continente, dar și indirect Australia și Europa, prin faptul că o serie de turiști se aflau în vacanță (cele mai mari pierderi umane din istoria Suediei). Dezastrul s-a soldat cu: 226.408 morți, 42.000 răniți, 1.894.300 persoane afectate (inclusiv rămase fără locuințe) și pagube materiale de peste 7,7 miliarde dolari (Guha-Sapir *et al.*, 2006), la care se adaugă impactul ecologic negativ (asupra ecosistemelor naturale, apelor freatice, solurilor).

Valoarea fără precedent a distrugerilor a fost legată de o serie de aspecte particulare: densități ridicate ale populației în regiunile joase de coastă ale Oceanului Indian; distanța scurtă de la epicentru la regiunile populate, adică un timp scurt pentru avertizare (valurile au lovit Sumatra după 20 min, Sri Lanka și Thailanda după 2 ore); lipsa unui sistem de avertizare tsunami; țări slab dezvoltate, cu o infrastructură vulnerabilă și fără măsuri de prevenire a dezastrelor; puține cunoștințe privind apariția unor tsunami în această regiune (de la erupția vulcanului Krakatoa din 1883, nu au mai avut loc astfel de evenimente).



**Fig. 8.** Imagini înainte (A) și după (B) tsunami, Banda Aceh, Sumatra (Indonezia)

Dacă apariția acestor tsunami nu poate fi prevenită, nu rămâne decât monitorizarea constantă a oceanelor pentru avertizarea populației cu suficient timp înainte pentru o posibilă evacuare. Însă asemenea avertizări nu pot preîntâmpina distrugerile suferite de vapoare, clădiri, amenajări portuare.

Pentru protecția regiunilor expuse la tsunami, a fost creat un *sistem de avertizare tsunami* (internațional și regional) ce cuprinde o rețea de senzori pentru detectarea valurilor uriașe și o infrastructură de comunicații prin care să fie alertată populația din timp, în scopul evacuării regiunilor de coastă.

După catastrofalul tsunami din insulele Aleutine de la 1 aprilie 1946, soldat cu 165 victime în Hawai și Alaska, în 1949 s-au pus bazele unui Sistem Internațional de avertizare pentru Oceanul Pacific – Pacific Tsunami Warning Center (PTWC) – cu sediul în Ewa Beach (Hawai). Din 1965, coordonarea internațională este asigurată de Comisia Oceanografică Interguvernamentală din cadrul UNESCO.

Ca răspuns la devastatorul tsunami produs în Oceanul Indian (2004), Națiunile Unite au decis, în cadrul unei conferințe desfășurate în ianuarie 2005 la Kobe (Japonia), stabilirea unui Sistem de avertizare tsunami pentru Oceanul Indian. În prezent, numără 27 membri, având sediul la Perth (Australia). De asemenea, în iunie 2005, s-a creat și un Sistem de avertizare tsunami pentru nord-estul Oceanului Atlantic și bazinul Mediteranei.

### **2.3. Hazarde vulcanice**

Deși cenușa provenită de la erupții vulcanice foarte mari, cum ar fi Krakatoa, poate înconjura pământul pentru câteva zile, modificând valoarea radiației solare, pagube serioase se înregistrează pe arii mult mai restrânse decât în cazul inundațiilor sau cutremurelor. Totuși erupțiile vulcanice pot produce victime și distrugerii materiale considerabile datorită faptului că, în cele mai multe cazuri, există o concentrare mare de populație la poalele vulcanilor, atrasă de cultivarea intensă a solurilor fertile (mai ales în zonele tropicale). Aproximativ 200.000 de persoane și-au pierdut viața în ultimii 500 de ani, din care mai mult de jumătate în urma erupției a trei vulcani: Tambora, Krakatoa și Mont Pelée.

Pe Terra există peste 600 de vulcani activi (care au erupt cel puțin o dată în timpurile istorice), situați în zone de subducție, în zone de rift și în „puncte fierbinți”.

Cei din zonele de subducție sunt cei mai numeroși. În majoritate, aceștia se află în „Cercul de foc al Pacificului”, care se extinde în Indonezia, Japonia, insulele Aleutine, insulele Kurile, Filipine, în America Centrală și în vestul Americii de Sud și de Nord. În aceeași categorie se încadrează și vulcanii din Italia, Vezuviu și Etna.

În lungul zonelor de rift, se întâlnesc vulcani în estul Africii (riftul est african) și în partea centrală a Oceanului Atlantic.

Vulcanii din punctele fierbinți, ce apar în interiorul plăcilor tectonice acolo unde scoarța este mai subțire, se găsesc în insulele Hawai.

Tabel 4

## Erupții vulcanice semnificative

Anul	Vulcanul	Impactul
1815	Tambora (Indonezia)	10.000 victime, iar mai târziu 82.000 au murit de foame. S-a format o calderă de 6 km în diametru. Cenușa aruncată până la 45 km înălțime a redus mult temperatura în nordul Americii și Europei în vara anului următor.
1883	Krakatoa (Indonezia)	2.700 victime în momentul exploziei și peste 32.000 ulterior, datorită formării unor valuri uriașe de 30 m, ce au distrus 300 așezări; a dispărut orice formă de viață în insulă; cenușa s-a înălțat până la 80 km, înconjurând Pământul de mai multe ori și creând un întuneric total pe o rază de 150 km pentru două zile; zgomotul s-a auzit până la 5000 km.
1902	Mont Pelée (Martinica)	29.000 victime cauzate de norii arzători și lahare, ce au îngropat orașul St.Pierre; 58 km <sup>2</sup> de terenuri distruse.
1951	Lamington (Noua Guinee)	3.000 victime, în principal datorită apariției unor nori arzători; o suprafață de 68 km <sup>2</sup> a fost distrusă.
1982	El Chichon (Mexic)	4.000 victime, datorită prăbușirii și incendierii locuințelor de către materialele incandescente; cenușa aruncată până la 35 km a determinat o scădere a temperaturii aerului în America de Nord și Europa, în special iarna.
1985	Nevado del Ruiz (Columbia)	23.000 victime; datorită exploziei s-a topit calota de gheață rezultând lahare care au distrus orașul Armero.
1986	Lacul Nyos (Camerun)	1.700 victime, datorită asfixierii cu CO <sub>2</sub> , pe o suprafață de 30 km <sup>2</sup> în jurul lacului.
1991	Pinatubo (Filipine)	1.000 victime; cenușile vulcanice, împrăștiate pe o rază de 30 km, au atins peste 1 m grosime, afectând peste 1 milion de oameni.

### 2.3.1. Tipuri de vulcani și erupții vulcanice

Formarea unui vulcan este controlată de o serie de variabile, între care importante sunt tipul de magmă (ce influențează tipul de erupție) și natura materialului expulzat. Astfel, în funcție de cantitatea de lavă și tephra, vulcanii prezintă o mare variabilitate din punct de vedere morfologic:

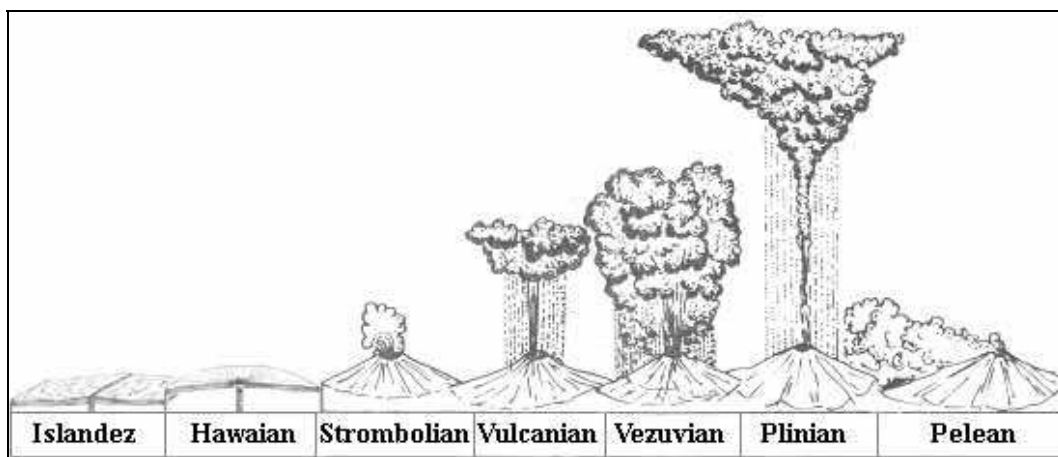
(1) *con de piroclastite* – este cel mai simplu tip de vulcan, de dimensiuni reduse, compus din particule rezultate în urma consolidării lavei acide, expulzate printr-un singur crater. În timpul exploziei, lava se fărâmițează în aer, în mici fragmente (piroclastite – cenușă, zgură, piatră ponce), care se solidifică și cad în jurul craterului, formând un con circular sau oval.

(2) *vulcan-scut* – constituit în întregime din succesiuni de curgeri de lave fluide. Are pante extrem de reduse și suprafață mare, formând adevărate platouri de bazalte. La partea superioară se află un crater central și o serie de crăpături radiale (ex. Mauna Loa).

(3) *stratovulcan (vulcan compus)* – format din alternanțe repetate de curgeri de lave și depozite piroclastice, ca urmare a desfășurării unei activități vulcanice mixte. Este tipul

clasic de con, cu pante concave uniforme și un crater adânc în vârf (ex. Fuji, Cotopaxi, St. Helens).

(4) *calderă* – depresiune de mari dimensiuni, rezultată prin procese de subsidență sau prăbușire în urma unor erupții catastrofale (ex. Santorin).



**Fig. 9.** Tipuri de erupții vulcanice

Natura erupției depinde de compoziția magmei și conținutul ei în gaze dizolvate. Astfel, magmele fluide, bogate în fier și magneziu, eliberează ușor gazele și ajung la suprafață sub formă de lave liniștite. În schimb, magmele vâscoase, bogate în silicați, rețin gazele până la presiuni mari, provocând erupții explozive.

(1) *tipul islandez* – emisii liniștite de lave fluide, pe fisuri lungi. Se produc, de obicei, pe terenuri plate, iar lavelle, în cantități enorme, curg pe distanțe foarte mari, formându-se platouri bazaltice. Ex. Laki (Islanda).

(2) *tipul hawaian* – emisii tot liniștite de lave fluide, în mare parte pe fisuri, dar subordonate unor centre de erupție ce impun structuri vulcanice de tip central. Periodic apar proiecții locale de lave, cauzate de eliberarea bruscă a gazelor. Ex. Kilauea (Hawai).

(3) *tipul strombolian* – lave mai vâscoase, care produc explozii moderate, ritmice sau aproape continui, în cadrul cărora sunt emise gaze și, mai ales, vapori. Deasupra vulcanului se formează nori albi, datorită lipsei cenușii vulcanice. Ex. Stromboli (Italia).

(4) *tipul vulcanian* – evacuarea unor lave foarte vâscoase, care se solidifică repede la suprafață. Gazele acumulate sub dopul de lavă produc explozii puternice. Rezultă adesea nori negri formați din materiale piroclastice. Ex. Vulcano (Italia) și Paricutin (Mexic).

(5) *tipul vezuvian* – alternanță de explozii foarte violente cu perioade de calm total. Datorită perioadei lungi de inactivitate, magma este puternic încărcată cu gaze, ce formează presiuni mari în profunzime. Ex. Vezuviu (Italia).

(6) *tipul plinian* – expulzarea cu maximă violență a unui imens volum de lavă și de gaze, care ajung în păturile înalte ale atmosferei. Explozia poate modifica puternic structura vulcanului preexistent. Ex. Pinatubo (Filipine), Krakatoa (Indonezia).

(7) *tipul pelean* – lava vâscoasă se consolidează repede în coș, formând un dom sau dop. Erupțiile sunt însoțite de nori arzători, constituiți dintr-un amestec de gaze, lavă și fragmente de roci incandescente, care se revarsă pe pantele vulcanului. Ex. St. Helens (SUA), Mt. Pelee (Martinica).

### 2.3.2. Magnitudinea erupțiilor vulcanice

Pentru evaluarea mărimii relative a unei erupții vulcanice de tip exploziv, Newhall și Self (1982) au stabilit **indicele de explozivitate vulcanică** (VEI – Volcanic Explosivity Index), un indice semicantitativ privind magnitudinea unei erupții vulcanice, care integrează date cantitative cu descrieri subiective ale observatorilor. Acesta combină o serie de factori, care includ: volumul total al produselor vulcanice, înălțimea norului eruptiv, durata erupției, injecția troposferică și stratosferică, precum și o serie de termeni descriptivi calitativi. Este un simplu indice numeric al magnitudinii exploziei, ce variază de la 0 la 8.

Tabel 5

Scara magnitudinii erupțiilor vulcanice

VEI	Descriere	Înălțimea fumului	Volumul	Clasificarea	Periodicitate	Număr erupții	Exemple
0	neexplozivă	<100 m	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	hawaian	zilnică	755	Kilauea
1	ușoară	100 - 1000 m	10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup>	hawaian/ strombolian	zilnică	963	Stromboli, Nyragongo
2	explozivă	1-5 km	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	strombolian/ vulcanian	săptămânală	3631	Galeras, Ruapehu
3	severă	3-15 km	10 <sup>7</sup> m <sup>3</sup>	vulcanian	anuală	924	Ruiz
4	cataclismică	10 - 25 km	10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	vulcanian/ plinian	zeci de ani	307	Galunggung Mt. Pelee
5	paroxismică	>25 km	1 km <sup>3</sup>	plinian	sute de ani	106	St. Helens
6	colosală	>25 km	10 km <sup>3</sup>	plinian/ ultraplinian	sute de ani	46	Krakatoa, Vezuviu
7	super-colosală	>25 km	10 <sup>2</sup> km <sup>3</sup>	ultraplinian	mii de ani	4	Tambora, Baitoushan
8	mega-colosală	>25 km	10 <sup>3</sup> km <sup>3</sup>	ultraplinian	zeci de mii de ani	0	Toba, Yellowstone

### 2.3.3. Tipuri de hazarde vulcanice

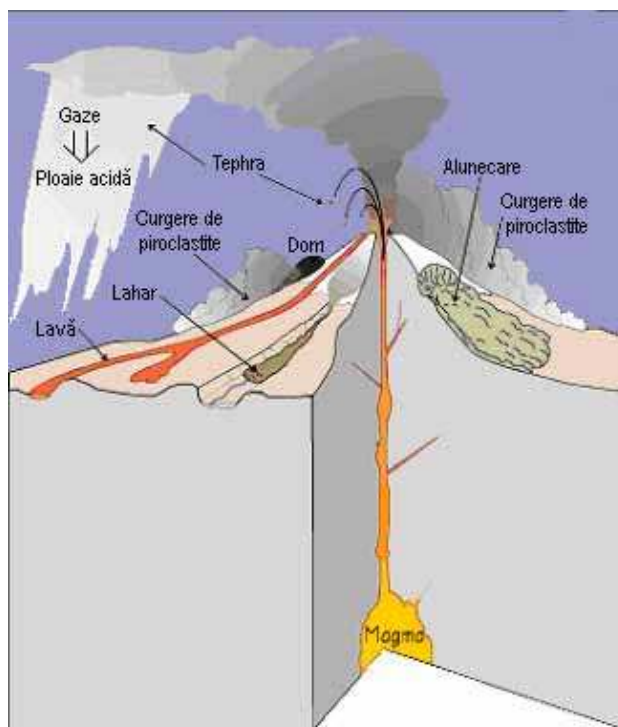
În funcție de periodicitatea erupțiilor, se disting hazarde *pe termen scurt* și *pe termen lung*. Hazardele pe termen scurt se referă la vulcanii care au erupt cel puțin o dată în ultimul secol (oamenii se pot aștepta la apariția unei erupții în timpul vieții lor). Hazardele pe termen lung au o frecvență mai mare de 100 de ani (Crandall *et al.*, 1984). Se mai poate adăuga o categorie a hazardelor *imnente*, în cazul în care evidențele geologice indică faptul că o erupție este de așteptat să se producă într-un an sau doi.



De asemenea, hazardele vulcanice se pot clasifica în: *primare* (asociate cu produsele expulzate prin erupțiile vulcanice) – curgeri de lavă, curgeri de piroclastite, căderi de cenuși vulcanice, emisia de gaze fierbinți; *secundare* – lahare, alunecări, tsunami, deformarea terenului (Smith, 1996).

Alexander (1993) distinge: hazarde *directe* (care cuprind procese de cădere, procese de curgere și alte procese) și hazarde *indirecte* (efecte atmosferice, lahare secundare, tsunami, eroziune și sedimentare posteruptivă, foamete și boli).

După Smithsonian Institute (Global Volcanism Program) și IAVCEI (International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior), vulcanii se împart în trei clase: (1) vulcani cu ultima erupție înainte de anul 1800 – de obicei sunt considerați vulcani stinși, dar au existat și unele excepții (Pinatubo a erupt în 1991, după circa 600 ani de la ultima erupție; El Chichon a fost considerat total stins până la erupția din 1982); (2) vulcani cu ultima erupție după anul 1800; (3) vulcani considerați periculoși (Berz *et al*, 2001).



**Fig. 10.** Vulcanul și hazardele vulcanice

**Hazardele vulcanice** cuprind căderi de tephra, fenomene piroclastice (curgeri, valuri), lahare (curgeri de noroi), curgeri de lavă, explozii freatice, emisii de gaze toxice sau corozive. Faptul că unii vulcani erup rar accentuează pericolozitatea acestora.

**(a) Căderi de tephra**

Termenul de tephra include totalitatea fragmentelor de roci, de diferite dimensiuni (cenușă, lapili, piatră ponce, bombe, blocuri) expulzate în atmosferă în urma

erupției vulcanice. Fragmentele mai mari, aruncate cu mare putere de vulcan, sunt considerate proiectile balistice. Căderile acestor produse solide determină victime sau pagube materiale prin prăbușirea clădirilor, ruperea rețelelor electrice, distrugerea vegetației și a culturilor agricole, perturbarea traficului rutier, iar particulele aflate în suspensie în atmosferă pot cauza probleme respiratorii serioase.

În timpul erupției vulcanului Pinatubo (Filipine) din 1991 cenușile vulcanice au atins peste 1 m grosime și s-au împrăștiat pe o rază de 30 km, afectând peste 1 milion de oameni. Erupția Vezuviului din anul 79 a îngropat sub cenușă două orașe și alte opt localități. La Pompei (situat la 10 km de crater) grosimea cenușei avea 4-6 m.

Circulația este perturbată atât prin afectarea șoselelor, a căilor ferate și a aeroporturilor, cât și prin încărcarea motoarelor cu cenușă. Între 1980 și 1998, în peste 35 aeroporturi din 11 țări au fost perturbate serios operațiile, unele fiind închise temporar. Un Boeing 767, spre exemplu, a rămas 6 zile pe aeroportul din Manilla în timpul erupției vulcanului Pinatubo din 1991. De altfel, erupțiile acestui vulcan din anul 1991 au provocat companiilor aviatice prejudicii de peste 100 milioane dolari. Cel mai grav incident s-a înregistrat în Alaska, la 15 decembrie 1989, când un Boeing 747 cu 231 pasageri la bord, a întâlnit un nor de cenușă aruncat de vulcanul Redoubt (aflat la 150 km depărtare), fiindu-i afectate toate cele patru motoare, abia reușind să aterizeze la Anchorage, pagubele fiind estimate la peste 80 milioane dolari (Balintoni, Ionescu, 2002).

**(b) Fenomenele piroclastice** se referă la curgerile de material piroclastic și gaze în diverse proporții, la care se adaugă uneori și material detritic. Efectul dezastruos (cea mai mare parte a victimelor omenești în urma unei erupții vulcanice se datorează curgerilor de piroclastite) al acestor manifestări vulcanice se datorează mobilității extraordinare (pot ajunge și până la 100 km de locul de formare), vitezelor în general mari (explozia laterală din 1980 a vulcanului St. Helens s-a deplasat cu o viteză inițială de 600 km/h, scăzând până la 100 km/h la distanța de 25 km de vulcan) și temperaturilor foarte ridicate (până la 600-1000°C). Astfel de fenomene s-au produs în timpul erupției vulcanilor Mt. Pelee (Martinica) și Santa Maria (Guatemala) în 1902, Unzen (Japonia) în 1991-1992, Soufriere (Montserrat) în 1997, etc.

**(c) Laharele** sunt curgeri noroioase formate din materiale detritice vulcanice și apă (din precipitații abundente, topirea zăpezii sau dintr-un lac de crater). Uneori ating viteze surprinzătoare (180 km/h la vulcanul japonez Tokachi în 1926) și distanțe apreciabile (300 km în cazul erupției vulcanului Cotopaxi din Ecuador în 1877), în funcție de volumele ce se deplasează, conținutul în apă și pantă. Cel mai distrugător lahar s-a produs în 1985 prin topirea gheții în timpul erupției vulcanului Nevado del Ruiz din Columbia, când a atins 30 km/h pe o distanță de 90 km, acoperind orașul Armero, producând peste 20.000 victime.

**(d) Curgerile de lavă** determină puține victime omenești, deoarece se deplasează lent și traiectoria lor poate fi prevăzută. Distanța până la care ajung este în funcție de volumul și vâscozitatea lor, precum și de topografia locală (sute de km pentru lăvele bazice și 20 km pentru cele acide). Lava foarte vâscoasă se acumulează în jurul punctelor de emisie sub forma unei cupole, ce poartă denumirea de *dom vulcanic*, ale cărui flancuri pot fi afectate de curgeri piroclastice.

Erupția vulcanului Lakagigar (Islanda) produsă în anul 1783 a generat curgeri de lavă ce au acoperit peste 500 km<sup>2</sup>, provocând moartea a circa 9000 persoane, dar nu în

mod direct, ci prin foametea izbucnită ulterior, datorită pierderii recoltelor. Printre curgerile de lave care acoperă periodic suprafețe întinse și provoacă mari distrugerii pot fi menționate cele ale vulcanilor Mauna Loa și Kilauea din Hawai.

**(e) Alte hazarde**

*Gazele vulcanice* (fluor, sulf, carbon) sunt emise aproape continuu de către vulcanii activi. Unele dintre ele sunt toxice, putând produce victime în rândul oamenilor și animalelor, dăunând vegetației și corodând metalele. Un caz special este cel al lacului Nyos din Camerun. În august 1986, eliberarea bruscă de dioxid de carbon a provocat moartea prin asfixiere a circa 1700 persoane și spitalizarea altor 845.

*Ploile acide*, rezultate prin dizolvarea în apă a diferitelor elemente expulzate de vulcani (F, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, HCl, HF), conduc la căderea frunzelor arborilor, usucă iarba, atacă pielea animalelor. Se citează dezastrul islandez dintre 1783 și 1785, când mai bine de o cincime din populația Islandei, 80% din oi, 75% din cai și 50% din vite și-au pierdut viața în urma activității vulcanului Lakagigar.

Alte hazarde indirecte sunt reprezentate de cutremure vulcanice (impact catastrofal datorită adâncimii reduse la care se produc seismele: 60-70 km în cazul erupțiilor din Kamceatka și Hawai), tsunami (în ultimii 2000 ani s-au înregistrat circa 250.000 victime în urma a 17 erupții vulcanice), deformarea terenului (ridicări lente, dar și mișcări orizontale), prăbușiri (datorate expulzării magmei), alunecări (în urma ruperii unei părți din conul vulcanic) și fulgere (datorită diferențelor de potențial electric în interiorul norilor de cenușă).

Tabel 6

Caracteristicile hazardelor vulcanice

Hazardul	Efecte resimțite		Viteza (m/s)	Perioada de avertizare	Capacitatea de a cauza pagube, răniri sau morți
	Distanța (km)	Suprafața (km <sup>2</sup> )			
Căderi de tephra	20-30	100	15	minute-ore	mică-moderată
Curgeri piroclastice	10	5-20	20-30	secunde	extremă
Lahare	10	5-20	3-10	minute-ore	foarte mare
Curgeri de lavă	3-4	2	5	ore sau zile	foarte mare
Ploi acide și gaze	20-30	100	15	minute-ore	foarte scăzută

**2.3.4. Hazardele vulcanice și evaluarea riscului**

Se estimează că, în prezent, doar 114.000 km<sup>2</sup> și 45 milioane de locuitori sunt expuși hazardelor vulcanice, în principal în Japonia, Filipine, Indonezia, SUA, Mexic, America Centrală, Columbia, Ecuador, Chile (*Disaster Risk Management*, 5).

Evaluarea hazardului vulcanic presupune aprecierea momentului probabil al erupției și fenomenelor asociate, cât și a ariilor ce ar putea fi afectate. Prevederea comportamentului unui vulcan se bazează pe: analiza frecvenței erupțiilor din trecut (documente istorice și preistorice) și prin urmărirea activității unor vulcani similari din altă parte a lumii.

*Estimarea hazardului vulcanic* implică o serie de activități:

- stabilirea tipului de vulcan, din punct de vedere morfologic și a caracteristicilor erupției;
- identificarea succesiunii stratigrafice a rocilor și depozitelor superficiale, ce permite aprecierea tipului de activitate vulcanică ce a avut loc în timp;
- datarea depozitelor vulcanice (fie pe baza informațiilor istorice, fie prin analize Carbon 14 sau dendrocronologice);
- cartografierea, adică delimitarea pe hărți a arealelor afectate de diferite fenomene vulcanice, frecvența și severitatea acestora.

Cu toate că nu se poate prevedea cu exactitate comportamentul unui vulcan (fiecare erupție are particularități proprii), experiența a demonstrat necesitatea acestor activități. Spre exemplu, evacuarea populației din zonele expuse în cazul erupțiilor vulcanilor St. Helens (1980) și Pinatubo (1991) a salvat viața a zeci de mii de persoane.

*Monitorizarea și supravegherea stării curente a vulcanilor* urmărește determinarea comportamentului zilnic al vulcanului, precum și stabilirea schimbărilor care pot evidenția o erupție viitoare. Este vorba de observatoare vulcanologice, stații și sateliți conectați la borne emițătoare, instalate pe vulcani. Predicția vulcanologică se bazează pe: supravegherea seismică (cutremure premergătoare erupțiilor); schimbări topografice (măsurători permanente de pante, altitudini și volum); analiza emisiilor de gaze și a temperaturii acestora.

Chiar dacă erupția nu poate fi împiedicată, în arealele expuse (localitățile existente pe conurile vulcanilor activi) sunt stabilite *măsuri și planuri speciale de alertare și evacuare rapidă a populației*. În acest scop se construiesc căi de acces corespunzătoare și se amenajează din timp locuri de primire a populației prin organizarea unor tabere de corturi. Astfel, erupția vulcanului Pinatubo din insulele Filipine a determinat evacuarea a peste 200.000 de locuitori, pentru care s-au creat locuri speciale de adăpostire și protecție.

În cazuri speciale, se pot întreprinde *acțiuni pentru controlul unor fenomene periculoase asociate erupțiilor vulcanice*. Astfel, curgerile de lavă pot fi deviate sau oprite temporar prin realizarea unor baraje sau prin dinamitări. Asemenea încercări pot fi citate în insulele Hawai și la Etna și Vezuviu. În Islanda s-a încercat și solidificarea lavelor prin împrășcarea lor cu jeturi puternice de apă, obținându-se unele succese (s-a evitat distrugerea orașului Vestmannaeyjar în anul 1973). Laharele pot fi oprite prin construirea unor praguri și baraje în lungul traseelor probabile de pe văi sau prin drenarea prealabilă a apei lacurilor din craterele vulcanilor activi pentru a împiedica revărsarea lor bruscă.

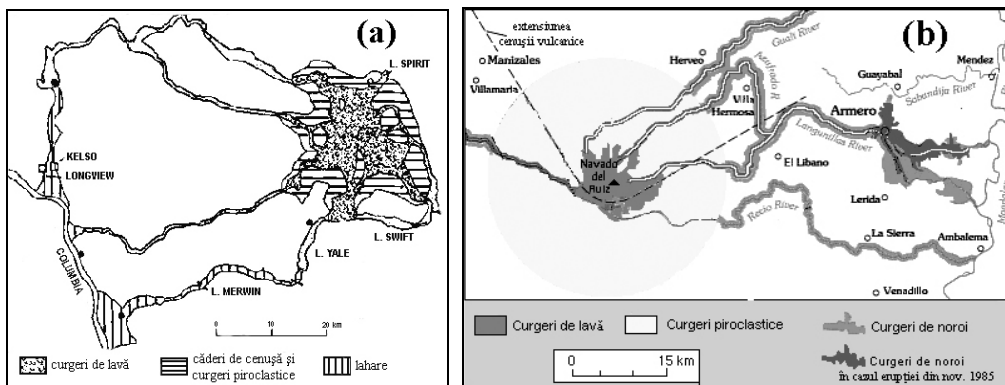
Cel mai eficient mod de apărare împotriva erupțiilor vulcanice constă în realizarea unor *hărți de hazard vulcanic*, în care sunt cartografiate arealele posibile cu fenomene periculoase din timpul erupțiilor și arealele în care vor fi înregistrate pierderi de vieți omenești și pagube materiale. Limita majoră a acestor demersuri este dată de lipsa informațiilor privind mărimea erupțiilor viitoare.

#### (a) *St. Helens (SUA)*

În ultimii 515 ani, St. Helens a produs 4 erupții majore (fiecare cu cel puțin 1 km<sup>3</sup> de materiale expulzate) și zeci de erupții mai mici. Două din erupțiile majore au fost

separate de numai doi ani. Una din acestea, în 1480, a fost de aproape 5 ori mai mare decât cea din 1980.

Erupția vulcanului St. Helens din 18 mai 1980 a fost anunțată de vulcanologi încă din 1978, iar cu o lună înainte s-au înregistrat mii de cutremure. Explozia a ridicat în aer 15 km<sup>3</sup> de tephra, a aruncat în aer vârful vulcanului, reducându-l de la 3220 m la 2723 m, s-a auzit până la 200 km, a provocat ploi puternice, a eliberat un nor arzător (200-500°C) către est, ce s-a deplasat 30 km pe o lățime de 20 km și a provocat 90 victime și 1,5 mld. dolari pagube.



**Fig. 11.** Zonarea hazardului vulcanic:

(a) St. Helens (Wolfe, Pierson, 1995); (b) Nevado del Ruiz (Wright, Pierson, 1992)

**(b) Nevado del Ruiz (Columbia)**

Erupția vulcanului Ruiz din 1985 a oferit un exemplu, mult mai tragic, privind necesitatea înțelegerii întregii istorii a unui vulcan în evaluarea hazardelor. Orașul Armero a fost așezat pe un con de dejecție care a fost afectat de curgeri de noroi distrugătoare în anul 1595 și din nou în anul 1845, producând sute de victime. În ultimii 140 ani, de inactivitate, oamenii au uitat și au reclădit orașul pe același loc, iar numărul populației a crescut continuu. Deși o hartă preliminară de zonare a hazardului pentru vulcanul Ruiz, realizată cu o lună înainte de erupția din noiembrie 1985, indica destul de clar faptul că Armero este foarte vulnerabil la curgeri de noroi, autoritățile au luat măsuri total inadecvate (23.000 victime).

### **3. HAZARDE GEOMORFOLOGICE**

Studiul dinamicii versanților interesează din prisma existenței unor arii extinse cu potențial ridicat de declanșare a unor fenomene naturale extreme, în care se găsește un număr relativ mare de obiective economice și sociale care sunt amenințate sau frecvent afectate.

Cu toate acestea, procesele geomorfologice actuale, dintre toate hazardele naturale, sunt poate cele care se pretează cel mai bine măsurilor de evitare, prevenire și corectare. Însă, în ciuda tehnicilor de succes utilizate în managementul și controlul acestora, pierderile cauzate sunt în creștere, datorită, în primul rând, creșterii presiunii antropice în arealele vulnerabile, precum și absenței unor reglementări juridice și tehnice în amenajarea spațiului.

#### **3.1. Hazarde care afectează versanții**

Între procesele care produc transformări de amploare în starea de echilibru a versanților, generând degradarea terenurilor, se încadrează: deplasările în masă, eroziunea în suprafață și ravenarea.

##### **3.1.1. Deplasările în masă**

Grupează procesele de mișcare a materialelor sau maselor de roci pe versanți sub acțiunea gravitației, fără influența altor agenți de transport. Deoarece gravitația acționează constant asupra pantei, deplasările se produc atunci când stressul produs de forța gravitației depășește rezistența materialelor.

Pentru aceste procese se mai utilizează termenul popular de „pornituri de teren”. Deplasările în masă au condiții potențiale de dezvoltare pe circa 36% din întinderea continentelor și corespund terenurilor înclinate din dealuri, podișuri înalte și munți.

Deplasările de teren pot avea loc practic în toate tipurile de roci și într-o mare varietate de condiții de mediu. Cele mai răspândite sunt cele de dimensiuni mici, care, deși nu reprezintă un mare pericol pentru viețile omenești, pot provoca totuși pagube însemnate. În schimb, deplasările de mari dimensiuni pot distruge localități întregi sau alte obiective, producând pierderi de vieți omenești.

Clasificarea deplasărilor în masă se diferențiază în funcție de scopul investigațiilor. Criteriul esențial utilizat este mecanismul de deplasare și materialul afectat de mișcare. Viteza mișcării și cantitatea de apă amestecată cu material sunt parametri secundari în tipologia deplasărilor. Recunoașterea tipurilor de deplasări existente într-o regiune permite explicarea factorilor care au contribuit la instabilitatea naturală a versanților în trecut.

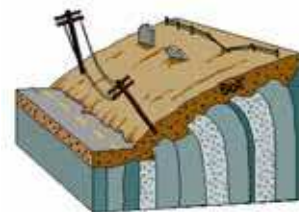
Deplasările în masă se diferențiază în următoarele tipuri: creep, alunecări, curgeri și prăbușiri.

Tabel 7

Clasificarea și caracteristicile tipurilor majore de deplasări în masă (Varnes, 1978)

Mecanismul primar	Tipul	Materialul în mișcare	Conținutul în apă	Rata deplasării (mișcării)
creep	creep al rocii creep continuu	roca in situ sol	scăzut	imperceptibilă
curgere	curgere uscată curgere de noroi curgere de grohotiș	nisip >80% argilă amestec de material fin și grosier grohotiș, în unele cazuri cu gheață sau zăpadă	foarte scăzut extrem de mare mare	rapidă mică foarte rapidă
	avalanșă de roci (grohotiș)		scăzut	extrem de rapidă
alunecare	alunecare de roci alunecare în blocuri alunecare de grohotiș	rocă rocă fracturată grohotiș sau sol	scăzut scăzut moderat	scăzută-moderată moderată scăzută
prăbușire	prăbușire de roci răsturnare	blocuri de rocă unități coezive de sol	scăzut	extrem de rapidă foarte rapidă

*Creepul* reprezintă mișcarea lentă a depozitelor superficiale sau rocii in situ, cu viteze de ordinul milimetrilor pe an, ca o consecință a rearanjării continue a particulelor constituente. Nu prezintă un pericol deosebit pentru activitățile umane.



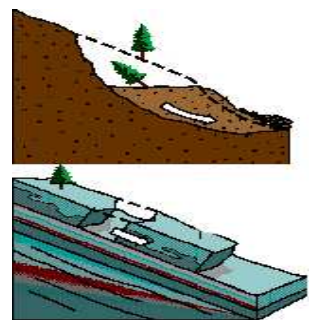
### (a) Alunecări de teren

Alunecările sunt cele mai răspândite fenomene de deplasare în masă pe versanți, produc mari pagube materiale și pierderi de vieți omenești și întrunesc o gamă variată de forme de manifestare.

Alunecările sunt *deplasări ale unor mase de materiale coerente pe versanți, în lungul uneia sau mai multor suprafețe de demarcație (de alunecare). Mișcarea se poate produce prin rotație, atunci când suprafața de alunecare este curbă, sau prin translație, în cazul în care aceasta este dreaptă.*

#### **Cauzele producerii alunecărilor**

La pregătirea, declanșarea și evoluția dinamică a procesului de alunecare sau cu efecte indirecte în apariția lui, acționează și contribuie o serie de cauze, unele *pregătitoare*, care au ca efect apariția unui dezechilibru potențial pe versant și altele



*declanșatoare*, care conduc la ruperea echilibrului și la producerea procesului de alunecare.

De asemenea, se pot separa două mari categorii de cauze: *naturale* (litologia substratului, relieful preexistent, condițiile climatice, acțiunea apelor de suprafață, consistența covorului vegetal) și *antropice* (modificarea utilizării terenurilor, prin despăduriri/împăduriri, extinderea terenurilor agricole, vibrații datorate traficului, amenajarea lacurilor hidroenergetice) (Surdeanu, 1998).

Declanșarea alunecărilor reprezintă o rupere bruscă a stării de echilibru a versantului și este provocată de o mare diversitate de cauze:

- *Modificarea stabilității versantului:*

- *subsăparea* bazei prin acțiunea de eroziune fluvială, marină sau prin activitățile omului ("tăierea" versantului pentru construirea unei șosele, căi ferate; nivelări și terasări pentru amplasarea noilor vetre de sat; haldarea materialului provenit din excavațiile de la construcția drumurilor sau din sterilul exploatărilor miniere);

- *supraîncărcarea* versantului prin amplasarea unor construcții grele sau printr-un aport de materiale dinspre partea superioară a versantului. Astfel, au fost cazuri când pe 1 km liniar de șosea s-au amplasat zeci și chiar sute de m<sup>3</sup> de zidărie și beton armat.

- *Excesul de apă pe versanți* provenit din precipitații abundente, topirea zăpezii și din izvoare. Se consideră că alunecările se pot produce în regiunile cu cantități de precipitații anuale de peste 250 mm. Numărul de alunecări declanșate este cu atât mai mare cu cât perioada cu precipitații este mai lungă sau se suprapune peste o stare fizică, a depozitelor afectate, care favorizează procesul. Îmbibarea depozitelor cu apă determină o creștere a greutateii și o diminuare a forțelor de frecare din cadrul masei de pământ, în special la contactul cu stratele mai puțin permeabile unde se înregistrează o creștere a presiunii apei și producerea unor deformări plastice urmate de deplasarea maselor de pământ. Frecvența mare a alunecărilor este legată și indirect de precipitații, prin migrarea unor coloizi și minerale argiloase în josul profilului sau al versantului, creând condiții pentru apariția suprafețelor de alunecare (Surdeanu, 1998).

Alunecări de mari proporții determinate de cantitățile mari de precipitații s-au înregistrat, în România, în anii 1969, 1970, 1975 și 1996-1999. Numeroase alunecări sunt declanșate de cicloni tropicali (taifunul Gilda a determinat în Japonia declanșarea a peste 2000 de alunecări) și de ploile musonice (în sectorul indian al munților Himalaya, alunecările afectează anual numai în provincia Sikkim peste 100 de sate).

- *Șocurile produse de cutremurele puternice* determină slăbirea coeziunii materialelor existente pe versanți și ruperea bruscă a stării de echilibru în care se află. La magnitudini mai mari de 7, alunecările se produc la scară mare și au dimensiuni considerabile.

Cutremurul din 4 martie 1977 și precipitațiile abundente căzute ulterior au determinat declanșarea unei alunecări care a barat valea Zăbalei în sectorul montan, distrugând și drumul forestier din lungul acestei văi. Alunecările declanșate de cutremurele puternice determină mari distrugereri: orașul Anchorage din Alaska a fost distrus parțial în 1964, iar orașul Acobana din Peru a fost acoperit în întregime de astfel de alunecări în 1946.

- *Modificările utilizării terenurilor* și în special despăduririle reprezintă o cauză majoră a declanșării alunecărilor pe versanții cu înclinări moderat-accentuate. Vegetația



forestieră are un rol important în stabilizarea depozitelor de pe versanți, prin reglarea bilanțului hidric din sol, reținerea precipitațiilor în coronament și în litieră, ca și prin consumul mare de apă. S-a estimat că, într-o pădure de fag, consumul de apă este de 11 m<sup>3</sup>/ha/zi, iar într-o pădure de pin de 3 m<sup>3</sup>/ha/zi. Utilizarea necorespunzătoare a terenurilor, spre exemplu înlocuirea unei pășuni cu un teren arabil, poate să favorizeze infiltrația apei, măbind instabilitatea versantului.

#### **Clasificarea alunecărilor**

➤ În funcție de grosimea materialelor deplasate:

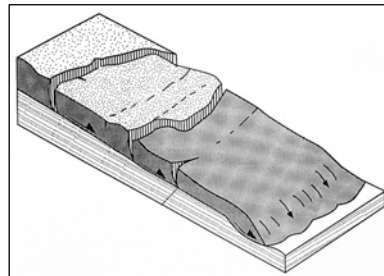
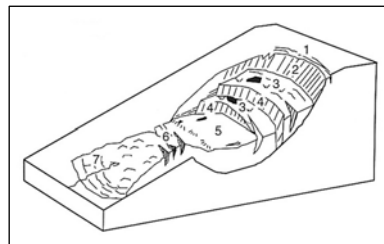
- alunecări superficiale (<2 m);
- alunecări cu profunzime medie (2-5 m);
- alunecări profunde (>5 m).

➤ În funcție de gradul de activitate:

- alunecări stabilizate (sunt vechi și nu prezintă condiții pentru reluarea mișcării);
- alunecări parțial stabilizate (cu un potențial evident de reactivare);
- alunecări active (deplasarea materialelor pe versanți este în curs de desfășurare).

➤ În funcție de forma suprafeței de alunecare (curbă sau dreaptă):

- alunecări rotaționale – specifice rocilor necimentate și, mai rar, rocilor tari, intens alterate și fisurate. Pot fi simple (pe o singură suprafață de alunecare) sau multiple, cu evoluție progresivă (alunecări detrusive) sau regresivă (alunecări delapsive);
- alunecări translaționale – au loc în special de-a lungul planelor de discontinuitate (plane de stratificație, fisuri, falii), dar se pot produce și în alte moduri, cum ar fi prin alunecarea deluviului de pantă pe roca de bază sau prin deplasarea laterală a terenului. Pot fi alunecări în blocuri, alunecări în plăci, alunecări multiple și extensii laterale.



#### **Recunoașterea pe teren a unei alunecări**

Versanții afectați de alunecări au o conformație neregulată cu suprafețe vălurite, sau în trepte, discontinuități și diferențieri mari pe spații restrânse. Din loc în loc apar crăpături și mici depresiuni ocupate de ochiuri de apă sau de o vegetație higrofilă. Pânza freatică se găsește la adâncimi diferite; în multe locuri este la adâncimi mici și se întâlnesc linii de izvoare.

Solurile sunt diverse, fiind întâlnite atât cele zonale corespunzătoare arealului în care se află alunecările, cât și soluri tinere formate pe materialul recent apărut la suprafață. Copacii sunt înclinați în toate direcțiile, prezintă uneori coturi bruște, apărând așa-numita „pădure beată”. Pe materialul deplasat apar unele plante pioniere cum sunt: potbalul (*Tussilago farfara*) și cătina (*Hyppophae rhamnoides*).

### ***Părțile componente ale unei alunecări***

*Râpa (nișa) de desprindere* se află în partea din care s-a desprins masa de pământ alunecată, prezentându-se sub forma unui abrupt, situat în amonte pe versant. La alunecările profunde, râpa poate atinge zeci de metri. Formarea râpei se realizează fie brusc pe toată lungimea, fie prin propagarea pe suprafețe din ce în ce mai mari. Poate avea formă rectilinie, semicirculară sau compusă, în funcție de caracteristicile rocii și de dinamica sa ulterioară.

*Corpul alunecării* este reprezentat de masa de teren deplasată, cu micromorfologie foarte variată, în funcție de caracteristicile materialului antrenat și de modul în care se realizează mișcarea. Între undulările transversale, se dispun microdepresiuni cu exces de umiditate, uneori cu bălți sau chiar mici lacuri. În funcție de micromorfologia specifică, se deosebesc alunecări: în trepte, în brazde, în valuri, cu movile (monticuli).

*Fruntea alunecării* este partea terminală, situată în aval pe versant, la diferite altitudini relative. Poate să fie lină sau poate să aibă înfățișarea unei denivelări accentuate.

*Patul alunecării* este suprafața în lungul căreia se produce alunecarea, fiind în general bine delimitată (separă materialul în mișcare de substratul rămas pe loc și se poate forma la contactul rocilor permeabile cu cele impermeabile sau la contactul depozitelor de alterare cu roca în loc). În funcție de forma sa în plan, se deosebesc alunecări: rotaționale, translaționale și complexe.

### ***Impactul asupra mediului și populației***

Trebuie analizat atât prin urmările directe, ce derivă din declanșarea și evoluția procesului, cât și prin urmările indirecte, ce vizează apariția unor microforme specifice de relief, a căror utilizare agricolă este diminuată de potențialul productiv redus. Aceste terenuri se includ în categoria celor degradate.

Deși alunecările cele mai frecvente se înregistrează pe versanții cu înclinări moderate (10-30°), există și situații în care se produc pe versanți cu pante de numai 2-3°, pe „argile senzitive”, care se găsesc în fostele regiuni acoperite de ghețari. 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 senzitive în 1966, tot în Norvegia, a afectat 30 de localități, deși erau amplasate pe terenuri foarte slab înclinate.

Alunecările produse în urma cutremurelor, care slăbesc coeziunea depozitelor de pe versanți, sunt deosebit de periculoase datorită rapidității cu care se produc. Exemplele sunt numeroase, însoțind practic fiecare cutremur de intensitate mare. În Alaska, în 1964, alunecarea declanșată în urma cutremurului a distrus o mare parte a orașului Anchorage.

Cea mai distrugătoare deplasare în masă din Europa este considerată *alunecarea Vaiont*, produsă la 9 octombrie 1963, în nordul Italiei. A fost provocată de supraumezirea bazei versantului datorită creșterii nivelului lacului de acumulare Vaiont și precipitațiilor abundente. Pe versant au alunecat 250 milioane m<sup>3</sup> de materiale (rocă și depozite de alterare) care au pătruns brusc în apele lacului Vaiont, formând un val cu o înălțime de 100 m deasupra barajului. În aval, au fost distruse 4 sate (Longarone, Pirago, Villanova, Rivalta) și s-au înregistrat aproape 2000 de victime.



**Fig. 12.** Alunecări de teren în Marea Britanie: Yorkshire (1971) și Kent (1992)

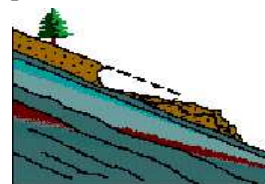
**Prevenirea și combaterea** alunecărilor de teren vizează fie o rezolvare naturalistă (urmărindu-se factorii de evoluție a versanților și deci eliminarea cauzelor apariției procesului), fie o rezolvare tehnică (prin construcții de artă inginerescă se urmărește înlăturarea efectului, ținându-se cont și de condițiile complexe în care evoluează procesul).

În ultima perioadă, și-au făcut apariția tot mai des hărți geomorfologice speciale, a căror menire este de a prevedea procesele de alunecare, pe baza investigațiilor detaliate privind factorii cauzali, de obicei surprinse în fișe de inventariere (Bălțeanu, 1981; Surdeanu, 1998; *Monitorul Oficial al României*, 1998), în vederea alcătuirii unei baze de date.

### (b) Curgeri

Procesele de curgere ale maselor de depozite de pe versanți sunt fenomene extrem de periculoase în regiunile montane cu versanți abrupti și despăduriți, din arealele cu precipitații abundente.

Caracteristica acestui tip de deplasare este *deformarea și apoi mișcarea pe versant a unei mase de roci sub forma unor fluide vâscoase*. Se produc, în principal, prin intermediul apei (conținutul de apă este cuprins între 10 și 60%), dar și într-un mediu uscat.



Dacă umiditatea materialului este mare, curgerile se pot deplasa pe distanțe mari și cu viteze care pot atinge zeci de kilometri pe oră, având astfel un potențial distructiv ridicat.

#### **Cauzele producerii curgerilor**

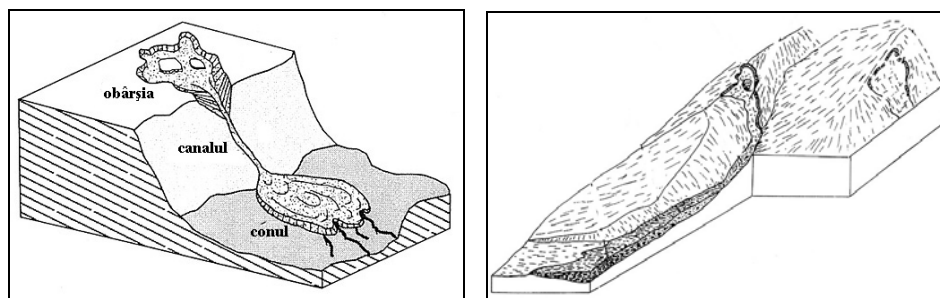
- roci sedimentare în strate relativ subțiri, slab consolidate între care o pondere însemnată o au cele argiloase, nisipo-argiloase, marnoase;

- lipsa vegetației arboresecente, ceea ce conduce la posibilitatea pătrunderii apei și înmuierii materialelor și rocilor;
- adâncirea ravenelor, care conduce la realizarea stării de instabilitate accentuată;
- un mod neadecvat de utilizare a suprafețelor de teren limitrofe canalelor de scurgere a apei (pășunat abuziv, îndepărtarea vegetației arbustive);
- creșterea umidității și a presiunii interstițiale datorită precipitațiilor;
- un aport brutal de energie cu caracter accidental sau datorită unui seism.

#### **Clasificarea curgerilor**

➤ În funcție de depozitul superficial în care se realizează mișcarea:

- *curgeri de noroi* – material predominant fin (mai mic decât particule de mărimea nisipului); deplasare în general rapidă;
- *curgeri de grohotișuri* – material predominant grosier (mai mult de 50% sunt particule de mărimea nisipului sau mai mari); adesea încep ca alunecări și se transformă ulterior în curgeri, prin creșterea umidității.



**Fig. 13.** Părțile componente ale unei curgeri

#### **Recunoașterea pe teren a unei curgeri**

Curgerile de noroi, a căror lungime este cuprinsă între câteva zeci de metri și mai mulți kilometri, se formează, în principal, în lungul văilor preexistente, dar și pe versanții nefragmentați anterior de eroziune. Datorită densității mari a materialului noroios, care depășește de 1,5-2 ori densitatea apei, curgerile de noroi au o mare putere de transport și de distrugere. Masa de pământ fluidă antrenează în deplasare copaci, bolovani uriași, clădiri, acoperind căi de comunicație, părți din așezări și alte obiective construite de om.

În partea terminală (conul curgerii), predomină fracțiunea fină. În urma curgerii, apare o formă cu aspect de vale (bazin de recepție, canal de scurgere și con de împrăștiere).

#### **Părțile componente ale unei curgeri**

*Obârșia curgerii* are forma unui amfiteatru, în care se acumulează de-a lungul timpului materiale alterate și sfărâmături de roci.

*Canalul curgerii* are forma unui șanț îngust cu lățimi și adâncimi variabile, adeseori fiind o ravenă, prin care materialul se deplasează periodic, atunci când procesul este activ.

*Conul curgerii* este localizat la o schimbare bruscă de pantă, la contactul versantului cu o terasă sau cu lunca unui râu. În perioadele în care curgerea este activă conul se mărește treptat prin acumularea materialelor transportate din amonte.

### ***Impactul asupra mediului și populației***

Cea mai mare catastrofă generată de o curgere de noroi s-a produs la data de 31 mai 1970 în masivul Huascarán din Anzii Peruvieni și a fost declanșată de un cutremur. Șocurile seismice au determinat desprinderea unei mase uriașe de gheață amestecată cu noroi și cu sfărâmaturi de roci care a coborât pe o lungime de 15 km, cu o viteză de peste 300 km/h, acoperind în câteva minute localitățile Yungay și Ranrahirca în care au fost înregistrate 18.000 de victime. Curgerea de noroi s-a continuat spre Oceanul Pacific pe valea râului Santo, pe o lungime de 160 km, distrugând terenuri agricole și numeroase sate.

Numeroase curgeri de noroi au afectat în ultimele decenii orașul Rio de Janeiro din Brazilia. În 1966 și 1967 peste 2500 de oameni au fost uciși prin declanșarea unor curgeri de noroi de mari dimensiuni pe versanții dealurilor din apropierea orașului. În 1988 au fost îngropate în noroi 200 de persoane și peste 20.000 de oameni au rămas fără locuințe.



Curgere de noroi - Țara Galilor  
(1966)

Torent de grohotiș  
Columbia Britanică (SUA)



**Fig. 14.** Procese de curgere cu impact negativ asupra societății

***Prevenirea și combaterea*** se pot realiza în special prin mijloace cartografice (hărți de expunere). În ceea ce privește protecția, principalele metode sunt drenarea versanților, reîmpădurirea bazinului de acumulare a materialelor dezagregate și construirea unor diguri pentru încetinirea sau devierea curgerilor.

### **(c) Prăbușiri**

Prăbușirile sunt *deplasări bruște ale maselor de roci (mii până la milioane m<sup>3</sup>) pe versanții abrupti prin cădere liberă sau prin rostogolire*. O variantă aparte este generată de rotirea blocurilor de material în jurul unui punct situat la baza versantului.



În această categorie se includ și: năruirile – care se produc în malurile alcătuite din roci slab consolidate (ex. loess, nisipuri); surpările – au loc pe pantele a căror bază este supusă unei eroziuni ce creează excavații rupând stabilitatea (ex. în malul concav al meandrelor râurilor, pe falezele litorale).

Asemenea procese sunt larg răspândite pe versanții abrupti din munții înalți și reprezintă un pericol pentru căile de comunicație și așezările din apropierea lor. În plus, ruperea și căderea tavanului unor goluri subterane, cum sunt galeriile de mină și salinele, sunt fenomene periculoase care au generat de multe ori victime.

#### ***Cauzele producerii prăbușirilor***

- *versantul să aibă o pantă mare*, iar rocile din care este alcătuit să fie în contact direct cu diverși agenți externi;
- *rocile să fie eterogene în conținut și fisurate cât mai mult*;
- *alternanțele înghețului și dezghețului* măresc crăpăturile rocilor, micșorează coeziunea acestora și favorizează desprinderea unor stânci sau a unor pachete de strate.
- *subsăparea bazei versantului* prin acțiunea râurilor sau prin acțiunea valurilor mării asupra falezelor.
- *cutremurele de pământ* afectează stabilitatea versanților, generând prăbușiri de mari dimensiuni care pot să provoace numeroase victime.
- *erupțiile vulcanice* pot determina prăbușirea unei părți a conului vulcanic.

#### ***Clasificarea prăbușirilor***

➤ *În funcție de cantitatea materialului deplasat:*

- *prăbușiri individuale* – când deplasările afectează particule de diferite dimensiuni, prin cădere liberă;
- *prăbușiri de masă și prăbușiri de versant* – când se deplasează mase mari de materiale sau porțiuni de versant.

#### ***Recunoașterea pe teren a unei prăbușiri***

Prăbușirile de roci au loc în cazul versanților abrupti. Suprafețele de discontinuitate (stratificații, fisuri) sunt elemente importante care afectează stabilitatea versanților. În combinație cu presiunea apei sau a gheții din fisuri, poate fi inițiată separarea, desprinderea și prăbușirea unor blocuri sau a unor mase de roci, uneori cu dimensiuni impresionante. Prăbușirile de roci pot fi, de asemenea, rezultatul alterării sau al eroziunii diferențiale, în special în cazul în care roci mai puțin rezistente constituie suportul unor roci mai greu erodabile.

Se produce o acumulare de blocuri la baza versanților, a căror grosime poate atinge zeci de metri. Apar în masive de roci omogene sau eterogene fracturate, cu pante mari.

#### ***Părțile componente ale unei prăbușiri***

*Râpa de desprindere* reprezintă abruptul de la partea superioară a versantului, unde are loc desprinderea inițială a maselor de roci.

*Conul de grohotiș* conține material fin (nisip) amestecat cu material grosier (blocuri de roci) și se situează la baza abruptului.

### ***Impactul asupra mediului și populației***

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.

La începutul secolului (1903) prăbușirea a peste 30 mil. m<sup>3</sup> de calcare paleozoice intens fisurate a acoperit o parte a orașului Frank din Canada, provocând 76 victime și 23 răniți. Deplasarea a fost provocată de pierderea stabilității versantului datorită unui strat de cărbune de la piciorul pantei.

În Europa, au fost înregistrate numeroase prăbușiri de stânci. În Elveția, conglomeratele terțiare ale versantului Rossberg au acoperit localitatea Goldau și au pierit 457 de oameni (în anul 1806). În unele cazuri, prăbușirile afectează în repetate rânduri aceeași localitate, cum este situația satului Altdorf (Elveția), distrus succesiv de 7 ori (în 1268, 1865, 1874, 1881, 1885, 1886 și 1910).



**Fig. 15.** Prăbușiri de roci care afectează căile de comunicații

***Prevenirea și combaterea*** se pot realiza numai prin observarea periodică a versanților expuși și prin mijloace cartografice, fiind de dorit și instalarea unor dispozitive de măsurare continuă a deplasărilor. De asemenea, se impune respectarea reglementărilor de planificare teritorială în cazul extinderilor urbane.

Măsurile de protecție vizează: detonări supravegheate, după care se cimentează fisurile rămase; ancorarea pe abrupt a unor plase de sârmă care forțează căderea bolovanilor numai la baza versantului, nu și pe șosea; realizarea de tunele acolo unde frecvența prăbușirilor este mare; acoperirea șoselei cu copertine care suportă prăbușirile. În cazul prăbușirii în golurile saline, singura măsură este evacuarea din timp a locuitorilor.

Tabel 8

Deplasări în masă catastrofale în ultimul secol  
(USGS, Landslide Hazard Program; CRED EMDAT)

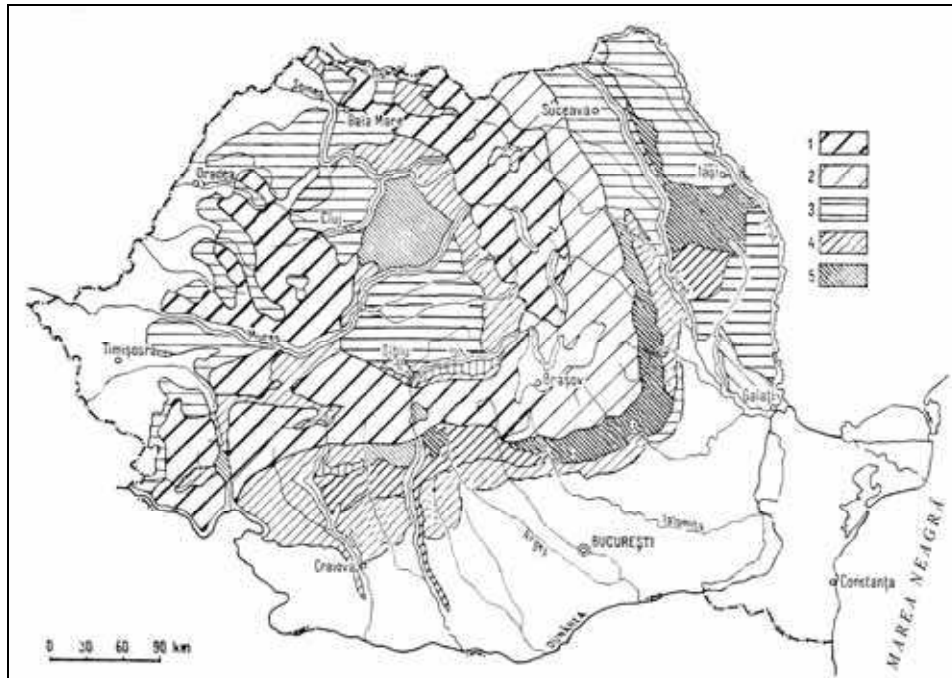
anul	Țara/ provincia	Denumirea și tipul	Procesul declanșator	Impact	Observații
1920	China	Haiyuan	Haiyuan	100.000 morți; multe sate distruse	675 alunecări mari în loess
1949	Tadjikistan (fosta URSS)	Alunecarea de roci Khait	Cutremur M – 7,5	12.000 morți; 33 sate distruse	S-a transformat într-o mare avalanșă în loess și granit
1962	Peru (Ancash)	Avalanșă în Nevados Huascarán	???	2.000 victime; o parte din satul Ranrahirca distrus	Viteza medie a avalanșei de roci a atins 170 km/h
1963	Italia (Friuli-Venezia-Griulia)	Alunecarea de la acumularea Vaiont	???	2.000 morți; puternic afectat orașul Longarone; pagube: 200 mil. dolari	Viteza mare a alunecării a produs valuri de cca 100 m ce au depășit barajul Vaiont
1964	SUA (Alaska)	Alunecarea din Alaska	Cutremur M - 9.4	Pagube estimate la 280 mil. dolari	Afectate orașele Anchorage, Valdez, Whittier, Seward
1966	Brazilia (Rio de Janeiro)	Alunecări și curgeri noroioase la Rio de Janeiro	Ploi torențiale	1.000 morți datorită alunecărilor și inundațiilor	Multe alunecări în Rio de Janeiro și împrejurimi
1967	Brazilia (Serra das Araras)	Alunecări și curgeri de noroi în Serra das Araras	Ploi torențiale	1.700 morți datorită alunecărilor și inundațiilor	Multe alunecări în aria montană de la sud-vest de Rio de Janeiro
1970	Peru (Ancash)	Avalanșă de roci din Nevados Huascarán	Cutremur M - 7.7	18.000 morți; orașul Yungay distrus; orașul Ranrahirca parțial distrus	Avalanșa a atins o viteză medie de 280 km/h
1980	SUA (Washington)	Alunecarea Mount St. Helens	Erupția vulcanului Mount St. Helens	Doar 5-10 morți (populația a fost evacuată), dar distrugerii majore de locuințe, autostrăzi, etc.	Alunecarea de material detritic a parcurs 23 km cu 125 km/h; la suprafață s-a format o curgere pe 95 km
1998	Honduras, Guatemala, Nicaragua, El Salvador	Inundații, alunecări și curgeri de noroi	Uraganul Mitch	10.000 morți datorită inundațiilor și alunecărilor.	Viteza mare a vântului și ploile torențiale au produs alunecări mari la Tegucigalpa
2006	Filipine (insula Leyte)	Alunecări de teren din Leyte	Ploi torențiale	1.112 morți, 19 răniți, 3272 persoane afectate; 2,2 milioane dolari pagube	Satul Guinsaugon a fost acoperit în întregime.

**(d) Deplasările în masă din România**

Deplasările în masă joacă un rol semnificativ în evoluția reliefului regiunilor deluroase și a arealelor montane formate din fliș. Distribuția și diversitatea acestora este legată de pantă, litologie, nivelul activității neotectonice și modul de utilizare a



terenurilor. Suprafețele afectate de deplasări în masă, în România, însumează 702.000 ha terenuri agricole.



**Fig. 16.** Deplasările în masă din România (Bălțeanu, 1997)

*Aria montană:* 1, prăbușiri de roci; 2, alunecări și curgeri de noroi; *Aria de deal și podiș:* 3, deplasări în masă cu frecvență medie; 4, deplasări în masă cu frecvență mare; 5, deplasări în masă cu frecvență foarte mare.

În țara noastră *alunecările* au o răspândire largă în unitățile de relief deluroase și de podiș fiind favorizate de prezența rocilor argiloase și marnoase, de regimul ploilor care generează o umiditate accentuată a versanților în anumite perioade din an și de activitățile omului.

Printre regiunile cu cele mai multe localități afectate de alunecări se înscriu: Subcarpații (Murgești, Lopătari, Pătărlagele, Pănătău, Telega, Bezdead, Godeni, Milcoiu, Tigveni, Ciofrângenii, Păușești Otăsău), Podișul Moldovei (Pârcovaci, Vlădiceni, Tuluțești, Aldeni), Depresiunea Transilvaniei (cunoscute sub numele de „glimee”, Saschiz, Saeș, Movile, Șincai), Podișul Getic (Lădești, Târgu Cărbunești, Ilovăț), estul Carpaților Orientali (Huiduman, Grozăvești, Copăceni). În condiții favorabile de umiditate cu ploi de lungă durată și topirea bruscă a zăpezilor se înregistrează numeroase reactivări ale alunecărilor vechi care pun în pericol așezări și căi de comunicație.

Unele sate au fost părăsite (Opătești), altele și-au strămutat vatra (Vătășești, Fețeni, Pârcovaci). Chiar și unele orașe au fost afectate: Iași, Suceava, Huși, Breaza, Comarnic, Slănic, Olănești, Govora, Galați, în special în perioada cu exces de umiditate din anii 1996-1997 (Dinu, Cioacă, 2000).

*Curgerile de noroi* au fost semnalate în Subcarpații Buzăului și Vrancei, în Câmpia Moldovei și cea a Transilvaniei, uneori și în Carpații Orientali și de Curbură.

Haldele de steril din apropierea exploatărilor miniere pot fi afectate de procese periculoase de curgere. Un astfel de fenomen s-a produs pe 31 octombrie 1971 la exploatarea minieră Certej- Săcărâmb, lângă Deva, și a acoperit cu noroi mai multe blocuri de locuințe, producând 50 victime și pagube materiale considerabile.

În Munții Carpați versanții dezvoltati pe șisturi cristaline și roci vulcanice sunt afectați de *prăbușiri* de roci însoțite de formarea unor trene de grohotișuri de diferite dimensiuni, mai frecvente primăvara. Aceste procese sunt un pericol pentru căile ferate și șoselele care străbat regiunile muntoase (Transfăgărășanul sau șoselele de pe valea Oltului, Jiului) fiind necesare măsuri speciale de protecție. Cazuri aparte sunt prăbușirile unor tavane la exploatările de sare, care au surprins și case, cum s-a întâmplat la Ocna Mureș, Târgu Ocna și Ocnele Mari (în anii 2000-2001 au afectat circa 100 de case)

### **3.1.2. Eroziunea hidrică**

Eroziunea solului este definită ca *un proces de detașare și transport a particulelor de sol de către agenții eroziunii (apa și aerul)*.

Dacă la început, eroziunea afecta suprafețe restrânse, astăzi a devenit un fenomen foarte răspândit, în condițiile unei agriculturi neraționale. Se cunosc multe exemple de regiuni înfloritoare în antichitate (Mesopotamia) care, în urma defrișărilor sau suprapășunatului, au fost devastate de eroziune și transformate practic în deșerturi.

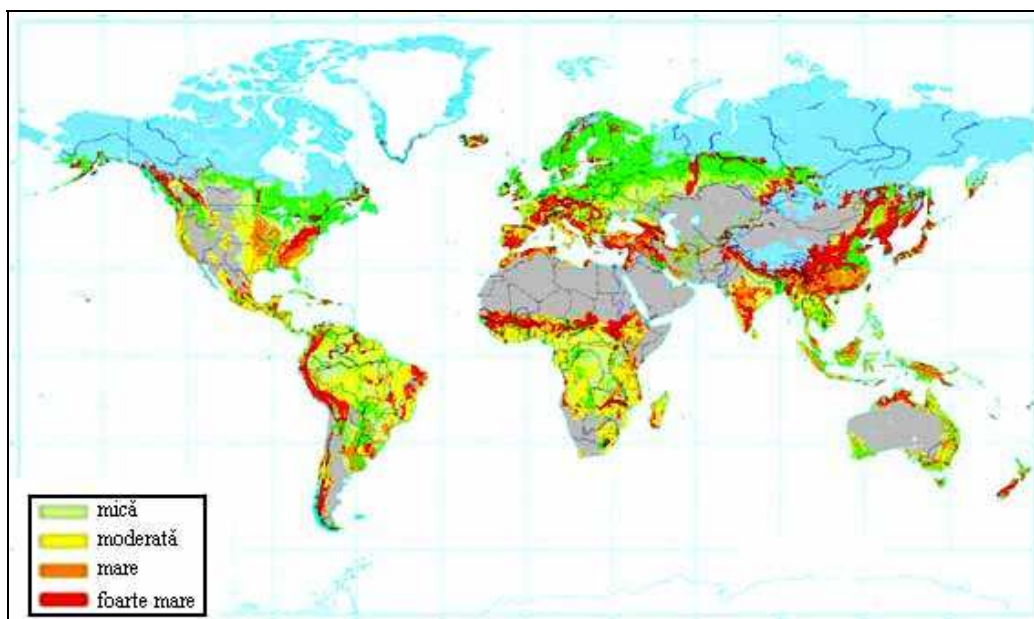
Eroziunea accelerată prezintă o mare importanță din punct de vedere practic, deoarece contribuie la scăderea rapidă a fertilității solului. În același timp, unele forme ale eroziunii, cum sunt ravenele, prin fragmentarea terenurilor, împiedică folosirea rațională a teritoriului sau pot afecta căi de comunicație și așezări omenești.

#### ***Răspândirea proceselor de eroziune***

Suprafața totală afectată de procesele de eroziune intensificate de activitățile omului, este de 1,1 mld. ha, din care 56% în regiunile umede și 44% în cele aride și semiaride.

Pe baza analizei celor mai ridicate valori ale producției de sedimente, arealele cele mai caracteristice sunt (Ioniță, 2000): (a) zona tropicală și mediteraneană, ce include Asia de sud-est, India și bazinul Mediteranei; (b) Africa estică; (c) vestul Munților Stâncoși (Munții Coastei) și partea central-nordică a Munților Anzi.

În total, de pe terenurile agricole din lume se pierde anual 23 mld.t sol. Eroziunea solului din patru țări mari producătoare de alimente (SUA, ex-URSS, China, India) se ridică la 11,8 mld.t pe an, ceea ce reprezintă 52% din valoarea la nivel global (Brown, 1988).



**Fig. 17.** Vulnerabilitatea la eroziune hidrică (USDA-NRCS, 2002)

### ***Efectele negative ale eroziunii***

Degradarea terenurilor prin procesele de eroziune poate fi amenințarea cea mai serioasă pentru omenire, pe termen lung, prin consecințele economice grave. Solul devine din ce în ce mai sărac în substanțe nutritive, ceea ce se reflectă în apariția subnutriției și foamei.

- *Modificarea proprietăților solului* (însușirile fizice, chimice și biologice) are ca urmare o reducere a fertilității solurilor erodate.

Prin eroziune, ajung la suprafață orizonturile inferioare, care în numeroase cazuri au proprietăți fizice mai puțin favorabile decât orizontul cu humus. Aceasta se traduce în înrăutățirea regimului hidric. Astfel, se diminuează infiltrația apei în sol și crește valoarea scurgerii, ceea ce conduce la accentuarea deficitului de apă pe terenurile erodate.

Dintre proprietățile chimice, sunt influențate conținutul în humus, azot, fosfor și carbonat de calciu. În funcție de starea de eroziune, valoarea indicatorilor chimici se reduce cu 60-80%.

- *Scăderea producției agricole* este cel mai caracteristic indicator al fertilității solurilor, uneori estimarea intensității eroziunii realizându-se după reducerea recoltei în raport cu cea obținută pe terenurile neerodate.

Se constată o creștere rapidă a pierderilor de producție agricolă atunci când eroziunea afectează orizontul cu humus dar, pe măsură ce eroziunea avansează, pierderile anuale se reduc. Dacă pe termen scurt pierderile de recoltă nu sunt mari, pe termen lung acestea devin foarte ridicate, prin însumarea pierderilor din anii anteriori.

- *Dificultăți în exploatarea terenurilor*, apar datorită faptului că eroziunea aduce la zi orizonturile inferioare cu o textură mai grea sau roci tari (cresc consumurile de

combustibil și cheltuielile). Dezavantajele sporesc atunci când terenul este brăzdat de formațiuni ale eroziunii în adâncime (rigole, ogașe).

- *Impactul asupra mediului* se reflectă prin creșterea coeficientului de scurgere la nivelul solului, care contribuie la mărirea debitelor lichide ale râurilor și producerea inundațiilor de mari proporții. De asemenea, scurgerea concentrată pe versant transportă o mare parte de material solid, care colmatează luncile râurilor sau lacurile de acumulare.

### **Clasificarea proceselor de eroziune**

➤ **Eroziunea în suprafață** reprezintă îndepărtarea mai mult sau mai puțin uniformă, de pe toată suprafața terenului, a unei anumite părți din profilul de sol. De obicei, este cel mai puțin vizibilă (afectează solul pe o adâncime mică), dar, paradoxal, cea mai răspândită eroziune.



Modul de manifestare constă în: împrăștierea materialului la contactul picăturilor cu agregatele de sol și spălarea materialului prin curenți peliculari dispersați și concentrați. Prin urmare, se poate vorbi de o

eroziune prin picături și o eroziune prin scurgere (Mac, 1986; Parichi, 2000).

Deoarece prin lucrări, suprafața solului este nivelată permanent, procesul de eroziune în suprafață este sesizat numai atunci când plugul răstoarnă la suprafață material din orizonturile intermediare. Acestea au o culoare mai deschisă și o fertilitate mai scăzută față de orizontul cu humus.

Pentru evaluarea stării de eroziune și a calității solurilor, s-a elaborat o clasificare a solurilor cu eroziune în suprafață, în patru clase, în funcție de gradul de eroziune a orizonturilor genetice la diferite tipuri de sol: (1) eroziune moderată (s-a erodat până la 50% din orizontul cu humus); (2) eroziune puternică (s-a erodat peste 50% din orizontul cu humus sau cea mai mare parte a orizontului A/B); (3) eroziune foarte puternică (eroziunea se găsește în orizonturile B sau C); (4) eroziune excesivă (eroziunea a ajuns la baza orizontului C sau la rocă).

➤ **Eroziunea în adâncime (ravenarea)** cuprinde totalitatea acțiunilor intermitente ale apei concentrate asupra versanților.

În funcție de caracteristicile morfometrice (adâncime, lățime, suprafață de drenaj), se deosebesc următoarele forme:

- *rigole* – șanțulețe cu adâncimi de până la 0,50 m și cu o lățime ceva mai mare decât adâncimea; au lungimi de câțiva metri și se dispun pe versant în rețele paralele,

convergente sau divergente, întotdeauna perpendiculare pe curbele de nivel. În general ele își schimbă poziția de la o ploaie la alta sau chiar în cursul unei aceleiași ploi.

- *ogașe* – șanțuri mai dezvoltate în adâncime (0,50 - 2 m), lățime și lungime, cu secțiunea neregulată, de cele mai multe ori în formă de V, orientate aproximativ pe linia de scurgere și cu linia talvegului aproape paralelă cu suprafața terenului; se pot forma izolat pe versanți sau pe fundul văilor.

- *ravene* – cele mai dezvoltate forme ale eroziunii în adâncime, secționare în roci friabile, formate dintr-un canal cu maluri abrupte și praguri de talveg, cu o secțiune transversală mai mare de 1000 cm<sup>2</sup>, cu un prag de obârșie, caracterizate de o scurgere lichidă efemeră și de eroziune regresivă (Rădoane *et al*, 1999)



În funcție de ciclul (durata) de evoluție, adică dacă pot fi îndepărtate prin lucrări agricole obișnuite sau dacă se păstrează de la un an la altul, se deosebesc:

- *ravene efemere* – cu un ciclu scurt de evoluție, de obicei anual (rigole și ogașe);
- *ravene perene (permanente sau cu maluri)* – cu o durată îndelungată de evoluție.

#### **Factorii de control ai eroziunii**

- *Precipitațiile* (cantitatea, durata și intensitatea ploilor) au capacitatea de a imprima o anumită intensitate procesului de eroziune (indicele de erozivitate pluvială – produsul dintre energia cinetică a ploii și intensitatea medie pe 30 minute).

- *Relieful* intervine în procesul de eroziune prin înclinare (pe pante mari, crește volumul de sol erodat și distanța de transport) și lungimea versanților.

- *Vegetația* reprezintă un factor de frânare a eroziunii, diferențiat în funcție de tipul acesteia (naturală sau cultivată). Interceptează precipitațiile astfel (Moțoc *et al.*, 1975): 2 mm pe teren plan, slab înierbat; 3-5 mm pe teren slab înierbat cu tufișuri rare; 6-10 mm pe teren bine înierbat, tufărișuri sau pădure mărunță; 10-15 mm pe teren cu pădure mijlocie, fânețe cu vegetație foarte abundentă. De asemenea, plantele cultivate influențează pierderile de sol prin eroziune, de la plante care asigură un grad de acoperire a solului de peste 75%, foarte bune protectoare, cum sunt gramineele și leguminoasele perene, până la plante ce asigură un grad de acoperire a solului sub 25%, din care fac parte prășitoarele.

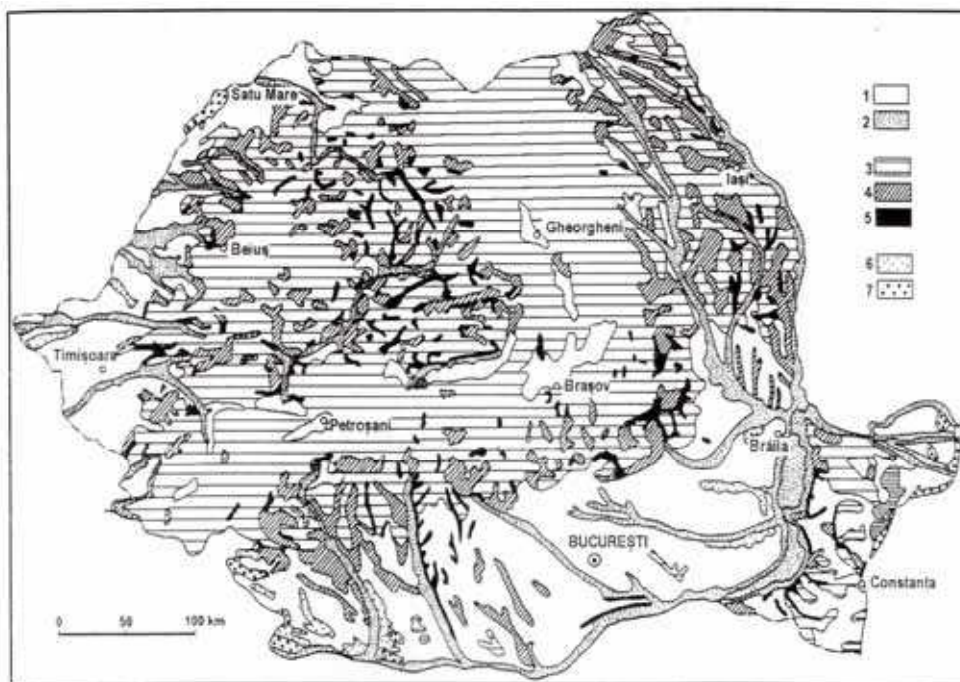
- *Solul* influențează eroziunea prin: capacitatea de infiltrație (soluri cu textură grosieră, profunde, formate pe roci permeabile, cu potențial de infiltrație maxim; soluri cu textură fină, care gonfleză puternic, puțin profunde, cu potențial de infiltrație minim); erodabilitate (rezistența la eroziune, în funcție de conținutul de humus, cantitatea de particule grosiere, coeficientul de dispersie).

- *Intervenția omului (metodele de cultură și de amenajare a versanților)* poate să fie negativă, în sensul favorizării scurgerii lichide și eroziunii sau pozitivă, prin aplicarea unor metode care să contribuie la regularizarea scurgerii și atenuarea procesului de eroziune.

**Prevenirea și combaterea** proceselor de eroziune implică măsuri speciale: executarea arăturilor în lungul curbelor de nivel, utilizarea unor culturi agricole care protejează versantul și alternarea acestora cu benzile înierbate, terasarea versantului și acolo unde este necesar reîmpădurirea terenurilor. Reducerea eroziunii în adâncime este mult mai dificilă și implică amenajarea bazinului de recepție și construirea unor baraje în lungul ravenei.

#### **Eroziunea solului în România**

În țara noastră, regiunile cele mai afectate de procese de eroziune sunt situate în Subcarpați, Podișul Bârladului, Podișul Getic și Podișul Transilvaniei. Eroziunea hidrică este prezentă pe 6,3 milioane ha, din care 2,3 milioane amenajate cu lucrări antierozionale, în prezent degradate puternic în cea mai mare parte. Ponderea cea mai mare aparține suprafețelor de teren cu eroziune moderată și puternică (8-30 t/ha/an). Eroziunea specifică totală de pe terenurile agricole provoacă pierderi medii de sol de 16,28 t/ha/an, valorile maxime înregistrându-se în Subcarpații de Curbură (41,5 t/ha/an).



**Fig. 18.** Eroziunea solului în România (Florea et al, 1999)

1-2. terenuri neafectate de eroziune (2. cu pericol de aluvionare și colmatare); 3-5. terenuri cu eroziune (3. slabă; 4. moderată-puternică; 5. foarte puternică-excesivă); 6-7. terenuri afectate de eroziunea eoliană (6. moderată-puternică; 7. foarte puternică-excesivă)

La cele de mai sus se adaugă *eroziunea eoliană*, ce se manifestă pe aproape 0,4 milioane ha (cu pericol de extindere, datorită defrișărilor intense) și *excesul periodic de umiditate în sol*, care afectează circa 3,8 milioane ha, din care o mare parte din perimetrele cu lucrări de drenaj (3,2 milioane ha), care nu funcționează cu eficiența scontată.

## 3.2. Evaluarea hazardelor geomorfologice

Evaluarea hazardului cuprinde estimarea susceptibilității unei arii la anumite procese geomorfologice, ce se bazează pe o serie de factori-cheie.

Cartarea hazardelor geomorfologice urmărește *localizarea* (unde se pot produce), *natura* (tipurile de procese geomorfologice actuale), *gradația temporală* (de la iminența până la imposibilitatea producerii) și *vulnerabilitatea* (terenuri și elemente expuse) (Cioacă, 1996).

Trei principii călăuzesc evaluarea hazardelor geomorfologice: (1), procesele geomorfologice viitoare vor apărea în aceleași condiții geomorfologice, geologice și topografice ca și cele care s-au produs în trecut; (2), condițiile și mecanismele care stau la baza apariției proceselor geomorfologice sunt cunoscute; (3), poate fi determinată importanța relativă a condițiilor și mecanismelor ce contribuie la apariția proceselor geomorfologice.

*Elaborarea hărților de hazard* implică două etape de lucru: una analitică (cercetări de teren și de laborator amănunțite pentru stabilirea exactă a tipurilor de procese, a intensității acestora pe baza unor cartări de amănunt și a corelării unor hărți tematice) și una de sinteză (ierarhizarea fenomenelor și delimitarea arealelor în care acestea pot să apară cu diferite grade de intensitate) (Bălțeanu *et al.*, 1989).

### 3.2.1. Stabilitatea versanților

Evaluarea stabilității versanților pornește de la studiul materialelor topografice și al fotogramelor, evident completate de cercetări de teren și analize de laborator, prin selectarea următorilor factori cauzali: litologia; înclinarea versanților; tipul și gradul de eroziune al versanților și expunerea lor, în special în aria montană; dispunerea stratelor; covorul vegetal; condițiile climatice și datele seismice.

Este necesar să se ia în considerare și un alt factor, care, singur, este capabil să modifice rezultatele obținute din studiul analitic al parametrilor menționați mai sus, și anume activitatea umană. De fapt, omul poate compromite stabilitatea versantului prin lucrări greșit dimensionate, cauzând instabilitate în locuri stabile, dar în același timp, prin măsuri adecvate, poate stabiliza un versant afectat de procese de degradare.

Fiecare factor este reprezentat într-un mod cantitativ sau semicantitativ, pentru a facilita identificarea gradelor diferite de hazard într-un areal. Pentru fiecare factor luat în considerare, se realizează hărți distincte, la aceeași scară. În cadrul fiecărei hărți, în funcție de contribuția lor la declanșarea proceselor geomorfologice actuale, se delimitează areale, cărora li se acordă coeficienți numerici, în ordine crescătoare (1 - instabilitate accentuată; 2 - instabilitate mare; 3 - instabilitate medie; 4 - stabilitate scăzută; 5 - stabilitate bună).

Studiul analitic al tuturor acestor factori sau parametri conduce la realizarea hărților tematice, care reprezintă stadii intermediare. Suprapunerea acestor hărți (și însumarea coeficienților) permite obținerea unei hărți de hazard geomorfologic.

Tabel 9

Model de criterii pentru estimarea stabilității versanților

Nr. crt.	Criteriul	1	2	3	4	5
1.	Litologia	roci necoezive cu o structură haotică (ex. argile)	roci coezive stratificate sau nestratificate, ce stau pe roci cu o coeziune redusă (ex. calcar, gresie, lave, pe un substrat argilos)	roci necoezive (ex. nisip, pietriș, detritus)	roci coezive și pseudocoezive în strate alternante (ex. fliș nisipomarno-argilos și calcaromarno-argilos)	roci coezive stratificate (ex. conglomerat, gresie, calcar, gnais) sau masive (ex. dolomit, granit)
2.	Panta	<10°	10-20°	20-35°	35-50°	>50°
3.	Disponerea stratelor	Strate dispuse haotic (puternic cutate, fracturate și uneori șariate)	Strate cutate și/sau faliat	Strate dispuse monoclinale (de la 5° la 85°)	Strate verticale (de la 85° la 90°)	Strate orizontale (de la 0° la 5°)
4.	Utilizarea terenurilor	terenuri degradate și denudate; terenuri arabile; areale supuse activităților miniere	terenuri sterpe și neroditoare; livezi și vii; clădiri și căi de comunicații în condiții nefavorabile, afectate de alunecări	pajiști și pășuni; păduri degradate de foioase; versanți terasați; clădiri și căi de comunicații în condiții favorabile, neafectate de alunecări	păduri nedegradate de foioase și de amestec; păduri degradate de conifere	păduri masive
5.	Morfodinamica versanților	areale cu stabilitate evidentă, cu foarte slabe procese de denudație	areale fără alunecări de teren, dar cu potențial de instabilitate, afectate în prezent de procese de creep și eroziune în suprafață	areale în care predomină eroziunea în suprafață și alunecările superficiale, uneori și curgeri noroioase	areale cu eroziune și alunecări declanșate pe fondul unor mari areale cu vechi procese de alunecare, stabilizate, dar cu instabilitate potențială	areale cu instabilitate accentuată, deja afectate de alunecări profunde și prăbușiri masive, pe suprafețe mari, și cu organisme torențiale active
6.	Date seismice	M < 5	M 5-6	M 6-7	M 7-8	M > 8
7.	Condițiile climatice	precipitații <600 mm/an, durată și intensitate scurtă a acestora	precipitații 600-800 mm/an, durată medie 48 h, intensitate medie <0,5 l/min	precipitații 800-1000 mm/an, durată medie >48 h, intensitate <0,5 l/min	precipitații 1000-1200 mm/an, durată medie >72 h, intensitate >0,5 l/min	precipitații >1200 mm/an, durată medie >72 h, intensitate >1 l/min



### 3.2.2. Indicators de evaluare

(a) *riscul erozional efectiv - Universal Soil Loss Equation (USLE):*

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

$E_{ef}$  – eroziunea medie anuală (t/ha/an);

$K$  – coeficient de agresivitate pluvială;

$S$  – coeficient pentru erodabilitatea solului;

$L$  – lungimea versantului;

$i$  – panta medie a versantului (%);

$C$  – coeficient privind influența vegetației;

$C_s$  – coeficient pentru influența sistemului de cultură folosit sau pentru lucrări și amenajări antierozionale a versanților.

(b) *indicator pentru creșterea în lungime a ravenelor*

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

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

$R_p$  – viteza de înaintare măsurată pentru o perioadă anterioară (m/an);

$A$  – raportul între suprafața de colectare anterioară și cea corespunzătoare unor lungimi alese; variază între 0 și 1;

$P$  – raportul între suma precipitațiilor medii anuale stabilită pentru o perioadă cât mai îndelungată și media multianuală a perioadei cu măsurători.

(c) *estimarea potențialului de ravenare (Ioniță, 2000):*

$$S_{ma} = 0,4998 t^2 + 16,466 t + 23,104$$

$S_{ma}$  – suprafața medie anuală ravenată.

$$V_{ma} = 2,3024 t^2 + 155,95 t + 48,683$$

$V_{ma}$  – volumul mediu anual erodat prin ravenare,  $t$  – timpul în ani

(d) *rata de avansare a ravenelor (Rădoane et al, 1999)*

$$\log Y = a + b \log X_1 + c \log X_2 + \dots + n \log X_n$$

$Y$  – rata de avansare a ravenelor,  $R_a$  (m/an);

$X_1$  – lungimea ravenelor,  $L$  (m);

$X_2$  – suprafața bazinului de drenaj amonte de vârful ravenei,  $A$  (ha);

$X_3$  – panta bazinului amonte de vârful ravenei,  $P$  (%);

$X_4$  – energia de relief amonte de vârful ravenei,  $E$  (m).

(e) *volumul masei alunecate*

$$V = 1/6 \cdot \pi \cdot L \cdot D \cdot W = 0,40 \cdot L \cdot D \cdot W$$

$L$  – lungimea alunecării între frunte și cap;

$D$  – grosimea (înălțimea) corpului alunecării;

$W$  – lățimea medie a alunecării.

## 4. HAZARDE HIDROLOGICE

Oamenii au fost atrași de lunci încă din cele mai vechi timpuri, la început de solurile aluviale fertile, iar apoi de nevoia de acces la surplusul de apă, transportul pe apă și ca loc pentru întemeierea de așezări. Multe din înfloritoarele civilizații antice sunt legate de râuri: egipteană de Nil, mesopotamiană de Tigru și Eufrat, chineză de Huanghe și Yangtze. Avantajele unui râu implică și existența unor pericole, dintre care inundațiile s-au manifestat întotdeauna cu putere. Însă, omul și-a asumat acest risc încă de la începuturile existenței sale.

**Inundațiile** reprezintă hazardul cel mai larg răspândit pe Terra, cu numeroase pierderi de vieți omenești și cu pagube materiale de mari proporții, datorită extinderii largi a rețelei hidrografice, care a exercitat o continuă atracție pentru localizarea așezărilor umane. Anual sunt înregistrate pe glob peste 20.000 de victime, 100 de milioane de persoane fiind afectate, în diferite grade, de producerea acestor fenomene.

Din faza de regim a unui râu, cea mai spectaculoasă și periculoasă este scurgerea maximă, caracterizată de viituri și, în funcție de amploarea acestora, de inundații, mai mult sau mai puțin extinse.

*Viiturile* sunt creșteri relativ rapide și de scurtă durată a nivelurilor și implicit a debitelor râurilor, în general peste valorile obișnuite, ca urmare a unor ploii torențiale sau îndelungate, topirii zăpezilor sau accidentelor la construcții hidrotehnice.

Viiturile deosebit de mari depășesc capacitatea de absorbție a solului și capacitatea de scurgere la nivelul albiei minore, fapt ce determină depășirea malurilor naturale sau digurilor, provocând acoperirea temporară sau permanentă a terenurilor învecinate, determinând *inundații* în teritoriile riverane râurilor (în special lunci).

Fenomenul poate apărea în urma revărsării apelor curgătoare, a stagnării apelor din precipitații pe terenurile fără pantă de scurgere, sau ca urmare a creșterii excesive a nivelului pânzei freatice până la suprafața solului. Cele mai frecvente inundații se produc în lungul râurilor, când cantitatea mare de apă depășește capacitatea albiei și acoperă o parte din luncă.

Există diferențe semnificative între apariția acestor fenomene pe râurile mari și cele mici, în ceea ce privește intensitatea și durata lor. Dacă în cazul râurilor mari inundațiile cu caracter catastrofal apar mai rar și durează mai multe zile, existând posibilitatea prognozării și adoptării unor măsuri de apărare, pentru râurile mici sunt specifice viituri excepționale cu o durată foarte scurtă, neexistând posibilitatea de prevenire imediată (Zăvoianu, 1981).

### 4.1. Cauzele producerii inundațiilor

La intensificarea inundațiilor contribuie anumite condiții: cele existente în bazinul hidrografic (suprafața, forma, panta, morfografia, altitudinea și interacțiunile dintre climat, sol, vegetația și activitatea umană), cele specifice rețelei hidrografice (suprafața de stocare,

dimensiunea albiei, drenajul subteran) și albiei (panta, controlul inundației, rugozitate, încărcătura solidă, formă, stocare) (Newson, 1994, citat de Romanescu, 2003).

Cauzele care determină apariția inundațiilor sunt naturale și antropice.

➤ *Cauzele naturale* sunt legate de pătrunderea în albii a unor cantități excedentare de apă provenită din ploii, topirea bruscă a zăpezii și ghețarilor montani, alimentarea excedentară din pânzele subterane de apă și de bararea văilor prin alunecări și prin zăpoare de gheață, urmată de ruperea barajului.

- *Ploile abundente* sunt cele mai importante cauze ale producerii inundațiilor. Propagarea viiturilor și întinderea suprafețelor inundate depind de cantitățile de precipitații căzute și de intensitatea acestora. Atunci când solul este deja îmbibat cu apă sau când este deja înghețat, întreaga cantitate de apă căzută se scurge accentuând pericolul inundațiilor.

O inundație de mare amploare a avut loc în anul 1931, pe fluviul Yangtze. Cauza a constituit-o perioada ploioasă din iulie, când au căzut precipitații de 140-160 mm/24 h. Acestea au generat o viitură normală, care a umplut toate lacurile cu rol de atenuare a debitelor maxime. Imediat s-au succedat alte două perioade ploioase, cu rezultate catastrofale. Orașul Hankeou a fost inundat, iar de o parte și de alta a fluviului, arii largi de 100-150 km au fost complet submerse, stratul de apă având în medie o grosime de 2,5 m. Suprafața afectată a fost de circa 80.000 km<sup>2</sup>. În urma acestor inundații s-au înregistrat 3,7 milioane morți, 28,5 milioane sinistrați și pagube materiale în valoare de 1,4 miliarde dolari.

- *Topirea bruscă a zăpezii* generează adeseori inundații puternice în nordul Americii de Nord și în nordul Rusiei, pe râurile siberiene.

La granița dintre Rusia și Mongolia, s-a produs un astfel de fenomen în luna mai 1977, în urma căruia a rezultat o undă de viitură ce a produs inundații fără precedent în bazinele râurilor Kuglas și Tora (afleuți ai fluviului Obi). Unda de viitură cu înălțimea de 5 m a afectat în aval orașele Novokuznetk, Kamerovo, Mezduresensk.

- *Topirea zăpezii asociată cu topirea ghețarilor* generează viituri puternice. O astfel de situație s-a înregistrat în masivul Mont Blanc în anul 1892 când un șuvoi de 200.000 m<sup>3</sup> de apă încărcată cu noroi și bolovani a inundat numeroase case și șosele.

- *Maree și vânturi puternice* pot produce ruperea digurilor marine. În timpul inundației catastrofale de la 31 ianuarie 1953, vânturile de nord (125-180 km/h) au împiedicat vărsarea râurilor Meuse, Escaut și Rin, iar în porțiunile de mare puțin adâncă au format valuri de 12 m înălțime, nivelul mării fiind mai ridicat cu 0,25-0,5 m. În aceste condiții, digurile solide dinspre mare au rezistat bine, dar cele de pe malurile estuarelor mai puțin rezistente au cedat și masa de apă s-a revărsat în incinta polderului Zuiderzee (Olanda). În urma inundației s-au înregistrat 2000 morți, 300.000 sinistrați (4000 case distruse și 25.000 avariate), 70.000 ha teren complet inundat, pagube materiale estimate la 300 milioane dolari.

- Ruperea bruscă a barajelor naturale din lungul văilor formate de *alunecări* și de acumulări de gheață (*zăpoare*) este foarte periculoasă și de aceea se acționează pentru distrugerea acestora și pentru drenarea apei.

O alunecare de teren din Nanga Parbat (Munții Karakorum) a barat valea Hunza, formând un lac lung de 55 km, care, golit brusc, a determinat, în iunie 1841, o viitură extraordinară astfel încât la Attock, cu 400 km în aval, apele au crescut în albie cu 24 m.

Uneori, astfel de creșteri pot atinge valori destul de mari, cum este cazul de pe fluviul Enisei, din 1909, când, în spatele unui baraj de gheață, nivelul apei a crescut în 24 ore cu 12 m, iar ruperea zăporului a format o viitură violentă care a distrus în aval câteva vase aflate la iernat într-un canal lateral. Pe Dunăre, în anul 1838, ca urmare a blocării ghețurilor în apropierea orașului Budapesta, nivelurile au crescut foarte mult, apele distrugând 4254 case.

➤ *Cauzele antropice* intensifică producerea inundațiilor.

- *Reducerea gradului de acoperire cu covor vegetal* (despăduriri, suprapășunat, practici agricole necorespunzătoare) diminuează capacitatea de absorbție a precipitațiilor, crescând gradul de torențialitate a cursurilor de apă și o accelerare a timpului de formare și transmitere a undelor de viitură. Eroziunea mai puternică a solului mărește transportul de aluviuni pe râuri, supraînălțarea albiei sporind la rândul ei riscul inundațiilor.

- *Lucrările de regularizare a albiei* (canalizarea, îndiguirea și desecarea luncii) și *podurile cu o deschidere prea mică* determină o micșorare a secțiunii de scurgere și o ușoară creștere a nivelurilor, însoțită de producerea inundațiilor în amonte.

- *Suprafețele acoperite cu asfalt și suprafața ocupată de clădiri* împiedică infiltrarea apei măbind în acest fel cantitatea de apă scursă. Unele calcule au arătat că viiturile pot să fie de 10 ori mai mari în bazinele extinse în cea mai mare parte pe teritoriul orașelor.

- *Distrugerea unor baraje* din diferite cauze (erori de proiectare, cutremure, diversiuni, depășirea capacității de evacuare) reprezintă cauza unor viituri extrem de periculoase.

Pe 12 decembrie 1959, în urma unor ploi puternice, datorită presiunii apei din spatele barajului Malpasset, situat în sudul Franței pe râul Reyran, acesta s-a rupt la 8-10 m de la sol (avea 66,5 m înălțime) și un val de apă, înalt de 20 m și lat de 200 m, a pornit pe valea râului, spre orașul Frejus, situat la 11 km în aval. Bilanțul a fost destul de tragic: 421 morți, 1188 sinistrați, 100 case distruse, 700 avariate și pagube de peste 30 miliarde franci.

În timpul celui de-al doilea război mondial au fost distruse de englezi barajele Möhne și Eder, pe 16 mai 1943. Pagubele produse au fost foarte mari: 12 sate și 4 orașe inundate, 1300 morți, 3.000 ha cu culturi distruse, 125 uzine distruse sau grav avariate.

## 4.2. Efectele negative ale inundațiilor

Pierderile provocate de inundații pot fi directe (ruperea grindurilor fluviale și a digurilor, inundarea albiei majore, pagubele fizice ale proprietăților, costurile restaurării complete, pierderile umane și îmbolnăvirile) și indirecte (întreruperea traficului și activităților

economice, reducerea puterii de consum în cadrul comunității, creșterea vulnerabilității sinistraților, migrarea și reducerea încrederii față de regiunea afectată).

Mărimea pagubelor depinde de: gradul de dezvoltare socio-economică, densitatea populației în teritoriul afectat, caracteristicile undelor de viitură.

❖ *Pagubele economice* constau în pierderile de vieți omenești din localitățile afectate total sau parțial, numărul de case distruse sau avariate, obiectivele industriale afectate, pierderi de animale, căile de comunicații (drumuri, căi ferate, poduri) și rețeaua electrică distruse complet sau avariate și pagubele materiale directe. 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.

În perioada 1900-2006, la nivel mondial, inundațiile au afectat 2,9 miliarde locuitori, provocând 6,9 milioane morți, 1,3 milioane răniți și pagube materiale de aproximativ 354 miliarde dolari (*CRED-EMDAT*).

Cele mai mari inundații se produc în China, în special în lungul fluviului Huanghe (Galben). În ultimele două milenii, s-au înregistrat 1500 inundații puternice, fluviul schimbându-și albia de 26 ori cu zeci de kilometri. În iulie 1931 s-au produs cele mai catastrofale inundații (cel mai mare dezastru natural din timpurile istorice), ce au afectat 28,5 milioane locuitori, au determinat 3,7 milioane victime și pagube materiale de peste 1,4 miliarde dolari. Au urmat inundațiile din anul 1939, care au produs 500.000 victime și apoi cele din anul 1959, ce au provocat 2 milioane victime. În ultimii ani, se remarcă inundațiile din 1991, 1996, 1998 și 1999, ce au afectat în medie 175 mil.loc.

Alte inundații semnificative au avut loc în estul Guatemalei, în octombrie 1949 (40.000 victime, 15 milioane dolari pagube), Bangladesh, iulie 1974 (ciclone tropical ce a determinat precipitații excepționale și inundații ce au afectat 36 mil. loc., rezultând 28.700 victime și pagube de 580 milioane dolari), India, 7 iulie 1993, pe fluviile Gange și Brahmaputra (au afectat 128 mil. loc., producând 827 victime și pagube de peste 700 milioane dolari), Venezuela, 15 decembrie 1999 (30.000 morți, 3 miliarde dolari pagube).

Nici statele dezvoltate nu sunt ferite de astfel de fenomene: inundații provocate de fluviul Mississippi, în SUA. În anul 1927 s-a rupt sistemul de diguri în 145 de locuri, apele inundând 70.000 km<sup>2</sup>, rezultând 247 victime și 400 mil. dolari pagube. La fel de mari au fost și inundațiile din august 1993, ce au produs doar 45 victime, dar pagube de 12 mld. dolari.

Semnificative au fost și inundațiile din august 2002, ce au afectat șase state europene (Germania, Cehia, Slovacia, Austria, România și Ungaria), provocând 57 morți, 109 răniți și pagube materiale de peste 15 miliarde dolari, cel mai mult suferind orașele Dresda și Praga.

❖ *Efectele ecologice negative* sunt evidente prin degradarea factorilor de mediu. În timpul inundațiilor, calitatea apei este mult modificată, prin antrenarea în albiile râurilor a tuturor deșeurilor de pe malurile apelor, prin descompunerea animalelor înecate și transportate, prin ruperea conductelor de transport a produselor petroliere.

Sunt cazuri când la viituri catastrofale se produc spectaculoase eroziuni de maluri și în albie. La Fluviul Galben 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.

În regiunile de câmpie se poate produce tăierea unor meandre sau chiar schimbarea cursului, cum a fost cazul râului Buzău între Dedulești și Șuțești, ca urmare a apelor mari de primăvară din anul 1969.

În timpul viiturilor, foarte multe râuri transportă volume importante de aluviuni, care se acumulează în lacuri, contribuind la colmatarea rapidă a acestora la reducerea treptată a capacității de retenție a lacurilor.

❖ *Efectele sociale negative* sunt provocate de pierderile de vieți omenești. În timpul inundațiilor se desfășoară ample acțiuni de evacuare a populației din localitățile afectate, care generează panică, cu efecte psihologice negative. Lipsa apei potabile, abundența apelor de inundații de cele mai multe ori infestate, diminuarea asistenței medicale și neasigurarea minimumului de hrană, fac posibilă apariția unor epidemii cu implicații de ordin social foarte grave. De asemenea, în țările cu inundații frecvente, costurile unor produse de strictă necesitate cresc cu procente de până la 50%.

Pot fi distruse bunuri și valori culturale, uneori de valoare națională sau internațională. De exemplu, la 15 iunie 2002, s-a rupt limba clopotului Sigismund (datând din 1549) din catedrala Sfântul Vit, situată în Hrad (Cehia).

### 4.3. Evaluarea hazardelor legate de inundații

Insuficienta înțelegere a hazardelor legate de inundații și a faptului că acestea nu sunt întâmplătoare în timp și spațiu, dar sunt în mare parte previzibile conform probabilității statistice, pot conduce la creșterea riscului la inundații. Este nevoie să se știe *cât de des*, în medie, poate fi lunca acoperită cu apă, *pentru cât timp* și *în ce perioadă din an*.



**Fig. 19.** Arealele cele mai expuse la inundații (*Disaster Risk Management, 5, 2005*)

Viiturile sunt de obicei exprimate în termeni privind frecvența lor statistică. O viitură la 100 de ani descrie un eveniment supus unei probabilități de 1% ca o viitură de o anumită mărime să apară într-un anumit an. Acest concept nu înseamnă că o viitură va apărea doar o dată la o sută de ani. Dacă aceasta se întâlnește într-un an dat, nu înseamnă că nu este încă o șansă de 1% a unei apariții similare în anul următor.

Pentru asemenea evaluări se utilizează datele hidrometrice (de la stațiile și posturile hidrometrice, pe o perioadă de cel puțin 20 de ani), pe baza cărora se pot determina modele în stabilirea frecvenței statistice. Pentru cartarea arealelor expuse inundațiilor se utilizează observații de teren, se consultă rapoarte oficiale privind pagubele înregistrate și se face tot mai mult apel la imagini satelitare.

### ***Tehnici de cartare a hazardelor legate de inundații***

#### **(a) tehnici tradiționale**

Solicită o considerabilă muncă de teren și menținerea înregistrărilor (pe baza folosirii instrumentelor la stații hidrometrice) pe termen lung. Se utilizează analize de regresie și estimări ale cantităților de precipitații derivate din modele, în care se pot utiliza și date de la bazine similare. Obiectivele principale sunt: calculul frecvenței de apariție a unei viituri și determinarea caracteristicilor scurgerii râului. Este nevoie și de o investigație detaliată a arealelor supuse pericolului inundațiilor (secțiuni transversale, harta pantelor), alături de estimări ale rugozității hidraulice, plus analiza unor hărți asociate (solurile, geologică, utilizarea terenurilor, densitatea populației, infrastructura și așezările).

#### **(b) utilizarea teledetecției**

Datele satelitare sunt capabile să producă informații utile în special în diagnosticarea măsurilor. În lipsa unor informații directe din măsurători de nivele și debite, este posibilă o estimare a probabilității apariției unei inundații, prin analize asistate de calculator pe baza procesării datelor în format digital și analog.

Cele mai utilizate sunt datele Landsat Multispectral Scanner (MSS) și datele cu rezoluție mare Landsat Thematic Mapper (TM) și SPOT High Resolution Visible Range (HRV) cu posibilitatea de cartare la scări mai mari. De asemenea, rezoluții la scară redusă, dar cu o acoperire sinoptică regională, produce seria de sateliți NOAA Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) (Loghin, 2004).

### ***Elementele caracteristice ale viiturilor***

Caracteristicile viiturilor și amploarea lor variază în timp și spațiu, fiind strâns legate de factorii meteorologici și elementele bazinelor hidrografice (suprafața și altitudinea medie).

**(a) Geneza viiturilor** este legată direct de condițiile climatice și de cele fizico-geografice în general. Viiturile care se produc pe râuri au origine diferită:

- *pluvială* (ploi torențiale sau de lungă durată);
- *pluvio-nivală* (suprapunerea ploilor cu topirea zăpezilor);
- *nivală* (topirea bruscă a zăpezilor).

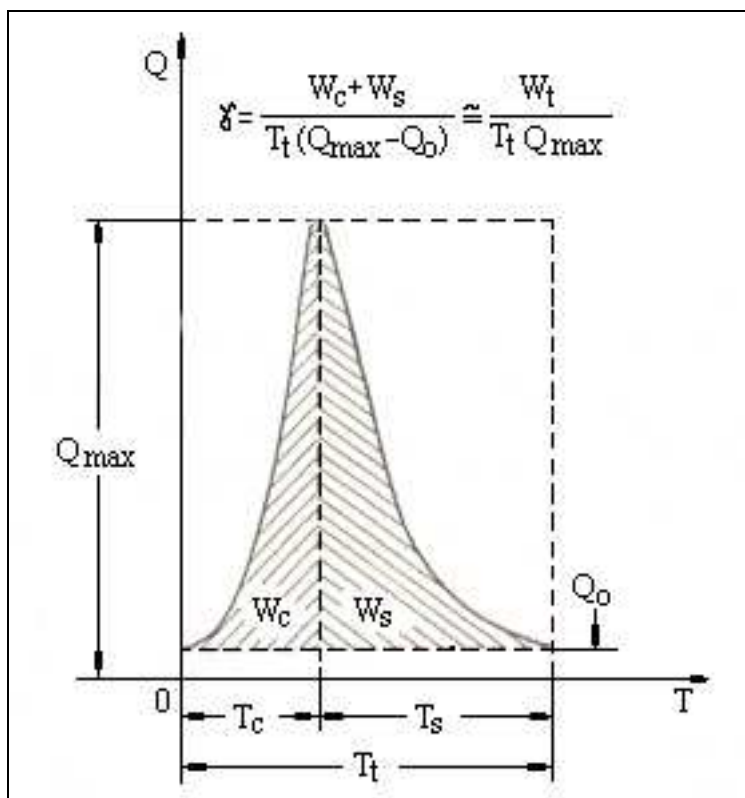
Viiturile pluviale au frecvența cea mai mare și apar în sezonul cald al anului, cele de origine pluvio-nivală sunt frecvente primăvara, în timp ce viiturile de origine nivală sunt foarte rare și sunt specifice spațiului montan înalt.

**(b) Frecvența viiturilor** (distribuția în timpul anului, prin analiza statistică a evenimentelor selectate, pentru fiecare post hidrometric).

Numărul viiturilor variază teritorial în funcție de anotimp, cele mai numeroase producându-se primăvara și vara (consecință a ploilor torențiale cu intensități și durate diferite de la un sector la altul), iar cele mai puține toamna și iarna (uneori, viiturile de iarnă pot lipsi datorită temperaturilor scăzute care favorizează apariția fenomenelor de îngheț).

**(c) Durata viiturii** este determinată de momentul în care debitele încep să crească și de momentul în care debitele tind să revină la valori care corespund alimentării în exclusivitate din apele subterane (Diaconu, 1988).

*Durata totală* ( $T_t$ ) se compune din *durata (timpul) de creștere* ( $T_c$ ) și *durata (timpul) de scădere* ( $T_s$ ), care au ca punct de racordare momentul producerii vârfului viiturii.



**Fig. 20.** Elementele unei viituri (Diaconu, Șerban, 1994)



**(d) Debitul maxim** (de vârf) **al viiturii** ( $Q_{\max}$ ) este egal cu debitul maxim înregistrat în secțiunea respectivă minus debitul de bază ( $Q_0$  – produs de scurgerea subsuperficială întârziată și de alimentarea subterană în timpul unei viituri). Poate fi exprimat și prin *debitul de apă specific* ( $q_{\max}$ ), adică raportul dintre debitul maxim (l/s) și suprafața bazinului ( $\text{km}^2$ ).

**(e) Volumul total al viiturii** ( $W_t$ ) reprezintă volumul de apă scurs, fără cel de bază ( $W_0$ ), datorat alimentării subterane.

**(f) Coeficientul de formă** ( $\gamma$ ) este definit ca raport între volumul viiturii ( $W_t$ ) și volumul echivalent cu suprafața dreptunghiului circumscris viiturii ( $T_t \cdot Q_{\max}$ ).

**(g) Stratul de apă scurs** în timpul viiturii ( $h_v$ ), ca raport între  $W_t$  și  $F$  (suprafața bazinului de recepție), și **stratul de apă căzut** ( $h_p$ ) exprimă *coeficientul de scurgere*.

#### 4.4. Prevenirea și combaterea inundațiilor

Arealele cele mai expuse la inundații ocupă 9% din suprafața terestră, fiind locuite de 2 mld. loc (38%): vestul mijlociu al SUA, America Centrală, coastele Americii de Sud, Europa, estul Africii, nord-estul Indiei, Bangladesh, China, Coreea, Indonezia, Filipine.

În funcție de atitudinea și acțiunile omului de a se apăra de efectele inundațiilor, există mai multe tipuri de relații societate-inundație (Pandi, 2002):

- pasivă, când omul a suportat inundațiile, fără a putea interveni; doar se îndepărta de râu în timpul apelor mari și revenea ulterior.

- preventivă, când omul a încercat să se apere măcar parțial de apariția inundațiilor, prin amenajarea unor diguri de apărare ale așezărilor umane.

- activă, când omul a realizat regularizări ale cursurilor de apă, consolidări de maluri, tăieri de meandre și construcții importante de diguri.

- complexă, când omul a început amenajarea complexă a bazinelor hidrografice (diguri, lacuri de acumulare permanente și nepermanente, dirijări ale apelor dintr-un bazin hidrografic în altul).

*Prevenirea* constă în activitățile menite să evite sau să reducă la minim consecințele inundațiilor, ca urmare a cunoștințelor acumulate și a activității de previziune. Se impun acțiuni adoptate la nivel național sau la nivelul unor organisme internaționale (ONU, OMM).

Prevenirea intervine la diferite nivele (Sorocovschi, 2002):

- normativ (prescripții tehnice care impun realizarea clădirilor și infrastructurilor capabile să reziste evenimentului);

- de planificare (planuri, regulamente și alte instrumente de programare socio-economice, compatibile cu hărțile expunerii terenurilor la risc; măsuri de salvare);

- tehnico-științific (studii și cercetări în vederea diminuării riscului);

- informațional (educarea și informarea populației pentru a cunoaște arealele în care sunt posibile inundații și regulile de comportare în asemenea situații).

Pentru *atenuarea efectelor negative* ale inundațiilor se efectuează diferite lucrări de amenajare care cuprind:

- *lucrări de îndiguire a albiei și de protejare a localităților*. Acest tip de lucrări este cunoscut încă din antichitate, în China fiind construite unele diguri de pământ în urmă cu 4000 de ani;
- *lucrări de amenajare a albiei* prin scurtarea meandrelor, lărgirea și adâncirea albiei minore, curățirea periodică a albiei de aluviuni, drenarea și îndiguirea lacurilor din luncă etc. Unele dintre aceste lucrări au efecte nefavorabile asupra reducerii biodiversității din cadrul terenurilor umede;
- *construirea barajelor pentru lacurile de acumulare* care, în cele mai multe cazuri, au utilizări multiple legate de combaterea inundațiilor, producerea de energie electrică, alimentarea cu apă a localităților și irigații;
- *amenajarea integrală a bazinelor hidrografice* cuprinde un complex de măsuri care se aplică în cadrul bazinului de recepție considerat ca un întreg. Se efectuează lucrări de amenajare a bazinelor secundare, de îndiguire și de combaterea a eroziunii. În tot mai multe țări dezvoltate terenurile din luncile râurilor mari sunt achiziționate de stat fiind utilizate ca parcuri și rezervații naturale.

## 4.5. Inundațiile din România

Viiturile și inundațiile catastrofale sunt determinate de cantități foarte mari de precipitații cu caracter torențial și combinarea acestora cu valuri de căldură care produc topirea bruscă a zăpezii.

În România, suprafețele inundabile depășesc 3,5 mil.ha și se găsesc în lungul Dunării și a râurilor principale din Câmpia Română (Siret, Buzău, Ialomița, Argeș, Olt) și Câmpia Banato-Crișană (Someș, Crișuri, Mureș, Timiș).

În secolul al XIX-lea s-au consemnat 28 viituri catastrofale, iar în secolul al XX-lea s-au înregistrat 42 asemenea fenomene hidrologice (în 1970 fiind cea mai gravă). În ultimul secol, inundații de proporții, fie pe unele bazine hidrografice, fie la nivel regional sau chiar al întregii țări, s-au înregistrat în anii: 1912, 1919, 1926, 1932, 1938, 1940, 1948, 1960, 1962, 1969, 1970, 1972, 1975, 1984, 1991, 1996, 1998, 1999 și 2005. Acestea au afectat areale mari, cum au fost inundațiile din 1970, 1972, 1975, sau mai mici cum au fost cele din 1979 pe râul Potop, din 1991 pe râul Tazlău, din 1999 pe Râul Mare-Retezat.

În luna mai 1970 s-au produs inundații în Transilvania (pe Someș și Mureș), în Muntenia (pe Ialomița și Dâmbovița), în Moldova (pe Siret, Bistrița, Bârlad, Șușița, Milcov, Râmna, Râmnicu Sărat, Prut, Jijia) și în Banat (pe Bega, Timiș, Bârzava, Caraș). Au fost afectate 1528 localități (215 morți, 238.755 sinistrați), 1.112.000 ha terenuri agricole, 2200

poduri și podețe, 733 km de șosea și 112 km cale ferată, pagubele materiale directe fiind estimate la circa 500 milioane dolari (Podani, Zăvoianu, 1971).

În iulie 1975 s-au produs inundații catastrofale în sudul țării, pe râurile din Banat (Bega, Bârzava, Caraș), Oltenia (Jiu, Hușnița, Coșuștea, Jilț, Tismana, Sohodol, Amaradia, Gilort, Motru), Muntenia (Olt, Argeș, Dâmbovița, Ialomița, Prahova, Teleajen, Cricovul Sărat, Buzău), dar și în centrul țării (Mureș, Târnave, Arieș). Au fost puternic afectate o serie de localități (60 morți, 1 milion persoane afectate) din lungul acestor râuri și inundate circa 800.000 ha terenuri agricole, fiind distruse numeroase diguri, poduri, căi de comunicație, pagubele cifrându-se la 50 milioane dolari (Zăvoianu, Podani, 1977).

Ploile torențiale din iulie 1991 au provocat inundații mai ales în Moldova, în bazinul Siretului. Unda de viitură produsă pe Trotuș, de circa 7 m înălțime, a determinat ruperea barajului de la Belci, pe Tazlău, lângă Onești, distrugând în totalitate localitatea Slobozia. La nivelul întregii țări s-au înregistrat 108 morți, 12.835 case afectate, 8000 sinistrați, 10.000 ha terenuri agricole inundate, 500 mil. dolari pagube (Bogdan, Niculescu, 1999).

În ultimii ani, frecvența inundațiilor a crescut, ele producându-se aproape în fiecare an. Astfel, în perioada 1995-2004, au fost afectate 35 județe (115 victime, 133.841 persoane rămase fără adăpost și pagube de 390 mil. dolari). Se detașează anul 1999 (25 iunie-16 iulie) când au fost afectate 24 județe, 159 localități, 28.779 ha terenuri agricole și s-au înregistrat 34 victime (Moldovan, 2003).

Pentru apărarea împotriva inundațiilor au fost amenajate 15.700 km cursuri de apă și realizate peste 1400 lacuri de acumulare pentru atenuarea viiturilor (*România. Mediul și rețeaua electrică de transport. Atlas geografic*, 2002).

**Inundațiile din anul 2005.** Deși în ultimul secol s-au mai produs inundații majore în România (1970, 1975), ele nu au avut o durată așa de mare (din februarie până în septembrie) și nu au afectat areale așa de întinse (42 județe).

Principalele cauze ale producerii inundațiilor au fost: cantități importante de precipitații (anul 2005 a avut un excedent de 34%) care s-au suprapus peste stratul de zăpadă (în unele locuri atingea 1 m); avarierea digurilor datorită presiunilor mari ale apei și perioadei extrem de mare de solicitare (peste 20 zile); crearea unor breșe în acumulările piscicole.

S-au produs viituri însemnate pe majoritatea râurilor, unele cu debite istorice. Astfel, în luna martie, s-au înregistrat importante creșteri de niveluri, cu depășiri ale cotelor de apărare, pe unele râuri din nordul, vestul țării și din bazinul mijlociu al Mureșului. În luna aprilie, au avut loc inundații majore pe râurile din Banat (pe Bârzava, la Partoș – 182 m<sup>3</sup>/s, debit maxim absolut), Dunărea având la intrarea în țară valoarea maximă de 12.900 m<sup>3</sup>/s.

În luna iulie, s-au înregistrat viituri deosebit de mari în vestul, sudul și estul țării, cu probabilități de producere sub 1%. În bazinul râului Trotuș, viitura a atins valori excepționale, debitul maxim la s.h. Vrânceni fiind de 2800 m<sup>3</sup>/s (comparabil cu cel înregistrat la ruperea barajului Belci, de pe Tazlău, în anul 1991 – 3100 m<sup>3</sup>/s), iar volumul viiturii a fost cel mai mare din întreg șirul de măsurători (550 mil. m<sup>3</sup>). Cele mai mari viituri înregistrate vreodată s-au produs pe râurile Putna (1323 m<sup>3</sup>/s, s.h. Boțârlău) și Rm. Sărat (550 m<sup>3</sup>/s, s.h. Puiești). Pe sectorul inferior al Siretului, viitura a căpătat aspecte dramatice,

prin unirea undelor de viitură de pe afluenți, astfel că la s.h. Lungoci, debitul maxim a atins 4860 m<sup>3</sup>/s, volumul total al viiturii fiind de 970 mil. m<sup>3</sup>.

În luna august, s-au produs creșteri frecvente de debite cu depășiri ale cotelor de inundație pe râurile din centrul și estul țării. În luna septembrie, au avut loc viituri importante în bazinul Ialomiței (pe Ialomița, la s.h. Coșereni, debitul maxim a atins 1332 m<sup>3</sup>/s; pe Cricovul Sărat, la s.h. Cioranii de Sus, este debitul maxim înregistrat – 334 m<sup>3</sup>/s) și pe cursuri de apă nemonitorizate din punct de vedere hidrologic, de pe litoralul Mării Negre.

Inundațiile au produs 76 victime, fiind afectate 55.500 persoane din 1734 localități, avariate 560 km drumuri naționale, 23,8 km cale ferată, 630 construcții hidrotehnice cu rol de apărare împotriva inundațiilor, valoarea pagubelor ajungând la 1,7 mld.euro (MMGA, 2006).

## 5. HAZARDE CLIMATICE

### 5.1. Ciclonii tropicali

Cicloul tropical este un sistem sinoptic de joasă presiune, fără fronturi atmosferice, apărut deasupra mărilor tropicale sau subtropicale, cu o activitate convectivă organizată și cu o mișcare ciclonică de suprafață bine definită (Moldovan, 2003).

Denumirile acestora diferă de la o regiune la alta: în Oceanul Atlantic și nord-estul Pacificului poartă numele de uragane sau hurricane (după denumirea maiasă a diavolului), în nord-vestul Pacificului taifune, în sudul Pacificului și Oceanul Indian sunt numite simplu cicloni, iar în nordul Australiei willy-willies. Dintre toți ciclonii tropicali, 75% se dezvoltă în emisfera nordică.

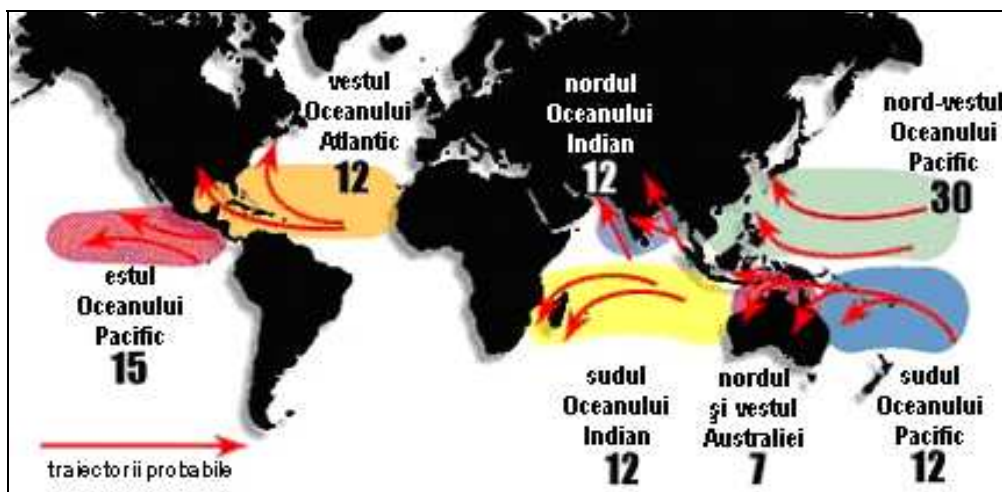


Fig. 21. Repartiția ciclonilor tropicali pe glob

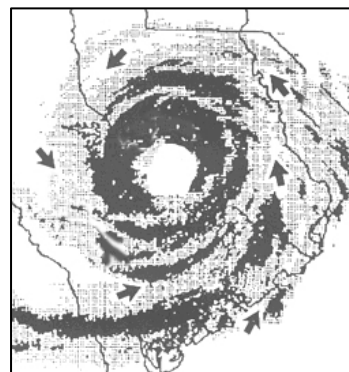
**Geneza.** În stadiul de formare, circulația izobarică este numită *depresiune tropicală*. Dacă viteza vântului depășește 63 km/h, devine o *furtună tropicală*, când primește un nume și este considerată o amenințare. Când vântul depășește 119 km/h, sistemul devine un *uragan*, cea mai severă formă a furtunii tropicale. Stingerea apare când furtuna se deplasează spre apele netropicale sau întâlnește uscatul, când devine din nou o *furtună sau depresiune tropicală*.

Se formează la latitudini de 8-15° la nord și sud de Ecuator ca rezultat al eliberării căldurii și umidității la suprafața oceanelor tropicale. Formarea impune o temperatură la suprafața apei de cel puțin 26,5°C. Durata de evoluție este, în medie, de 6-8 zile.

Perioada cea mai favorabilă de apariție a ciclonilor tropicali se suprapune sfârșitului verii emisferei respective (iulie-octombrie, în emisfera nordică și decembrie-martie, în emisfera sudică), cu diferențe de la un bazin oceanic la altul.

Sistemul circular care alcătuiește un ciclon poate să aibă un diametru cuprins între 500 și 1000 km și este divizat în trei părți:

- *partea centrală*, numită „ochiul ciclonului” are un diametru de 5-50 km și este caracterizată prin vânturi slabe și prin cer mai mult senin;
- *coroana principală*, are un diametru de până la 200 km, fiind partea cea mai dinamică; aici se înregistrează vânturi violente și ploi abundente care pot să depășească 1000 mm în 24 de ore;
- *coroana exterioară*, cu o lățime de 100-200 km, reprezintă momentul în care încep să se înregistreze mișcările circulare ale aerului care tind să se intensifice spre exterior.



**Fig. 22.** Structura ciclonului tropical

### ***Fenomene de risc asociate ciclonilor tropicali***

(a) *vântul foarte puternic* – poate atinge viteze de peste 360 km/h (peste valoarea 8 pe scara Beaufort). Puterea distructivă a vântului crește proporțional cu pătratul vitezei, dar și suprafața topografică. Distrugerii mari sunt datorate atât impactului direct al vântului, cât mai ales datorită obiectelor ridicate în aer de forța acestuia (mașini, antene, stâlpi de telegraf, arbori, părți detașate din clădiri). Sunt afectate culturile agricole, ariile forestiere, clădirile și căile de comunicație. Cea mai mare viteză a vântului (396 km/h) s-a înregistrat în timpul taifunului Nancy, în vestul Pacificului de Nord, la 12 septembrie 1969.

(b) *precipitațiile abundente* (cu o durată de la câteva ore la câteva zile) cauzează distrugerii mari clădirilor sau pot genera inundații severe, alunecări de teren și curgeri de noroi. Cantitățile cele mai mari de precipitații căzute au fost de 1144 mm (în 12 ore) și 1825 mm (în 24 ore), la 7-8 ianuarie 1966, în cazul ciclonului Denise, insulele Reunion.

(c) *valurile de furtună* – produc cele mai mari pierderi (90% din numărul total al victimelor). Forța distrugătoare a valurilor este determinată de: viteza vântului, reducerea presiunii atmosferice deasupra apei, direcția de deplasare a ciclonului tropical și morfologia țărmului afectat. Cel mai puternic afectate sunt comunitățile din zonele costiere, datorită inundării ariilor joase până la o distanță de câțiva kilometri de țărm. Cele mai înalte valuri au atins 13 m înălțime în Golful Bathurst (Australia), în timpul ciclonului Mahina (1899). În SUA, cele mai mari valuri, ce au atins 9 m înălțime, au apărut în timpul uraganului Katrina (2005), în Golful St. Louis (Mississippi). La 13 noiembrie 1970, valurile de furtună generate de ciclonul tropical Bhola au produs 500.000 victime pe țămurile Bangladeshului.

Cele mai puternic afectate sunt comunitățile umane mici. De exemplu, unele insule mici pot fi afectate în totalitate (infrastructura majoră și activitățile economice pot fi distruse chiar de un singur eveniment), mai ales dacă economia depinde de un singur produs sau serviciu ce poate fi ușor afectat de dezastru. Spre exemplu, ciclonii tropicali au avut efecte catastrofale asupra culturilor de bananieri din zona Caraibelor. În timpul uraganului Alien, din august 1980, St.Lucia a înregistrat pagube de 36,5 mil. dolari, cu 97% din plantații distruse, iar în St.Vincent și Dominica, 95% și respectiv 75% din plantații au fost distruse.

Pagubele provocate industriei turistice sunt mult mai dificil de estimat, pentru că includ mai multe sectoare economice (transporturile, serviciile hoteliere, etc.). Totuși, uraganul Gilbert, din septembrie 1988, a cauzat pierderi de 100 milioane dolari din turism în Jamaica, iar în Mexic, numai în statul Quintana Roo, pierderi estimate la 90 mil. dolari.

Cel mai costisitor ciclon tropical a fost uraganul *Katrina*, 23-31 august 2005, ce a afectat estul Americii de Nord (insulele Bahamas, Florida, Louisiana, Mississippi, Alabama), producând 1833 victime, evacuarea a 1 milion de persoane și pagube de 125 miliarde dolari.

**Clasificarea ciclonilor tropicali** se bazează pe intensitatea furtunii (în funcție de presiunea atmosferică, viteza vântului și înălțimea valului), care reflectă pagubele potențiale. Cea mai des utilizată este *Scara Saffir-Simpson*.

Tabel 10

Scara Saffir-Simpson

Categoria	Viteza vântului (km/h)	Presiunea atmosferică în ochiul ciclonului (mb)	Înălțimea valului (m)	Nivelul pagubelor
1	119-153	>980	1.2-1.6	minim
2	154-177	965-979	1.7-2.5	moderat
3	178-209	945-964	2.6-3.8	extins
4	210-249	920-944	3.9-5.5	extrem
5	>249	<920	>5.5	catastrofal

#### **Atenuarea efectelor ciclonilor tropicali**

Tehnicile actuale, bazate pe înregistrări satelitare, permit stabilirea traiectoriilor ciclonilor tropicali și alertarea populației. OMM a stabilit 11 zone de supraveghere a ciclonilor tropicali, în cadrul programului TCP (Tropical Cyclone Programme), la care participă peste 60 de state. Progrese semnificative s-au înregistrat în ultimele decenii datorită utilizării unor radare performante (radare Doppler) și prin realizarea unor modele tot mai precise care permit stabilirea cu exactitate a traseelor urmate de către aceste furtuni. Astfel în prezent ciclonii tropicali pot fi localizați cu o precizie de 30-50 km (față de 200 km în 1950).

Alertarea populației cuprinde mai multe faze: (1) *faza inițială* de lungă durată de peste 10 zile indică posibilitatea apropierii unei furtuni violente; (2) *faza intermediară* de 3 - 10 zile în care sunt anunțate traiectoriile posibile ale furtunii; (3) *faza scurtă* de 1- 3 zile în care eventual se începe evacuarea populației; (4) *faza foarte scurtă* de câteva ore în care fenomenul este iminent și este necesară adăpostirea de urgență a populației.

Prin intermediul mijloacelor mass-media sau prin anunțuri personale, populația este avertizată asupra pericolului. Se impun acțiuni colective, în care sunt implicate autoritățile (evacuarea populației), dar și măsuri individuale (protejarea locuințelor, asigurarea rezervelor de hrană și apă).

## 5.2. Orajele

Fulgerele și tunetele sunt cunoscute împreună sub denumirea de oraje și reprezintă *manifestări luminoase și sonore ale unor descărcări electrice în atmosferă*. Sunt asociate norilor cumulonimbus și, în general, sunt însoțite de precipitații cu caracter de aversă, sub formă de ploaie, grindină sau măzăriche.

Fulgerele se formează datorită diferențelor de potențial electric care au loc în interiorul unui nor, între doi nori sau între un nor și suprafața terestră. În acest din urmă caz, fenomenul se numește *trăznet*.

Pe Glob, se produc zilnic aproximativ 50.000 de fulgere, cele mai numeroase fiind înregistrate în regiunile tropicale, indiferent de sezon, precum și în zonele temperate, predominant la sfârșitul primăverii și vara. Ca urmare, zilnic sunt afectate de aceste fenomene câteva mii de persoane, o persoană din șase decedând.

În funcție de localizarea în spațiu și modul de manifestare, se disting:

- *fulgere liniare* – descărcări sinuoase, ramificate, care nu ating suprafața terestră;
- *fulgere în pânză* – în interiorul norului orajos, manifestate printr-o iluminare difuză;
- *trăznete* – scântei imense ce se formează între nor și suprafața terestră.

Descărcările electrice au *efecte negative* directe asupra ființelor vii (se poate produce electrocutarea oamenilor și animalelor, rezultând arsuri foarte grave, care pot cauza decesul) și pot produce mari pagube materiale (incendierea vegetației și construcțiilor; deteriorarea echipamentelor electronice și electrice).

În *România*, evidențierea caracteristicilor repartiției și variației în timp a fenomenelor orajoase se bazează pe datele rezultate din observațiile efectuate audiovizual și din înregistrările contoarelor de descărcări electrice.

Se pot determina, pentru fiecare an, lună sau zi, următorii parametri climatici: (a) intervalul anual cu oraje (data începerii și data încetării intervalului anual cu oraje, durata – în zile – a intervalului anual cu oraje, frecvența datelor de producere a orajelor); (b) numărul de zile cu oraje (anual, lunar, mediu și maxim); (c) numărul de oraje (anual, lunar, mediu și maxim); (d) durata orajelor – în ore – (anuală, lunară, zilnică; medie și maximă); (e) numărul de descărcări electrice/100 km<sup>2</sup> (pe an, lună, zi, oră; mediu și maxim).

Pentru diferențierea regională s-a stabilit *indicele de keraunicitate* (Iliescu, 1989):

$$K = n \cdot D \cdot N \cdot 10^{-5}$$

K – indicele de keraunicitate (activitatea orajoasă dintr-un anumit loc);

n – numărul anual de zile cu oraje;

D – durata anuală;

N – numărul anual de descărcări electrice/100 km<sup>2</sup>.

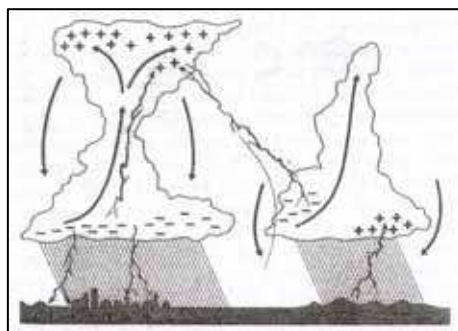
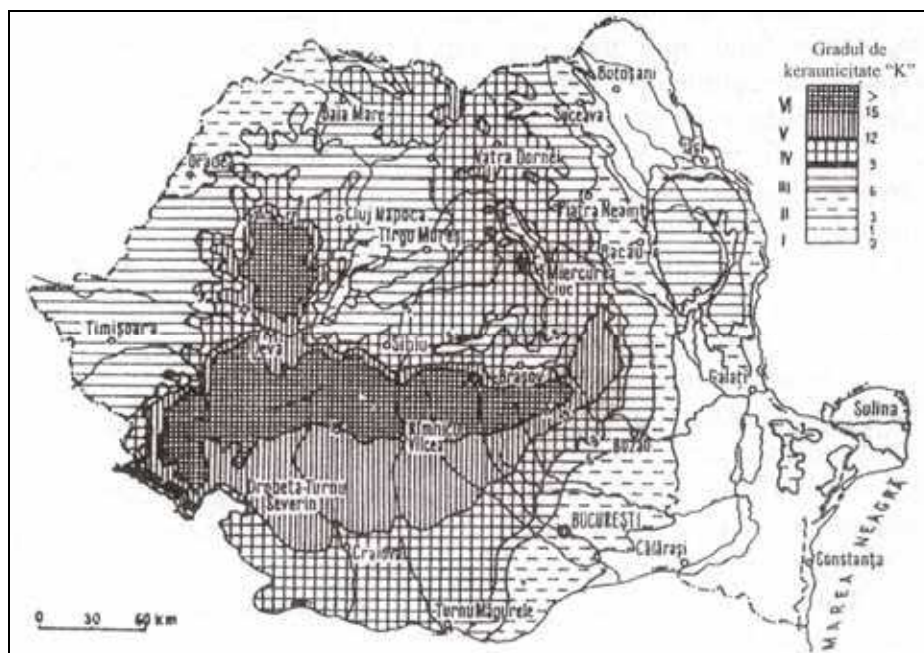


Fig. 23. Structura unui nor orajos





**Fig. 24.** Regionarea teritoriului României pe grade de keraunicitate (Iliescu, 1989)

**Prevenirea și combaterea** efectelor negative provocate de descărcările electrice se face prin amplasarea de paratrâznete. Pentru supravegherea meteorologică a unui anumit teritoriu și identificarea posibilelor focare de oraje, se utilizează imagini satelitare și radare meteorologice performante.

### 5.3. Grindina

Grindina reprezintă o formă de precipitații solide constituite din *granule de gheață sferice sau colțuroase* (denumite popular *pietre*), cu diametrul cuprins între 5 și 50 mm, care cad din nori cumulonimbus.

Furtunile cu grindină se întâlnesc în interiorul continentelor, în special în marile câmpii nord-americane, aria alpină din Europa, regiunea caucaziană din Asia, centrul Chinei și regiunea Mendoza din Argentina.

Adesea, grindina cade pe fâșii de teren înguste de 10-15 km, dar lungi de câteva sute de metri, fapt ce indică direcția de deplasare a norului cu grindină.

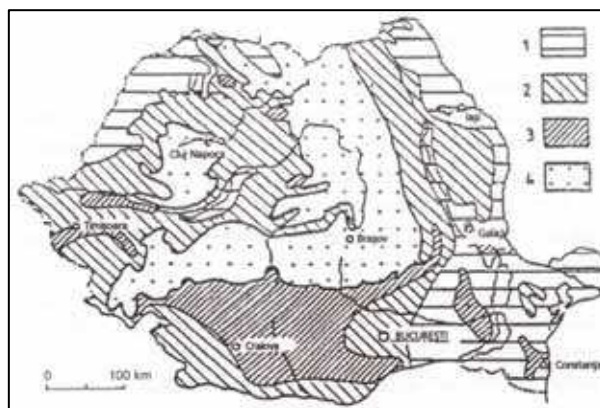
**Efectele negative** vizează pagube importante culturilor agricole, livezilor de pomi fructiferi, viilor (de multe ori acestea fiind compromise). În cazuri mai rare, când granulele de gheață ating dimensiuni mai mari, pot deteriora acoperișurile clădirilor, geamurile autoturismelor, uneori provocând chiar victime umane (una dintre cele mai cunoscute regiuni pentru mărimea grindinei și numărul mare de persoane decedate este nordul Indiei și Bangladesh, unde în două situații cu căderi de grindină au murit 300 persoane).

Cele mai distrugătoare și costisitoare furtuni cu grindină au fost cele din: Dallas și Fort Worth (SUA), 5 mai 1995, 2 miliarde dolari pagube; Denver (SUA), 11 iulie 1990, acoperișuri și mașini distruse, 625 milioane dolari pagube; Sydney (Australia), 14 aprilie 1999, 20.000 locuințe rămase fără curent electric, 40.000 autovehicule avariate, circa 25 avioane avariate pe aeroport, câteva persoane rănite, 1,6 miliarde dolari pagube; St. Louis (SUA), 10 aprilie 2001, pagube materiale de 1,9 miliarde dolari; provincia Henan (China), 19 iulie 2002, 25 morți și sute de persoane rănite.

În *România*, o serie de aspecte regionale și locale ale fenomenului de grindină reies din analiza unor parametri caracteristici (Bogdan, Niculescu, 1999): (a) frecvența cazurilor de grindină: numărul mediu anual de zile cu grindină (< 1 zi, 1-2 zile, 2-6 zile), numărul maxim anual de zile cu grindină (< 4 zile, 4-5 zile, 5-10 zile); (b) sezonul anual favorabil grindinei (perioada caldă, aprilie-octombrie); (c) intervalul diurn/nocturn favorabil producerii grindinei (după amiază, în intervalul orar 14-16 și în primele ore ale dimineții); (d) durata furtunilor cu grindină (de la câteva minute până la 15 minute, diferențiat pe principalele trepte de relief); (e) dimensiunile boabelor de grindină (în general sub 10 mm diametru).

**Fig. 25.** Grindina pe teritoriul României.

Numărul mediu anual de zile cu grindină (Bogdan, Niculescu, 1999)  
 (1) sub 1 zi; (2) 1-2 zile; (3) 2-6 zile;  
 (4) diferențieri în funcție de expoziția versanților.



Cea mai mare frecvență de producere a grindinei este în perioada aprilie-octombrie, luna iunie fiind cea în care se înregistrează cele mai numeroase căderi de grindină. Cele mai violente furtuni cu grindină au fost: Brăila, 6-7 iunie 1880, când s-a format un strat de gheață de 15-30 cm, ce s-a menținut peste 6 zile în locuri adăpostite; Iași, 4 august 1950, cu o densitate de 1200 boabe/mp și greutate de până la 320 g; Otopeni, București-Băneasa, 18 iunie 1979, când dimensiunea boabelor de grindină a atins 5-6 cm.

Există preocupări pentru **combaterea** efectelor negative ale grindinei. Furtunile însoțite de grindină pot fi prognozate de meteorologi cu ajutorul radarelor și a imaginilor satelitare. De asemenea, se poate preveni formarea norilor cu grindină prin pulverizarea (cu ajutorul rachetelor antigrindină) în cadrul lor a iodurii de argint, care determină căderea ploilor înainte de formarea granulelor de gheață. Deși sunt metode considerate mai scumpe, au început să fie utilizate pe scară largă (chiar și în România, în județele Prahova și Vrancea).

## 5.4. Tornadele

Tornadele sunt considerate cele mai violente manifestări meteorologice, fiind definite ca *furtuni violente, cu caracter turbionar*. Au aspectul unei coloane înguste sau pâlnii, de circa 200 m în diametru, care se rotește cu viteză mare (65-100 km/h), extinsă de la suprafața terestră până la baza unui nor cumulonimbus. Traectoria tornadelor se desfășoară pe lungimi de 15-65 km, iar durata de existență este de ordinul minutelor.

Fenomenele similare produse deasupra oceanelor poartă numele de *trombe*, masa de aer în rotație fiind încărcată cu picături de apă aspirate de curenții turbionari ascendenți.

Intensitatea tornadelor se stabilește în funcție de viteza rotațională a vântului, lungimea, lățimea traiectoriei și nivelul pagubelor produse. În majoritatea cazurilor se utilizează *scara Fujita*.

Tabel 11

Scara Fujita

Treapta	Categoria (intensitatea)	Viteza vântului (m/s)	Pagube
F <sub>0</sub>	Slabă	18-32	Pagube foarte mici la clădiri, în special la coșurile de fum și antenele de televiziune; sunt rupte ramurile copacilor, iar cei cu rădăcini superficiale sunt smulși.
F <sub>1</sub>	Moderată	33-50	Sunt distruse acoperișuri ușoare; construcții mobile deplasate sau răsturnate; mașinile în mișcare sunt împinse de pe șosea; garajele atașate pot fi distruse.
F <sub>2</sub>	Semnificativă	51-70	Pagube considerabile; acoperișurile sunt ridicate, construcțiile mobile demolate, rulotele răsturnate, copacii smulși sau dezrădăcinați, obiecte ușoare transformate în proiectile.
F <sub>3</sub>	Severă	71-92	Distrugerea acoperișului și a unor pereți la construcții bine realizate; trenuri răsturnate; majoritatea copacilor din pădure sunt dezrădăcinați.
F <sub>4</sub>	Devastatoare	93-116	Construcții solide distruse; structuri cu fundații ușoare sunt deplasate la distanță; autoturisme ridicate în aer și sunt generate proiectile mari.
F <sub>5</sub>	Incredibilă	117-142	Structuri foarte puternice sunt ridicate de la sol, purtate pe distanțe considerabile și dezintegrate; proiectile de dimensiunile unui automobil zboară prin aer la distanțe de peste 100 m.
F <sub>6</sub>	De neconceput	143-170	Viteza aceasta a vântului este puțin probabilă.

Tornadele se produc cel mai adesea între 20 și 60° latitudine, în ambele emisfere, în perioada caldă a anului: partea centrală a SUA, sud-estul Australiei, China, Japonia, Argentina, Africa de Sud și Europa.



**Fig. 26.** Distribuția tornadelor pe glob (NOAA)

Cele mai numeroase tornade se întâlnesc în SUA (*Aleea tornadelor* se extinde din Texas până în Nebraska, pe o lățime de 160 km). Anual se produc, în medie, circa 1.000 tornade, dintre care 26% sunt puternice și circa 1% aparțin categoriilor 4 și 5 pe scara Fujita.

Analiza tornadelor a reliefat faptul că, deși tornadele violente sunt reduse ca număr, acestea au provocat victime numeroase și pagube considerabile, mai ales în perioada de până în anul 1950, înainte de introducerea programelor de avertizare a populației: 317 morți (Natchez, Mississippi, 7 mai 1840); 255 morți (St. Louis, Missouri și East St. Louis, Illinois, 27 mai 1896); 695 morți și 40 milioane dolari pagube (Missouri-Illinois-Indiana, 18 martie 1925); 216 morți (Tupelo, Mississippi, 5 aprilie 1936); 392 morți și 1 miliard dolari pagube (150 tornade în aprilie 1974).

**Efectele distructive** ale tornadelor derivă din:

(a) *viteza foarte mare a vântului* – acționează prin efect mecanic de doborâre, ridicare și transportare la distanțe foarte mari a obiectelor și ființelor.

(b) *presiunea foarte mică* – favorizează aspirația unor obiecte de pe suprafața terestră, care pot provoca, la rândul lor, victime și mari distrugerii. De ex. vagoane de cale ferată deplasate la zeci de metri.

Cea mai puternică și mai distrugătoare tornadă s-a înregistrat în apropierea localității Moore (Oklahoma City), la 3 mai 1999 (treapta F5 pe scara Fujita), producând 42 victime, 665 răniți, 10.500 clădiri distruse și pagube materiale de peste 1,1 miliarde dolari. Cu această ocazie, viteza vântului a atins 510 km/h.

**Prevenirea și combaterea efectelor negative** cuprind mai multe acțiuni:

➤ *supravegherea meteorologică a teritoriului* – cu ajutorul imaginilor satelitare și a radarilor Doppler (instalate pe aeronave, sol sau autovehicule aflate în mișcare – conduse de “vânătorii de tornade”), se pot elabora avertizări.

➤ *alertarea populației* – prin intermediul mass-media (posturi locale de radio și televiziune) sau cu ajutorul sirenelor. Pentru diminuarea numărului de victime, se impune

realizarea, în bune condiții, a evacuării populației, dar și o bună organizare a activităților de salvare din minutele și orele imediat următoare trecerii tornadei.

În **România**, există mai multe consemnări de *tornado*: București, 9 iunie 1886; comuna Satu Mare din raionul Rădăuți, 9 mai 1963; Corbești – Crișana, 3 iulie 1991; satul Dobridor, comuna Moțăței-Dolj, 5 mai 1998; satul Rahmanu în Delta Dunării, 30 iulie 2002; Făcăeni, 12 august 2002 sau *trombe*: Lacul Măcin, 1948; Lacul Brateș, lângă Galați, 30 iulie 1955; Gura Portiței, 19 iulie 2002.

Dintre toate, ***tornado de la Făcăeni*** este singura care a produs pagube de amploare. În seara zilei de 12 august 2002, părțile de sud și sud-est ale localității Făcăeni au fost confruntate cu intensificări extrem de puternice ale vântului, fără precipitații, care au afectat grav peste 30 de locuințe, au avariat peste 400 de gospodării (din care 14 locuințe distruse din temelii și 20 cu structura de rezistență distrusă), au cauzat moartea a două persoane, au distrus peste 120 ha vegetație forestieră prin ruperea copacilor la circa 1 m deasupra solului, iar rețeaua de alimentare cu energie electrică a fost distrusă aproape în întregime. Fenomenul de la Făcăeni face parte dintr-un șir de evenimente care s-au desfășurat în seara zilei de 12 august 2002 pe un areal extins, din apropierea localității Jegălia până la nord-est de localitatea Ghindărești, în județul Constanța. (Bălțeanu *et al.*, 2004).

## 5.5. Furtunile extratropicale

Ciclonele extratropicale reprezintă cele mai importante perturbații atmosferice generatoare de fenomene periculoase la latitudini medii. La contactul dintre masele de aer polar și cele tropicale, caracterizate prin contraste termice puternice, se formează furtuni puternice, care afectează suprafețe de sute de mii de km<sup>2</sup>.

În **perioada caldă**, furtunile se produc datorită supraîncălzirii aerului și ridicării lui în stratele mai înalte și reci ale atmosferei unde vaporii de apă condensează și dau *ploi abundente* (urmate de inundații și de procese de versant) asociate cu *intensificări ale vitezei vântului* (care provoacă doborâturi de arbori, distrugerii de construcții și conductorii aerieni).

În **Europa**, sunt de amintit precipitațiile lichide abundente din iulie-august 1997 ce au produs inundații catastrofale în Polonia (bazinul Odrei), Cehia (Moravia și Boemia), Slovacia, estul Germaniei și Austria, soldate cu 110 morți și pagube materiale de aproape 6 miliarde dolari, urmate de inundațiile din august 2002 ce au afectat aproximativ aceleași regiuni, provocând pagube estimate la 22,6 miliarde euro. Uneori, ploile scurte, dar cu caracter torențial pot avea efecte deosebit de grave. De exemplu, în 4-6 nov. 1994, în Italia (Piemont, Lombardia, Liguria), în urma unui astfel de eveniment s-au înregistrat 64 victime și pagube de 9,3 miliarde dolari, iar în Spania, la 7 august 1996, la Biescas (așezare turistică în Pirinei), un mic râu a provocat moartea a 86 persoane aflate într-un camping de rulote.

În **America**, pot fi menționate inundațiile catastrofale din bazinul Mississippi (aprilie 1927 - 313 morți, 300 milioane dolari pagube; iunie-august 1993 – 45 morți, 16 miliarde dolari pagube), sud-estul Canadei (iulie 1996 – 10 morți, 1 miliard dolari

pagube) și bazinul fluviului Parana din Argentina (aprilie-mai 1998 – 19 morți, 2,5 miliarde dolari pagube materiale).

În *Asia*, se remarcă inundațiile din iunie-septembrie 1988 produse în nordul Indiei, Nepal, Bangladesh și Afganistan, soldate cu 3000 morți și pagube estimate la 1,2 miliarde dolari sau cele din august 2002 în China, ce au afectat 6 mil. loc, producând 400 morți.

În *Africa*, astfel de evenimente se întâlnesc la cele două extremități ale continentului: sept.-oct. 1969 – inundații în Algeria și Tunisia (540 morți, 100 milioane dolari pagube); 25-26 dec. 1995 – ploi torențiale în Africa de Sud (Pietermaritzburg, Edendale) ce au provocat inundații (166 morți).

Precipitațiile excedentare, asociate ciclonilor extratropicali, au produs inundații și în *România*: mai 1970, oct. 1972, iulie 1975, iunie 1997, iulie 1999, aprilie-septembrie 2005.

În **perioada rece**, evenimentele asociate ciclonilor extratropicali sunt: *ninsori abundente și intensificările vitezei vântului*, toate generând întreruperi ale circulației rutiere sau în alimentarea cu energie electrică și uneori chiar victime (în urma înghețului).

Aceste furtuni sunt deosebit de periculoase în zonele litorale unde produc valuri puternice care distrug ambarcațiunile surprinse în larg sau pe cele ancorate în porturi și rup digurile de protecție. O asemenea situație s-a înregistrat în bazinul Mării Nordului în perioada 31 ianuarie-1 februarie 1953 când o furtună care s-a suprapus unei perioade de flux a determinat ruperea digurilor care apărau teritoriul situat sub nivelul mării și inundarea a numeroase localități în estul Marii Britanii și Olanda. Au fost înregistrate circa 2000 de victime, peste 3000 de case distruse și 70.000 de persoane urgent evacuate. Ferry-boatul Princess Victoria, ce călătorea între Scoția și Irlanda de Nord, s-a scufundat rezultând 153 victime, iar aproape un sfert din flota de pescuit a Scoției a fost distrusă.

În octombrie 1987, sud-estul Angliei și nordul Franței s-au confruntat cu o furtună deosebit de puternică, ce a provocat 20 victime, iar circa 15 milioane de arbori au fost doborâți în Anglia. În ianuarie 1998, estul Canadei a fost afectat de o furtună (asociată cu îngheț puternic), care a generat 37 victime (majoritatea datorită hipotermiei) și pagube materiale directe de 4-6 miliarde dolari.

În perioada decembrie 1999- ianuarie 2000 s-au produs cele mai violente furtuni din ultimii 50 de ani de pe teritoriul Franței și Germaniei, fiind distruse suprafețe întinse împădurite, parcuri și clădiri istorice, înregistrându-se aproape 100 victime, majoritatea aeroporturilor din aceste țări fiind închise temporar. Cele mai mari distrugerii au fost înregistrate în Franța, unde rafalele de vânt de 180-200 km/h și ploile abundente au provocat mari pagube. Spre exemplu, două cincimi din arborii parcului Versailles și 5000 de arbori din parcul Bois de Boulogne au fost doborâți de furtună; în Paris au fost avariate acoperișurile a mii de case și 40% din stâlpii de înaltă tensiune.

Furtunile severe din nord-vestul Europei (de obicei se deplasează dinspre coastele nordice ale Scoției spre Norvegia, dar își pot schimba direcția spre sud, afectând Irlanda, Anglia, Țara Galilor, Franța, Belgia, Olanda, Danemarca, Suedia și Germania), datorită vitezelor mari ale vântului, asemănătoare uraganelor, au primit chiar nume: Daria, Vivian, Wiebke (1990), Anatol, Lothar, Martin (1999), Erwin (2005). În perioada 1990-1998 au provocat pagube economice de 1,7 miliarde dolari pe an și pierderi companiilor de asigurări de 1,2 miliarde dolari pe an.

## 5.6. Viscolul

Viscolul este un fenomen climatic deosebit de complex, la producerea căruia concură două elemente mai importante: viteza vântului și cantitatea de zăpadă căzută. Viscolul se definește ca un *transport de zăpadă deasupra suprafeței pământului provocat de vânt suficient de puternic și turbulent, însoțit sau nu de ninsoare.*

**Factorii de risc** asociați viscolului sunt reprezentați de:

- *vânt puternic* (peste 60 km/h), care determină troienirea zăpezii;
- *scăderea semnificativă a temperaturii aerului* (sub -10°C), la care trebuie adăugată răcirea suplimentară datorată vitezei mari a vântului, ceea ce conduce la definirea noțiunii de *temperatură echivalentă*;
- *vizibilitate scăzută* (sub 400 m);
- *durată de cel puțin 3 ore.*

Tabel 12

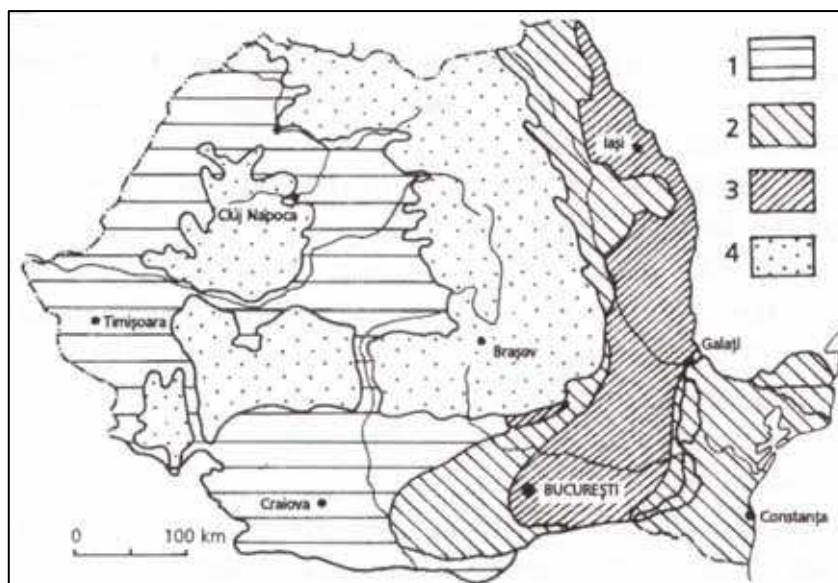
Temperatura echivalentă în funcție de temperatura aerului și viteza vântului (Bryant, 1991)

Temp. aerului (°C)	Viteza vântului (km/h)							
	10	20	30	40	50	60	70	≥80
	Temperatura echivalentă (°C)							
15	13	10	8	6	6	5	5	4
10	7	3	0	-2	-3	-4	-4	-5
5	1	-4	-7	-10	-11	-12	-13	-13
0	-4	-10	-14	-17	-18	-19	-20	-21
-5	-9	-16	-21	-24	-26	-27	-28	-28
-10	-15	-23	-28	-32	-34	-35	-37	-37
-15	-21	-30	-36	-40	-42	-44	-45	-46
-20	-26	-36	-43	-47	-49	-5	-5	-5
-25	-32	-43	-49	-54	-57	-5	-6	-6
-30	-37	-49	-57	-62	-65	-67	-68	-70
-35	-43	-56	-64	-70	-73	-76	-77	-78
-40	-49	-63	-70	-77	-80	-8	-85	-86
-45	-54	-69	-78	-84	-88	-9	-9	-9
-50	-60	-75	-85	-92	-96	-9	-10	-10

**Efectele negative** derivă din: blocarea și îngreunarea activității din domeniul transporturilor (rutiere, feroviare, aeriene, navale); reducerea vizibilității cauzează accidente rutiere (și datorită carosabilului foarte alunecos); îmbolnăviri ale aparatului respirator și cardio-vascular sau moarte prin hipotermie; distrugerii provocate conductorilor aeriene pentru energie electrică și stâlpilor de susținere.

Principali parametri care caracterizează viscolul sunt: (a) *primele și ultimele viscole* (data medie, cele mai timpurii și cele mai târzii); (b) *numărul mediu anual de zile cu viscol*; (c) *direcția și viteza* (medie și maximă) *vântului în timpul viscolului*; (d) *durata viscolului*; (e) *grosimea maximă absolută a stratului de zăpadă depus în timpul viscolului.*

În România, cel mai puternic viscol s-a produs în februarie 1954, când au fost înregistrate unele recorduri: patru intervale cu viscol (1-4, 7-9, 17-19 și 22-24); durata maximă de 48 ore (3-4.II); cantitatea maximă de zăpadă depusă (la Grivița 115,9 l/m<sup>2</sup> pe 3.II); cel mai gros strat de zăpadă (173 cm la Călărași, pe 3-4.II), dar troienele au atins chiar 2-5 m în estul și sud-estul țării (Bogdan, Niculescu, 1999).



**Fig. 27.** Expunerea teritoriului României la viscol (Bogdan, Niculescu, 1999)  
 (1) vulnerabilitate mică (1-2 zile cu viscol); (2) vulnerabilitate intermediară (2-3 zile cu viscol); (3) vulnerabilitate mare (4-9 zile cu viscol); (4) vulnerabilitate combinată.

## 5.7. Seceta

În evoluția climei, seceta apare ca un eveniment normal (considerată în mod eronat drept un eveniment rar), ce se întâlnește în aproape toate zonele climatice, dar caracteristicile sale variază semnificativ de la o regiune la alta.

Seceta reprezintă o perioadă deficitară pluviometric (cu precipitații sub valoarea normală, medie multianuală) pentru o anumită regiune. Ea este precedată întotdeauna de o perioadă de *uscăciune* (un interval de cel puțin 5 zile consecutive în care nu a plouat deloc, sau dacă a plouat, cantitatea de precipitații nu a depășit media zilnică).

În România, perioada de *secetă* este considerată o perioadă de cel puțin 14 zile consecutive în semestrul rece (octombrie-martie) și de cel puțin 10 zile în semestrul cald (aprilie-septembrie), în care nu au căzut precipitații sau cantitățile nu au depășit 0,1 mm.



### 5.7.1. Impactul negativ al secetei

În funcție de componentele de mediu afectate, se disting următoarele categorii:

(a) **Seceta meteorologică** este expresia abaterii negative a cantităților de precipitații de la valoarea normală (medie multianuală), pentru o anumită perioadă de timp. Există mari diferențieri, în funcție de condițiile climatice regionale și de aceea, mai corect ar fi stabilirea unui număr de zile cu cantități de precipitații sub o valoare-prag.

(b) **Seceta hidrologică** se referă la scăderea rezervei de apă la suprafață și în subteran, identificată în reducerea debitelor râurilor și diminuarea nivelului apei din lacuri și pânza freatică.

(c) **Seceta agricolă (pedologică)** apare atunci când umiditatea din sol nu mai asigură necesarul de apă pentru anumite culturi agricole.

(d) **Seceta socio-economică** se întâlnește când lipsa apei începe să afecteze direct populația (de ex. diminuarea resurselor de hrană prin obținerea unor recolte mici de cereale sau reducerea cantității de pește; afectarea capacității de producție în hidrocentrale), determinând sporirea cheltuielilor pentru consum.

Cauza principală a apariției secetei, pe areale mai mult sau mai puțin extinse și pe perioade mai mari sau mai mici de timp, este predominarea unui regim anticiclonic.

**Repartiția geografică** a secetelor reliefează concentrarea acestora în zonele semiaride și subumede din vecinătatea multor deșerturi, conducând chiar la declanșarea unor adevărate dezastre, prin rolul important în apariția unui fenomen mult mai complex, cel al *deșertificării*.

Regiunea cea mai afectată de secetă este *Sahelul*. Se cunosc mai multe perioade, dintre care se remarcă: 1910-1914, 1940-1944, 1968-1974 (au murit 250.000 persoane și s-au produs pagube de 500 milioane dolari; s-a prăbușit economia în 5 state, în Etiopia schimbându-se regimul politic), 1983-1984 (peste 50 milioane de locuitori afectați de foamete, înregistrându-se circa 1 milion de morți). La accentuarea efectelor dezastruoase au contribuit și o serie de aspecte antropice (defrișări, suprapășunat, practicarea monoculturii, agrotehnica necorespunzătoare, suprapopulare). De asemenea, este de menționat seceta din perioada 1984-1985 produsă în Etiopia (au fost afectați de foamete 8 mil. loc., cu 1 mil. victime), ce a determinat strămutarea a 600.000 persoane din nord în sud.

În *Australia*, consecințele perioadelor secetoase au fost amplificate de degradarea antropică a condițiilor de mediu. Dintre acestea menționăm: 1902, 1967-1969, 1982-1983, când a fost diminuată foarte mult producția agricolă, existând probleme serioase în alimentarea cu apă a unor mari orașe, introducându-se chiar restricții în utilizarea acesteia.

În *America de Nord*, arealele cele mai expuse sunt Marile Câmpii și Podișul Preeriilor, iar dintre perioadele secetoase menționăm: 1930-1937, 1979-1980, 1986, 1988 (30 state afectate în SUA și pagube estimate la 13 miliarde dolari).

În *Europa*, secete frecvente se întâlnesc în estul continentului, pe teritoriul fostei Uniuni Sovietice: 1921-1922 (sunt menționate între 250.000 și 5 milioane victime, în Ucraina și regiunea Volga), 1932-1934 (5-10 milioane victime, în Ucraina, Kuban și

Caucazul de Nord) sau în sudul acestuia (Corsica în 1989, Peninsula Balcanică în vara anului 1990).

În *Asia*, secetele se manifestă intens în India (în 1965-1967 s-au înregistrat 1,5 milioane victime) și în provincia Sichuan din China (în trei astfel de perioade – 1928-1930, 1936, 1941 – au murit 10,5 milioane persoane).

#### **Consecințe negative**

Prin efectele asupra mediului, economice și sociale, secetele constituie fenomenul climatic de risc cu cel mai mare impact negativ, pentru o perioadă de timp mai îndelungată (Bryant, 1991).

Existența unui interval de timp secetos suficient de îndelungat, la care se adaugă temperaturi ridicate, contribuie la accentuarea stării de uscăciune și oferă posibilitatea apariției *incendiilor naturale*. Pe glob, cele mai frecvente incendii apar în climatul subtropical, cu deosebire în California, sudul Europei și sud-estul Australiei. Spre exemplu, în perioada 1974-1975, 15% din suprafața continentului australian a fost afectată de incendii

Degradarea terenurilor determină *migrația* celor afectați în special către așezările urbane. În anul 1936, 34 milioane de fermieri au părăsit provincia Sichuan (China). De asemenea, se pot declanșa o serie de *tulburări sociale*, uneori cu schimbarea regimului politic (în Etiopia, 1968-1974, 1984-1985).

Prin lipsa resurselor alimentare sau existența unor de proastă calitate, *creșterea morbidității* în rândul animalelor și oamenilor, datorită *lipsei apei potabile* și pentru irigații, se ajunge la subnutriție sau *foamete*, ceea ce se reflectă în victime animale sau chiar umane.

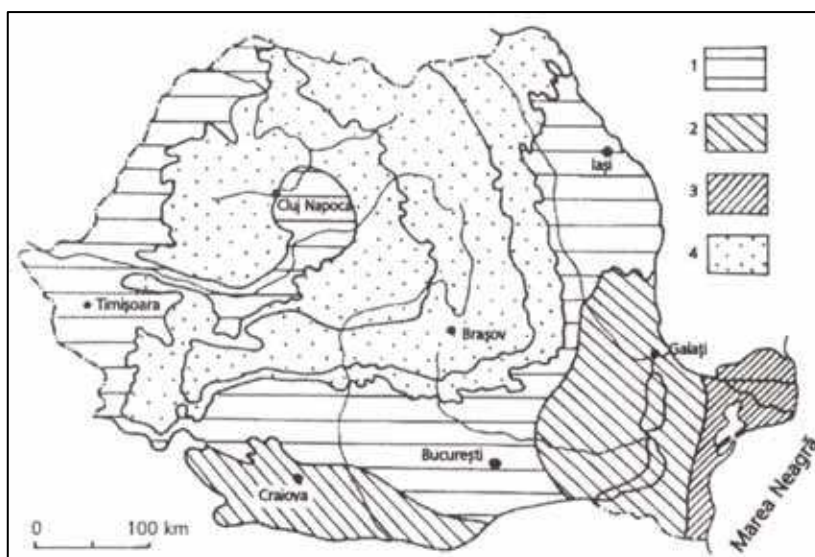
Creșterea evapotranspirației potențiale accentuează deficitul de umiditate, astfel că rezerva de apă din sol se diminuează până la coeficientul de ofilire, fiind afectate culturile agricole (distrugerea parțială sau totală a recoltei) și creșterea animalelor (prin uscarea pajiștilor), la nivelul solului apărând și fenomene de sărăturare naturală, cu formarea de eflorescențe. Practic este vorba de *diminuarea producției agricole*.

Regimul de scurgere al râurilor și bilanțul hidric al lacurilor sunt puternic afectate, înregistrându-se o *scădere a debitelor, nivelurilor* și suprafețelor ocupate de apă, uneori până la *secare*, înregistrându-se *dificultăți în funcționarea hidrocentralelor și în transportul fluvial*. Ca urmare și nivelurile pânzei freatice și al celor din fântâni scad. De asemenea, seceta poate afecta calitatea apelor datorită debitelor scăzute care diminuează capacitatea de diluție a poluanților și crește contaminarea surselor de alimentare rămase.

Pentru *atenuarea și combaterea* efectelor secetei în agricultură se utilizează irigațiile, se adaptează specii de plante mai rezistente la uscăciune și se utilizează diferite sisteme agrotehnice care reduc pierderile de apă din sol. De asemenea, în unele regiuni s-au impus restricții severe în utilizarea apei ori, prin referendum, s-a stabilit folosirea apei reciclate (Toowoomba în Queensland).

De asemenea, pentru prevenirea secetei și obținerea unor recolte scăzute s-au constituit comitete interstatale: CILSS (Comité permanent inter-Etats de lutte contre la sécheresse dans le Sahel, fondat în 1973, având ca membri Burkina Fasso, Capul Verde, Gambia, Guinea Bissau, Mali, Mauritania, Niger, Senegal, Ciad) și IGADD (Inter-Governmental Authority on Drought and Development, fondat în 1986, având ca membri Djibouti, Etiopia, Kenya, Uganda, Somalia, Sudan).

În **România**, partea de sud-est (Dobrogea, Bărăganul, sudul Podișului Moldovei) este cea mai expusă secetelor. În ultimii 100 de ani s-au înregistrat trei perioade cu secete mai accentuate și anume: 1894-1907 (cu an foarte secetos 1897); 1945-1951 (cu ani extrem de secetoși 1945 și 1946) și 1983-1994.



**Fig. 28.** Vulnerabilitatea teritoriului României față de fenomenele de secetă (Bogdan, Niculescu, 1999) 1, mică; 2, intermediară; 3, mare; 4, teritorii cu umiditate excesivă

### 5.7.2. Evaluarea secetei

Studiul fenomenelor de secetă se realizează pe baza analizei variațiilor neperiodice ale precipitațiilor, prin studierea abaterilor negative ale cantităților de precipitații față de mediile de referință și prin utilizarea unor criterii sau indici climatici.

#### (1) *Variațiile neperiodice ale precipitațiilor și abaterile negative ale cantităților de precipitații*

Este cea mai simplă metodă de evaluare a fenomenului de secetă. Pentru a se stabili amploarea secetei, sunt calculate abaterile negative ale cantităților anuale, semestriale sau lunare de precipitații, față de media multianuală considerată normală.

Această analiză pune în evidență perioadele (ani, semestre calde, luni) cele mai secetoase și intensitatea secetei din perioadele respective.

#### (2) *criteriul Hellman*

Frecvența și intensitatea fenomenului de secetă se calculează în funcție de abaterea negativă (exprimată în procente) a cantităților lunare și anuale de precipitații față de valorile medii multianuale.

Tabel 13

Tipul de timp deficitar pluviometric conform criteriului Hellman		
Tipul de timp	cantități lunare	cantități anuale
	Abateră (%)	
Normal	-10,0...+10,0	-5,0... +5,0
Puțin secetos	-20,0...-10,1	-10,0... -5,1
Secetos	-30,0...-20,1	-15,0...-10,1
Foarte secetos	-50,0...-30,1	-25,0...-15,1
Excesiv de secetos	<-50,0	<-25,0

### (3) indicele Palmer pentru severitatea secetei (Palmer Drought Severity Index)

A fost primul indice complex de caracterizare a secetei în SUA, fiind introdus de climatologul american W.C. Palmer, în anul 1965.

Se calculează pe baza unui algoritm ce include date privind precipitațiile, temperatura aerului și conținutul apei disponibile din sol. Cele mai bune rezultate se obțin în cazul regiunilor cu relief relativ omogen, pentru o perioadă de o lună sau două săptămâni.

Spre deosebire de alți indici și metode, indicele Palmer determină mai precis începutul și sfârșitul secetei, luând în considerare situația pluviometrică preexistentă celei din luna pentru care se calculează. Spre exemplu, o lună cu exces de umiditate care se întâlnește într-o perioadă secetoasă de lungă durată, nu are un impact major asupra valorii indicelui, ori o serie de luni cu precipitații medii apropiate de normală ce urmează unei perioade secetoase, nu înseamnă finalul secetei (Cheval *et al.*, 2003).

Tabel 14

clasificarea Palmer	
0,49...-0,49	aproximativ normal
-0,5...-0,99	secetă incipientă
-1,0...-1,99	secetă slabă
-2,0...-2,99	secetă moderată
-3,0...-3,99	secetă severă
≤-4,0	secetă extremă

Cu toate acestea, indicele Palmer este utilizat de o serie de agenții guvernamentale în SUA, care oferă hărți actualizate săptămânal pentru tot teritoriul SUA ([http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/regional\\_monitoring/palmer.gif](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/regional_monitoring/palmer.gif)).

### (4) indicele standardizat de precipitații (ISP)

Conceput în anul 1993 de cercetătorii americani T.B.McKee, N.J.Doesken și J.Kleist, de la Colorado State University, în scopul definirii și monitorizării secetei, indicele standardizat de precipitații urmărește cuantificarea deficitului de precipitații pentru diferite intervale de timp, inițial pentru 3, 6, 12, 24 și 48 luni.

Se calculează prin compararea cantității de precipitații de la o anumită stație meteorologică pentru un anumit interval de timp cu valoarea medie a precipitațiilor din același interval de timp, de-a lungul întregii perioade de observații. Se poate folosi

aplicația „SPI\_SL\_6.exe” oferită gratuit de National Drought Mitigation Center (Cheval *et al.*, 2003).

Tabel 15

Valori ISP	
-0,99...0,99	normal
-1,0...-1,49	secetă moderată
-1,5...-1,99	secetă severă
≤-2,0	secetă extremă

(1) *anomalia standardizată de precipitații (ASP)*

Este un indice utilizat în analiza perioadelor deficitare pluviometric, privite prin prisma riscului climatic reprezentat de aceste perioade (an, anotimp, lună). Este rezultatul raportului dintre abaterea normală și deviația standard (Moldovan, 2003):

$$ASP = (x_i - x) / \sigma$$

ASP – abaterea standardizată de precipitații;

i – perioada pentru care se calculează ASP (an, anotimp, lună);

$x_i$  – valoarea termenului din șir (cantitatea de precipitații căzută în intervalul i);

x – media șirului (cantitatea medie multianuală de precipitații a intervalului i);

$\sigma$  – deviația standard sau abaterea medie pătratică (funcția STDEV în Excel).

N – lungimea șirului de date (număr de ani) pentru care se face analiza (dacă intervalul analizat are mai puțin de 30 de termeni, n-1 se înlocuiește, în formulă, cu n, fără ca aceasta să modifice esențial rezultatul).

Tabel 16

Caracterizarea pluviometrică a intervalului	
0,5...-0,5	normal
-0,5...-1,0	puțin secetos
-1,0...-1,5	secetos
-1,5...-2,0	foarte secetos
-2,0...-2,5	excesiv de secetos
<-2,5	exceptional de secetos

## 5.8. Temperaturile extreme

În categoria acestor fenomene extreme se încadrează creșterile sau scăderile masive de temperatură, cu mult peste sau sub mediile multianuale, determinate de *valuri de căldură* tropicală sau *valuri de frig* polar.

### 5.8.1. Valurile de căldură

Advecțiile aerului tropical generează valuri de căldură (*perioade prelungite cu vreme excesiv de fierbinte*) sau *caniculă*. Datorită unicității lor, au fost denumite și *singularități termice pozitive*.

Există diferențieri semnificative la nivel global, în funcție de zona climatică. Astfel, în nord-vestul Europei, un val de căldură este definit ca o perioadă de cel puțin 5

zile consecutive în care temperatura maximă a depășit 25°C, din care în cel puțin 3 zile temperatura maximă a depășit 30°C. În SUA, un val de căldură apare atunci când într-o perioadă de cel puțin 3 zile consecutive temperaturile depășesc 32,2°C.

Pentru caracterizarea gradului de confort resimțit de organismul uman, în semestrul cald al anului, Organizația Meteorologică Mondială a recomandat utilizarea indicelui de confort temperatură-umezeală (Cheval *et al.*, 2003).

$$ITU = (T * 1,8 + 32) - (0,55 - 0,0055 * U)[(T * 1,8 + 32) - 58]$$

în care, T – temperatura aerului (°C); U – umezeala relativă a aerului (%).

În funcție de valoarea ITU, gradul de confort biometeorologic se apreciază astfel: ITU ≤ 65 - stare de confort; 66 ≤ ITU ≤ 79 - stare de alertă; ITU ≥ 80 - stare de disconfort.

**Valurile de căldură din vara anului 2003 în Europa.** În perioada iunie-august 2003, sudul și centrul Europei s-a confruntat cu o vreme extrem de călduroasă, temperaturile maxime depășind 35-40°C, în unele state căpătând chiar valori de record: 38.1°C în Marea Britanie, 40.4°C în Germania, 41.5°C în Elveția.

Numărul total al victimelor căldurii a depășit 30.000, constituindu-se în cel mai grav dezastru natural în Europa d

Efecte negative majore au vizat valoarea producției agricole, care a scăzut (și datorită secetei asociate) între 30% uustria, Sp lia) și 60% (Franța). De altfel, producția de cereale a scăz a Europeană mparativ cu anul 2002.

Vegetația a suferi în ceea uctivitatea. S-au înregistrat îngălbeniri sau căderi timp elor și a ncendii de pădure (nu mai puțin de 25.000 incendii în alia, Span , ia, Finlanda, Danemarca, Irlanda). Suprafața totală forestieră distrusă se ridică la aproape 650.000 ha (numai în Portugalia a fost distrusă prin incendii 5,6% din suprafața împădurită).

Valul de căldură a avut un impact negativ și asupra unor componente ale mediului. S-au redus foarte mult debitele unor râuri, fiind impuse restricții în folosirea apei acestora pentru

la jumătatea valoarea exportului de energie). Masa ghețarilor alpini s-a redus cu până la 10%. Temperaturile extrem de ridicate (limita de 0°C s-a plasat la peste 4500 m altitudine timp de 10 zile) au impus modificări în regimul termic al permafrostului, cu urmări în stabilitatea rocilor pe termen lung (de altfel, au avut loc prăbușiri de roci, de mici dimensiuni dar larg răspândite, care au determinat evacuarea a 90 persoane în Matterhorn).

Valul de căldură ce a lovit Europa în vara anului 2003 poate fi considerat ca încă o avertizare a impactului pe care-l are încălzirea climatului asupra populației și ecosistemelor.

În România, valurile de căldură sunt evidențiate prin *zilele tropicale* (temperatura maximă diurnă ≥30°C), *zilele caniculare* (temperatura maximă diurnă ≥35°C), respectiv *noapțile tropicale* (temperatura minimă diurnă ≥20°C).

#### **Consecințe negative**

Valurile severe de căldură pot conduce la pierderi importante de apă (deshidratare) și săruri minerale din organism, ceea ce uneori poate conduce la moartea

prin hipertermie (șocul de căldură). Persoanele vârstnice, bolnavii, supraponderalii și copiii foarte mici sunt cei mai expuși. Pe glob, valurile de căldură sunt cele mai letale dintre fenomenele meteorologice. De exemplu, între 1992 și 2001, numai în SUA, au murit datorită încălzirilor excesive 2190 persoane, comparativ cu 880 datorită inundațiilor și 150 datorită uraganelor.

Consumul intens de electricitate de către instalațiile de aer condiționat poate provoca probleme în ceea ce privește tensiunea electrică. În anul 2006, mii de locuințe au rămas fără curent electric în timpul valurilor de căldură ce au afectat nordul Americii (California, St.Louis-Missouri, Los Angeles).

Dacă se asociază și lipsa precipitațiilor, se ajunge la ofilirea vegetației și apariția incendiilor naturale. În timpul caniculei ce a afectat Europa în 2003, incendiile din Portugalia au distrus 301.000 ha de pădure și 44.000 ha terenuri agricole, provocând pagube estimate la 1 miliard euro.

Cea mai lungă perioadă asociată unui val de căldură s-a înregistrat în Marble Bar, în vestul Australiei, unde temperaturile au atins sau depășit 37,8°C zilnic de la 31 oct. 1923 până la 7 aprilie 1924, pentru 160 zile.

În **România**, încălzirile masive sunt caracteristice regiunilor din sudul, sud-estul și estul țării. Dintre lunile cu cele mai puternice faze de încălziri sunt de menționat: *iulie* 1916, 1950, 1957, 1985, 1988; *august* 1945, 1946, 1951, 1952.

### **5.8.2. Valurile de frig**

Advecțiile de aer foarte rece, de origine polară, favorizat de predominarea timpului anticiclonic, determină *răcirii masive* sub forma valurilor de frig sau *singularităților temice negative*.

În România, valurile de frig sunt evidențiate de existența valorilor medii lunare ale temperaturii aerului  $\leq -10^{\circ}\text{C}$  și temperaturile minime  $\leq -30^{\circ}\text{C}$  ori prin *zilele cu îngheț* (temperatura minimă diurnă  $\leq 0^{\circ}\text{C}$ ), *zilele de iarnă* (temperatura maximă diurnă  $\leq 0^{\circ}\text{C}$ ) și *noapțile geroase* (temperatura minimă diurnă  $\leq -10^{\circ}\text{C}$ ).

#### **Consecințe negative**

- apar degerături, se instalează starea de hipotermie și poate interveni chiar decesul.
- afecțiuni ale aparatului respirator și aparatului cardiovascular.
- intoxicații cu monoxid de carbon sau incendii, produse ca urmare a funcționării necorespunzătoare a instalațiilor de încălzit sau a folosirii unor surse improvizate.
- perturbații în activitatea economico-socială, prin scăderea presiunii în rețeaua de alimentare cu gaze naturale sau îngreunarea transporturilor (dificultăți la pornirea autovehiculelor, contracția șinelor de cale ferată).

Pe glob, au existat o serie de ani marcați de ierni cu frecvente valuri de frig. Astfel, în SUA se remarcă iarna 1977 (75 morți și 2,8 miliarde dolari pagube) și iarna 1985 (150 morți și 800 milioane dolari pagube). În Europa Centrală, una dintre cele mai grele ierni a fost iarna 1985, când s-au înregistrat pagube materiale de peste 350 milioane dolari.

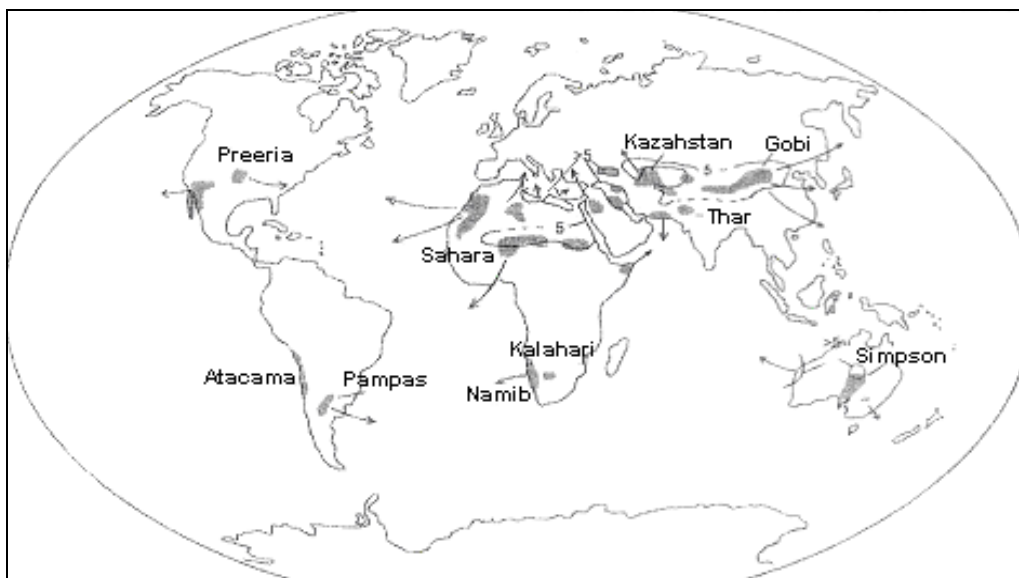
În **România**, răcirile masive afectează frecvent regiunile extracarpatice din sud-estul și estul țării. Dintre lunile cu cele mai puternice faze de răciri se remarcă: *ianuarie* 1938, 1940, 1942, 1943, 1954, 1963, 1985; *februarie* 1929, 1954.

## 5.9. Furtunile de nisip și praf

Furtunile de praf (sau de nisip, în anumite situații) reprezintă un fenomen meteorologic comun în regiunile uscate, aride și semiaride. Sunt definite ca *perturbații atmosferice însoțite de vânturi puternice care, prin antrenarea pulberilor în atmosferă, micșorează vizibilitatea la mai puțin de 1000 m.*

Aceste fenomene sunt rezultatul curenților de convecție creați de încălzirea intensă la suprafața terestră. Aerul fierbinte se înalță și acest lucru provoacă diferențieri în presiunea și temperatura sa, ceea ce conduce la formarea unor vânturi puternice. Sunt specifice mai ales în America de Nord (Great Plains), Arabia, Deșertul Gobi (Mongolia), Deșertul Taklamakan (nord-vestul Chinei), Deșertul Sahara din nordul Africii, Deșertul Thar (India), dar și în alte regiuni aride și semiaride.

Creșterea cantităților de pulberi în atmosferă are variate efecte asupra mediului, în principal asupra poluării atmosferei (modificarea proprietăților optice) și în reducerea cantității de radiație solară ajunsă la suprafața terestră. De asemenea, sunt favorizate transmiterea unor boli, îmbolnăvirea căilor respiratorii la oameni și animale și perturbația comunicațiilor radio și transporturilor. În locurile de proveniență ale furtunilor se desfășoară o intensă eroziune a solurilor, favorizată de impactul antropic agresiv.



**Fig. 29.** Furtunile de praf (ariile de formare și direcții principale de deplasare) (Bryant, 1991)



Cele mai mari cantități de praf provin din Sahara, de pe coasta nordică a Mării Mediterane, din Peninsula Arabiei, din pustiurile și stepele Asiei și din partea centrală a Americii de Nord, care apoi sunt depuse în alte părți, uneori la distanțe de mii de km.

În Sahara, care este cel mai mare furnizor de pulberi pentru atmosfera terestră (mai ales din jurul Lacului Ciad), aceste furtuni sunt cunoscute sub numele de „haboob” și sunt o amenințare pentru populația din Senegal, Libia, Maroc și Algeria.

Cele mai numeroase furtuni de praf se înregistrează în deșertul Tarim din China unde sunt în medie 100-170 zile anual cu astfel de fenomene. În Câmpia Mesopotamiei furtunile de praf (“shamal”) se extind pe 500-800 km și pun în mișcare aluviunile fine transportate de râurile Tigru și Eufrat (Bălțeanu, Șerban, 2005).

În partea centrală a SUA, în perioada 1934-1939, fenomenul cunoscut sub numele de „dust bowl” a determinat abandonarea a sute de hectare de terenuri agricole (Oklahoma, Texas, Arkansas, Colorado, Kansas, New Mexico), falimentarea fermierilor și un exod masiv (400.000 persoane, denumite generic “okies”) al populației rurale spre oraș. Cu această ocazie, guvernul federal a înființat Serviciul pentru Conservarea Solului (în prezent Serviciul pentru Conservarea Resurselor Naturale).

În *România*, furtunile de praf sunt asociate în principal Suhoveiului, care afectează regiunile din sudul și estul țării (23 aprilie 1960, 18 aprilie 1965) sau vântului nord-african Sirocco (24 aprilie 1973).

Pentru ultimele decenii se înregistrează o intensificare a furtunilor de praf în regiunile afectate de deșertificare. În Sahel, spre exemplu, intensificarea furtunilor de praf a fost determinată de secetele prelungite, de suprapășunat și de vânturi mai puternice. În schimb, în alte regiuni ale globului, cum sunt Mexic sau Australia, se înregistrează o descreștere a frecvenței furtunilor de praf, ca urmare a unor măsuri de împădurire și a utilizării raționale a terenurilor care sunt sursă de praf atmosferic.

## 6. HAZARDE GLACIARE

Orice ghețar, proces sau formă legată de gheață care afectează activitățile umane, direct sau indirect, pot fi privite ca *hazarde glaciare* (Reynolds, 1992). Acestea acoperă o gamă largă de procese de la avalanșe, iceberguri, permafrost, la retragerea ghețarilor datorită schimbărilor climatice, etc.

Cu toate că un singur astfel de hazard glaciari foarte rar implică atâtea pierderi ca în cazul unui cutremur puternic sau a unei erupții vulcanice majore, impactul asupra arealelor și comunităților susceptibile poate fi la fel de semnificativ.

### 6.1. Permafrost

Permafrostul (perennially frozen ground) reprezintă solul sau terenul ce rămâne înghețat (sub  $0^{\circ}\text{C}$ ) pentru cel puțin doi ani consecutivi. Distribuția spațială și grosimea sa depind de temperatura de la suprafața terestră, care la rândul său este influențată de tipul de vegetație, stratul de zăpadă, capacitatea de drenaj și tipul de sol.

Limitat astfel prin condiții termice, permafrostul ocupă în prezent circa 20% din suprafața uscatului terestru (apare la marile latitudini și pe marile înălțimi). O mare parte din această suprafață este deținută de *permafrostul discontinuu*, limita sa sudică fiind reliefată de temperaturi medii anuale de  $-1...-2^{\circ}\text{C}$ , unde permafrostul capătă caracter sporadic. La nord de izotermele de  $-7...-8^{\circ}\text{C}$  se desfășoară *permafrostul continuu*, neexistând totuși o delimitare precisă între cele două tipuri de permafrost. La latitudini mai joase, dar la mari înălțimi, se găsește permafrostul alpin sau montan (Koster, 2002).

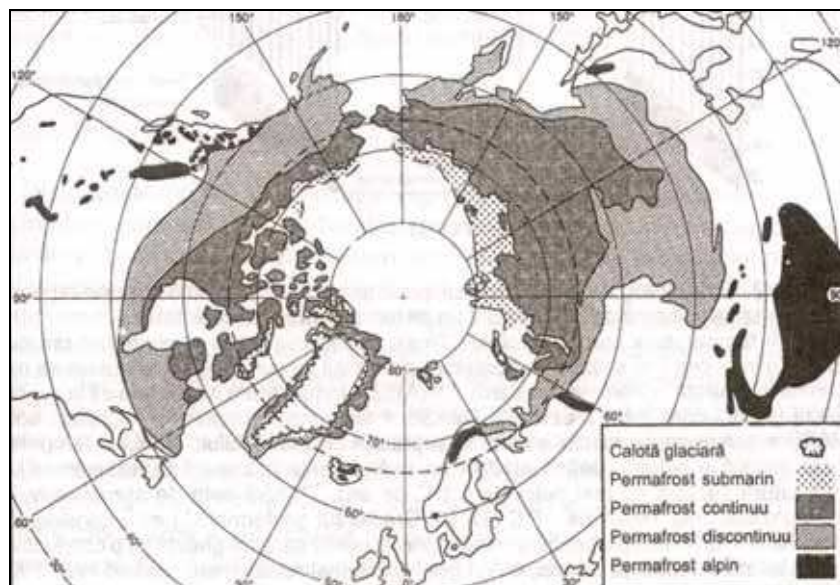


Fig. 30. Repartiția permafrostului în emisfera nordică (Péwé, 1983, citat de Koster, 2002)

Grosimea maximă a stratului înghețat poate varia mult teritorial: 440 m la Barrow și 600 m în Golful Prudhoe din Alaska, 726 m în insulele arctice din nordul Canadei și chiar 1493 m în Siberia (nordul bazinelor fluviilor Lena și Yana).

În prezent, măsurătorile ce vizează grosimea și extensiunea permafrostului pot fi un indicator al încălzirii globale. De altfel, ritmul de reacție a permafrostului la încălzire depinde de difuzia termică, strâns legată de proprietățile sedimentelor și conținutul de apă/gheață. Dacă la scări temporale mari (în comparație cu extensiunea din timpul ultimului maxim glaciatic), permafrostul s-a retras spre nord (Baulin *et al.*, 1984, citat de Koster, 2002) cu până la 1000 km în vestul Siberiei (la est de meridianul de 75°E) și până la 2000 km în Câmpia Rusă (la est de meridianul de 30°E), aceeași reacție dinamică la schimbările climatice se observă și în ultima perioadă (în regiunea Yukon, limita permafrostului continuu s-a deplasat cu aproximativ 100 km spre nord în ultimul secol).

În condițiile în care activitățile umane se dirijează, din ce în ce mai mult, spre regiunile nordice ale globului, prezența permafrostului și a altor tipuri de gheață din sol influențează toate aspectele ce vizează stabilitatea terenurilor respective.

Utilizarea terenurilor prin construcții (diferite tipuri de clădiri, șosele, căi ferate, piste aviatice, poduri, conducte) prezintă o serie de dificultăți (restricții) impuse de posibilitatea degradării permafrostului (topirea gheții datorită creșterii temperaturii prin încălzire).

Consecințele mecanice ale dezghețului sunt foarte serioase, fiind foarte posibilă creșterea instabilității terenului respectiv. De altfel, majoritatea lucrărilor tehnice din regiunile cu permafrost se confruntă cu următoarele probleme: încălzirea în adâncime a permafrostului (creșterea ritmului de dilatare a stâlpilor și fundațiilor diverselor construcții); creșterea adâncimii de dezgheț anual (deformări continui ale fundațiilor) și apariția unor areale de dezgheț rezidual (subsidență diferențiată a terenului).

Procedeele de design, metodele de construcție și necesitățile pentru menținerea structurilor și facilităților construite pe terenuri cu permafrost impun următoarele soluții: (a) amplasarea fundațiilor pe piloni de lemn sau împlântați până la adâncimi de peste 15 m, unde temperatura nu se modifică sezonier, rămânând în jur de -5°C; (b) izolarea fundației clădirii pe un strat gros de pietriș (de obicei, 1-2 m grosime); (c) utilizarea unor regulatori termici (pe bază de anhidridă de amoniu) ce mențin terenul înghețat sau înălțarea pe suporturi verticale, ancorați în permafrost.

## 6.2. Avalanșe de zăpadă

*Avalanșa* este un proces gravitațional de deplasare a zăpezii sau gheții, prin alunecare, rostogolire sau prăbușire, cu o viteză mare (50-200 km/h), care se declanșează brusc pe pantele montane suficient de abrupte (peste 25-35°), mărindu-și către avale volumul, greutatea și forța mecanică de izbire și distrugere.

Avalanșele de zăpadă constituie un pericol major pentru regiunile montane, în special din țările situate la latitudini mijlocii, în condițiile extinderii activităților turistice și prezenței unor căi de comunicație foarte importante. Pe glob, arealele cele mai afectate

se întâlnesc în nordul Americii (Alaska, Canada), Munții Alpi (Elveția, Austria, Franța), Scandinavia (Norvegia, Suedia), nordul Rusiei, Munții Anzi, Munții Himalaya.

#### ***Formarea avalanșelor***

Apariția avalanșelor este produsă de perturbarea echilibrului maselor de zăpadă. Se întâlnesc factori *potențiali* și factori *declanșatori* (uneori se referă la același element, dar privit în diferite circumstanțe), la care se adaugă factori *pregătitori*, naturali și antropici (Voiculescu, 2002).

##### ***(a) Zăpada***

Structura stratului de zăpadă favorizează producerea avalanșelor. Datorită succesiunii ninsorilor, stratul de zăpadă are o stratificație specifică: la contactul cu solul este un strat mai vechi și mai dens; în partea mediană se găsește un strat mai ușor, cu o coeziune redusă; la partea superioară este un strat cu zăpadă afânată. Declanșarea avalanșelor are loc de obicei în stratul mijlociu, cu o coeziune redusă. De asemenea, prezența cornișelor de zăpadă și a unor crăpături în stratul de zăpadă sporesc pericolul apariției avalanșelor.

De la 50 kg, cât cântărește un metru cub de zăpadă afânată, se poate ajunge la 800 kg, atunci când zăpada este umedă și îmbibată cu apă.

Zăpada poate să aibă o structură prăfoasă sau grăunțoasă, poate să fie compactă și umedă sau poate să conțină plăci și bulgări de gheață.

##### ***(b) Terenul***

Cele mai favorabile condiții pentru declanșarea avalanșelor se înregistrează pe versanții înclinați (25-60°, dar cu o concentrare maximă între 35 și 45°). Dacă panta este mai mare, zăpada nu se acumulează în strate groase, iar dacă panta este mai redusă, forțele de frecare sunt suficient de mari pentru a o menține relativ stabilă. Din păcate, versanții aceștia sunt cei mai căutați de schiori.

La latitudini medii, cele mai multe accidente se produc pe versanții umbriți, cu expunere nordică și nord-estică (temperaturi mai scăzute, precipitații mai bogate). Stratul de zăpadă acumulat pe versanții adăpostiți poate să fie de 4 ori mai gros decât pe cei expuși vântului. De asemenea, versanții convecși sunt mai periculoși decât cei cu profil concav.

Covorul vegetal asigură o bună protecție a terenului față de apariția avalanșelor, cu diferențieri în funcție de tipul și talia vegetației.

##### ***(c) Vremea (starea timpului)***

Alternanța temperaturilor negative cu cele pozitive conduce la tasarea și apoi ruperea stratului de zăpadă. Cele mai favorabile perioade sunt primăvara, în condițiile topirii bruște a zăpezii.

Vântul acționează prin forța de presiune pe care o exercită asupra zăpezii, prin capacitatea de a transporta mari cantități de zăpadă în timpul viscozelor și prin temperaturile ridicate pe care le generează (cazul vânturilor de tip foehn).

Căderile abundente de zăpadă crează instabilitate prin acumularea masivă a zăpezii (prezența unui strat gros de zăpadă) în straturi succesive sau datorită faptului că zăpada nou depusă nu are timp suficient pentru a se tasa. Precipitațiile lichide înmoaie și îngreunează stratul de zăpadă.

### **Clasificarea avalanșelor**

Tipologia avalanșelor se poate face după mai multe criterii (Voiculescu, 2002): cauze genetice, vârsta zăpezii, umiditatea zăpezii, forma desprinderii, poziția suprafeței de alunecare, tipul de mișcare sau forma mișcării, aria de dominare sau de dezvoltare dinamică, profilul transversal al reliefului, forma depozitului, periodicitatea.

Tabel 17

Clasificarea avalanșelor (după Societe OFEFP, 1997, citat de Voiculescu, 2002)

Criteriul	Tipuri de avalanșe	
Forma spărturii	Avalanșă în plăci	Avalanșă de zăpadă fără coeziune
Poziția suprafeței de alunecare	Avalanșă de suprafață	Avalanșă de fund
Mișcarea	Avalanșă pudroasă	Avalanșă de zăpadă curgătoare
Umiditatea	Avalanșă de zăpadă uscată	Avalanșă de zăpadă umedă
Forma traiectoriei	Avalanșă de suprafață	Avalanșă de culoar
Lungimea traiectoriei	Avalanșă de vale	Avalanșă de pantă
Tipul pagubelor	Avalanșă provocând pagube materiale	Avalanșă provocând pagube corporale

În funcție de variabilitatea parametrilor climatici, ce se reflectă în particularitățile stratului de zăpadă afectat, se diferențiază trei tipuri de avalanșe: uscate, umede și în plăci.

*Avalanșe uscate (pudroase)* se produc în zăpada proaspătă, cu coeziune slabă. Se pot declanșa foarte ușor, iar viteza de deplasare este foarte mare (uneori poate depăși 200 km/h). Urmările sunt catastrofale, atât prin greutatea proprie a zăpezii, cât și prin efectul de suprapresiune (victimele sunt proiectate de suflul avalanșei sau mor asfixiate).

*Avalanșe umede (în bulgări)* se produc atunci când masa de zăpadă este îmbibată cu apă provenită din topirea zăpezii sau ploi. Prin urmare, sunt specifice primăverii, deplasarea realizându-se în lungul culoarelor preexistente, cu viteze nu prea mari (în jur de 30-50 km/h). Datorită greutății mari, exercită presiuni puternice (10-20 t/m<sup>2</sup>), distrugând totul în cale.

*Avalanșe în plăci* au caracter mai complex, producându-se prin desprinderea stratului superficial (mai compact, datorită vântului corelat cu temperatura) care este dispus pe un substrat instabil. Deplasarea pe versant a acestor avalanșe are aspect neregulat.

#### **Efecte negative**

Avalanșele pot provoca victime (majoritatea provenind din rândul alpiștilor și schiorilor) prin asfixiere, datorită leziunilor provocate de greutate zăpezii și hipotermie. Anual, în medie, se înregistrează circa 200 morți (Moldovan, 2003).

De asemenea, produc pagube materiale semnificative prin distrugerile provocate construcțiilor, blocarea traficului rutier și feroviar și, nu în ultimul rând, prin afectarea desfășurării normale a activităților din stațiunile turistice pentru sporturi de iarnă.

Printre cele mai semnificative menționăm: 1689 – Austria (valea Montafon) – 300 morți; 12 iulie 1892 – St. Gervais (Franța) – 177 morți; februarie-aprilie 1970 – Val d'Isere, St. Gervais (Franța) – 114 morți; februarie 1951 – Vals (Elveția) – 92 morți și 20 mil. dolari.

În **România**, avalanșe de zăpadă frecvente se produc în Carpații Meridionali, nordul Carpaților Orientali, dar chiar și în Munții Apuseni. Cel mai tragic accident s-a produs în 17 aprilie 1977, când o avalanșă excepțională a surprins un grup de turiști sub Șaua Capra, lângă Lacul Bâlea, rezultând 23 victime (Voiculescu, 2002).

#### **Atenuarea efectelor negative**

Pentru evitarea pericolelor legate de avalanșe este importantă cunoașterea precisă a mecanismelor apariției și evoluției acestora, precum și analiza datelor istorice în vederea cartografierii arealelor în care acestea se produc și a gradăției riscului. Din 1993, în țările din spațiul alpin al Europei se utilizează o scară a riscurilor de avalanșe, iar în SUA, este disponibilă o scară gradată a pericolului avalanșelor.

Tabel 18

Scara europeană de risc la avalanșe

Nivelul riscului	Stabilitatea zăpezii	Riscul la avalanșe
1 - slab	Zăpada este în general foarte stabilă.	Declanșarea avalanșelor este posibilă doar în cazul unei supraîncărcări sau a pantelor extrem de abrupte. Producerea avalanșei poate fi spontană. În general, condițiile sunt sigure.
2 - limitat	Zăpada este moderat stabilă.	Declanșarea avalanșelor este posibilă în cazul unei supraîncărcări cu turiști sau pe pante puternic înclinate. Nu sunt de așteptat avalanșe spontane de mari dimensiuni.
3 - mediu	Zăpada este de la moderat la slab stabilă.	Declanșarea avalanșelor este posibilă uneori chiar în condițiile unei ușoare supraîncărcări. Sunt posibile avalanșe de dimensiuni medii și mari.
4 - mare	Pe majoritatea pantelor, zăpada nu este foarte stabilă.	Declanșarea avalanșelor este probabilă chiar în condițiile unei ușoare supraîncărcări. În multe porțiuni, sunt de așteptat avalanșe de dimensiuni medii sau uneori mari.
5 – foarte mare	Zăpada este în general instabilă.	Se pot produce spontan numeroase avalanșe de mari dimensiuni chiar și pe pantele reduse.

Scara pericolului avalanșelor (în SUA)

Probabilitate și declanșare	Gradația și distribuția pericolului	Ațiuni recomandate
redușă (verde)	Avalanșe improbabile. Zăpadă în general stabilă, doar areale izolate cu instabilitate.	Prudență normală.
moderată (galben)	Posibile avalanșe declanșate de om. Porțiuni instabile pe pante abrupte.	Prudență la traversarea pantelor mai abrupte.
considerabilă (portocaliu)	Posibile avalanșe declanșate natural sau antropic. Extinse areale instabile pe pante abrupte.	Prudență sporită la traversarea pantelor mai abrupte.
ridicată (roșu)	Avalanșe foarte posibile. Extinse areale instabile pe majoritatea pantelor.	Nu se recomandă deplasarea în aceste spații.
extremă (linie roșie/neagră)	Instabilitate generalizată. Posibile avalanșe distrugătoare.	Aceste areale trebuie evitate.

Arealele cu potențial de declanșare a avalanșelor sunt monitorizate permanent în ceea ce privește caracteristicile stratului de zăpadă, temperatura aerului și precipitațiile atmosferice, în special folosind aparatură automată. Astfel, sunt elaborate și difuzate

zilnic, în stațiunile montane, prognoze privind parametrii meteorologici ce vizează declanșarea avalanșelor, pe baza cărora se poate interzice accesul sau evacua regiunea în perioade considerate critice (Moldovan, 2003).

Pe versanții unde sunt posibile avalanșe sunt amplasate ziduri de protecție, gardulețe sau plase de sârmă, iar în dreptul culoarelor de avalanșă sunt construite tunele de protecție. Însă, pe termen lung, protecția cea mai sigură este plantarea unor perdele forestiere, în special în lungul căilor de comunicație.

În unele țări (de ex. Canada), avalanșele sunt declanșate artificial prin explozii, mai ales în apropierea pârtiilor de schi, căilor ferate și autostrăzilor.

Deosebit de importantă este promptitudinea echipelor de salvare (persoane special antrenate sau câini specializați), deoarece se cunoaște că șansele de supraviețuire ale persoanelor îngropate în zăpadă scad pe măsură ce trece timpul (de la 85% în 15 minute, la 50% în 30 minute și 20% într-o oră).

Foarte importantă este și cunoașterea unor reguli fundamentale de comportament de către turiști: alegerea unor trasee cunoscute și cât mai sigure (evitarea cornișelor și a pantelor abrupte imediat după ninsori abundente sau în perioada de topire a zăpezii), deplasarea în grup și sub conducerea unei persoane autorizate, traversarea în liniște a culmilor, respectarea instrucțiunilor echipelor de Salvamont.

### 6.3. Iceberguri

Din platformele uriașe de gheață plutitoare care înconjoară Antarctica, din calota groenlandeză sau din ghețarii altor insule arctice se desprind periodic blocuri de gheață care plutesc spre Ecuator, împinse de vânturi, curenți oceanici și valuri. Aceste insule de gheață, numite *iceberguri*, împânzesc 20% din suprafața oceanelor și mărilor, punând în pericol navele de pescuit sau de transport, precum și platformele marine de petrol.

#### ***Caracteristicile icebergurilor și răspândirea lor***

Anual, se formează între 10.000 și 15.000 iceberguri, volumul total de gheață cuprins în icebergurile care plutesc într-un an pe mările și oceanele lumii fiind estimat la 1000 km<sup>3</sup>, din care peste 90% se află în emisfera sudică. Cele mai mari iceberguri reperate până în prezent au avut lungimi de peste 150 km și lățimi de 40–50 km. Înălțimea lor deasupra apei ajunge la 45-75 m, cel mai înalt iceberg cunoscut în nordul Atlanticului având 168 m.

Deoarece densitatea gheții este de 920 kg/m<sup>3</sup>, iar a apei de mare este de 1025 kg/m<sup>3</sup>, cea mai mare parte a unui iceberg (aproape 90% din volumul total) este submersă.

Icebergul B15, format din ghețarul de șelf Ross în 2000, a avut o suprafață inițială de 11.000 km<sup>2</sup>, fiind cel mai mare. S-a rupt în două bucăți în noiembrie 2002. Partea cea mai mare, icebergul B-15A, cu o suprafață de 3000 km<sup>2</sup> s-a menținut până în octombrie 2005.

În emisfera sudică, cele mai multe iceberguri se întâlnesc în imediata apropiere a coastelor Antarcticii (93% din volumul total) de unde numărul lor scade spre 65° lat. S. Cele mai îndepărtate iceberguri au fost observate spre 40° lat. S în oceanele Atlantic și

Indian și spre 50° lat. S în Oceanul Pacific. Cel mai nordic iceberg a fost observat la 26°30' lat.S.

În emisfera nordică, icebergurile provin, în mare parte, din vestul Groenlandei și se deplasează până spre 48° lat. N (cel mai sudic a ajuns până în apropiere de Bermude, la 30° lat.N), în apropierea coastelor Newfoundland și Labrador, unde frecvența lor este de 400 pe an. Spre exemplu în Groenlanda, numai ghețarul din fiordul Jacobshaun produce 1000 iceberguri pe an. Mult mai puține iceberguri se formează în Marea Barents, din ghețarii insulelor Spitzbergen, Franz Josef, Novaya Zemlya și Severnaya Zemlya.

#### ***Efecte negative***

Icebergurile reprezintă un permanent pericol pentru navigația maritimă din nordul Oceanului Atlantic și din mările și oceanele sudice. Cea mai cunoscută coliziune cu un iceberg este cea din 14 aprilie 1912, când transatlanticul „Titanic” – o realizare de vârf a tehnicii acelor vremuri – s-a scufundat în Oceanul Atlantic, în largul coastei Newfoundland, fiind înregistrate 1503 victime din 2223 pasageri. De atunci Atlanticul de Nord este supravegheat în mod sistematic de serviciile de coastă ale marinei americane care înregistrează permanent frecvența și traiectoria icebergurilor.

Altă catastrofă navală produsă în urma ciocnirii cu un iceberg s-a înregistrat în ianuarie 1959, când nava daneză "Hans Hedtoft" s-a scufundat la sud de Capul Farewell din Groenlanda (toți cei 90 de pasageri și întreg echipajul și-au pierdut viața).

#### ***Prevenirea și combaterea***

În prezent pentru a se preveni ciocnirea cu icebergurile, navele sunt dotate cu sisteme radar performante. Deplasarea icebergurilor este supravegheată cu ajutorul sateliților: RADARSAT (Agenția Spațială Canadiană) și ENVISAT (Agenția Spațială Europeană)

Pentru monitorizarea icebergurilor și raportarea deplasării lor, pentru siguranța traficului maritim, există două organisme: *International Ice Patrol* (înființată în 1914, administrată de U.S. Coast Guard), care colectează date meteorologice și oceanografice pentru evaluarea deplasării icebergurilor în nordul Oceanului Atlantic; *U.S. National Ice Center* (înființată în 1995, centru operațional reprezentat de U.S. Navy, NOAA, U.S. Coast Guard), care monitorizează, pe baza datelor satelitare, condițiile de formare și traiectoriile icebergurilor din Arctica, Antarctica, Marile Lacuri și Golful Chesapeake.



## 7. HAZARDE BIOLOGICE

### 7.1. Invaziile de insecte și rozătoare

În toată lumea, în aproape fiecare regiune și tip de ecosistem, animale care au evoluat în alte locuri își fac apariția (unele fiind aduse de oameni, din greșeală sau intenționat), având un efect disproporționat asupra ecosistemelor în care au fost introduse.

#### (a) Insecte

În habitate favorabile, insectele pot ajunge la densități mari, afectând producția agricolă, provocând declinul speciilor native și alterând procesele de la nivelul ecosistemelor: furnica argentiniană (*Linepithema humile*) în sudul Europei; furnica cu cap uriaș (*Pheidole megacephala*); dermestidul grâului (*Trogoderma granarium*) – ce reduce cantitatea de grâu cu 5-30%, în cazuri extreme chiar 70%; furnica roșie pitică (*Wasmannia auropunctata*) – a determinat reducerea numărului broaștelor țestoase în Galapagos; tripsul tutunului (*Bemisia tabaci*) – reduce recolta cu 20-100%. Unele pot afecta chiar sănătatea oamenilor: viespea comună (*Vespula vulgaris*), omida păroasă a stejarului (*Lymantria dispar*), furnica de foc (*Solenopsis invicta*). Altele, prin reducerea biodiversității (în special dispariția unor specii endemice), afectează indirect turismul – furnica neagră (*Anoplolepis gracilipes*) a determinat deplasarea a 60.000 perechi de chiră neagră, principala atracție a insulei Seychelles.

Alte specii de insecte dăunează vegetației forestiere, ducând la distrugerea lentă a acesteia. Astfel, gândacul croitor asiatic (*Anoplophora glabripennis*) este responsabil pentru distrugerea a 40% din plantațiile de plop din China (2,3 mil.ha), 50 milioane arbori fiind tăiați numai în provincia Ningxia, în perioada 1991-1993. În SUA, în mai 2001, au fost tăiați 6833 arbori infestați în New York și Chicago, iar în Austria, 47 arbori în august 2001. Afidul chiparosului (*Cinara cupressi*) provoacă serioase pagube plantațiilor de arbori comerciali și ornamentali, dar și celor de chiparos (5153 ha au fost infestate în Kenya).

Uneori, insectele sunt vectori pentru numeroși viruși: țânțarul tigrat asiatic (*Aedes albopictus*) pentru encefalita cabalină estică, iar țânțarul comun al malariei (*Anopheles quadrimaculatus*) pentru malarie.

Pentru prevenirea și combaterea acestor efecte negative, se cheltuiesc sume impresionante: numai în SUA - 175 milioane dolari (în New York, New Jersey, Illinois) în lupta cu gândacul croitor asiatic; câte 1 miliard de dolari anual pentru măsuri preventive și acoperirea pagubelor cauzate de furnica de foc și termita de pământ taiwaneză.

De asemenea, deosebit de dăunătoare prin pagubele mari produse agriculturii este lăcusta deșertului (*Schistocerca gregaria*), în special în nordul Africii, Orientul Mijlociu și India. Se apreciază că cel puțin 10% din populația Terrei poate fi afectată de invazii de lăcuste. Cele mai distrugătoare invazii au avut loc în anii 1926-1934, 1940-1948, 1949-1963, 1967-1969, 1986-1989.

### **(b) Rozătoare**

Speciile de rozătoare determină pagube considerabile, prin distrugerea recoltelor și consumarea sau contaminarea rezervelor de produse agricole necesare omului. Uneori pot provoca și dispariția unor specii faunistice indigene (păsări, mamifere mici, reptile, nevertebrate), mai ales în insule (Seychelles, Hawaii, Galapagos, Bermuda). Așa este cazul datorat dezvoltării în exces a șoarecelui (*Mus musculus*) și șobolanului (*Rattus rattus*). Alteori pot provoca boli de proporții: ciuma bubonică și salmonella.

Nutria (*Myocastor coypus*), rozător mare sud-american, a fost importat în multe țări de crescători din America de Nord, Europa și Asia, în speranța că-i vor vinde blana. Când scapă, nutria provoacă, prin râcăire, subminarea malurilor și digurilor râurilor și amenajărilor pentru irigații. Modul ei vorace de hrănire (plante hidrofile) și prin adăposturile pe care le sapă, amenință habitatul local (al păsărilor de mlaștină).

**Combaterea** dăunătorilor se face prin diferite metode: distrugerea ouălelor și utilizarea unor insecticide (la insecte), săparea unor șanțuri pentru prinderea nimfelor de lăcustă care nu pot să zboare, folosirea unor capcane otrăvitoare (în cazul mamiferelor).

## **7.2. Epidemiile**

Epidemiile se manifestă prin îmbolnăviri în masă ale populației datorită unor agenți infecțioși (virusii, rickettsiile, bacteriile, fungii patogeni, protozoarele și metazoarele), agenți vectori (artropodele și mamiferele) și agenți toxici (celenteratele, peștii, șerpii și artropodele veninoase).

### **Cauzele declanșării epidemiilor**

Declanșarea unei epidemii este datorată introducerii unui agent patogen într-o comunitate umană. Înainte de declanșarea epidemiei este necesară o perioadă de incubație care diferă de la o boală la alta.

Declanșarea maladiilor este favorizată de o combinație de situații și cauze care se întâlnesc mai frecvent în țările sărace datorită alimentației necorespunzătoare, lipsei de igienă și lipsei unor surse adecvate de apă potabilă.

Epidemiile sunt favorizate de producerea unor dezastre naturale cum sunt inundațiile și cutremurele care determină deplasări ale populației și concentrarea în tabere de refugiați. Conflicttele militare, cele etnice și tribale, urmate de deplasări ale unor grupuri mari de oameni și de concentrarea lor în tabere fără asistență medicală corespunzătoare favorizează, de asemenea, în numeroase locuri pe glob răspândirea unor boli.

Adeseori lipsa de igienă din marile centre urbane, însoțită de aglomerarea gunoaielor menajere și de înmulțirea șobolanilor și a câinilor vagabonzi, favorizează declanșarea epidemiilor.

### **Efecte negative**

Epidemiile de mari proporții, numite pandemii sunt cunoscute în istorie ca fiind printre cele mai importante hazarde care au generat milioane de victime. Astfel în secolul al XIV-lea (1348-1354) *ciuma bubonică* a produs în Europa peste 20 milioane de victime distrugând 1/4 din populația continentului. *Holera* a cunoscut mai multe perioade de

expansiune: 1816-1826, 1829-1851, 1852-1860 (în Rusia a provocat 1 milion de morți), 1863-1875, 1899-1923, 1961-1966. Recent, virusul coronarian SARS, în anul 2003, s-a extins din China, spre Hong Kong și apoi Taipei, Singapore și Toronto.

*Malaria* este o boală infecțioasă datorată pătrunderii în sânge a unui protozoar din genul *Plasmodium* care, prin distrugerea hematiilor, determină accese febrile, de obicei sistematizate, anemie, splenomegalie și o evoluție acută sau cronică. Se presupune că își are originea în Africa, iar un rol important în transmiterea bolii îl are țânțarul *Anopheles*.

Malaria deține primul loc pe glob în categoria bolilor endemice tropicale, atât din punct de vedere al extensiunii sale, cât și din punct de vedere al înaltelor rate de mortalitate pe care le întreține, precum și al profundelor consecințe socio-economice. În prezent, se estimează că peste 2,3 miliarde oameni trăiesc în zone afectate de malarie, 300-500 milioane dintre aceștia fiind deja infectați, iar în cele peste 100 țări afectate mor anual mai mult de 1,5-2,7 milioane persoane.

*Gripa (influenza)* este o boală infecțioasă acută, determinată de virusul gripal, ce se caracterizează prin manifestări clinice respiratorii și generale severe, adesea letale și printr-o mare contagiozitate, epidemiile succedându-se la intervale de 3-5 ani, cu pandemii la 10-40 ani.

Din secolul al XIV-lea, când s-au descris primele epidemii și până în prezent, se apreciază că populația globului a fost afectată de cel puțin 31 de pandemii, cu diferite rate de mortalitate (de exemplu, în pandemia din 1918-1919 au murit 25 milioane de oameni în 6 luni). Din acest motiv gripa rămâne una din cele mai severe forme de viroze respiratorii, nu numai prin apreciablele pagube economice pe care le produce (în SUA, epidemia din 1968 a costat 3,6 miliarde dolari), ci și prin însemnatele pierderi de vieți omenești (numai în SUA, în timpul epidemiei din 1968, s-a înregistrat un excedent de 27.900 de morți, față de cauzele obișnuite ale deceselor generale).

*SIDA (Sindromul imunodeficienței dobândite)* - cea mai recentă pandemie produsă de virusul HIV, cu transmitere sexuală, prin transfuzii de sânge sau de la mamă la copil. Pe glob se înregistrează, în medie, 6 îmbolnăviri noi pe minut, cea mai gravă situație fiind în Africa, unde se estimează că o treime din populație care are în prezent 15 ani va muri din cauza maladiei SIDA. În anul 2006 au fost înregistrate 2,9 milioane cazuri de decese, peste 95% dintre acestea fiind în țările în curs de dezvoltare.

În România sunt semnalate în prezent 6600 de cazuri de infectare cu HIV, din care 4700 la copii. În perioada 1985-2006, cca. 10200 de persoane au dezvoltat maladia SIDA (72% copii), cel mai mare număr de cazuri înregistrându-se în capitală, precum și în județele Constanța și Giurgiu ([www.cnlas.ro](http://www.cnlas.ro)).

În prezent, conform statisticilor Organizației Mondiale a Sănătății, pe glob se înregistrează epidemii de malarie (cca. 300 de mil. persoane sunt afectate anual, 1-3 mil. de cazuri fiind mortale), holeră (peste 100.000 de îmbolnăviri anual), bilharzioză (cca. 1,7 mil. de persoane afectate sever), poliomeilită, meningită și febră galbenă. Acestea sunt răspândite mai ales în țările sărace unde măsurile de prevenire și de combatere sunt deficitare.

Tabel 19

**Distribuția cazurilor de HIV/SIDA și impactul la nivel regional**  
(UNAIDS/WHO, 2006)

Regiunea geografică	Persoane infectate cu HIV/SIDA	Persoane nou infectate în 2006	Număr de decese în 2006
Africa subsahariană	24,7 mil.	2,8 mil.	2,1 mil.
Africa de Nord și Orientul Mijlociu	460 000	68 000	36 000
Africa de Sud și Sud-Est	7,8 mil.	860 000	590 000
Asia de Est	750 000	100 000	43 000
Oceania	81000	7100	4000
America Latină	1,7 mil.	140 000	65 000
Caraibe	250 000	27 000	19 000
Europa de Est și Asia Centrală	1,7 mil.	270 000	84 000
Europa de Vest și Centrală	740 000	22 000	12 000
America de Nord	1,4 mil.	43 000	18 000
<b>Total mondial</b>	<b>39,5 mil.</b>	<b>4,3 mil.</b>	<b>2,9 mil.</b>

***Combaterea și prevenirea apariției epidemiilor***

Programele de vaccinare (în special a copiilor), alături de educarea populației pentru respectarea măsurilor elementare de igienă sunt esențiale pentru prevenirea epidemiilor, pentru reducerea impactului lor socio-economic și chiar pentru eradicarea unor maladii. Măsurile simple, precum combaterea vectorilor care răspândesc maladiile și-au dovedit de asemenea eficiența (ex.: utilizarea pesticidelor sau a plaselor de protecție împotriva țânțarilor, pentru preîntâmpinarea malariei). În cazul declanșării epidemiilor, se impune solicitarea asistenței medicale încă de la primele simptome ale bolii și respectarea riguroasă a recomandărilor personalului medical.

***Bibliografie***

- Alexander D. (1993), *Natural Disasters*, UCL Press, London
- Algermissen S.T. (1984), *Integration, analysis and evaluation of hazard data*, în „Proceedings of the Geologic and Hydrologic Hazards Training Program”, Open File report 84-760 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey), 20 p.
- Balica C. (2002), *Cutremurele – catastrofe majore pe pământ românesc*, în "Catastrofe geologice" (coord. I.Petrescu), Edit. Dacia, Cluj Napoca, p. 47-62
- Balintoni I., Ionescu Corina (2002), *Hazarde vulcanice*, în "Catastrofe geologice" (coord. I.Petrescu), Edit. Dacia, Cluj Napoca, p. 29-46
- Bălțeanu D. (1979), *Procese de modelare a versanților declanșate de cutremurul din 4 martie 1977 în Carpații și Subcarpații Buzăului*, SCGGG-Geogr., XXVI, p. 43-55
- (1981), *Procese de modelare actuală a reliefului cu efecte negative asupra mediului*, în "Studii geografice cu elevii asupra calității mediului înconjurător" (coord. I.Zăvoianu), Edit. Did. și pedagog., București, p. 99-113
  - (1992), *Natural hazards in Romania*, Rev. roum. geogr., **36**, p. 12-18
  - (1997), *Romania*, în "Geomorphological Hazards of Europe" (ed. C.Embleton), Elsevier, Amsterdam, p. 409-427

- Bălțeanu D., Alexe Rădița (2000), *Hazardele naturale și antropogene*, Edit. Corint, București, 110 p.
- Bălțeanu D., Șerban Mihaela (2005), *Modificările globale ale mediului. O evaluare interdisciplinară a incertitudinilor*, Edit. CNI Coresi, București, 232 p.
- Bălțeanu D., Dinu Mihaela, Cioacă A. (1989), *Hărțile de risc geomorfologic (Exemplificări din Subcarpații și Podișul Getic)*, SCGGG-Geogr., **XXXVI**, p. 9-13
- Bălțeanu D., Stan-Sion Aurora, Cheval S., Trandafir P., Dobre B., Râmniceanu V., Dragne Dana, Micu M., Damian Nicoleta, Costache Andra (2004), *Hazarde naturale și tehnologice în România. 1. Tornada de la Făcăeni, 12.08.2002. Cauze, consecințe, percepție, management*, Edit. Telegrafia, București, 56 p.
- Benedek J., Schulz E. (2003), *Riscurile în contextual tranziției demografice și epidemiologice*, în "Riscuri și catastrofe", vol. II (ed. V. Sorocovschi), Edit. Casa Cărții de Știință, Cluj Napoca, p. 210-223
- Berz G., Kron W., Loster T., Rauch E., Schimetschek J., Schmieder J., Siebert A., Smolka A., Wirtz A. (2001), *World map of natural hazards – a global view of the distribution and intensity of significant exposures*, Natural Hazards, **23**, p. 443-465
- Bogdan Octavia, Niculescu Elena (1999), *Riscurile climatice din România*, Edit. Segal International, București, 280 p.
- Brown L. (1988), *Probleme globale ale omenirii*, Edit. Tehnică, București, 312 p.
- Bryant E.A. (1991), *Natural hazards*, Cambridge University Press
- Cheval S., Croitoru Adina, Dragne Dana, Dragotă Carmen, Gaceu O., Patriche C., Popa I., Teodoreanu Elena, Voiculescu M. (2003), *Indici și metode cantitative utilizate în climatologie*, Edit. Univ. Oradea, 119 p.
- Cioacă A. (1996), *Cartografierea riscului geomorfologic*, Anale Univ. Oradea, **VI**, p. 25-31
- Ciulache S., Ionac Nicoleta (1995), *Fenomene atmosferice de risc*, Edit. Științifică, București, 179 p.
- Crandall, D.R. et al. (1984), *Sourcebook for Volcanic-Hazards Zonation*, Natural Hazard, **4**
- Diaconu C. (1988), *Râurile – de la inundații la secetă*, Edit. Tehnică, București, 128 p.
- Diaconu C., Șerban P. (1994), *Sinteze și regionalizări hidrologice*, Edit. Tehnică, București, 388 p.
- Dinu Mihaela, Cioacă A. (2000), *Rolul hazardelor naturale în evoluția localităților din România*, Anale Univ. „Spiru Haret”, **2**, p. 43-52
- Florea N., Vespremeanu Rodica, Parichi M., Orleanu C. (1999), *Soil erosion in Romania by type of land use*, în „Vegetation, land use and erosion processes” (eds. I.Zăvoianu, D.E.Walling, P.Șerban), p. 62-65
- Greco Florina (2004), *Hazarde și riscuri naturale*, Edit. Universitară, București, 168 p.
- Grigore M. (1979), *Reprezentarea grafică și cartografică a formelor de relief*, Edit. Academiei, București, 248 p.
- Guha-Sapir D., Parry L., Degomme O., Joshi P.C., Arnold J.P.S. (2006), *Risk factors for mortality and injury: post-tsunami epidemiological findings from Tamil Nadu*, CRED Brussels, disponibil la <http://www.em-dat.net/documents/Publication/RiskFactorsMortalityInjury.pdf>
- Haraga Șt., Nițulescu Marcela (1973), *Considerații privind viitura din octombrie 1972 pe râurile din sudul țării*, IMH, St. hidrol., **XLI**, p. 33-42
- Iliescu Maria-Colette (1989), *Manifestări electrice atmosferice pe teritoriul României*, Edit. Academiei, București, 144 p.
- Ionac Nicoleta (2000), *Mic tratat de geografie medicală*, Edit. Universității București, 427 p.
- Ioniță I. (2000), *Geomorfologie aplicată. Procese de degradare a regiunilor deluroase*, Edit. Univ. „A.I. Cuza”, Iași, 247 p.
- Koster E. (2002), *Încălzirea globală și peisajele periglaciare*, în „Schimbările majore ale mediului” (coord. N.Roberts), Edit. All, București, p. 115-136

- Loghin V. (2004), *Teledetecția riscurilor majore*, Edit. Cetatea de Scaun, Târgoviște
- Mac I. (1986), *Elemente de geomorfologie dinamică*, Edit. Academiei, București, 214 p.
- Mărunțeanu C. (1994), *Urbanism și protecția mediului geologic*, Edit. Universității București, 143 p.
- Mândrescu N. (2000), *Cutremurul – hazard natural major pentru România*, Edit. Tehnică, București, 128 p.
- Moldovan F. (2003), *Fenomene climatice de risc*, Edit. Echinoc, Cluj Napoca, 209 p.
- Moțoc M., Munteanu S., Băloiu V., Stănescu P., Mihai Gh. (1975), *Eroziunea solului și metodele de combatere*, Edit. Ceres, București
- Mustătea A. (2005), *Viituri excepționale pe teritoriul României – geneză și efecte*, București, 408 p.
- Newhall C., Self S. (1982), *The volcanic explosivity index (VEI): An estimate of explosive magnitude for historical volcanism*, Journal of Geophysical Research, **87**, p. 1231-1238
- Pandi G. (2002), *Riscul în activitatea de apărare împotriva inundațiilor*, în „Riscuri și catastrofe” (ed. V.Sorocovschi), I, Edit. Casa Cărții de Știință, Cluj Napoca, p. 131-142
- Parichi M. (2000), *Eroziunea și combaterea eroziunii solului*, Edit. Fundației „România de Măine”, București, 102 p.
- Podani M., Zăvoianu I. (1971), *Considerations sur les inondations catastrophiques de Roumanie de l'annee 1970*, RRGGG-Geogr., **15**, 1, p. 41-50
- Posea Gr. (2001), *Vulcanismul și relieful vulcanic*, Edit. Fundației „România de Măine”, București, 216 p.
- Rădoane Maria, Rădoane N., Ichim I., Surdeanu V. (1999), *Ravenele. Forme, procese, evoluție*, Edit. Presa Universitară Clujeană, Cluj Napoca, 266 p.
- Reynolds J. (1992), *The identification and mitigation of glacier-related hazards: Examples from the Cordillera Blanca, Peru*, în „Geohazards” (eds. G. McCall, D. Laming, S. Scott), Chapman&Hall, London, p. 143-157
- Romanescu Gh. (2003), *Inundațiile – între natural și accidental*, în „Riscuri și catastrofe” (ed. V.Sorocovschi), II, Edit. Casa Cărții de Știință, Cluj Napoca, p. 130-138
- Smith K. (1996), *Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster*, Routledge, London
- Sorocovschi V. (2002), *Riscurile hidrice*, în „Riscuri și catastrofe” (ed. V.Sorocovschi), I, Edit. Casa Cărții de Știință, Cluj Napoca, p. 55-65
- Surdeanu V. (1998), *Geografia terenurilor degradate*, Edit. Presa Universitară Clujeană, Cluj Napoca, 274 p.
- Voiculescu M. (2002), *Fenomene geografice de risc în Masivul Făgăraș*, Edit. Brumar, Timișoara, 231 p.
- Wolfe E.W., Pierson T.C., (1995), *Volcanic-hazard zonation for Mount St. Helens, Washington*, U.S. Geological Survey Open-File Report 95-497, disponibil la <http://vulcan.wr.usgs.gov/Volcanoes/MSH/Hazards/OFR95-497/OFR95-497.html>
- Wright T.L., Pierson T.C., (1992), *Living with volcanoes*, U.S. Geological Survey Circular 1073, 57p.
- Zăvoianu I. (1981), *Efectele negative ale viiturilor catastrofale asupra mediului*, în „Studii geografice cu elevii asupra calității mediului înconjurător” (coord. I. Zăvoianu), Edit. Did. și pedagog., București, p. 68-79
- (1988), *Răurile – bogăția Terrei*, Edit. Albatros, București
- Zăvoianu I., Podani M. (1977), *Les inondations catastrophiques de l'annee 1975 en Roumanie – considerations hydrologiques*, RRGGG-Geogr., **21**, p. 131-140
- \* \* \* (1998), *Monitorul Oficial al României*, anul X, nr. 354, 16.IX.1998, partea I

- \* \* \* (2002), *România. Mediul și rețeaua electrică de transport – atlas geografic*, Edit. Academiei, București
- \* \* \* (2004), *România. Calitatea solurilor și rețeaua electrică de transport – atlas geografic*, Edit. Academiei, București
- \* \* \* (2005), *Disaster Risk Management, 5, Natural Disaster Hotspots – A Global Risk Analysis*
- \* \* \* (2006), *Raport privind efectele inundațiilor și fenomenelor meteorologice periculoase produse în anul 2005*, Ministerul Mediului și Gospodăririi Apelor, București
- \* \* \* (2006), *Tsunami Glossary*. IOC Information document no.1221, Paris, UNESCO, disponibil la <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001475/147557e.pdf>
- [www.seismo.ethz.ch/GSHAP](http://www.seismo.ethz.ch/GSHAP) Global Seismic Hazard Program
- [www.ncedc.org/anss](http://www.ncedc.org/anss) Advanced National Seismic System Earthquake Catalog
- [www.grid.unep.ch](http://www.grid.unep.ch) UNEP-GRID Geneva
- [www.ngdc.noaa.gov](http://www.ngdc.noaa.gov) National Geophysical Data Center
- [www.tsunamiwave.info](http://www.tsunamiwave.info) International Tsunami Information Centre
- [www.volcano.si.edu](http://www.volcano.si.edu) Smithsonian Institute (Global Volcanism Program)
- [www.em-dat.net](http://www.em-dat.net) CRED EMDAT International Disaster Database
- [www.landslides.usgs.gov](http://www.landslides.usgs.gov) U.S. Geological Survey – Landslide Hazards Program
- [www.soils.usda.gov](http://www.soils.usda.gov) U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service
- [www.dartmouth.edu](http://www.dartmouth.edu) Dartmouth Flood Observatory, World Atlas of Large Flood Events
- [www.aoml.noaa.gov](http://www.aoml.noaa.gov) NOAA Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory
- [www.unccd.int](http://www.unccd.int) United Nations Convention to Combat Desertification
- [www.drought.noaa.gov](http://www.drought.noaa.gov) NOAA Drought Information Center
- [www.iri.columbia.edu](http://www.iri.columbia.edu) International Research Institute for Climate and Society
- [www.nsidc.org](http://www.nsidc.org) National Snow and Ice Data Center
- [www.who.int](http://www.who.int) World Health Organization

## 8. HAZARDE TEHNOLOGICE

### 8.1. Introducere

Hazardele tehnologice reprezintă disfuncționalități accidentale în proiectarea și managementul structurilor construite, sistemelor de transport sau activităților industriale (Smith, 1996), care pot afecta activitatea umană și mediul înconjurător.

Din categoria hazardelor tehnologice fac parte:

- Hazardele industriale (emisii de substanțe periculoase, poluări accidentale, explozii, incendii, accidente de mină, accidente nucleare);
- Hazarde legate de transporturi (accidente rutiere, feroviare, aeriene, maritime, accidente survenite în transportul substanțelor periculoase);
- Hazarde determinate de avarierea structurilor non-industriale (ex.: incendii, prăbușirea unor construcții, avarierea lucrărilor hidrotehnice – baraje sau diguri, colapsul unor elemente ale infrastructurii de transport).

Hazardele tehnologice au cauze multiple, putând fi determinate de: erori de operare; lipsa pregătirii pentru reacția în situații de urgență; deficiențe de proiectare; management inadecvat; acțiuni de sabotaj sau terorism. Factorii socio-culturali pot contribui, de asemenea, la declanșarea acestui tip de hazarde (ex.: accidentul de la Bhopal, India, 1984). Un caz particular îl constituie accidentele tehnologice declanșate de hazarde naturale (*na-tech hazards*).

Hazardele tehnologice nu sunt fenomene recente (tabel 20), însă caracteristicile acestor evenimente au cunoscut modificări importante de-a lungul timpului. Printre factorii care au influențat frecvența și impactul hazardelor tehnologice în sec. XX și la începutul sec. XXI se remarcă:

- *Dezvoltarea transporturilor*. Probabilitatea de producere a accidentelor legate de transporturi a crescut odată cu creșterea distanțelor de parcurs, a capacității mijloacelor de transport pentru călători, dar și odată cu intensificarea transporturilor de materiale periculoase.
- *Progresul tehnologic și ameliorarea reglementărilor legislative*, care au dus la reducerea frecvenței unor hazarde tehnologice (ex: în cazul accidentelor la barajele hidrocentralelor frecvența s-a redus de la 4% în sec. XIX la 0,7% la jumătatea sec. XX – Lagadec, 1987, citat de Smith, 1996).
- *Dezvoltarea unor ramuri industriale cu potențial ridicat de producere a accidentelor* (industrie chimică, petrochimică, producerea energiei nucleare-electrice) și amplasarea unităților industriale în apropierea regiunilor intens populate sau la periferia aglomerațiilor urbane au determinat creșterea expunerii la hazarde tehnologice. De exemplu, în 1984, la Cubatão (Brazilia), 508 persoane și-au pierdut viața în urma unei explozii care a afectat un cartier de tip bidonville construit ilegal pe terenul unei companii petrochimice.



- *Creșterea cererii de noi surse de energie și materii prime* a generat hazarde tehnologice de mare amploare (accidente de mină, explozii în câmpuri petrolifere sau gazeifere și pe platformele de foraj).
- *Globalizarea*. Expansiunea corporațiilor multinaționale a determinat introducerea unor noi tehnologii de producție în statele cu economie în dezvoltare, care nu aveau capacitatea de a administra riscurile asociate acestora.
- *Creșterea dependenței societății și activităților economice de tehnologie* reprezintă o nouă sursă de hazarde tehnologice; de exemplu, disfuncțiunile sistemelor de computere pot provoca pagube importante în comunicații sau în domeniul bancar.

Tabel 20

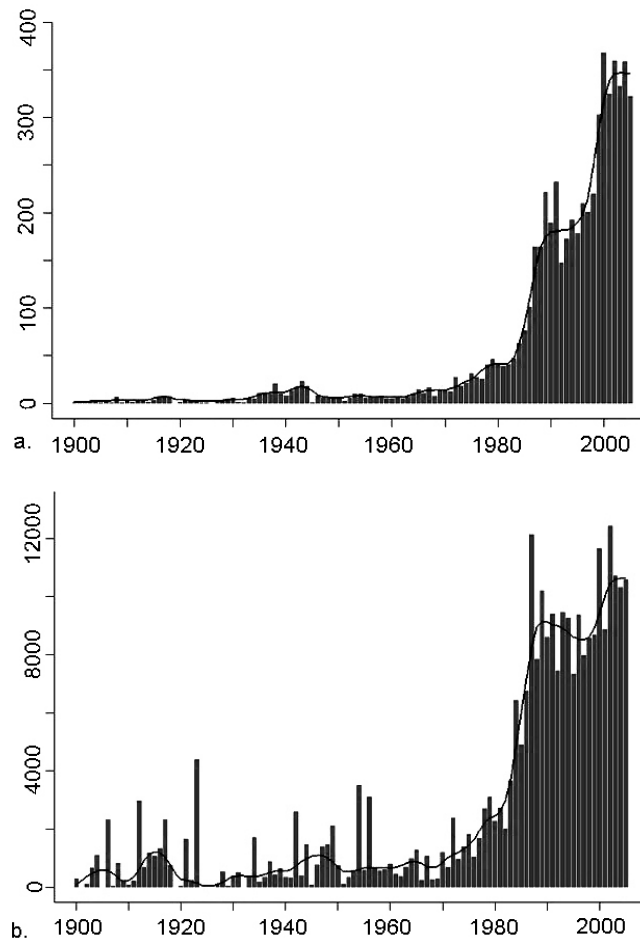
**Exemple de accidente tehnologice produse din sec. XVII până la începutul sec. XX**  
(Smith, 1996)

Tipul accidentului	Anul producerii	Localizare	Impact
<b>Incendii</b>	1666	Londra	13 000 locuințe distruse
	1863	Santiago – Chile, incendiu într-o biserică	2000 victime
	1871	Chicago, SUA	250-300 victime, 18000 locuințe distruse
	1881	Teatrul din Viena, Austria	850 victime
<b>Prăbușirea unor structuri construite (baraje, clădiri, poduri)</b>	1802	Barajul Puentes, Spania	608 victime
	1889	Barajul South Fork, SUA	Peste 2000 victime
	1885	Palatul de Justiție, Thiers, Franța	30 victime
	1879	Podul Tay, Scoția	75 victime
<b>Accidente legate de transporturi aeriene, maritime, feroviare</b>	1913	Nava germană LZ - 18	28 victime
	1912	Transatlanticul Titanic	1500 victime
	1842	Calea ferată Versailles - Paris	Peste 60 victime
	1903	Metroul din Paris	84 victime
<b>Accidente industriale</b>	1769	San Nazzarro, Italia, explozie	3000 victime
	1858	Londra, Anglia, explozie	2000 victime
	1906	Courrieres, Franța, explozie în mină	1099 victime
	1917	Portul Halifax, Canada, explozie	Peste 1200 victime

În intervalul 1900-2006 s-au produs peste 5900 de accidente tehnologice clasificate ca dezastre, dintre care 65% au fost accidente legate de transporturi, iar 18% accidente industriale (OFDA/CRED, 2006). După un ușor declin la începutul anilor '90, se constată în ultimul deceniu tendința de creștere a numărului de dezastre tehnologice și a impactului acestora (victime omenești și pagube materiale) – fig. 31.

Raportându-ne la numărul de victime și la nivelul pagubelor, impactul dezastrelor tehnologice este mai redus la scară globală decât cel al dezastrelor naturale (tabel 21). Totuși, hazardele tehnologice influențează mediul și societatea umană în mod complex,

prin efectele lor indirecte și prin consecințele pe termen lung (de multe ori nemonitorizate sau neevaluate).



**Fig. 31.** Numărul hazardelor tehnologice (a.) și al victimelor produse (b.) în intervalul 1900-2006 (OFDA/CRED International Disasters Database, 2006)

*Tabel 21*

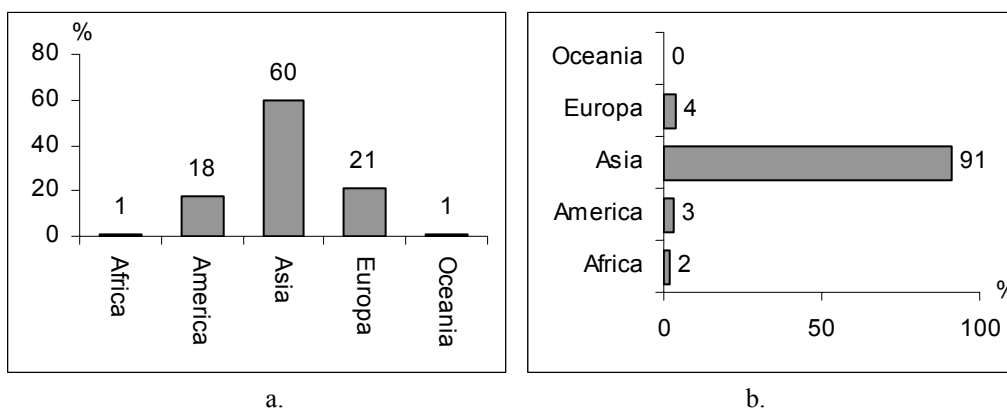
**Impactul dezastrelor naturale și tehnologice la nivel global (1900-2006)**  
(OFDA/CRED International Disasters Database, 2006)

	Număr dezastre	Nr. victime	Nr. persoane afectate	Pagube estimate (mii.USD)
Dezastre naturale – total	10033	37 246 875	6 028 744 555	1 313 597 150
Dezastre tehnologice -	5966	290 866	7 631 741	25 260 700

<b>total</b>				
- industriale	1057	46 051	4 188 101	20 332 640
- legate de activități non-industriale	1048	567 203	237 807	4 342 860
- legate de transporturi	3861	188 095	205 833	585 200

## 8.2. Hazarde industriale

În a doua jumătate a sec. XX, frecvența și impactul accidentelor industriale au crescut în regiunile cu economie în dezvoltare sau în tranziție (în special din Asia – fig. 32), unde structurile politice, economice și sociale determină amplificarea riscului tehnologic (Souza Porto și Machado de Freitas, 1996).



**Fig. 32.** Distribuția dezastrilor industriale (a.) și a numărului de victime provocate de acestea (b.) la nivelul continentelor (1901-2006)

Sursa datelor: OFDA/CRED International Disasters Database, 2006

Evenimente extrem de grave s-au produs, de exemplu, în Columbia, Mexic, India, Nigeria, Brazilia, China și fosta U.R.S.S. (tabel 22). Unitățile economice cu activități în industria extractivă, în industria chimică și petrochimică sunt printre cele mai expuse hazardelor industriale. Cele mai frecvente sunt exploziile și incendiile, urmate de emisiile de materiale periculoase și de poluările accidentale cu hidrocarburi.

Tabel 22

### Cele mai grave dezastruri industriale produse în perioada 1901-2006

(OFDA/CRED International Disasters Database, 2006)

După numărul de victime			După numărul persoanelor afectate		
Dezastrul	Anul	Nr. victime	Dezastrul	Anul	Nr. persoane afectate
Emisie de substanțe periculoase, Bhopal - India	1984	2500	Explozie, Mexico city - Mexic	1984	708 248
Accident de mină,	1942	1549	Emisie de substanțe	2003	550 000

Honkeiko, Manchuria - China			periculoase, Minas Gerais, Campos - Brazilia		
Accident de mină, Courrieres - Franța	1906	1099	Accident nuclear, Kistim – Fed. Rusă	1957	400 935
Explozie, Atiworo - Nigeria	1998	1082	Accident nuclear, Tokaimura - Japonia	1999	320 600
Explozie, lângă Al Hillah - Iraq	1989	700	Emisie de substanțe periculoase, Bhopal - India	1984	300 000
Explozie, Oppau - Germania	1921	600	Emisie de substanțe periculoase, Missisauga - Canada	1979	220 000
Explozie, Texas City - SUA	1947	561	Accident nuclear, Three Mile Island - SUA	1979	200 000
Explozie, Cubatão, Sao Paulo - Brazilia	1984	508	Explozie, Seveso - Italia	1976	190 893
Poluare, Iraq	1972	459	Emisie de substanțe periculoase, Nanchang - China	2004	150 000
Explozie, Mexico city - Mexic	1984	452	Accident nuclear, Cernobâl, Ucraina	1986	135 300

### 8.2.1. Tipuri de hazarde industriale

a. **În industria chimică și petrochimică** consecințe deosebit de grave au accidentele în lanț (accidentele cu efect de domino – Kourniotis *et al.*, 2000). În cele mai multe cazuri, acestea sunt provocate de **exploziile** vaporilor inflamabili de hidrocarburi, care pot determina și avarierea instalațiilor industriale din apropiere.

Unul dintre cele mai grave evenimente de acest tip s-a produs în 1984 la Mexico City, când peste 400 persoane și-au pierdut viața, 31000 de locuitori au rămas fără adăpost, iar 300000 persoane au fost evacuate în urma unor explozii de gaz petrolier lichefiat produse la o unitate industrială amplasată într-o suburbie săracă, intens populată a orașului.



Fig. 33. Stradă din Guadalajara distrusă de explozia din 1992

(Sursa: [www.drj.com/drworld/content/w2\\_028.htm](http://www.drj.com/drworld/content/w2_028.htm) )

Consecințele complexe ale accidentelor industriale produse în aglomerațiile urbane și importanța măsurilor de prevenire a acestora au fost evidențiate de accidentul de la Guadalajara (1992). Infiltrarea hidrocarburilor de la un depozit de benzină în sistemul de canalizare al orașului a generat o explozie în urma căreia 206 de persoane și-au pierdut viața, iar 1460 au fost rănite; peste 1000 de clădiri au fost distruse, infrastructura de transport fiind grav avariata (fig. 33). Efectele exploziei au fost agravate de decizia autorităților de a nu evacua populația, deși prezența vaporilor inflamabili de benzină în sistemul de canalizare a fost semnalată cu trei zile înainte de evenimente.

Exploziile pot fi provocate nu doar de hidrocarburi, ci și de substanțele periculoase utilizate în industria chimică. Printre primele dezastre de acest tip din sec. XX se numără explozia produsă la Oppau (Germania, 1921), la o fabrică de îngrășăminte pe bază de nitrat de amoniu, care s-a soldat cu 600 de victime și distrugerea a 80% din clădirile orașului, 6500 de persoane pierzându-și locuința. Aceeași substanță a fost implicată și în explozia de la Texas City (1947), considerată cel mai grav accident industrial din istoria S.U.A.; șocul exploziei, a cărei intensitate a fost estimată la 2-4 kt TNT, a fost simțit până la 250 km distanță, în Louisiana.

**Emisiile de substanțe periculoase** utilizate în industria chimică pot avea efecte de lungă durată asupra mediului înconjurător și sănătății populației. Aceste aspecte au fost evidențiate de accidentul de la Bhopal (India, 1984), considerat cel mai grav dezastru industrial (casetă).

**Accidentul de la Bhopal.** În 1984, în urma unei explozii la o fabrică de pesticide aparținând companiei multinaționale Union Carbide (S.U.A.) au fost emise în atmosferă 45 t de izocianat de metil. Cauzele principale ale accidentului au fost managementul deficitar al companiei, pregătirea precară a operatorilor, monitorizarea defectuoasă a proiectului la nivelul autorităților locale, lipsa unor planuri de răspuns la urgență adecvate și lipsa de educație a populației.

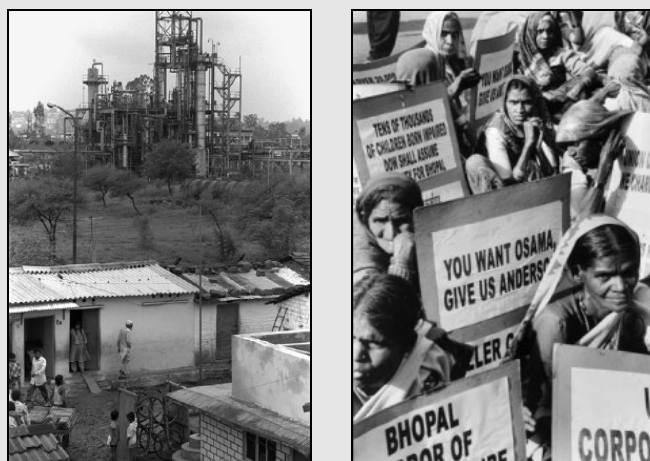


Fig. 34. Uzina chimică de la Bhopal, înainte de accident (stânga).

Manifestație de protest împotriva companiei Dow, care a preluat Union Carbide (dreapta)

(Sursa: [www.tcnj.edu/~rgraham/rhetoric/bhopal-plant.jpg](http://www.tcnj.edu/~rgraham/rhetoric/bhopal-plant.jpg),  
[www.caw.ca/images/whatwedo/content\\_images/bhopal.jpg](http://www.caw.ca/images/whatwedo/content_images/bhopal.jpg) )

Consecințele au fost agravate de numărul mare de persoane expuse riscului – fabrica se afla la numai 5 km de centrul orașului Bhopal și în imediata apropiere a cartierelor sărace (fig. 34).

2500 persoane și-au pierdut viața la momentul accidentului, iar ulterior numărul victimelor a ajuns la cca. 15000; peste 120000 de persoane au dobândit afecțiuni cronice în urma accidentului (afecțiuni respiratorii, oculare, cancer, afecțiuni neurologice, psihice și ale sistemului imunitar – Amnesty International, 2004).

Accidentul a atras atenția atât asupra relocalizării riscului tehnologic în statele în dezvoltare, cât și asupra modului în care factorii socio-culturali și economici pot crește probabilitatea de producere a unor astfel de evenimente. La Bhopal, lipsa de interes a autorităților locale și capacitatea limitată a acestora de a proteja sănătatea și siguranța populației au influențat percepția investitorilor asupra contextului local; astfel, proiectarea facilităților de producție s-a realizat în mod neglijent, optându-se pentru reducerea costurilor și excluderea unor instalații de securitate (Manion și Evan, 2002).

O altă problemă controversată adusă în discuție de evenimentele de la Bhopal este necesitatea de a stabili responsabilitatea guvernelor și a companiilor multinaționale în cazul accidentelor industriale cu efecte devastatoare asupra mediului înconjurător și asupra sănătății umane. În urma unui acord cu guvernul indian, Union Carbide a plătit în 1989 despăgubiri în valoare de 470 mil. USD, însă nu și-a asumat responsabilitatea pentru accidentul produs.

Conform Amnesty International, supraviețuitorii dezastrului nu beneficiază nici până în prezent de compensații financiare juste, de asistență medicală adecvată și de reabilitare socială. Totodată, suprafața afectată nu a fost decontaminată, solul și resursele de apă potabilă de care depind comunitățile din vecinătate fiind poluate cu metale grele și substanțe periculoase (Labunska *et al.*, 2004).

Un alt eveniment cu implicații majore a fost emisia accidentală de dioxină provocată de explozia unei instalații la uzina chimică din localitatea italiană Seveso (1976). Poluanții au fost transportați de curenții de aer, fiind contaminată o suprafață de 1800 ha, intens populată. Au fost afectate peste 190000 persoane, iar poluarea solului a fost de lungă durată, persistând chiar și la 10 ani după eveniment.

Emisiile neintenționate de substanțe periculoase, rezultate în urma unor grave disfuncțiuni tehnologice provocate de hazardele naturale, fac parte din categoria **hazardelor mixte** (*na-tech hazards*) (Young *et al.*, 2004). În cazul inundațiilor, se poate produce răspândirea substanțelor periculoase utilizate în industrie (metale grele, hidrocarburi) și agricultură (pesticide, îngrășăminte), precum și a celor depozitate în haldele de deșeuri. Printre cele mai cunoscute exemple sunt accidente provocate de uraganele Andrew (1993), Mitch (1998), Floyd (1999) și de inundațiile de pe Meuse (1993-1995). Cutremurele provoacă avarierea instalațiilor utilizate în industria chimică, petrochimică și afectează infrastructura urbană, generând incendii (ex.: Niigata, 1964; Kobe, 1995) sau poluare cu substanțe periculoase (ex.: Loma Prieta, S.U.A., 1989 - 20% dintre persoanele care au participat la operațiunile de salvare au suferit afecțiuni în urma contaminării cu diferite substanțe chimice - Young *et al.*, 2004).

**b. În industria extractivă**, hazardele tehnologice sunt legate de colapsul galeriilor de mină, de exploziile și incendiile izbucnite în subteran sau pe platformele de exploatare a hidrocarburilor, de instabilitatea haldelor de steril, de deversarea iazurilor de decantare și de poluarea cu materiale periculoase.

Un impact deosebit, prin **poluarea cu hidrocarburi**, îl au accidentele produse pe platformele de exploatare situate în larg. Cel mai grav accident la o astfel de instalație a fost explozia sondei Ixtoc I, în Golful Mexic (1979), în urma căreia a fost deversată în ocean o cantitate de 500000 t petrol, de-a lungul unei perioade de 9 luni (Dobris Report, 1995). Un rol important în producerea accidentelor în larg îl au erorile de proiectare și întreținere; în 1988, acești factori au determinat, de exemplu, declanșarea unei explozii și a mai multor incendii pe platforma de exploatare Piper Alfa din Marea Nordului, în urma cărora și-au pierdut viața 167 de persoane.

Conform datelor OFDA/CRED, din 1900 și până în prezent s-au produs 432 **accidente de mină** clasificate ca dezastre (41% din totalul dezastrelor industriale din această perioadă), care au provocat peste 21000 de victime. La sfârșitul sec. XIX și în prima parte a sec. XX, majoritatea dezastrelor de acest tip au fost înregistrate în statele industrializate din America de Nord (ex.: Monongah, 1913, 439 victime – cel mai grav accident de mină din S.U.A.) și Europa de Vest (Franța – Courrieres, 1906, 1099 victime; Marea Britanie – Cardiff, 1913, 439 victime; Belgia; Germania). Ulterior, accidentele de mină cu impact major au devenit mai frecvente în Europa de Est, America de Sud (Peru, Ecuador, Brazilia, Columbia), Africa (Africa de Sud, Zambia, Zair) și Asia (India, Turcia, China, Fed. Rusă). În ultimul deceniu, majoritatea accidentelor de mină s-au produs în China, cel mai grav având loc la o mină de cărbune din Fuxin (2005), unde un cutremur a declanșat o explozie în subteran și a provocat moartea a 214 persoane.

**c.** Dintre hazardele generate de **depozitarea deșeurilor periculoase**, se remarcă **deversările iazurilor de decantare**, care determină poluarea apelor de suprafață, afectează ecosistemele acvatice și poate produce victime omenești și pagube materiale semnificative. Astfel de accidente s-au produs la: Stava –Trento, Italia, în 1985 (268 victime); Sgurigrad, Bulgaria, în 1996 (107 victime); Aznalcollar, Spania, în 1998 (sute de hectare de terenuri agricole acoperite cu șlam steril, poluarea resurselor de apă în parcul național Doñana); și Gallivare, Suedia, în 2000 (EEA, 2003).

Pe lângă impactul asupra mediului, în sec. XX au fost înregistrate și afecțiuni specifice generate de managementul inadecvat al deșeurilor industriale. De exemplu, în Japonia, deversarea în mare a deșeurilor industriale de la o întreprindere chimică, în perioada 1932-1968, a dus la poluarea cu mercur a golfului Minamata (I-la Kyushu). Contaminarea faunei acvatice a fost urmată de apariția simptomelor intoxicației cu mercur în comunitățile de pescari riverane (boala Minamata). Numărul total al persoanelor afectate de poluare a fost estimat la cca. 2 mil., din care peste 2900 au dezvoltat boala Minamata, iar 900 și-au pierdut viața

### **8.2.2. Prevenirea și atenuarea impactului hazardelor industriale**

Un rol important în acest domeniu îl au atât reglementările legislative, cât și dezvoltarea sistemelor de alertă și a bazelor de date. Unul din documentele care

reglementează cooperarea internațională pentru reducerea impactului socio-economic și de mediu al accidentelor industriale este *Convenția Comisiei Națiunilor Unite pentru Europa asupra efectelor transfrontaliere ale accidentelor industriale* (1992). Ca urmare a impactului puternic pe care accidentul de la Seveso l-a avut asupra opiniei publice, în Uniunea Europeană a fost adoptată, în 1982, *Directiva privind accidentele majore legate de activități industriale* (Directiva Seveso), iar ulterior, în 1996, a fost adoptată Directiva Seveso II, privind controlul accidentelor majore în care sunt implicate substanțe periculoase.

Directiva Seveso II stabilește norme și recomandări referitoare la prezența substanțelor periculoase în fluxurile de producție și la depozitarea acestora. Cele mai importante prevederi vizează introducerea sistemelor de management al siguranței, crearea planurilor de răspuns în situații de urgență, informarea populației și a personalului asupra riscurilor existente și asupra măsurilor de securitate necesare. Există câteva domenii excluse din prevederile Directivei Seveso II, respectiv: prevenirea accidentelor nucleare; transportul substanțelor periculoase; depozitarea substanțelor periculoase în afara unităților industriale; transportul substanțelor periculoase prin conducte. De aceea, din 2005 a intrat în vigoare Directiva Seveso III (Toulouse I), care extinde sfera de aplicare a directivei precedente.

Dezvoltarea unor *sisteme de avertizare timpurie pentru hazardele tehnologice* a fost inițiată în cadrul programului IDNDR și are un rol deosebit de important pentru estimarea riscului, alertarea factorilor interesați și stabilirea măsurilor de atenuare a impactului. De exemplu, în 1991 a fost înființat *Sistemul de avertizare timpurie asupra accidentelor produse pe Dunăre* (The Danube Accident Early Warning System - AEWS); acesta utilizează un model de alertă bazat pe analiza mai multor scenarii de contaminare a bazinului Dunării cu materiale periculoase.

Foarte utile pentru realizarea planurilor de răspuns la urgență și pentru analiza riscului tehnologic sunt *bazele de date* standardizate referitoare la localizarea și natura accidentelor, cauzele acestora, tipul și cantitatea de substanțe emise, caracteristicile poluanților, impactul pe termen lung asupra mediului și activităților umane. Dintre acestea se remarcă MARS (Major Accidents Reporting System) și CHEMEX (bază de date privind accidentele în care sunt implicate substanțe chimice periculoase), ce funcționează la nivelul Uniunii Europene.

### 8.2.3. Expunerea teritoriului României la hazarde industriale

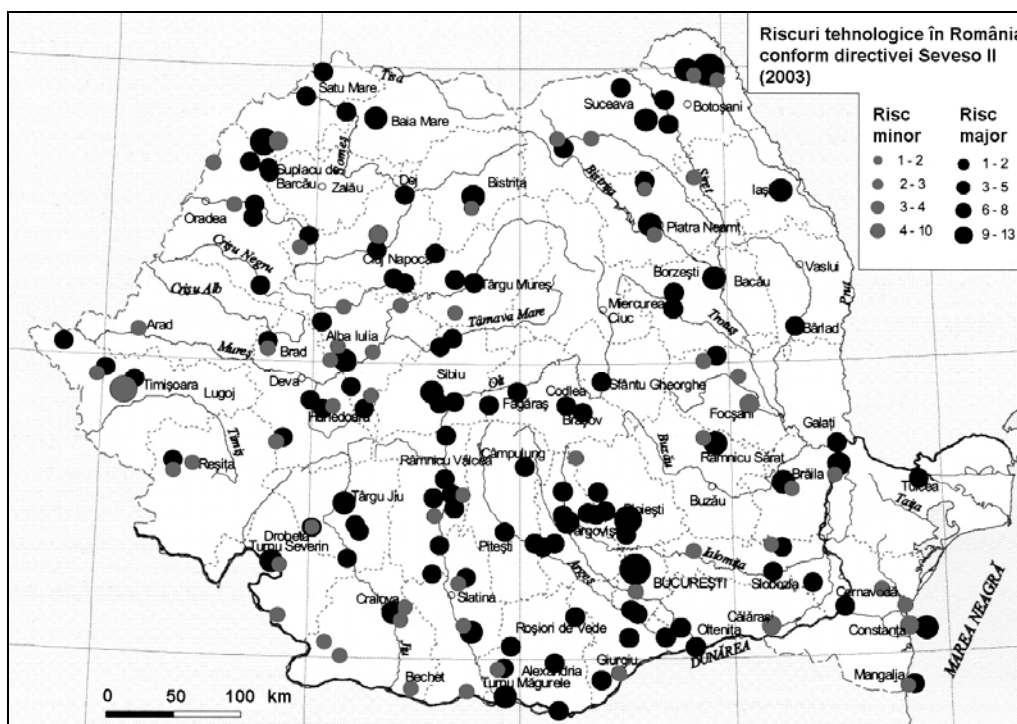
În România, Directiva Seveso II a intrat în aplicare din august 2003; inventarierea unităților industriale a pus în evidență existența a 336 de obiective cu riscuri tehnologice, dintre care 245 se încadrau în categoria celor cu risc major (Bălțeanu și Șerban 2005) – fig. 35. Majoritatea erau întreprinderi cu activități în industria chimică și petrochimică.

Probabilitatea de producere a **accidentelor chimice** este legată de emisiile de substanțe periculoase (ex.: clor, amoniac) și de declanșarea unor explozii. Cel mai grav accident tehnologic din România s-a produs în 1939 la Zărnești, unde explozia unui rezervor cu clor a dus la intoxicarea a peste 600 de persoane (Bălțeanu *et al.*, 2004). La nivelul anului 2002, se remarcă prin potențialul mare și foarte mare de poluare cu clor sau amoniac unități industriale din jud. Bacău, Vâlcea, Ialomița, Mureș și Teleorman, iar



prin potențialul de producere a exploziilor obiective din județele Prahova, Teleorman, Constanța, Cluj și municipiul București (fig. 36,37).

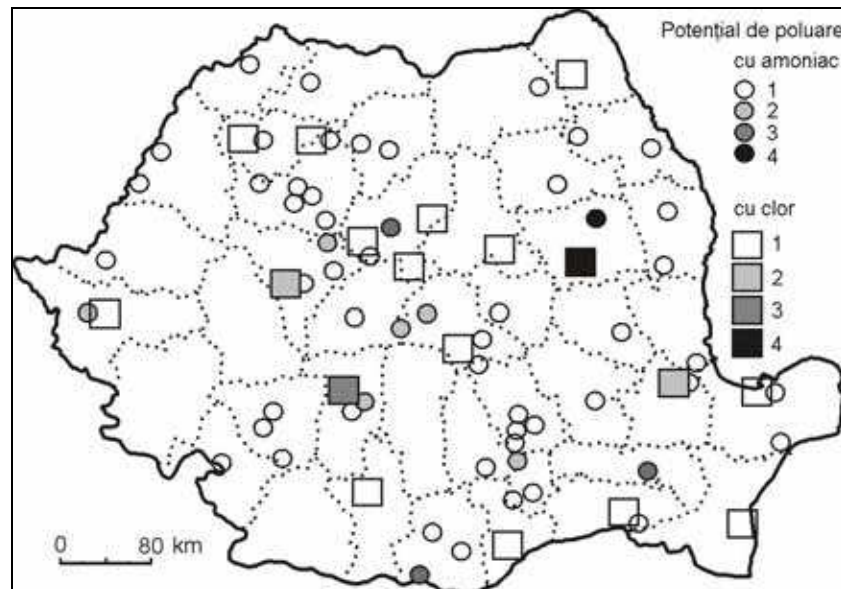
**Poluarea cu hidrocarburi** are loc în special ca urmare a accidentelor la conductele de transport, cauzate de uzura instalațiilor, de proiectarea necorespunzătoare a acestora sau de acțiuni intenționate (furturi din conducte). Scurgerea unor mari cantități de combustibili poate duce la poluarea solului, a apelor freatice și de suprafață. De exemplu, în august 2002, râul Prahova a fost poluat cu petrol pe o lungime de 8 km, până la confluența cu Ialomița.



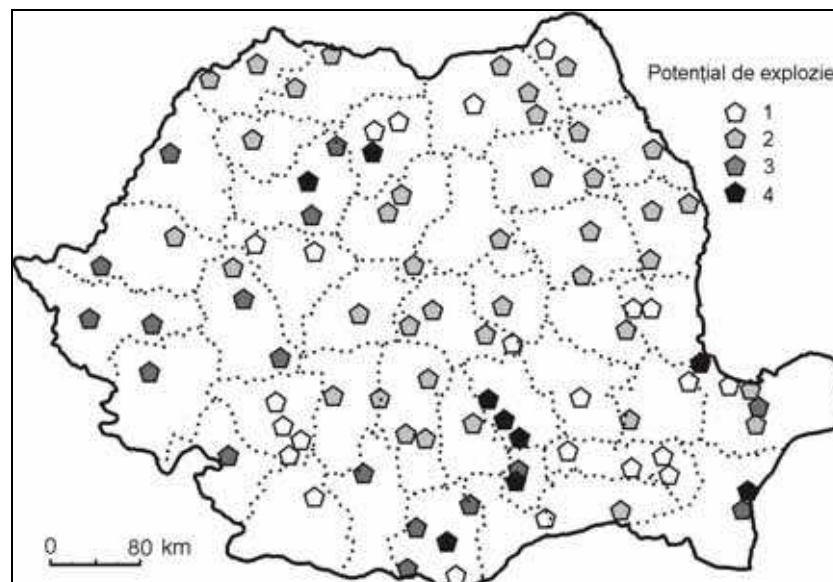
**Fig. 35.** Unități industriale cu risc tehnologic în România  
(România. Mediul și rețeaua electrică de transport. Atlas geografic, 2002)

Consecințe deosebit de grave au avut în sec. XX **accidentele din industria minieră**, generate fie de colapsul unor structuri sau de explozii (ex.: la mina Vulcan, în 2001, 14 victime; la mina Anina, în ianuarie 2006, 7 victime), fie de deversarea iazurilor de decantare. De exemplu, accidentul care a avut loc în 1971, la un iaz de decantare de la Certej-Săcărâmb, a provocat distrugerea a două blocuri de locuințe, peste 100 de persoane pierzându-și viața. Accidentele produse la două iazuri de decantare din jud. Maramureș, în ianuarie și martie 2000, au avut și impact transfrontalier semnificativ. Râurile Lăpuș, Someș și Vișeu au fost poluate cu cianuri și metale grele, poluanții ajungând ulterior în Tisa și Dunăre. Au fost afectate fauna acvatică și resursele de apă potabilă (ex.: în cazul accidentului din ianuarie, peste 2 mil. de persoane din Ungaria au fost afectate prin contaminarea apei potabile – EEA, 2003).

Din categoria **hazardelor mixte** fac parte prăbușirile și deversările de soluție salină produse în perimetrul exploatărilor de sare de la Ocnele Mari, în septembrie 2001, iulie 2004 și decembrie 2005.



**Fig. 36.** Hazarde chimice în România. Potențialul de poluare cu amoniac (t): 1. mic (0-100); 2. mediu (100-2000); 3. mare (2000-15000); 4. foarte mare (15000-31000). Potențialul de poluare cu clor (t): 1. mic (0-100); 2. mediu (100-1000); 3. mare (1000-10000); 4. foarte mare (10000-16000) (România. Mediul și rețeaua electrică de transport. Atlas geografic, 2002, prelucrat)

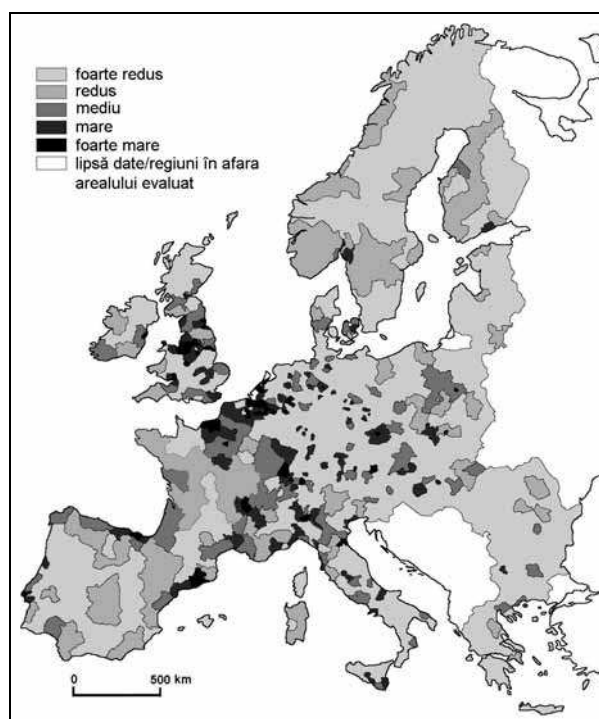


**Fig. 37.** Hazarde chimice în România. Potențialul de explozie (t): 1. mic (0-1000); 2. mediu (1000-50000); 3. mare (50000-250000); 4. foarte mare (250000-500000). (România. Mediul și rețeaua electrică de transport. Atlas geografic, 2002, prelucrat)

Acestea au avut impact asupra reliefului (modificarea morfologiei Dl. Țeica) și asupra resurselor de apă (poluarea Oltului, prin intermediul unor afluenți ai săi, în 2004 și 2005). Numeroase familii și-au părăsit gospodăriile grav avariate, fiind strămutate în afara zonei de risc; de exemplu, în 2001 au fost afectate peste 100 de familii, cca. 40 primind locuințe într-un cartier nou construit, în apropiere de Râmnicu Vâlcea.

#### 8.2.4. Evaluarea riscului de producere a accidentelor industriale

Una dintre cele mai cunoscute metodologii de evaluare a riscului industrial este propusă de *Directiva Seveso II*, care stabilește două categorii de risc (risc major și risc minor), în funcție de prezența anumitor substanțe periculoase în fluxurile de producție și de concentrația acestora.



**Fig. 38.** Potențialul de producere a accidentelor chimice în Europa – spațiul ESPON (Schmidt-Thome, 2006, prelucrat)

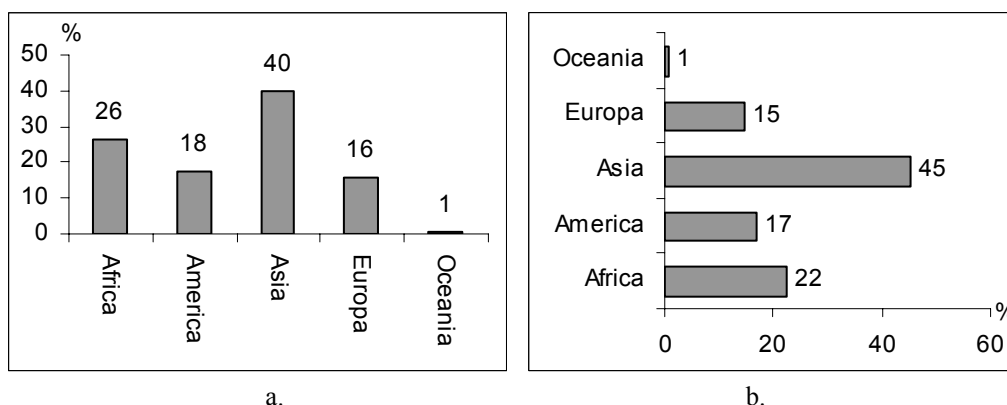
*Hărțile de hazard industrial* evidențiază probabilitatea de producere a unor astfel de evenimente și permit identificarea regiunilor cu cel mai ridicat grad de expunere. Criteriile utilizate în realizarea hărților pot fi: densitatea obiectivelor industriale, prezența materialelor periculoase în fluxurile de producție sau performanța sistemelor de

securitate. De exemplu, la nivelul Uniunii Europene au fost identificate în cadrul proiectului ESPON<sup>1</sup> cinci categorii de regiuni după probabilitatea de producere a accidentelor chimice majore (fig. 38), criteriul fiind densitatea întreprinderilor chimice la nivelul unităților statistico-teritoriale NUTS3.

Pentru evaluarea riscului tehnologic, hărțile de hazard sunt ulterior corelate cu *hărți ale vulnerabilității* la hazarde industriale, care se bazează în general pe date precum: produsul intern brut; densitatea populației; infrastructura de comunicații; percepția populației asupra accidentelor tehnologice; existența sistemelor de avertizare; investițiile în cercetare/dezvoltare; prezența ariilor naturale protejate în regiunile expuse accidentelor industriale (Schmidt-Thome, 2006). Deosebit de utile pentru evaluarea și managementul riscului industrial sunt și *aplicațiile computerizate*, precum sistemul olandez de informații XENVIS<sup>2</sup>. Acesta corelează datele referitoare la substanțele periculoase utilizate de diferite obiective industriale cu rapoartele de audit privind sistemele de securitate ale întreprinderilor, simulând scenarii de producere a accidentelor industriale; astfel, sistemul permite identificarea arealelor potențial afectate și a măsurilor post-dezastru adecvate.

### 8.3. Hazarde legate de transporturi

Accidentele survenite în timpul transporturilor rutiere, feroviare, maritime, aeriene sau în transportul substanțelor periculoase pot avea consecințe grave asupra mediului înconjurător, pot provoca pagube economice și pierderi de vieți omenești. În ultimul secol, cel mai mare număr de dezastruri legate de transporturi și cel mai semnificativ impact al acestora s-au înregistrat în Asia (fig. 39).



**Fig. 39.** Distribuția dezastrurilor legate de transporturi (a.) și a numărului de victime provocate de acestea (b.) la nivelul continentelor (1904-2006).

Sursa datelor: OFDA/CRED International Disasters Database, 2006

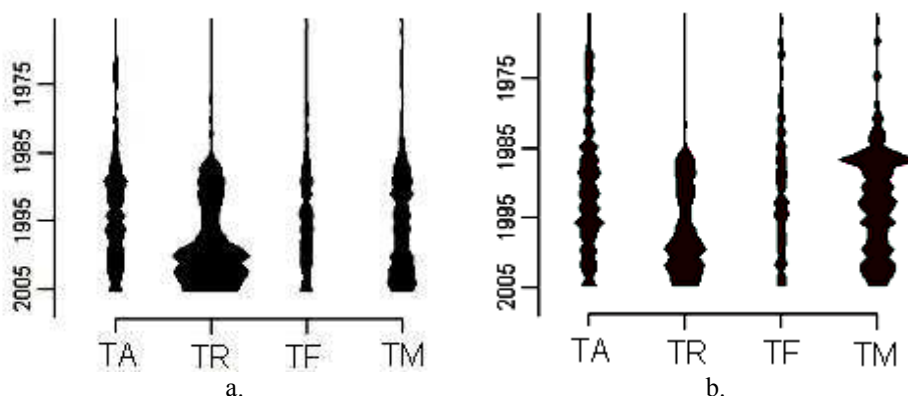
<sup>1</sup> Rețeaua Europeană de Observații pentru Organizarea Spațiului - European Spatial Planning Observation Network

<sup>2</sup> [www.ess.co.at/XENVIS](http://www.ess.co.at/XENVIS), accesat în 03.07.06

### 8.3.1. Tipuri de hazarde legate de transporturi

**Accidentele survenite în transporturile rutiere**, mai ales în cele cu autovehicule private, sunt cele mai numeroase și provoacă cele mai multe victime la nivel mondial (fig. 40). Conform O.M.S., cca. 1,1 mil. de persoane își pierd viața anual în accidente rutiere, pentru 90% dintre acestea cauza principală fiind neglijența șoferilor. Numărul de victime la 100000 de locuitori este mai mare în statele în dezvoltare sau în tranziție decât în statele dezvoltate, iar pentru primele tendința este de creștere (ex.: în perioada 1975-1998, numărul deceselor provocate de accidente rutiere/100000 de locuitori a scăzut cu 63% în Canada și 27% în S.U.A., dar a crescut cu 243% în China – WHO, 2004). Aceeași organizație a estimat că, la nivel mondial, costurile economice implicate de accidentele rutiere depășesc anual 500 mld. USD.

**Transporturile aeriene** prezintă un grad mai mare de siguranță decât cele rutiere (ex.: riscul este de 0,019 victime/1 mil. călătorii pentru transporturile aeriene și de 0,130 victime/1 mil. călătorii pentru transporturile rutiere)<sup>3</sup>, deși mediatizarea intensă a accidentelor aeriene și chiar acțiunile teroriste de tipul deturnărilor de avioane fac ca percepția publicului să fie diferită. De asemenea, în pofida percepției existente, majoritatea accidentelor aeriene se produc în cursul manevrelor de decolare sau aterizare.



**Fig. 40.** Numărul de dezastră legate de transporturi (a.) și numărul de victime provocate de acestea (b.) în perioada 1970-2005. TA – transporturi aeriene; TR – transporturi rutiere; TF – transporturi feroviare; TM – transporturi maritime (OFDA/CRED International Disasters Database, 2006)

Principalele cauze ale accidentelor aeriene sunt erorile de pilotaj (37% din cazuri), defecțiunile componentelor mecanice ale aparatelor de zbor (13%), condițiile meteorologice (7%) și acțiunile de sabotaj (5%). La nivel mondial, numărul accidentelor aeriene s-a redus, de la peste 50-60 anual la începutul anilor '70 la cca. 20-30 anual după 2000<sup>4</sup>. În perioada 1970-2004, cea mai mare parte a accidentelor aeriene au survenit în America de Nord (28% din total) și Asia (21%) - Schmidt-Thome, 2006.

<sup>3</sup> Sursa: [www.planecrashinfo.com/cause.htm](http://www.planecrashinfo.com/cause.htm), accesat în 24.06.06

<sup>4</sup> Sursa: [www.planecrashinfo.com/database.htm](http://www.planecrashinfo.com/database.htm), accesat în 24.06.06

Cele mai grave dezastre aeriene, soldate cu peste 500 de victime, s-au produs în Tenerife, în 1977 (prin coliziunea la decolare a două aeronave) și în Japonia, în 1985 (ca urmare a unor defecțiuni tehnice, un Boeing 747 s-a ciocnit de Mt. Takamagahara, la 100 km distanță de Tokio).

Consecințe semnificative au și **accidentele în care sunt implicate mijloacele de transport de mare capacitate** pentru călători și cele care transportă hidrocarburi sau substanțe periculoase. În prima categorie se remarcă, pe lângă transporturile aeriene, transporturile maritime și cele feroviare, care au provocat unele dintre cele mai grave dezastre tehnologice din sec. XX (tabel 23), iar evenimentele recente confirmă menținerea unui nivel relativ ridicat de risc în cazul acestor tipuri de transport (ex.: accidentele de ferry-boat produse în Marea Roșie și în Djibouti, în februarie, respectiv aprilie, 2006; accidentele feroviare de la Kaprun - Austria, 2000, Amagasaki - Japonia, 2005 și Gotki - Pachistan, 2005<sup>5</sup>).

În **transportul substanțelor periculoase**, posibilitățile de limitare a pagubelor sunt mai reduse decât în cazul instalațiilor fixe, pentru că impactul poate varia în funcție de condițiile de mediu și de gradul de concentrare a populației și activităților economice de-a lungul unor anumite rute. De aceea, acest tip de transporturi presupune măsuri speciale de management al riscului, prevăzute în reglementările internaționale, cum este *Convenția de la Basel privind transportul transfrontalier și depozitarea deșeurilor periculoase*, intrată în vigoare în 1992.

Cel mai grav accident rutier în care a fost implicat un vehicul ce transporta materiale periculoase a avut loc la Cali (Columbia), în 1956, când explozia a șapte camioane încărcate cu muniție a provocat moartea a 2700 de persoane. Cauze similare (explozia încărcăturii) a avut și accidentul feroviar de la Ryongchon (2004), produs în apropierea graniței dintre Coreea de Nord și China.

Tabel 23

**Cele mai grave dezastre legate de transporturi produse în perioada 1904-2006**  
(OFDA/CRED International Disasters Database, 2006)

După numărul de victime			După numărul persoanelor afectate		
Dezastrul	Anul	Nr. victime	Dezastrul	Anul	Nr. persoane afectate
Accident maritim, lângă Mindoro - Filipine	1987	4386	Accident maritim, (deversare de petrol), G. Maputo - Mozambic	1992	50000
Accident rutier (substanțe periculoase), Cali - Columbia	1956	2700	Accident feroviar, departamentul Ryongchon - Coreea de Nord	2004	42300
Accident maritim, Haiti	1993	1800	Accident maritim, Halifax - Canada	1917	15000
Accident maritim, Halifax - Canada	1917	1600	Accident feroviar, Louisiana - S.U.A.	2000	2500
Accident maritim,	1912	1500	Accident maritim,	1912	2200

<sup>5</sup> Sursa: [www.en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_disasters](http://www.en.wikipedia.org/wiki/List_of_disasters), accesat în 24.06.06

Marea Britanie			Marea Britanie		
Accident maritim, Senegal	2002	1200	Accident fluvial, Sanshui, Guangdong - China	1983	2000
Accident maritim, strâmtoarea Tsugaru - Japonia	1954	1172	Accident maritim, Nantucket - S.U.A.	1956	1600
Accident maritim, China	1948	1100	Accident rutier, La Union - Filipine	1979	1488
Accident maritim, Marea Roșie - Egipt	2006	1028	Accident feroviar, lângă Saltillo - Mexic	1972	1000
Accident fluvial, Sf. Laurențiu - Canada	1914	1014	Accident feroviar, Maizdi Khan - Bangladesh	1989	1000

**Transportul hidrocarburilor** este o altă sursă majoră de hazarde tehnologice. Navele care transportă hidrocarburi sunt implicate în 85% din accidentele tehnologice produse pe mare (Dobris Report, 1995), deversările de petrol generând adevărate dezastre ecologice. Dimensiunile impactului depind de locul producerii accidentului (cele mai vulnerabile sunt regiunile costiere, cu trafic maritim intens), de cantitatea deversată, de durata deversării, dar și de condițiile de acces la locul accidentului, care împiedică de multe ori acțiunile post-dezastru. 77% din deversările de petrol mai mari de 700 t au drept cauze coliziunile, eșuările sau defecțiunile survenite la carenele navelor (EEA, 2003).



**Fig. 41.** Poluare cu petrol în golful Prințul William (Alaska, 1989)  
(Sursa: [www.menlocampus.wr.usgs.gov](http://www.menlocampus.wr.usgs.gov))

Consecințe de mediu foarte grave a avut accidentul în care a fost implicat petrolierul Exxon Valdez (1989, Alaska), în urma căruia au fost deversați cca. 40000 m<sup>3</sup> petrol, iar regiunile litorale ale peninsulei au fost afectate pe o lungime de 1900 km (fig. 41). Efectele se resimt și în prezent, constatându-se reducerea populației la unele specii faunistice (ex.: somoni). Din punct de vedere socio-economic, accidentul a determinat declinul activităților locale legate de pescuit, falimentul unor companii din acest domeniu și intensificarea migrațiilor pentru muncă.

Un impact comparabil l-au avut eșuarea petrolierului Amoco Cadiz, pe litoralul francez, în 1978 și scufundarea petrolierului Prestige, în nord-vestul Spaniei, în 2002; în ultimul caz, poluarea cu petrol a afectat o regiune de importanță ecologică, care susținea totodată și industria de pescuit locală.

Accidente catastrofale se pot produce și în cazul transportului prin conducte al hidrocarburilor. De exemplu, în 1989, emisiile de gaz petrolier lichefiat de la o conductă de transport au provocat un accident feroviar major în apropiere de Ufa (Fed. Rusă), soldat cu peste 600 de victime și numeroși răniți.

**Hazardele naturale** pot constitui factorii declanșatori ai unor accidente majore în transporturi, precum fisuri ale petroductelor sau gazoductelor, deraieri de trenuri sau colapsul unor elemente ale infrastructurii de transport (poduri). De exemplu, cutremurul Northridge (California, 1994) a determinat avarii ale conductelor pentru transportul hidrocarburilor, deversarea a 870550 l de petrol, precum și deraierea unui tren care transporta substanțe periculoase. Valul tsunami care a lovit Sri Lanka în decembrie 2004 a provocat deraierea unui tren utilizat pentru transportul turiștilor; în urma accidentului feroviar, considerat cel mai grav din istorie, și-au pierdut viața peste 1700 de persoane.

### 8.3.2. Hazarde legate de transporturi în România

Dintre accidentele legate de transporturi produse pe teritoriul României în intervalul 1938-2005, 12 au fost clasificate ca dezastru (tabel 24). Unul dintre cele mai mediatizate a fost accidentul de la Mihăilești, jud. Buzău (mai 2004); în acest caz, incendiul izbucnit la un autotren încărcat cu 20 t azotat de amoniu a provocat o puternică explozie, în urma căreia 18 persoane au fost ucise, iar alte 13 rănite. Cîteva zeci de case din localitatea Mihăilești au fost avariate, iar circulația pe drumul european E85 a fost blocată, prin formarea unui crater de 10 m adâncime și 40 m diametru.

Tabel 24

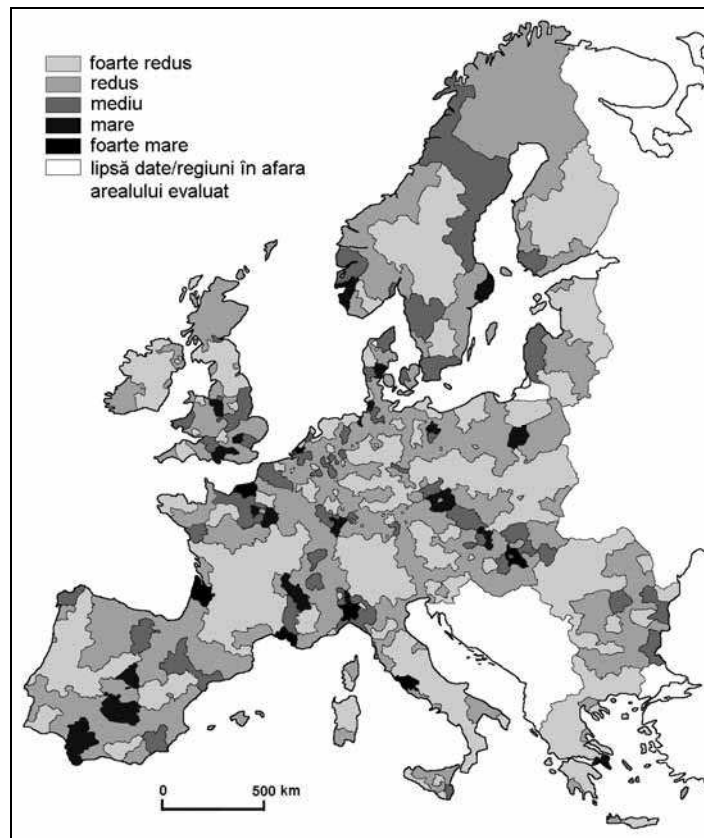
**Cele mai grave dezastru legate de transporturi produse în România, după numărul de victime (1938-2005)**  
(OFDA/CRED International Disasters Database, 2006)

Tipul dezastrului/ localizare	Anul producerii	Nr. victime
Accident fluvial, lângă Galați	1989	161
Accident aerian, București	1995	60
Accident maritim, Constanța	1995	54
Accident aerian, Cluj	1940	21
Accident rutier, Mihăilești	2004	18
Accident aerian, București	1941	15
Accident rutier, între Slobozia și Constanța	2005	15
Accident aerian, Stulpica	1938	14
Accident feroviar	1996	12
Accident aerian, Baia Mare	1996	10



### 8.3.3. Evaluarea riscului de producere a accidentelor în transporturi

Evaluarea riscului tehnologic implicat de transporturi se poate realiza în funcție de numărul probabil de victime sau răniți corespunzător unei anumite distanțe parcurse (Smith, 1996). O altă metodologie se bazează pe realizarea *hărților de hazard* legate de diferite tipuri de transporturi. De exemplu, pentru transporturile aeriene pot fi utilizați indicatori precum intensitatea traficului, distanța dintre aeroporturi sau standardele de securitate aplicate de companiile aeriene. Pentru transportul și prelucrarea petrolului indicatorii incluși în hărțile de hazard sunt densitatea rafinăriilor, a porturilor petroliere și a petroductelor la nivelul diferitelor unități administrativ-teritoriale – fig. 42 (Schmidt-Thome, 2006).



**Fig. 42.** Potențialul de producere a accidentelor legate de transportul, depozitarea și prelucrarea petrolului în Europa - spațiul ESPON (Schmidt-Thome, 2006, prelucrat)

În ultimul deceniu, *programele informatice* utilizate în managementul și evaluarea riscurilor tehnologice din transporturi au cunoscut o dezvoltare deosebită. Un

exemplu este programul HITERM<sup>6</sup>, inițiat de Comisia Europeană și aplicat în Austria, Elveția, Italia, Germania și Portugalia. Programul poate simula producerea accidentelor tehnologice atât pentru instalațiile industriale vizate de Directiva Seveso II, cât și pentru transportul rutier sau feroviar al substanțelor periculoase; în realizarea scenariilor sunt luați în considerare și factorii care influențează dimensiunea impactului (ex.: densitatea populației, trăsăturile topografice ale arealului afectat), fapt de crește importanța aplicației pentru managementul riscului tehnologic.

---

<sup>6</sup> High-Performance Computing for Technological Risk Management, [www.ess.co.at/HITERM](http://www.ess.co.at/HITERM), accesat în 03.07.06

## 9. HAZARDE NUCLEARE

Hazardele nucleare sunt generate de emisii de substanțe radioactive peste limitele admise de normele în vigoare, care provoacă iradierea și contaminarea populației și a mediului înconjurător.

Principalele surse ale hazardelor nucleare sunt: centralele nucleare, reactoarele de cercetare, centralele de reprocesare, navele sau submarinele nucleare, instalațiile sau activitățile care utilizează surse de radiații, transportul și depozitarea materialelor radioactive și sateliții cu propulsie nucleară. O categorie aparte o reprezintă hazardele generate de experimentele și conflictele nucleare.

În condiții naturale se cunosc cca. 50 de izotopi radioactivi, care produc așa-numita *radiație de fond*. Radioactivitatea naturală variază în funcție de latitudine, altitudine, structură geologică și factori meteorologici, valoarea medie anuală, evaluată prin doza efectivă de radiație, fiind de 2,4 mSv<sup>7</sup>/individ. Hazardele nucleare pun problema expunerii la doze suplimentare de radiație, care se adaugă radioactivității naturale (tabel 25).

Tabel 25

**Doza efectivă de radiații din surse naturale și antropice la nivelul anului 2000**  
(UNSCEAR, 2000)

Sursa radiațiilor	Media mondială (mSv/individ/an)	Ecartul de variație sau tendința
Radiația de fond	2,4	1-10 mSv
Investigații medicale	0,4	0,04-1 mSv
Teste nucleare efectuate la suprafață	0,005	Valori mai mari în emisfera nordică. Nivel maxim: 0,15 mSv, în 1963, după care s-a înregistrat un declin.
Accidentul de la Cernobâl	0,002	Valori mai mari în arealele din apropierea reactorului. Nivel maxim: 0,04 mSv, în 1986 (media pentru emisfera nordică).
Producerea energiei atomo-electrice	0,0002	Valorile au crescut odată cu intensificarea acestor programe, după care s-a înregistrat un declin, datorită tehnologiilor îmbunătățite.

### 9.1. Accidentele nucleare

Conform Agenției Internaționale pentru Energie Atomică (IAEA), în anul 2006 funcționau la nivel mondial 441 de centrale nucleare, cu o putere instalată totală de 369122 GW. Cele mai multe erau concentrate în statele dezvoltate din emisfera nordică și în spațiul fostei U.R.S.S. (fig. 43).

<sup>7</sup> 1 Sv (Sievert) = 100 rem.

În cazul acestor obiective industriale, probabilitatea de producere a unui accident cu eliberare de substanțe radioactive în mediul înconjurător este estimată la  $10^{-6}$  evenimente/an (Prunache *et al.*, 2003). Principalii factori care pot declanșa un astfel de eveniment sunt: defecțiunile tehnice, depășirea timpului stabilit de funcționare a instalației, eroarea umană în exploatare și acțiunile intenționate (ex.: sabotaj sau terorism).

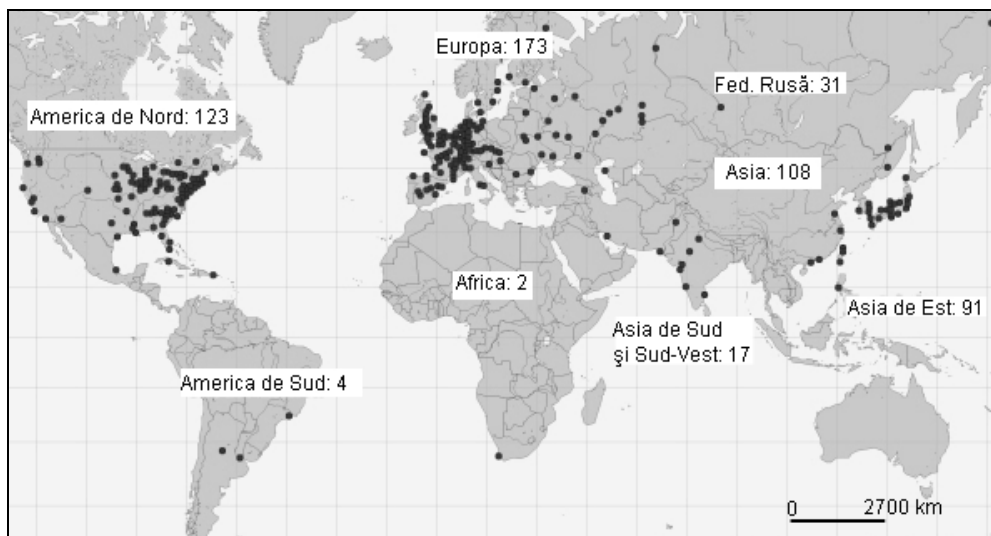


Fig. 43. Repartiția centrelor nucleare la nivel mondial<sup>8</sup>  
([www.insc.anl.gov](http://www.insc.anl.gov))

Până în anul 1986 s-au produs peste 160 de accidente și avarii la centralele nucleare-electrice, care s-au soldat cu pierderi de vieți omenești, contaminarea și iradierea personalului de deservire și a mediului înconjurător. Ulterior, incidența evenimentelor nucleare grave a scăzut, ca urmare a unei monitorizări mai atente a instalațiilor și a unor tehnologii îmbunătățite de producție.

Instalațiile nucleare de pe teritoriul fostei U.R.S.S. constituie o situație particulară, deoarece caracteristicile tehnice măresc probabilitatea producerii unor evenimente cu impact major asupra mediului și populației; multe din acestea sunt obiective militare, iar informațiile referitoare la accidente sunt reduse. În spațiul fostei U.R.S.S. s-au produs cele mai grave accidente nucleare din istorie, la Kistim (1957 - în sudul Uralilor, la un obiectiv militar) și la Cernobâl (1986); de asemenea, după 1990 s-au înregistrat aici o serie de anomalii și incidente nucleare (ex.: la Sankt Petersburg, în 1991 și 1992; la Tomsk, în 1993).

<sup>8</sup> Statisticile pentru Europa și Asia nu includ Fed. Rusă.

Tabel 26

**Scala Internațională a Evenimentelor Nucleare (INES)**  
(Prunache *et al.*, 2003, modificat și completat; Dobris Report, 1995)

Nivelul	Descriere	Criteriul	Exemple
7	Accident major	Contaminare exterioară de proporții cu material radioactiv. Impact transfrontalier. Impact pe termen lung asupra mediului și efecte grave asupra populației.	Cernobâl, Ucraina, 1986.
6	Accident grav	Contaminare exterioară importantă cu materiale radioactive. Consecințele necesită implementarea totală a planurilor de protecție și intervenție pentru limitarea efectelor grave asupra populației.	Kistim, Fed. Rusă, 1957: 20000 km <sup>2</sup> suprafața principală contaminată, 11000 persoane evacuate, sute de decese ca urmare a bolii de radiație.
5	Accident cu pericol în afara instalației	Contaminare exterioară cu materiale radioactive. Consecințele necesită implementarea parțială a planurilor de protecție și intervenție pentru reducerea probabilității de producere a unor efecte asupra populației. <i>și / sau</i> Defecțiune gravă la echipamentele centralei nucleare, însoțită de contaminare cu materiale radioactive în interiorul instalației.	Reactorul Windscale, Marea Britanie, 1957: Incendiu în miezul reactorului; efecte asupra sănătății populației (sute de cazuri de cancer).  Tokaimura, Japonia, 1999: Emisii continue de particule radioactive timp de 12 zile. Evacuarea locuințelor pe o rază de 200 m; 320000 persoane izolate în case timp de peste 24 ore.  Three Mile Island, SUA, 1979: Cel mai grav accident nuclear din America, cauzat de topirea parțială a miezului unui reactor. 196 000 persoane evacuate.
4	Accident fără pericol în afara instalației	Contaminare exterioară cu materiale radioactive în limitele admise. <i>și / sau</i> Defecțiune importantă la echipamentul centralei nucleare. <i>și / sau</i> Expunere gravă a unei părți din personalul centralei. Nu sunt necesare măsuri de protecție, cu excepția controlului alimentelor.	Centrala de reprocesare Windscale, Marea Britanie, 1957.  Saint Laurent, Franța, 1980.
3	Incident grav	Contaminare exterioară foarte slabă, sub limitele admise. <i>și / sau</i> Poluarea zonelor deschise și	

		expunere considerabilă pentru o parte din personalul centralei. <i>și / sau</i> Situație în care eventualele defecțiuni ale sistemului de securitate ar putea crea condițiile de declanșare a unui accident sau în care sistemele de securitate nu ar putea împiedica producerea unui accident. Nu sunt necesare măsuri de protecție pentru populație.	Vandellos, Spania, 1989.
2	Incident	Contaminare localizată și expunere ușoară pentru o parte din personalul centralei. <i>și / sau</i> Cădere parțială a sistemelor de securitate ale centralei.	
1	Anomalie	Căderi în regimul de operare normală a centralei, ca urmare a unor erori umane, proceduri inadecvate sau defecțiuni ale echipamentelor.	

### 9.1.1. Clasificarea accidentelor nucleare

Agencia Internațională pentru Energie Atomică a adoptat în 1989 un sistem de clasificare a evenimentelor nucleare, în funcție de consecințele acestora. *Scala Internațională a Evenimentelor Nucleare* (International Scale of Nuclear Events of Safety Significance – INES) cuprinde 7 niveluri și grupează în două categorii evenimentele excepționale care se pot produce în cursul funcționării instalațiilor nucleare:

- a. *anomalii și incidente* (nivelurile 1-3): evenimente care nu impun măsuri de protecție în afara instalației și nu generează consecințe asupra factorilor de mediu;
- b. *accidente* (nivelurile 4-7): evenimente care generează contaminări radioactive în afara instalației, fiind necesare măsuri de protecție, de la controlul surselor locale de hrană până la acțiuni de prevenire și limitare a impactului pe termen lung asupra mediului și populației (tabel 26).

### 9.1.2. Impactul accidentelor nucleare

Efectele accidentelor nucleare depind de cantitatea de radiație suplimentară emisă, de caracteristicile radionuclizilor eliberați și de distribuția lor spațială. Astfel, sunt foarte periculoși radionuclizii cu perioadă de înjumătățire medie (săptămâni, luni, ani), care au o acțiune puternică și suficient timp pentru a se acumula în lanțul trofic (ex.: Cesium-137, Stronțiu-90, Ceriu-144). De asemenea, sunt periculoși radionuclizii cu proprietăți chimice asemănătoare unor elemente biogene, precum Stronțiu-90, care poate substitui calciul în structura oaselor sau Cesium-137, care se acumulează în țesutul muscular (Prunache *et al.*, 2003), substituind potasiul.

Distribuția spațială a radionuclizilor este determinată de modul de producere a emisiei și de condițiile meteorologice existente la momentul accidentului. Eliberarea produselor radioactive în atmosferă determină formarea unui nor radioactiv, iar prin acțiunea curenților de aer particulele radioactive se dispersează la mari distanțe (zeci, sute, chiar mii de kilometri) față de sursă și se depun pe suprafața solului, formând *urma norului radioactiv*.

În timpul transportului, materialul radioactiv este îndepărtat din nor, prin depunere uscată la contactul cu solul (*fallout*) sau prin depuneri umede, în condițiile producerii de precipitații. Deoarece precipitațiile preiau substanțe radioactive de la diferite înălțimi din atmosferă, acestea pot intensifica depunerile de 10 sau chiar de 100 de ori (Prunache *et al.*, 2003). De asemenea, ca urmare a repartiției spațiale neomogene a precipitațiilor, nivelul depunerilor de materiale radioactive poate prezenta variații mari, conturându-se areale cu grad ridicat de contaminare (*zone fierbinți*). De exemplu, emisia continuă de radionuclizi în primele zece zile după accidentul de la Cernobâl și condițiile meteorologice (schimbarea direcției vântului, precipitații intermitente pe direcția de deplasare a maselor de aer), explică repartiția izotopilor radioactivi pe o suprafață extinsă și depunerile diferențiate de materiale radioactive.

După un accident nuclear se produce *contaminarea aerului, solului, vegetației și acumularea radioizotopilor în lanțul trofic*. Pentru a preveni contaminarea populației, în unele cazuri se impun restricții ale locuirii permanente în jurul centralei și controlul surselor de hrană pe suprafețe mai extinse. Organismele vii au o sensibilitate diferită față de iradiere, cele inferioare fiind în general mai rezistente; cele mai vulnerabile sunt organismele tinere și celulele în curs de diviziune (inclusiv embrionii).

*Pentru populația expusă*, pe termen scurt, dozele mari de radiație pot fi letale sau pot genera afecțiuni specifice (boala de radiație). Pe termen lung, expunerea la doze de radiații peste limitele admise duce la creșterea incidenței cazurilor de cancer și leucemie, la reducerea longevității, sterilitate și chiar la mutații genetice (casetă).

**Accidentul de la Cernobâl.** Cel mai grav accident nuclear din istorie și un caz major de poluare transfrontalieră este considerat accidentul produs la Cernobâl (Ucraina), în 25-26 aprilie 1986. Accidentul a fost provocat de o serie de deficiențe de construcție și de operare a reactorului. Astfel, în timpul unei verificări a sistemelor de siguranță, suprasolicitarea componentelor instalației a produs o explozie ce a îndepărtat capacul de 1000 t al reactorului. Fragmente de material radioactiv au fost proiectate până la 1 km distanță, generând incendii. Emisiile au continuat timp de 10 zile după accident, cantitatea totală de substanțe radioactive eliberată în atmosferă fiind, conform estimărilor OMS, de 200 de ori mai mare decât cea produsă de exploziile de la Hiroshima și Nagasaki. Ca urmare a emisiilor, s-a format un nor de praf radioactiv, gaze și produse de fisiune, printre cei mai periculoși radioizotopi fiind cei rapid absorbiți de organismele vii (Cesiu-137, Iod-131, Stronțiu-90).

Eforturile de atenuare a impactului au fost îngreunate de faptul că utilizarea apei pentru stingerea reactorului ar fi produs noi emisii de nori radioactivi. Incendiul a fost stins cu tone de dolomită, argilă și nisip, aruncate din elicopter. 31 de persoane au murit în timpul acțiunilor de stingere a incendiului, iar alte 200 au suferit afecțiuni grave ca urmare a bolii de radiație. Pentru izolarea reactorului, a fost construit un sarcofag din beton, însă acesta prezintă o serie de deficiențe în structură, care pot constitui noi surse de radiații.

După accident, au fost evacuate peste 100000 persoane, pe o rază de 30 km în jurul reactorului (zona de excludere). Orașul Pripiat, situat la 3 km distanță de centrală, a fost total depopulat. Ulterior, alte 220000 persoane au fost strămutate din arealele puternic contaminate din Ucraina, Belarus și Fed. Rusă; numai în aceste state, populația totală a regiunilor contaminate era de cca. 5 mil. locuitori (WHO, 2006).

În următoarele două săptămâni, norul radioactiv s-a extins asupra Europei (fig. 44), statele cele mai afectate fiind Belarus, Fed. Rusă și Ucraina (acestea dețin 71% din suprafața puternic contaminată), dar și cele în care s-au produs precipitații și deci depuneri umede de materiale radioactive: statele scandinave, Austria, Germania, Polonia, Marea Britanie și Islanda. Se apreciază că au fost contaminați 3,9 mil. km<sup>2</sup> (cca. 40% din suprafața Europei), niveluri ridicate de radiație înregistrându-se pe o suprafață de peste 200000 km<sup>2</sup> (IAEA, 2006; Fairlie și Sumner, 2006).

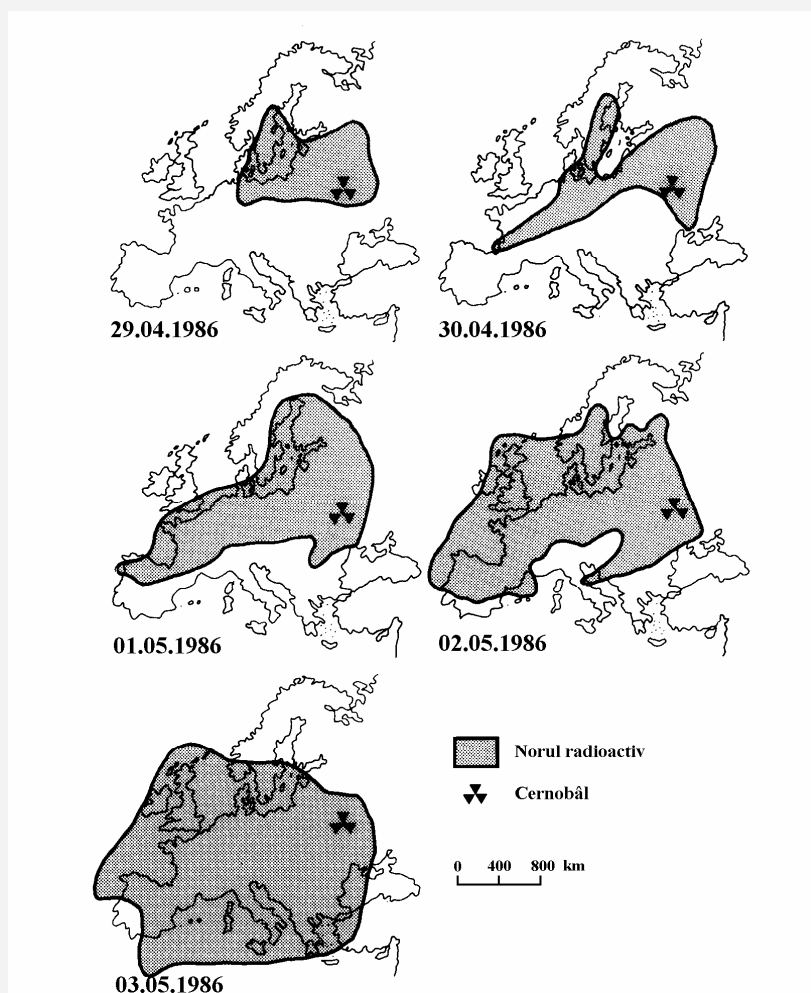


Fig. 44. Extinderea norului radioactiv în Europa după accidentul de la Cernobâl (Park, 1989)



Consecințele imediate ale accidentului au fost contaminarea solului, a vegetației, a surselor de apă și de hrană, precum și impunerea restricțiilor pentru consumul și comercializarea diferitelor produse alimentare, care se mențin până în prezent în unele regiuni din Europa de Vest, Pen. Scandinavă și fosta U.R.S.S. În unele cazuri, aceste restricții au determinat chiar un regres al activităților tradiționale locale (ex.: în regiunile arctice și subarctice ale Europei, contaminarea cu depuneri uscate masive a terenurilor de pășunat pentru turmele de reni a dus la declinul unor comunități – Smith, 1996; IAEA, 2006).

Iradieră populației din regiunile afectate s-a produs prin expunere și prin ingestia alimentelor contaminate. Efectele accidentului asupra sănătății umane sunt dificil de estimat și reprezintă o problemă controversată. S-a constatat în special creșterea incidenței cazurilor de cancer tiroidian la copii și adolescenți – în intervalul 1986-2002 au fost înregistrate peste 4800 de cazuri în Belarus, Ucraina și Fed. Rusă (WHO, 2006), la distanțe de până la 500 km față de locul accidentului. În cele trei state s-a înregistrat și reducerea fertilității și creșterea incidenței malformațiilor congenitale, însă Organizația Mondială a Sănătății nu a atribuit deocamdată aceste efecte expunerii la radiații.

Efectele asupra sănătății umane sunt așteptate să apară de-a lungul unei perioade de 50-60 de ani de la accident, atât în apropierea reactorului (ex.: numai pentru Belarus, studiile indică probabilitatea de apariție a 15000 noi cazuri de cancer până în 2050 – WHO, 2006), cât și în celelalte regiuni europene mai puțin contaminate.

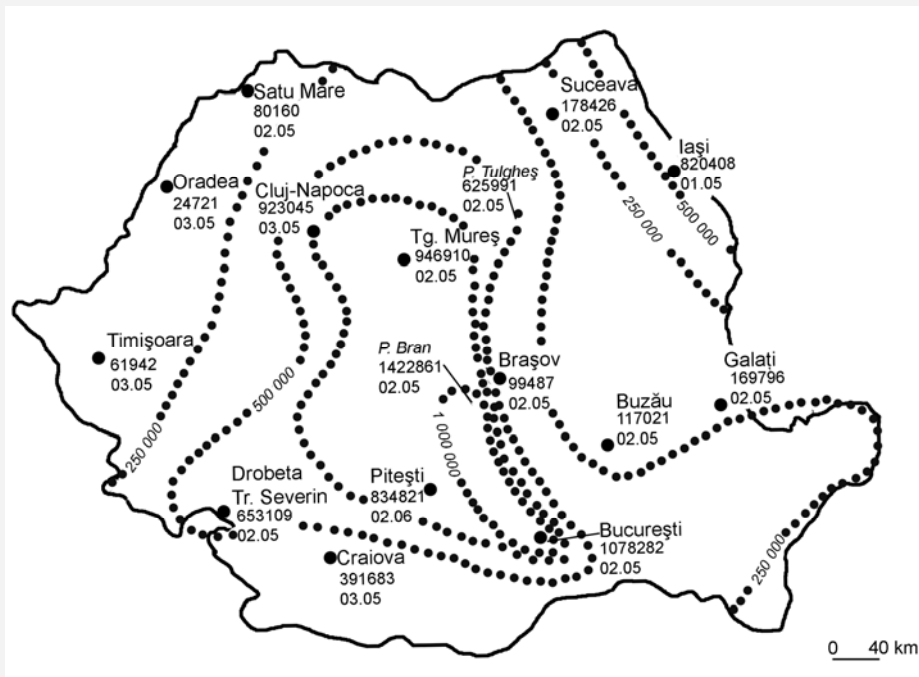


Fig. 45. Izolinii de contaminare radioactivă (depuneri solide, pCi/m<sup>2</sup>) pe teritoriul României, după accidentul de la Cernobîl (Prunache *et al.*, 2003, prelucrat)

Până în prezent, au fost inițiate o serie de programe internaționale sub egida ONU, IAEA și OMS pentru monitorizarea și reducerea efectelor accidentului. De exemplu, Organizația Mondială a Sănătății a derulat un program pentru urmărirea stării de sănătate a “lichidatorilor” (cele 600000-800000 persoane care au participat la decontaminări în perioada imediat următoare

accidentului), iar FAO a coordonat mai multe proiecte pentru decontaminarea terenurilor afectate și chiar reutilizarea lor în scopuri agricole.

În ultimele două decenii, Ucraina, Belarus și Fed. Rusă au suportat costuri economice de sute de miliarde USD, atât din cauza pagubelor provocate de accident, cât și ca urmare a măsurilor de decontaminare și de monitorizare a nivelului de radiații, de depozitare a deșeurilor radioactive, de strămutare a unor așezări, de producere a alimentelor necontaminate, de asigurare a protecției sociale și a asistenței medicale pentru populația afectată (cca. 7 mil. persoane care au suferit într-un fel sau altul de pe urma accidentului primesc în prezent sprijin financiar din partea guvernelor celor trei state) (Chernobyl Forum, 2003-2005).

În România, trecerea norului radioactiv, începând cu 29-30 aprilie, a determinat depuneri de substanțe radioactive cu intensități diferite, în special în arealele în care s-au produs în același timp și precipitații. Pe întreg teritoriul țării, izolinile de contaminare radioactivă prin depuneri au evidențiat concentrații de peste 4 ori mai mari decât limitele admise, valorile maxime (de peste 20 de ori mai mari decât limitele admise) înregistrându-se în centrul țării și într-un areal care se extindea spre sud, de la Vf. Omu până la București (fig. 45).

Echivalentul dozei efective de radiație a crescut în 1986 la 4 mSv, valoare medie anuală/individ dublă față de radiația naturală; valorile s-au apropiat de limitele admise din anul al treilea după accident (Prunache *et al.*, 2003). Printre cele mai afectate județe au fost: Botoșani, Suceava, Neamț, Harghita, Brașov, Argeș și Vâlcea.

Dintre componentele mediului, vegetația a fost cel mai puternic afectată, fapt ce a determinat contaminarea alimentelor de origine animală (Cosma, 2002) și iradierea populației prin ingestia acestora.

### 9.1.3. Prevenirea și atenuarea impactului accidentelor nucleare

În cazul accidentelor nucleare, măsurile pre-dezastru cuprind:

- revizuirea periodică a caracteristicilor tehnice ale instalației;
- instruirea personalului și a echipelor de intervenție;
- crearea stațiilor pentru monitorizarea nivelului de radioactivitate;
- elaborarea planurilor de răspuns la urgență;
- realizarea unor sisteme internaționale pentru transmiterea și procesarea rapidă a informațiilor radiologice (ex.: *ECURIE – Sistemul Comunității Europene de Informare Radiologică Urgentă* sau *Schimbul Nordic de Date de Monitorizare*, ce deservește Islanda, Danemarca, Norvegia, Suedia și Finlanda);
- pregătirea populației din ariile vulnerabile, prin exerciții de simulare a accidentelor. În acest context, importanța *studiilor de percepție* a hazardelor nucleare a fost evidențiată începând din anii '80 (Cutter și Barnes, 1982; Cutter, 1984). De exemplu, un studiu de percepție realizat în zona de alertă a unei centrale nucleare din sudul Californiei a evidențiat faptul ca numai o treime din populație era familiarizată cu planul de evacuare, iar numai jumătate ar fi urmat instrucțiunile autorităților în caz de urgență (Smith, 1996). Pentru o reacție eficientă în situații de urgență, rezultatele cercetărilor sociologice trebuie integrate în programele de educare și informare a populației expuse acestui tip de hazard.

După producerea accidentului, principalele măsuri de urgență pe termen scurt vizează adăpostirea și protejarea populației împotriva emisiilor de radionuclizi, acordarea asistenței medicale (administrarea iodurii de potasiu pentru a preveni afecțiunile tiroidiene) și evacuarea populației din arealele afectate de norul radioactiv. De asemenea, se impun acțiuni de decontaminare și controlul surselor de hrană.

Aceste măsuri sunt aplicate în cadrul *zonelor de planificare la urgență* delimitate pentru fiecare sursă potențială de accident nuclear. Dimensiunile zonelor pot varia în funcție de condițiile locale, dar în general se stabilesc (Smith, 1996):

- o primă zonă, cu o rază de 16 km în jurul centralei, în care populația este expusă pericolului de contaminare externă și de iradiere prin inhalarea particulelor radioactive;
- o a doua zonă, cu o rază de 80 km, în care sunt afectate resursele de apă, vegetația și culturile agricole, pentru populație existând riscul de contaminare prin ingestie.

Pe termen lung, este necesară monitorizarea nivelului de contaminare a factorilor de mediu din zona expusă norului radioactiv, precum și supravegherea stării de sănătate a populației.

#### **9.1.4. Expunerea teritoriului României la accidente nucleare**

Pe teritoriul României au fost identificate trei obiective cu potențial de producere a evenimentelor nucleare, respectiv: Cernavodă, Pitești-Colibași și București-Măgurele (Ochiș, 2001). Centrala Nuclearo-Electrică Cernavodă funcționează din 1996 și este proiectată pentru 6 reactoare de tip CANDU, considerat de specialiști ca fiind cel mai sigur în funcționare. Din punct de vedere seismic, sistemele de securitate ale centralei au fost proiectate pentru a-și păstra integritatea și funcțiile până la 8 grade pe scara Richter. Un accident grav la CNE Cernavodă, deși puțin probabil, ar putea afecta județele Ialomița, Călărași, Constanța și Tulcea. Principalii radioizotopi eliberați ar fi cei din seria tritiului, care însă nu se concentrează în lanțul trofic, având un impact mai redus asupra mediului și populației.

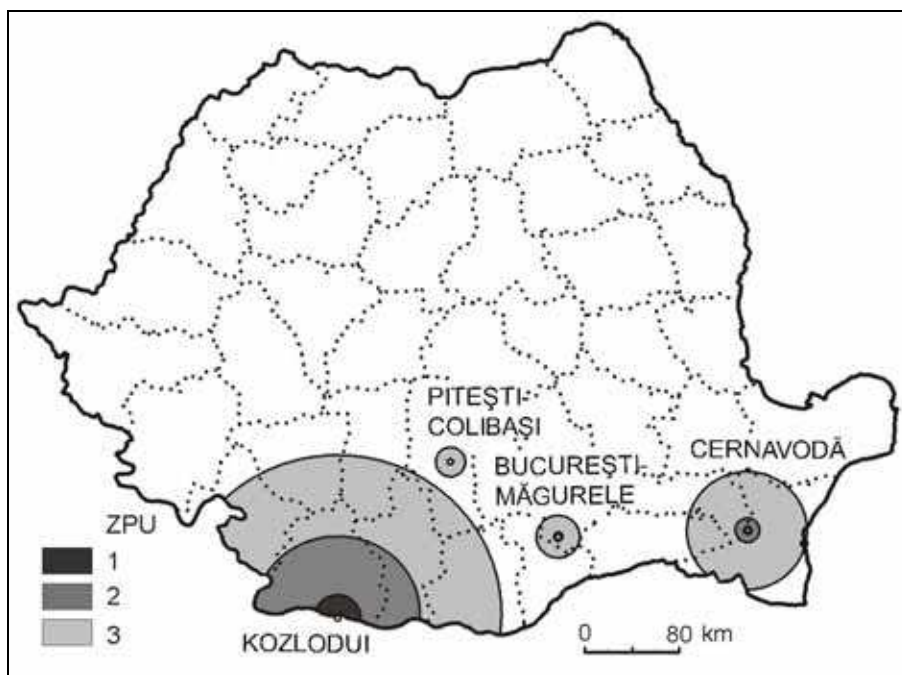
Societatea de Cercetări Nucleare de pe platforma Pitești-Colibași dispune de un reactor de cercetare cu o putere relativ redusă, de 14MW(e), astfel încât efectele unui accident ar fi mult mai mici decât în cazul unei centrale electrice. În cadrul platformei București-Măgurele, reactorul de cercetare (2MW) este în curs de dezafectare după o funcționare de peste 35 ani; operațiunea implică tratarea deșeurilor provenite din dezafectarea reactorului, decontaminarea acestora și depozitarea lor în condiții de siguranță.

Pentru fiecare din aceste obiective au fost elaborate planuri de intervenție în cazul unor evenimente nucleare și au fost stabilite dimensiuni specifice ale zonelor de planificare la urgență (fig. 46).

România este de asemenea expusă riscului de producere a unor accidente la centralele nucleare-electrice din Europa Centrală și de Est. Dintre acestea, se remarcă centrala nucleară de la Kozlodui, situată pe malul drept al Dunării, la 12 km sud-vest de localitatea Beheci. După aprecierea experților de la Agenția Internațională pentru Energie Atomică, centrala de la Kozlodui este în prezent cea mai periculoasă instalație nucleară din lume.

Cele 6 reactoare ale centralei, cu o putere totală de 3420 MW(e), sunt de concepție sovietică și au fost date în funcțiune în perioada 1974-1982. Având în vedere termenul de funcționare al reactoarelor (30 ani) și problemele tehnice apărute, comunitatea internațională a cerut oprirea centralei încă de la începutul anilor '90. În urma unui acord cu Comisia Europeană, Bulgaria a realizat închiderea primelor patru reactoare până în anul 2006. Ultimele două reactoare constituie în prezent obiectul unor programe de modernizare și vor fi menținute în funcțiune până în 2010-2012.

Se apreciază că un accident nuclear la Kozlodui ar afecta o mare parte a teritoriului României; dimensiunile zonelor de planificare la urgență în cazul unui accident acoperă teritoriul a 7 județe, extinzându-se până la 140 km distanță de reactor.



**Fig. 46.** Zone de planificare la urgență (ZPU) în caz de accident nuclear pe teritoriul României. 1- zona de evacuare; 2- ZPU în cazul expunerii la norul radioactiv; 3- ZPU în cazul expunerii prin ingestie (*România. Mediul și rețeaua electrică de transport. Atlas geografic, 2002, preluat*)

## 9.2. Transportul și depozitarea deșeurilor radioactive

Conform legislației românești privind desfășurarea în siguranță a activităților nucleare, deșeurile radioactive sunt materiale rezultate din activitățile nucleare, care conțin sau sunt contaminate cu radionuclizi în concentrații superioare limitelor acceptate. În funcție de nivelul de radioactivitate și de perioada în care acesta se menține la valori periculoase, se disting mai multe categorii de deșuri radioactive (WNA, 2001):

- *Deșeurile foarte slab radioactive* - prezintă un nivel neglijabil de radioactivitate și pot fi depozitate împreună cu deșeurile menajere.

- *Deșeurile slab radioactive* - reprezintă cca. 90% din deșeurile rezultate de la centralele nucleare și conțin cantități mici de radionuclizi cu perioadă scurtă de înjumătățire; nu necesită măsuri speciale de protecție pentru manipulare și transport și pot fi depuse, după reducerea volumului, în depozite subterane superficiale.
- Cele mai periculoase sunt *deșeurile mediu și puternic radioactive*, acestea din urmă conținând produse de fisiune și elemente transuranice provenite din miezul reactorului, cu un nivel ridicat de radioactivitate. Cantitatea de deșeuri radioactive rezultată de ciclul combustibililor nucleari este relativ redusă (12000 t anual). După îndepărtarea din miezul reactorului, deșeurile sunt depozitate temporar (20-50 ani) în facilități speciale, pentru reducerea temperaturii și a nivelului de radioactivitate, după care sunt reprocesate sau sunt destinate depozitării pe termen lung.

La nivel mondial, cca. 270000 t deșeuri puternic radioactive se află în depozite temporare, iar peste 90000 t deșeuri au fost reprocesate până în prezent, capacitatea de reprocesare fiind de 4700 t/an (WNA, 2005b; WNA, 2006). Reprocesarea se face atât pentru reciclarea materialelor radioactive, pentru a se evita folosirea lor ilicită în scopuri militare, cât și pentru reducerea volumului sau a nivelului de radioactivitate. Instalațiile de reprocesare au fost create începând din anii '40, în scopuri militare, iar în prezent funcționează în Franța (La Hague), Marea Britanie (Sellafield), Japonia (Rokkasho), Federația Rusă (Ozersk) și India (Tarapur).

Depozitarea pe termen lung a deșeurilor puternic radioactive se face în subteran, în condiții speciale de securitate, la adâncimi de cca. 500 m și în formațiuni geologice stabile. Principalele hazarde legate de această activitate sunt posibilele emisii de substanțe radioactive (ex.: în urma activității seismice) și sustragerile de materiale radioactive, în scopuri militare.

Pentru majoritatea statelor, crearea depozitelor subterane pentru deșeuri puternic radioactive este deocamdată în stadiul de proiect, estimându-se că acestea vor deveni funcționale după 2010-2020. Conform Asociației Nucleare Internaționale (WNA), la nivelul anului 2005 existau 50 de state care dețineau combustibil nuclear epuizat în locații temporare, în așteptarea reprocesării sau depozitării. Nu toate acestea dispun de condiții geologice adecvate pentru depozitarea în siguranță a deșeurilor radioactive. Totodată, pentru statele cu programe nucleare de mică amploare, resursele umane și financiare necesare pentru amenajarea și punerea în funcțiune a unor astfel de depozite sunt mult prea mari. De aceea, au fost inițiate mai multe programe internaționale pentru identificarea unor situri adecvate depozitării pe termen lung a deșeurilor puternic radioactive, în state precum: Australia, Africa de Sud, Argentina, China și Federația Rusă.

Deși în ultimii 15 ani s-au înregistrat progrese semnificative în cercetările referitoare la aceste tipuri de depozite, accentul punându-se pe sisteme de siguranță și monitorizare care să asigure securitatea în condițiile depozitării pe termen lung (sute de ani), inițierea acțiunilor de depozitare este amânată în cele mai multe cazuri, din motive tehnologice, instituționale, dar și datorită atitudinii de neîncredere și reticență a populației (ex.: unul dintre cele mai controversate proiecte este depozitul Yucca Mountain, din S.U.A.). Un studiu realizat în statele Uniunii Europene (EC, 2005) a evidențiat faptul că

la nivelul opiniei publice persistă percepția că toate tipurile de deșeuri radioactive sunt periculoase, iar principalele temeri legate de depozitarea subterană pe termen lung a acestora sunt impactul potențial asupra mediului și asupra sănătății. Populația are tendința de a accepta mai ușor și de a percepe ca mai puțin periculoase opțiunile de management cu caracter temporar decât depozitarea definitivă a deșeurilor radioactive, din cauza unor posibile deficiențe tehnologice mai greu de detectat în ultimul caz (IAEA, 2003).

Pericolul de contaminare există și în cazul transportului materialelor radioactive, prin emisii produse accidental, fisurarea containerelor sau scurgeri de substanțe radioactive. Ca urmare a măsurilor de securitate adoptate, până în prezent nu au fost înregistrate astfel de evenimente, deși anual se realizează peste 20 mil. transporturi de materiale radioactive (produse din ciclul combustibililor nucleari, materiale utilizate în medicină, cercetare sau exploatarea mineralelor) - WNA, 2003.

### 9.3. Alte tipuri de hazarde nucleare

*Experimentele și exploziile nucleare.* Cele mai devastatoare explozii nucleare au fost cele produse la Hiroshima și Nagasaki, în al doilea război mondial (august 1945), care au provocat peste 200000 victime, majoritatea civili.

De atunci, aproape toate statele care și-au dezvoltat programe nucleare au realizat și teste ale armelor nucleare; primele teste au fost derulate în S.U.A., în 1945, iar cea mai mare bombă nucleară a fost testată de fosta U.R.S.S., în I-le Novaia Zemlia (1961, 50 Mt).

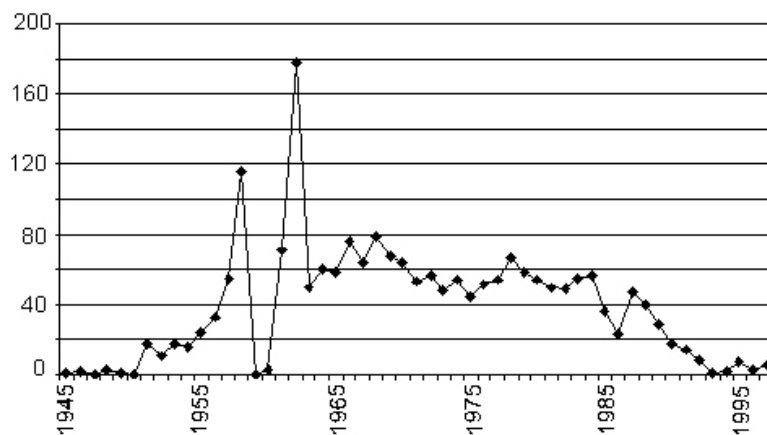


Fig. 47. Numărul testelor nucleare efectuate la nivel mondial (1945-1998)  
(Sursa datelor: [www.nrdc.org/nuclear](http://www.nrdc.org/nuclear))

Testele atmosferice, subacvatice și cele realizate în spațiul cosmic au fost restricționate în 1963, prin încheierea unui tratat care permitea numai testările subterane. Cu toate acestea, testele atmosferice derulate de Franța și China au continuat la sfârșitul anilor '80. Încheierea unui nou tratat de interzicere a testelor, în 1996, a dus la

suspendarea tuturor tipurilor de experimente nucleare în state precum Franța, Marea Britanie, China și fosta U.R.S.S. Acestea au continuat însă în statele nesemnate (ex.: India și Pakistan au realizat ultimele teste de acest tip în 1998). În intervalul 1945-1998 au fost realizate la nivel mondial peste 2000 de teste nucleare (fig. 47), cca. 85% din acestea fiind derulate de S.U.A. și de fosta U.R.S.S.

Testele nucleare subterane pot avea efecte asupra reliefului și pot provoca mișcări seismice. În 1973, în urma unui experiment derulat în I-le Novaia Zemlia, s-a produs un cutremur de 6.9 grade pe scara Richter și a fost declanșată o avalanșă care a antrenat 80 mil.t de materiale de pe versanți. Au fost blocate câteva văi glaciare, rezultând un lac cu o lungime de 2 km.

Hazardele legate de testele nucleare realizate la suprafață sunt generate de subestimarea exploziei, a emisiilor și a depunerilor solide, de schimbarea bruscă a condițiilor meteorologice care influențează direcția de deplasare a norului radioactiv sau de contaminarea accidentală a arealelor locuite și a surselor de hrană. Un exemplu în acest sens este operațiunea Castle Bravo, derulată de S.U.A. în I-le Marshall (1954), care a dus la dispersarea substanțelor radioactive pe sute de kilometri, afectând inclusiv insule locuite. În rândul populației afectate, radiațiile au provocat arsuri și creșterea incidenței cazurilor de cancer și a malformațiilor congenitale.

Efecte asupra sănătății populației au fost înregistrate și în apropierea altor situri utilizate pentru experimente nucleare, precum Semipalatinsk (Kazakhstan) și Nevada Test Site (situat la 105 km distanță de Las Vegas). Studiile ulterioare au demonstrat că în cursul experimentelor realizate în Nevada în anii '50 emisiile de substanțe radioactive (Iod-137) au depășit limitele admise, existând posibilitatea ca acestea să fi provocat afecțiuni cancerigene (până în prezent, peste 9000 de persoane din arealele contaminate au primit compensații financiare din partea Guvernului S.U.A.).

*Iarna nucleară.* Primele studii privind potențialele efecte climatice ale unui conflict nuclear au apărut în anii '80 (Cruzen și Birks, 1982; Turco *et al.*, 1983), atrăgând atenția asupra faptului că fumul degajat în urma exploziilor nucleare și a incendiilor provocate de acestea ar putea persista în atmosferă perioade îndelungate (săptămâni, chiar luni) și ar reduce semnificativ cantitatea de energie solară primită de suprafața terestră. Un astfel de eveniment ar putea genera schimbări climatice la nivel global, printr-o scădere semnificativă a temperaturii și modificări ale circulației atmosferice (Fărcaș și Croitoru, 2003).

De exemplu, o explozie atomică de 5000-6000 Mt<sup>9</sup> (mai puțin de jumătate din arsenalul nuclear al planetei) ar avea drept consecințe producerea unei cantități de praf de 100-200 Mt, declanșarea incendiilor pe suprafețe extinse și scăderea temperaturii aerului, după cca. 40 de zile de la explozie, cu 20-30°C, chiar 40°C în emisfera nordică. Ca urmare a acumulării vaporilor de apă și a gazelor cu efect de seră în atmosferă, iarna nucleară ar fi urmată de o încălzire care ar putea ajunge în anul următor până la 30-35°C în emisfera nordică (Gerasimov, 1985, citat de Claval, 2001) – fig. 48.

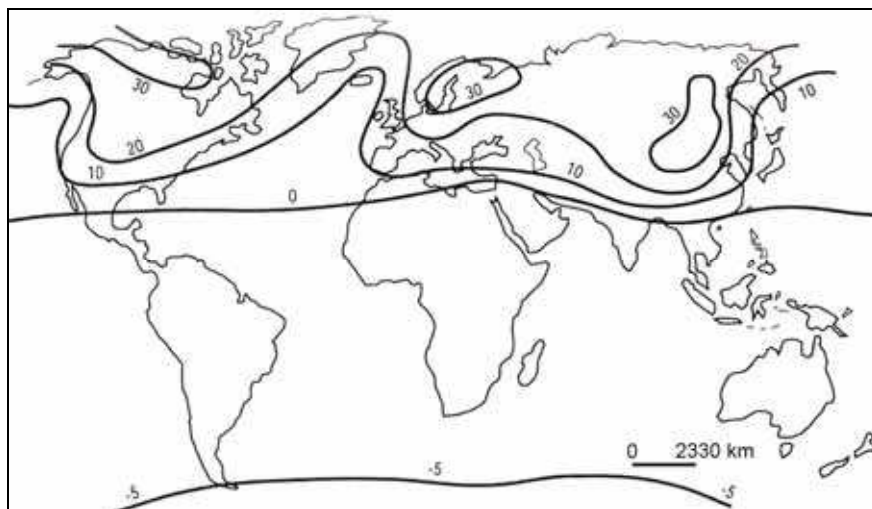
---

<sup>9</sup> Pentru comparație, explozia de la Hiroshima a avut o putere echivalentă cu 13 kt de trinitrotoluen.

Ambele procese ar avea efecte distrugătoare asupra activităților umane și ecosistemelor naturale (prin poluarea solului, compromiterea culturilor agricole, degradarea sau dispariția vegetației și faunei), care ar persista perioade îndelungate (de exemplu, numai revenirea la normal a temperaturilor ar putea dura peste 1 an, în cazul unui război nuclear total).



a.



b.

**Fig. 48.** a. Iarna nucleară - răcirea estimată a se produce la 40 de zile după o explozie nucleară de 6000 Mt în emisfera nordică; b. Reîncălzirea prevăzută a avea loc după o explozie de 6000 Mt în emisfera nordică (Claval, 2001)



#### 9.4. Cooperarea internațională pentru prevenirea și atenuarea hazardelor nucleare

În prezent sunt în vigoare o serie de acorduri internaționale destinate atenuării impactului hazardelor nucleare, precum *Convenția de Notificare Timpurie a Accidentelor Nucleare*, *Convenția de Asistență în Cazul unui Accident Nuclear* (încheiate în 1986, respectiv 1987, după accidentul de la Cernobîl) și *Convenția comună pentru managementul în condiții de siguranță a combustibililor nucleari uzați și a deșeurilor radioactive*. Cooperarea internațională pentru prevenirea conflictelor nucleare este susținută prin *Tratatul de Neplifera Nucleară*, încheiat în 1970, care promovează dezarmarea nucleară, utilizarea pașnică a tehnologiei nucleare și neplifera armelor nucleare. Tratatul a fost ratificat de cinci dintre statele deținătoare de arme nucleare (S.U.A., Federația Rusă, Marea Britanie, Franța, China), dar nu și de India, Pakistan (state care derulează programe și teste nucleare), Coreea de Nord, Iran și Israel (considerate posibile deținătoare ale unor arme nucleare).

#### 9.5. Evaluarea riscului la accidente nucleare

Metodologia de evaluare a riscului la accidente nucleare trebuie să permită aprecieri asupra elementelor la risc, asupra probabilității de producere a evenimentelor nucleare și asupra posibilelor consecințe. În acest scop, sunt utilizate modele matematice, analize geografice, informații statistice, imagini satelitare și studii sociologice.

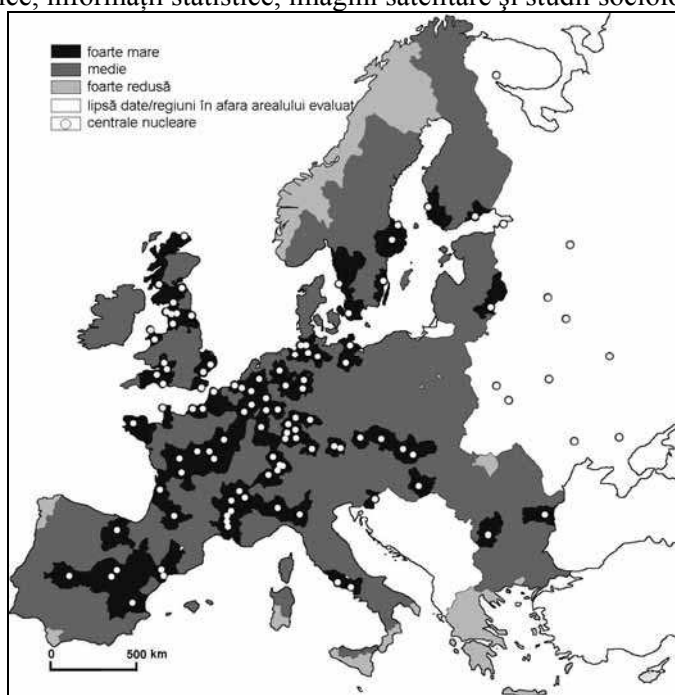


Fig. 49. Probabilitatea de contaminare radioactivă în cazul unui accident nuclear în Europa – spațiul ESPON (Schmidt-Thome, 2006, prelucrat)

Pentru evaluarea expunerii la accidente nucleare, sunt deosebit de utile *hărțile de hazard nuclear*, realizate pe baza unor indicatori precum: distanța față de centralele nucleare, cantitatea de combustibil nuclear existentă în instalații, caracteristicile tehnice și standardele de securitate ale centralelor.

De exemplu, în cadrul proiectului european ESPON (2000-2006), au fost identificate trei categorii de regiuni, în funcție de probabilitatea de contaminare radioactivă (fig. 49): regiuni direct afectate, cu probabilitate foarte mare de contaminare radioactivă în cazul unui hazard nuclear (situat la mai puțin de 30 km față de o centrală nucleară); regiuni indirect afectate, cu probabilitate medie de contaminare (situat la 30-300 km distanță) și regiuni cu probabilitate de contaminare foarte redusă (situat la peste 300 km distanță față de o centrală nucleară) – Schmidt-Thome, 2006.

Impactul hazardelor nucleare asupra regiunilor populate, asupra ariilor protejate sau activităților economice poate fi prognozat pe baza *modelelor de dispersie* a emisiilor radioactive (casete), create pentru diferite scenarii de producere a accidentelor nucleare. În cadrul programelor internaționale pentru prevenirea și atenuarea accidentelor nucleare sunt utilizate și *bazele de date* referitoare la efectele acestor evenimente (pagube, grupuri vulnerabile, arii afectate, frecvență); sunt facilitate astfel atât pregătirea pre-dezastru, cât și intervențiile reale în caz de accident (ex.: proiectul RODOS<sup>10</sup>, funcțional în Europa din 1989).

**Modele de dispersie a norului radioactiv.** La inițiativa Comisiei Europene, a Agenției Internaționale pentru Energie Atomică și a O.M.M., a fost organizat în 1994 experimentul ETEX (European Tracer Experiment). Obiectivele experimentului au fost evaluarea capacității de răspuns în situații de urgență, organizarea unei emisii de trăsori și realizarea unei baze de date care să permită verificarea diferitelor modele de transport și dispersie atmosferică a substanțelor radioactive.

Ideea experimentului s-a născut după accidentul de la Cernobâl, când s-au pus bazele programului ATMES<sup>11</sup>, pentru realizarea modelelor de dispersie atmosferică a norului radioactiv. În cadrul ETEX au fost realizate două emisii controlate de trăsori non-toxici, în octombrie și noiembrie 1994, de la o sursă localizată în vestul Franței. Rețeaua de monitorizare și prelevare a fost realizată cu ajutorul stațiilor meteorologice, distribuite uniform în Europa și conectate la O.M.M.. Stațiile au prelevat automat probe atmosferice, timp de 72 h, cele 9000 de probe obținute la ambele emisii fiind ulterior analizate și corelate cu măsurători realizate la nivelul solului și la altitudini de 300-1200 m.

Unul dintre cele mai performante modele numerice de dispersie a norului radioactiv este modelul danez DERMA<sup>12</sup>, care utilizează date meteorologice preluate din modelele numerice de prognoză a vremii. DERMA poate descrie transportul materialelor radioactive și dispersia în atmosferă a norului radioactiv, de la 20 km distanță de sursă și până la scară globală. De asemenea, modelul poate fi utilizat și pentru identificarea surselor de emisie, atunci când se înregistrează creșteri ale radioactivității.

<sup>10</sup> Realtime Online Decision Support System for Nuclear Emergency Management, [www.rodos.fzk.de](http://www.rodos.fzk.de)

<sup>11</sup> Atmospheric Transport Model Evaluation Study

<sup>12</sup> Danish Emergency Response Model of the Atmosphere, [www.dmi.dk](http://www.dmi.dk)

## 10. CONFLICTELE

Una dintre cele mai severe amenințări la adresa mediului și a societății o constituie conflictele, hazarde antropice generate de opoziția dintre interesele a două sau mai multe părți (state, organizații sau grupuri organizate), cu o anumită durată și intensitate.

Majoritatea conflictelor actuale vizează aspecte precum: independența statelor, autodeterminarea națiunilor, delimitarea frontierelor, revendicarea unor teritorii sau resurse și obținerea accesului la puterea politică pe plan intern sau internațional.

În ultima jumătate de secol numărul total al conflictelor a crescut de cca. 3 ori (fig. 50), continentele cele mai afectate fiind Asia și Africa, unde s-au înregistrat peste 70% din conflictele armate produse în acest interval (UCDP, 2006). Africa Centrală, Asia de Sud și Orientul Mijlociu se remarcă și în prezent prin gradul ridicat de instabilitate politică și socială, generator de conflicte violente (fig. 51).

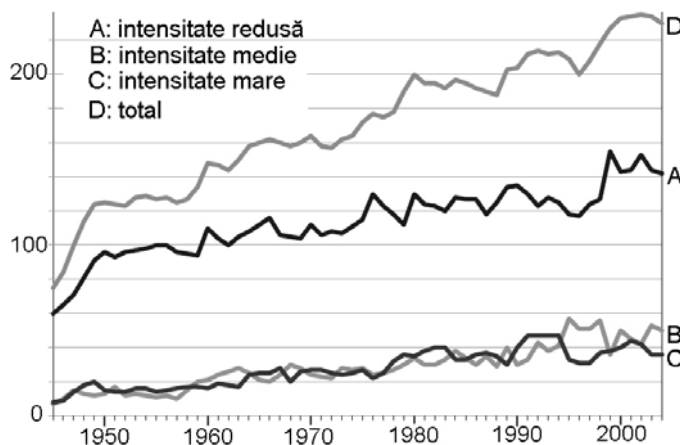


Fig. 50. Evoluția numărului de conflicte la nivel mondial, pe categorii de intensitate, în intervalul 1945-2005 (HIIK, 2006)

### 10.1. Clasificarea conflictelor

**Clasificarea conflictelor** se realizează după mai multe criterii. Astfel, în funcție de *cauzele* care le-au generat, se pot distinge (Costachie, 2004): conflicte de natură teritorială; conflicte de graniță; conflicte etnice; conflicte religioase; conflicte economice; conflicte sociale; conflicte politico-ideologice și conflicte culturale. La nivelul anului 2005, cele mai frecvente au fost conflictele ideologice (27%), conflictele pentru obținerea puterii de stat (21%) și cele în care se disputau teritoriile sau resurse (peste 30%) – HIIK, 2006.

După *modul de manifestare* a conflictelor și intensitatea acestora, se individualizează 2 mari categorii (HIIK, 2004; HIIK, 2006): conflicte non-violente, cele mai numeroase (peste 60% din total în anul 2005) și conflicte violente, respectiv crize, crize severe și războaie (tabel 27).

După criteriul *părților implicate*, conflictele armate pot fi (UCDP/PRIO, 2006):

- *Conflicte extrasistemice*, care se produc între un stat și o formațiune non-statală din afara teritoriului său. Ex.: conflictele din anii '50-'60 dintre Franța și formațiunile de eliberare națională din Maroc, Tunisia și Algeria.
- *Conflicte interstatale*, în care sunt implicate două sau mai multe state. Ex.: conflictele dintre S.U.A. și Panama (1989), dintre India și Pakistan (1990-1992), Războiul din Golf (1990-1991).
- *Conflicte interne*, care au loc între guvernul unui stat și unul sau mai multe grupuri interne de opoziție, fără intervenția altor state; această categorie deține și ponderea cea mai mare în totalul conflictelor armate produse după 1949 (45%). Ex.: conflictele dintre guvernul thailandez și insurgenții Patani (2003-2005), dintre guvernul peruan și organizația Sendero Luminoso (1981-1999), dintre guvernul indian și insurgenții din provincia Kashmir sau dintre guvernul rus și separatiștii ceceni, ultimele două derulându-se și în prezent.
- *Conflicte interne internaționalizate*, produse între guvernul unui stat și unul sau mai multe grupuri interne de opoziție, cu intervenția altor state de partea unuia sau a ambilor combatanți. Ex.: războiul din Vietnam, conflictele din Azerbaidjan (1991), Kosovo (1998-1999) și Afganistan (2001-prezent).

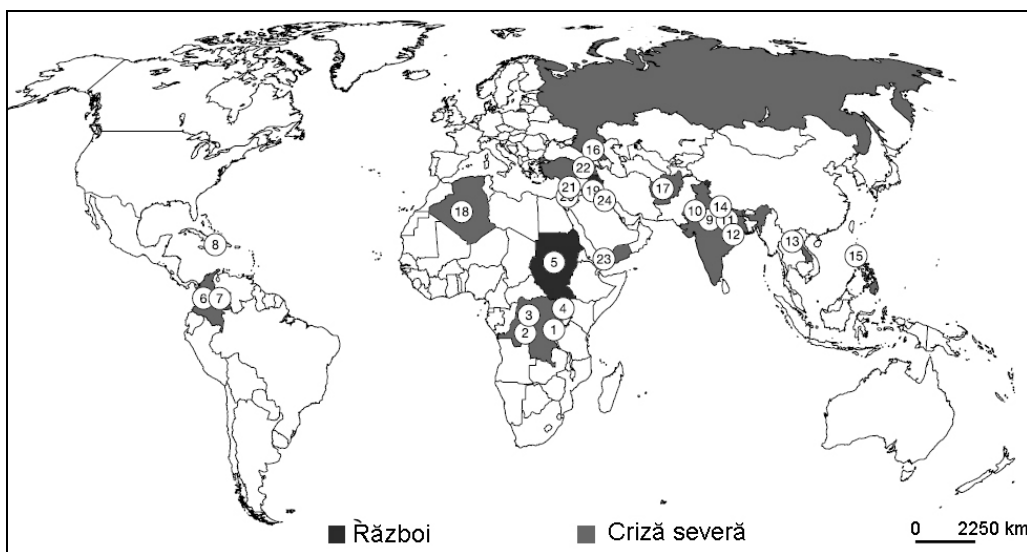


Fig. 51. Statele afectate de conflicte violente în anul 2005<sup>13</sup> (HIIK, 2006)

<sup>13</sup> Crize severe: 1. Burundi (preluarea puterii de stat); 2-3. R.D. Congo (resurse, dominație regională sau preluarea puterii de stat); 4. Uganda (autonomie); 6-7. Columbia (regim politic/ideologie, preluarea puterii de stat); 8. Haiti (preluarea puterii de stat); 9-12. India (secesiune, resurse); 13. Laos (autonomie, regim politic/ideologie, preluarea puterii de stat); 14. Nepal (ideologie, preluarea puterii de stat); 15. Filipine (secesiune); 16. Rusia (secesiune); 17. Afganistan (dominație regională, regim politic/ideologie, preluarea puterii de stat); 18. Algeria (preluarea puterii de stat, regim politic/ideologie); 19. Iraq (preluarea puterii de stat, regim politic/ideologie); 20-21. Israel (secesiune, regim politic/ideologie, resurse); 22. Turcia (autonomie); 23. Yemen (regim politic/ideologie).

Războaie: 5. Sudan (dominație regională); 24. Iraq (putere națională, regim politic/ideologie).

Tabel 27

**Clasificarea conflictelor după intensitate**  
(HIIK, 2004; HIIK, 2006)

Tipul	Categoria de intensitate	Nivelul de intensitate	Denumirea și ponderea în 2005	Definiție	Evenimente caracteristice la nivel internațional	Evenimente caracteristice la nivel național
Conflicte non-violente	Intensitate redusă	1	Conflict latent (26%)	Diferend asupra unor valori cu semnificație națională; una din părți comunică celorlalte poziția sa.	Diferende, ciocniri de interese, cereri/ revendicări cu privire la valorile naționale implicate.	Diferende, ciocniri de interese, cereri/ revendicări cu privire la valorile naționale implicate.
		2	Conflict evident (35%)	Conflict în care utilizarea violenței este în stadiu incipient (se face uz de amenințări, presiuni verbale, sancțiuni economice).	Cereri/ revendicări și amenințări.	Cereri/ revendicări și amenințări.
Conflicte violente	Intensitate medie	3	Criză (29%)	Situație tensionată în care cel puțin una din părți utilizează violența în incidente sporadice.	Ambuscade în zona de frontieră, ciocniri violente de scurtă durată.	Rebeliune, revoltă, lovitură de stat, atac terorist.
	Intensitate mare	4	Criză severă (9%)	Conflict în care se face uz de violență în mod repetat și organizat.	Ciocniri violente repetate, organizate.	Ciocniri violente repetate, dar cu întreruperi semnificative; lupte de gherilă, atacuri teroriste numeroase, continue.
		5	Război (1%)	Conflict în care se face uz de violență în mod continuu, organizat și sistematic. Părțile implicate iau măsuri de amploare, iar impactul este puternic și de lungă durată.	Utilizare sistematică a violenței, de-a lungul unei anumite perioade de timp.	Război civil, utilizarea tuturor resurselor disponibile, organizarea economiei de război.

## 10.2. Impactul conflictelor asupra mediului înconjurător

Utilizarea armelor chimice, circulația utilajelor grele și a mașinilor de război, depozitarea necontrolată a deșeurilor, incendiile de pădure, deversările de petrol, exploziile în câmpurile de foraj și poluarea sunt câteva dintre evenimentele asociate conflictelor, cu efecte severe și de durată asupra mediului înconjurător.

În funcție de posibilitatea de refacere a ecosistemelor afectate de conflicte, au fost identificate două categorii de degradare a mediului înconjurător (Brauer, 2000):

- a. *Degradare cu posibilitate de refacere totală sau parțială.* Aceste tipuri de efecte au fost generate, de exemplu, de războiul din Golf, când s-a înregistrat unul dintre cele mai severe cazuri de poluare cu hidrocarburi, prin deversarea a 6-8 mil. barili de petrol în Golful Persic. Peste 700 de puțuri de petrol din Kuwait au fost incendiate, poluarea atmosferică determinând pe termen scurt o reducere a a temperaturii apei mării cu 2,5°C față de media anuală la Manifa (Arabia Saudită), cu efecte asupra ecosistemelor acvatice. La 3 ani după evenimente, efectele războiului se mențineau pe cca. 30% din suprafața Kuwaitului (poluare cu petrol, degradarea vegetației, salinizarea unor terenuri, prezența câmpurilor minate). Conform evaluărilor IUCN, ecosistemele acvatice au fost totuși mai mult sau mai puțin reabilite, deoarece până în 1993 poluarea cu petrol s-a diminuat, ajungând la un nivel apropiat anului 1986 (Price *et al.*, 1994).

În timpul conflictului dintre Israel și Liban (iulie-august 2006), bombardarea centralei electrice Jiyeh, situată în apropiere de Beirut, a dus la deversarea a 20000-30000 t de petrol în estul Mării Mediterane; pata de petrol, cu o lățime de 10 km, a acoperit cca. 170 km de litoral, fiind afectat, printre altele, și habitatul unor specii protejate, precum țestoasa verde de mare. Guvernul libanez a estimat că perioada necesară pentru refacerea arealului afectat va fi de 10 ani, iar costurile pentru depoluarea inițială s-au ridicat, conform ONU, la 64 mil. USD. Bombardamentele au produs și incendii de pădure în nordul Israelului, suprafețele forestiere urmând a fi reabilite în cca. 50-60 de ani.<sup>14</sup>

- b. *Distrugere*, caz în care ecosistemele afectate nu se mai pot reabilita (ex.: o parte din recifii de corali din Pacific distruși în al doilea război mondial – Lanier-Graham, 1993).

Efectele conflictelor asupra mediului înconjurător au fost de asemenea clasificate în (Lanier-Graham, 1993, citat de Brauer, 2000):

- *Efecte directe* (intenționate sau accidentale). Printre acțiunile deliberate, se numără distrugerea culturilor agricole sau inundarea unor areale, în cadrul strategiei de război. De exemplu, 17% din suprafața Olandei a fost inundată de germani în al doilea război mondial, prin distrugerea digurilor de la Marea Nordului. Din categoria efectelor accidentale, poate fi menționată distrugerea vegetației sărace din regiunile deșertice, în urma circulației vehiculelor grele, fapt

---

<sup>14</sup> Sursa: BBC News, 2-16.08.2006; Jewish National Fund, Press Release, [www.jnf.net](http://www.jnf.net), 14.08.2006

ce duce la o mai mare vulnerabilitate a terenurilor la eroziune eoliană și la creșterea frecvenței furtunilor de nisip (Lanier-Graham, 1993).

- *Efecte indirecte*, legate în general de migrația refugiaților de război. De exemplu, în urma războiului civil din Rwanda (1994), peste 2000000<sup>15</sup> de persoane și-au pierdut locuințele și s-au refugiat în statele vecine; din cauza suprapopulării, la întoarcere și-au refăcut gospodăriile în perimetrul pădurilor montane cu regim de arii protejate, distrugând o parte din habitatul gorilei de munte. În timpul războiului din Vietnam, utilizarea substanțelor defoliante și incendiile au afectat cca. 15000 km<sup>2</sup> de terenuri agricole și forestiere; populația nu a mai putut utiliza terenurile astfel compromise, defrișând noi suprafețe de pădure, astfel încât, până în 1983, Vietnamul pierduse 50% din suprafața acoperită cu păduri în urmă cu 40 de ani (Thomas, 1995, citat de Brauer, 2000).

### 10.3. Impactul socio-economic al conflictelor

Statele implicate în conflicte resimt efectele acestora atât pe plan economic (ex.: declin generat de investițiile pentru înarmare, distrugerea infrastructurii și a unor obiective economice, degradarea terenurilor sau imposibilitatea de utilizare a lor din cauza minelor neexplodate), cât și pe plan social (sărăcie, migrații, declanșarea unor epidemii ca urmare a accesului precar la servicii medicale sau la resurse de apă potabilă).

Cele două războaie mondiale rămân în istorie nu numai prin amploarea operațiunilor militare și prin implicațiile politice și economice, ci și prin numărul imens de victime omenești și răniți. Al doilea război mondial a provocat cca. 55-62 mil. victime (2,5% din populația mondială la momentul respectiv), din care 37 mil. au fost civili (inclusiv victimele Holocaustului); de asemenea, conflictul a generat și colapsul economic al statelor europene. *Costurile economice* semnificative și numărul mare de *victime civile și refugiați* sunt și o caracteristică a conflictelor contemporane, după cum demonstrează conflictul dintre Israel și Liban (2006), în care și-au pierdut viața peste 1000 de persoane (majoritatea civili libanezi), iar cca. 1,2 mil. au fost strămutate; chiar și după încetarea războiului, peste 250000 de libanezi au rămas refugiați. O mare parte din sudul Libanului este încă nelocuită, din cauza numeroaselor mine neexplodate. După numai o lună de conflict, pagubele economice se ridicau la peste 15 mld. USD<sup>16</sup>.

*Încălcarea drepturilor omului și crimele împotriva umanității* constituie, de asemenea, nu doar un atribut al conflictelor de la începutul secolului (ex.: genocidul armenilor din Imperiul Otoman, între 1915-1917), ci și o realitate contemporană (ex.: războiul civil din R.D.Congo, 1998-2003; războiul din Kosovo, 1996-1999; războiul din Iraq, declanșat în 2003).

---

<sup>15</sup> Sursa: [www.lenntech.com/environmental-effects-war.htm](http://www.lenntech.com/environmental-effects-war.htm)

<sup>16</sup> Sursa: [www.en.wikipedia.org](http://www.en.wikipedia.org)

În ultimele decenii, printre statele grav afectate de conflicte au fost cele africane<sup>17</sup>, unde *hazardele naturale au accentuat urmările războaielor*. De exemplu, pe fondul conflictelor dintre Etiopia și Eritreea (1961-1993, 1998-2003), seceta severă a dus la foamete, deoarece o mare parte a fondurilor guvernamentale au fost investite în achiziționarea de armament; cca. 40% din locuitori nu beneficiază nici până în prezent de resurse adecvate de hrană.

În cazul războiului civil din R.D. Congo (1998-2003) epidemiile, lipsa accesului la apă potabilă și malnutriția/foametea au provocat moartea a peste 3 mil. persoane. În Sudan, efectele conflictelor din perioada 1986-2005 au fost agravate de secetă, deșertificare și eroziunea solului; în aceste condiții, peste 1,5 mil. persoane și-au pierdut viața, iar 4 mil. s-au refugiat în statele vecine. Foametea din 1998, care a afectat mai ales sud-vestul Sudanului (regiunea Bahr El Ghazal) este considerată un dezastru umanitar, generat de secetă și de abuzurile asupra drepturilor omului din timpul conflictelor civile.

Populația din regiunile afectate de conflicte poate resimți *efecte asupra sănătății* pe termen lung, ca urmare a utilizării minelor antipersonal, a gazelor toxice sau din cauza traumelor psihice suferite. De exemplu, unul din agenții defolianți folosiți în războiul din Vietnam (*Agent Orange*), conținea dioxină, o substanță care se acumulează în lanțul trofic, având efecte cancerigene. Consecințele sunt și în prezent monitorizate în rândul populației locale și al combatanților din S.U.A., Australia, Canada și Noua Zeelandă, o serie de cazuri de cancer, diabet și malformații congenitale fiind considerate efecte ale expunerii la *Agent Orange*.

La nivel mondial există cca. 350000-400000 de supraviețuitori ai *minelor antipersonal*; numai în 2005 au fost raportate 7328 de noi victime (40% în Afganistan, Cambodgia și Columbia), dar se estimează că numărul real este mult mai mare (15000-20000 de noi victime anual). Peste 70 de state sunt afectate în prezent de această problemă, grupurile cele mai expuse fiind: refugiații reîntorși în zonele de conflict, populația nomadă și seminomadă și populația din regiunile rurale. Cu toate acestea, producția și utilizarea minelor continuă, în state precum Myanmar, Nepal și Fed. Rusă (Landmine Monitor Report, 2006).

#### **10.4. Atenuarea impactului conflictelor și eforturi de menținere a păcii**

Pe plan internațional, există numeroase organizații implicate în programe de reabilitare post-conflict, printre care Banca Mondială, Federația Internațională a Societăților de Cruce Roșie și Semilună Roșie (I.F.R.C.) și O.N.U., prin agențiile și departamentele sale (ex.: Înalta Comisie pentru Refugiați, Organizația Mondială a Sănătății, Departamentul pentru Menținerea Păcii, Departamentul pentru Dezarmare). Astfel, începând din 1948, O.N.U. a coordonat la nivel mondial 61 de operațiuni de menținere a păcii, care au necesitat un efort financiar de peste 41 mld. USD. Dintre acestea, în luna august 2006 se mai aflau în derulare 16 operațiuni, în Africa (ex.: Sudan,

---

<sup>17</sup> Sursele datelor referitoare la urmările conflictelor în statele africane: Amnesty International, [www.web.amnesty.org/library/](http://www.web.amnesty.org/library/); [www.lenntech.com/environmental-effects-war.htm](http://www.lenntech.com/environmental-effects-war.htm); [www.en.wikipedia.org](http://www.en.wikipedia.org); Matei et al., 2005.



R.D.Congo, Liberia, Coasta de Fildes), Asia (ex.: Liban, Timorul de Est, India, Pakistan), Europa (Kosovo și Georgia) și America Centrală (Haiti).

Eforturile de dezarmare și de menținere a păcii sunt susținute și de convențiile internaționale de interzicere a armelor nucleare (vezi *Hazarde nucleare*), chimice (*Convenția Armelor Chimice*, 1992), biologice (*Convenția Armelor Biologice*, 1975) și a minelor antipersonal (*Tratatul de interzicere a minelor*, 1997). Eficiența acestora depinde însă de instrumentele de monitorizare disponibile și de capacitatea comunității internaționale de a implementa prevederile convențiilor. Unul din programele cu rezultate vizibile este *Campania Internațională de Interzicere a Minelor*, în cadrul căreia au fost realizate: operațiuni de deminare (ex.: 740 km<sup>2</sup> deminați în 2005, în special în Bosnia-Herțegovina, Cambodgia și Yemen); acțiuni de asistență a victimelor și de educare a populației privind riscul reprezentat de mine; acțiuni de strângere și alocare de fonduri (ex.: 376 mil. USD în 2005, cea mai mare parte destinați statelor Afganistan, Sudan, Angola, Iraq și Cambodgia) - Landmine Monitor Report, 2006.

## 10.5. Expunerea teritoriului României la conflicte

În România, conflictele cu cel mai puternic impact au fost cele două războaie mondiale. Pe lângă declinul economiei, acestea au generat și numeroase victime, atât în rândul armatei (ex.: peste 450000 de morți și dispăruți în cel de-al doilea război mondial – Constantiniu, 1999), cât și în rândul populației civile (ex.: masacrarea populației românești din Transilvania, în septembrie 1940 și septembrie-octombrie 1944, când au fost afectate așezări ca Ip, Trăznea, Moisei și Iara).

În ultimele două decenii, evenimente precum Revoluția din 1989 sau cele șase mineriade (ianuarie, februarie și iunie 1990; septembrie 1991; ianuarie și februarie 1999) au influențat la rândul lor viața politică și socio-economică a țării. De exemplu, în urma mineriadei din iunie 1990 șase persoane și-au pierdut viața, iar peste 100 au fost rănite, conform comisiilor parlamentare de anchetă. Aceste evenimente au afectat semnificativ și imaginea externă a României, de exemplu mineriada din septembrie 1991, urmată de demisia primului ministru, sau violențele interetnice de la Târgu Mureș (martie 1990), soldate cu 8 morți și sute de răniți (Mungiu-Pippidi, 2000, citat de Andersen, 2005).

Conform *Conflictbarometer* (2003-2005), perioada de după 1990 este caracterizată în România de existența a două conflicte latente:

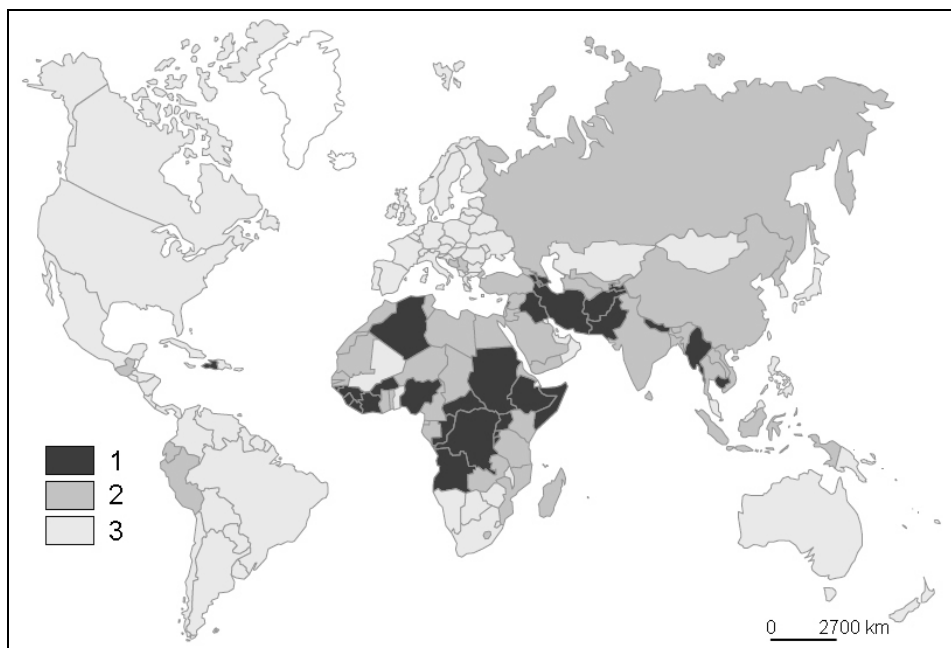
- Conflictul între minoritatea maghiară și Guvern, generat de disputele privind autonomia culturală a acestei minorități.
- Conflictul între România și Ucraina, legat de negocierile *Acordului privind delimitarea platoului continental și a zonelor economice exclusive în Marea Neagră*, derulate în perioada 1998-2004 și aflate în curs de soluționare la Curtea Internațională de Justiție de la Haga (Ministerul Afacerilor Externe, 2006).

## 10.6. Evaluarea riscului de producere a conflictelor

În cazul conflictelor, evaluarea riscului se poate realiza prin estimarea pagubelor produse, prin analiza frecvenței și intensității evenimentelor și prin corelarea cu indicatori ai instabilității sociale și politice la nivel național (ex.: tipul de regim politic, respectarea drepturilor omului sau localizarea în apropierea unor zone de criză).

*Vulnerabilitatea statelor la conflicte* este invers proporțională cu capacitatea de menținere a păcii și de management al crizelor politice potențial destabilizatoare. La nivel mondial au fost identificate 3 niveluri ale capacității de menținere a păcii (fig. 52), prin integrarea a 7 indicatori (Marshall și Gurr, 2005):

- *Securitate umană*: încorporează informații referitoare la conflicte armate și rebeliuni, lupte interne, refugiați, acțiuni de represiune, terorism și, în unele cazuri, crime împotriva umanității.
- *Mișcări de autodeterminare*: indicatorul evaluează modul în care guvernul unui stat a reușit să aplaneze conflictele legate de autodeterminare, într-un anumit interval de timp.
- *Discriminare*: prezența unor politici guvernamentale sau practici sociale de discriminare (economică și politică) a grupurilor minoritare.



**Fig. 52.** Capacitatea de menținere a păcii: 1. minimă; 2. medie; 3. maximă (Marshall și Gurr, 2005)

- *Regimul politic.*
- *Maturitatea sistemului politic* și capacitatea de management a conflictelor.
- *Nivelul de dezvoltare a societății*: include date referitoare la venituri (PIB/loc.) și consum (consumul de energie/loc.).

- *Poziția geografică* a statelor în raport cu cele 10 „vecinătăți” considerate relevante politic. Acestea au fost delimitate în funcție de regimul politic predominant și de existența conflictelor armate: Africa de Vest, Africa de Nord, Africa de Est, Africa de Sud, Orientul Mijlociu, Asia de Sud, Asia de Est, America de Sud, America Centrală, și Europa/America de Nord.

În categoria statelor cu o capacitate maximă de menținere a păcii intră cele care au reușit să evite declanșarea unor conflicte violente în anul anterior analizei (2004) și să ofere populației un nivel rezonabil de securitate după 1990 (ex.: statele din Europa de Vest); sunt state în care nu există politici active de discriminare politică sau economică împotriva minorităților, care mențin instituții democratice stabile, dețin resurse umane și materiale semnificative și nu se confruntă cu amenințări din partea vecinilor la adresa securității naționale.

Capacitatea minimă de menținere a păcii nu indică izbucnirea iminentă a unor conflicte armate, ci doar vulnerabilitatea ridicată a statelor la astfel de situații; statele din această categorie (ex.: R.D. Congo, Sudan, Afganistan, Iran) prezintă cel mai mare risc de neglijare sau de proastă gestionare a crizelor interne, astfel încât acestea pot escalada până la nivelul unor conflicte violente.

## 11. TERORISMUL

### 11.1. Introducere

Terorismul și războiul împotriva terorismului au devenit în prezent cele mai importante probleme ale comunității internaționale în domeniul securității. Totuși, terorismul nu este un fenomen nou. Printre cele mai timpurii exemple de terorism sunt acțiunile unor grupări religioase iudaice din sec. I (Zeloții și Sicarii), îndreptate împotriva autorităților romane și a evreilor care colaborau cu acestea. Și adepții altor religii au recurs la metode care ar putea fi clasificate drept terorism: Asasinii (sectă musulmană, apărută în sec. XI în Orientul Mijlociu) și Criminalii (cult religios indian, activ din sec. VII până la mijlocul sec. XIX și considerat responsabil pentru moartea prin strangulare a cca. 1 mil. de persoane) (Burgess, 2003).

Termenul terorism provine de la *regime de la terreur – regimul terorii*, instaurat în Franța între anii 1793-1794. În accepțiunea inițială, termenul avea conotații pozitive, fiind asociat cu idealuri de virtute și democrație (Hoffman, 1998). Instrument al statului, regimul terorii era destinat consolidării noului guvern revoluționar și protejării acestuia împotriva dizidenților și a elementelor subversive.

În prezent, termenul desemnează un fenomen deosebit de complex, respectiv utilizarea forței sau a violenței în scopuri sociale sau politice, de către indivizi, grupuri organizate sau state. Terorismul provoacă teamă sau panică în rândul populației și afectează persoane inocente sau necombatante, urmărindu-se câștigarea de concesiuni, obținerea publicității maxime pentru o anumită cauză, provocarea represiunii, distrugerea ordinii sociale sau destabilizarea instituțională (Erdeli et al., 1999). Mișcările teroriste reprezintă o categorie aparte de conflicte, în care este evitată confruntarea militară directă, iar utilizarea violenței și provocarea intenționată a unor victime sau pagube materiale au drept scop intimidarea sau constrângerea unui guvern, a unor persoane sau a unor grupări, pentru îndeplinirea unor obiective politice sau ideologice.

Tabel 28

#### Cele mai grave atacuri teroriste produse în perioada 1900-2006

(MIPT-TKB, 2006; U.S. Government Accountability Office, 2004; U.S. Department of State, 2006; [www.en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_terrorist\\_incidents](http://www.en.wikipedia.org/wiki/List_of_terrorist_incidents); Zanders, 1999)

După numărul de victime			După numărul de răniți		
Incidentul	Data	Nr. victime	Incidentul	Data	Nr. răniți
Atacuri al-Qaeda asupra World Trade Center, New York, S.U.A.	11.09.2001	2749	Atacuri al-Qaeda asupra World Trade Center, New York, S.U.A.	11.09.2001	6232
Criza ostaticilor de la școala din Beslan, Osetia de Nord, Fed. Rusă	01-03.09.2004	331	Atac al-Qaeda asupra ambasadei S.U.A. din Nairobi, Kenia	07.08.1998	5000

Atac cu dispozitiv exploziv asupra unui avion Air India, Montreal, Canada	23.06.1985	329	Atac cu gaz sarin în metroul din Tokyo; grupare responsabilă: secta AUM Shinrikyo	20.03.1995	5000
Atacuri succesive cu dispozitive explozive, Mumbai, India	12.03.1993	317	Atac tamil cu dispozitiv exploziv asupra Băncii Centrale din Colombo, Sri Lanka	31.01.1996	1400
Atac libian cu dispozitiv exploziv asupra unui avion Pan Am, Lockerbie, Marea Britanie	21.12.1988	270	Atacuri succesive cu dispozitive explozive, Mumbai, India	12.03.1993	1200
Explozii ale unor mașini-capcană și atacuri cu mortiere în Bagdad (Sadr City), Iraq	23.11.2006	215	Atac cu dispozitiv exploziv asupra World Trade Center, New York, S.U.A.	26.02.1993	1042
Atac al-Qaeda asupra ambasadei S.U.A. din Nairobi, Kenia	07.08.1998	213	Explozia unui autovehicul-capcană, Bogota, Columbia	06.12.1989	1000
Atacuri succesive cu dispozitive explozive asupra rețelei de transport feroviar, Mumbai, India	11.07.2006	209	Contaminare intenționată cu Salmonella a alimentelor din restaurante, The Dalles, Oregon, S.U.A.	09.1984	751
Atac al Jemaah Islamiya asupra unor puncte turistice, Bali, Indonezia	12.10.2002	202	Criza ostaticilor de la școala din Beslan, Osetia de Nord, Fed. Rusă	01-03.09.2004	727
Atacuri cu dispozitive explozive asupra rețelei de transport feroviar, Madrid, Spania	11.03.2004	191	Atacuri succesive cu dispozitive explozive asupra rețelei de transport feroviar, Mumbai, India	11.07.2006	700

În perioada 1968-2006<sup>18</sup> s-au produs peste 30000 de incidente calificate drept atacuri teroriste, care au provocat cca. 43000 de victime și 100000 de răniți. O treime din aceste incidente au avut un caracter internațional, fiind îndreptate către alte state decât cele de origine ale atacatorilor.

La nivel regional, Orientul Mijlociu, Asia de Sud, America de Nord și Africa se disting prin impactul semnificativ al atacurilor teroriste în această perioadă (MIPT-TKB, 2006) – fig. 53. Se remarcă prin consecințele extrem de grave atacurile îndreptate împotriva sistemelor de transport public și asupra centrelor de afaceri din marile orașe (tabel 28).

<sup>18</sup> În acest capitol, datele pentru anul 2006 nu includ luna decembrie.

## 11.2. Tipuri de terorism

În funcție de *motivațiile atacurilor teroriste*, se disting următoarele tipuri de terorism:

a. *Terorismul de stat*: acțiuni de violență de tip represiv, utilizate de autorități împotriva civililor sau a personalităților din opoziție aflate în țară sau în exil, în scopul de a asigura „ordinea socială”. Măsurile opresive (ex.: execuții în masă, muncă forțată, înfometare, asasinat politic) au constituit instrumentul unor regimuri totalitare din state precum: Cambodgia (Khmerii Roșii sunt responsabili de moartea a peste 1 mil. de persoane, între 1975-1979), Chile (dictatura lui Augusto Pinochet, 1973-1990), Iraq (dictatura lui Saddam Hussein, 1979-2003) sau fosta U.R.S.S. (dictatura stalinistă).

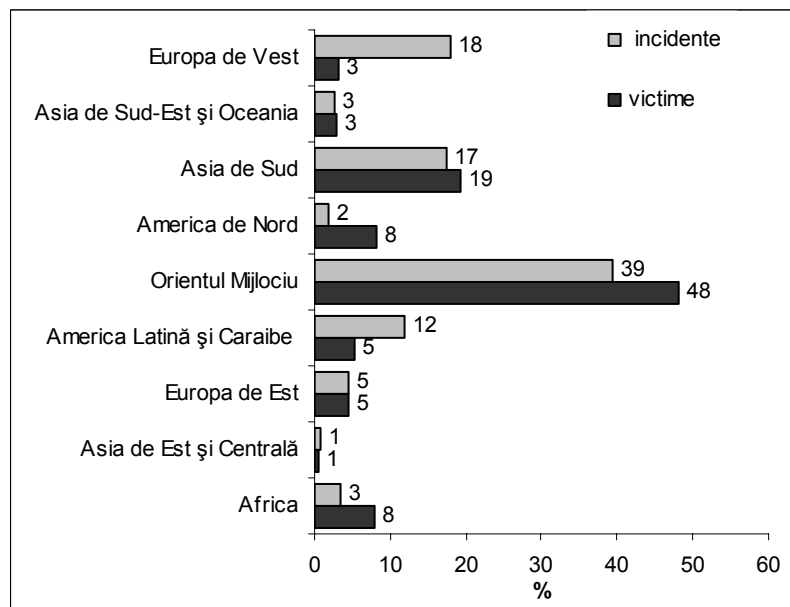


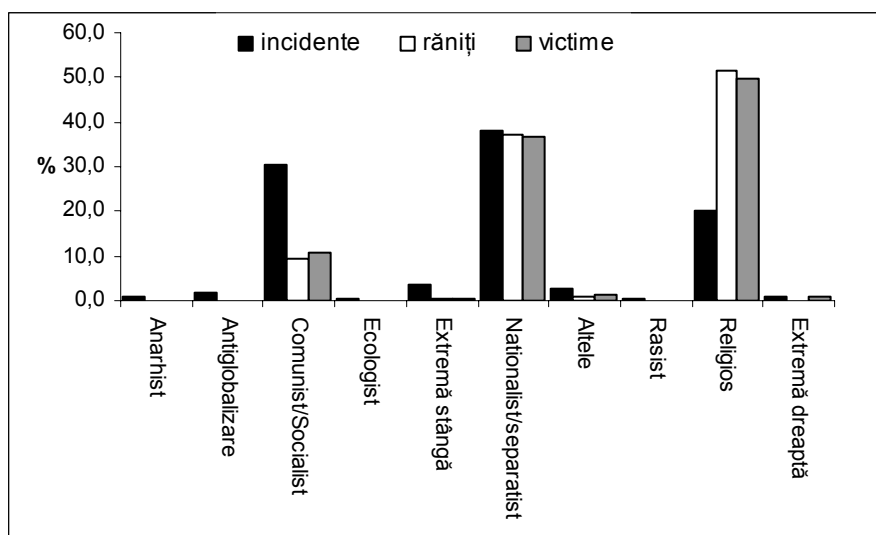
Fig. 53. Atacuri teroriste și impactul acestora la nivel regional (1968-2006)  
Sursa datelor: MIPT-TKB, 2006

b. O formă apropiată este *terorismul finanțat de stat*, care presupune existența unei politici de finanțare și încurajare a atacurilor și organizațiilor teroriste, pentru a destabiliza statele țintă, pentru a exercita represalii asupra acestora sau pentru atragerea atenției asupra unor probleme interne. Primele forme de terorism finanțat de stat au apărut în Balcani (Serbia, Bulgaria), la începutul sec. XX. Astfel, în Serbia, armata și o serie de oficiali din guvern au fost implicați în antrenarea și înarmarea unor grupări teroriste, printre care și *Tinerii Bosniaci*, responsabilă pentru asasinarea lui Franz Ferdinand la Sarajevo, în 1914.

Printre statele suspectate sau denunțate ca finanțatori ai terorismului în ultimul deceniu se numără Iraq, Afganistan, Cuba, Iran, Libia, Siria, Sudan și Coreea de Nord (U.S. DOS, 2001-2006).

c. *Terorismul naționalist/separatist*: acțiunile teroriste au la bază rațiuni etnice și ideologice, obiectivul fiind obținerea independenței naționale sau crearea unui nou stat. Printre cele mai cunoscute organizații teroriste de acest tip sunt: Armata Republicană Irlandeză – IRA, care a militat în perioada 1969-2005 pentru desprinderea Irlandei de Nord de Marea Britanie și formarea unui singur stat irlandez; Organizația pentru Eliberarea Palestinei, fondată în 1964, cu scopul de a desființa statul Israel și de a crea un stat independent palestinian de la Iordan până la Marea Mediterană; Partidul Muncitorilor din Kurdistan – PKK, motivat de formarea unui stat kurd ce ar include teritorii din Turcia, Iran, Iraq și Siria.

d. *Terorismul religios*: deși sunt asociate în general islamului (ex.: organizațiile al-Qaeda, al-Jihad, Hamas, Hezbollah), actele de violență motivate religios nu sunt specifice doar acestei religii, apărând și în buddism (ex.: secta Aum Shinrikyo, în Japonia), creștinism (al doilea Ku Klux Klan, format în 1915, cu acțiuni împotriva catolicilor hispanici și irlandezi) sau iudaism (actele de violență ale sioniștilor, produse în anii '30-'40).



**Fig. 54.** Frecvența și impactul atacurilor aparținând diferitelor tipuri de terorism (1968-2006). Sursa datelor: MIPT-TKB, 2006

Alături de mișcările naționalist-separatiste, acțiunile teroriste cu motivații religioase au cea mai mare frecvență și cel mai puternic impact la nivel internațional; în perioada 1968-2006, aceste două tipuri de terorism au fost responsabile pentru 50% din numărul total al atacurilor teroriste și pentru 85% din numărul total al victimelor produse de acestea (fig. 54).

e. *Terorismul anarhist*: asocierea acțiunilor teroriste cu mișcări revoluționare, antistatale s-a produs pentru prima dată la sfârșitul sec. XIX-începutul sec. XX. Una din cele mai importante grupări teroriste din această perioadă a fost *Narodnaia Volia (Voința Poporului)*, formată 1878, cu scopul de a se opune regimului țarist. Acțiunile grupării

Narodnaia Volia (printre care asasinarea lui Alexandru I în 1881) au inspirat mișcările radicale de pretutindeni, care însă nu au preluat și grija acesteia de a evita producerea victimelor inocente (Burgess, 2003).

*f. Narcoterorismul:* termenul a fost utilizat inițial în Peru, pentru a descrie actele de violență ale traficantilor de droguri, îndreptate împotriva autorităților și a forțelor de ordine. Definește încercările traficantilor de droguri de a destabiliza societatea, guvernul sau sistemul juridic al unui stat, de a obține noi surse de finanțare sau adepți, prin utilizarea violenței (ex.: acțiunile grupărilor conduse de Pablo Escobar în Columbia).

După același criteriu, pot fi identificate și alte tipuri de terorism, precum: terorismul politic, terorismul cu motivații rasiale sau etnice, asociat în general mișcărilor de extremă dreaptă, terorismul cu motivații socio-economice (ex.: mișcările antiglobalizare) sau terorismul cu motivații ecologice (ecoterorismul).

Unii autori definesc chiar o nouă categorie de mișcări teroriste, care a marcat începutul mileniului III – *terorismul de tip 11 Septembrie*. Acesta ar include actele de violență întreprinse de grupări militare sub- sau transnaționale împotriva populației civile sau a proprietății private/publice din state dezvoltate economic și militar, obiectivele vizate fiind de natură politică (Ehrlich și Liu, 2002).

Atacurile teroriste pot fi clasificate și în funcție de *tehnicele utilizate*, respectiv:

*a. Atacuri convenționale:* asasinare individuale sau colective; atacuri cu dispozitive explozive; atacuri armate; răpiri și luări de ostatici; deturnări și distrugeri de avioane; incendieri.

*b. Atacuri neconvenționale:* terorism chimic; bioterorism; ciberterorism și terorism nuclear.

### 11.3. Impactul atacurilor teroriste

Impactul atacurilor teroriste a crescut semnificativ în ultimele decenii, această tendință fiind influențată atât de unele caracteristici ale societății, cât și de trăsăturile actuale ale mișcărilor teroriste. Astfel, dezvoltarea rețelelor de comunicație favorizează mediatizarea acțiunilor teroriste și creșterea impactului psihologic al acestora; de asemenea, creșterea dependenței tuturor domeniilor economice și activităților administrative de tehnologie crește vulnerabilitatea la atacuri teroriste (ex.: ciberterorism). Pe de altă parte, organizațiile teroriste și-au diversificat tehnicile de atac și au cunoscut o extindere a ariei de acțiune, prin dezvoltarea rețelelor transnaționale, cum este al-Qaeda.

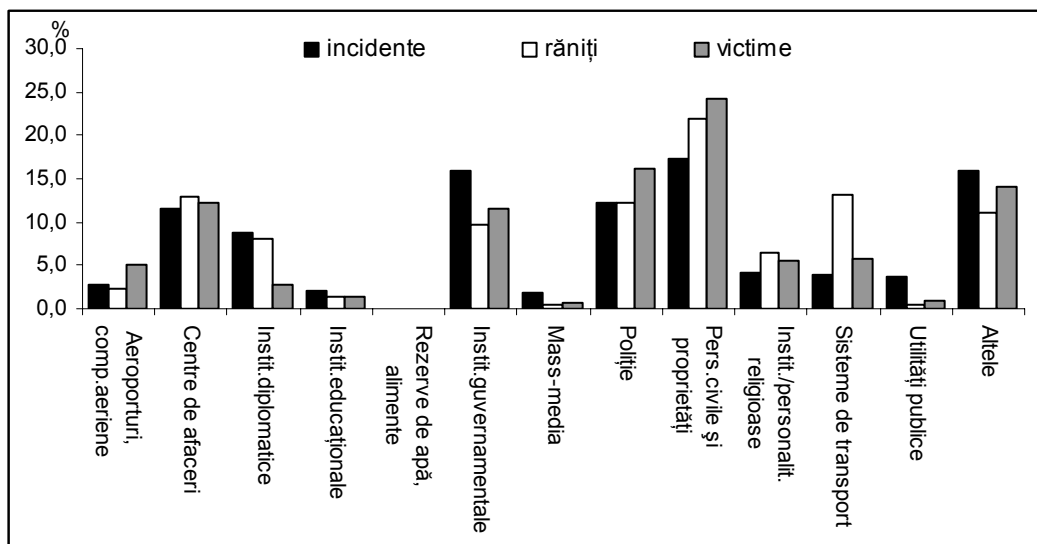
Acțiunile teroriste, prin efectele lor directe sau indirecte și prin țintele alese (fig. 55), pot afecta stabilitatea națională și internațională, activitatea socio-economică, starea de sănătate a populației și pot duce la degradarea mediului.

Asasinarea unor personalități politice a generat în unele cazuri *instabilitate internă și violențe civile*; de exemplu, asasinarea primului ministru indian Indira Gandhi, în 1984, a produs un val de revolte în urma cărora 35000 de persoane și-au pierdut viața (Burgess, 2004). De asemenea, acțiunile teroriste au constituit cauza declanșării unor



*conflicte internaționale* de proporții, precum primul război mondial, izbucnit după asasinarea arhiducelui Frantz Ferdinand în 1914, sau, recent, războiul din Afganistan.

*Efectele economice* ale atacurilor teroriste se resimt atât pe termen scurt (ex.: pagube legate de distrugerea infrastructurii sau a construcțiilor), cât și pe termen mediu sau lung, prin impactul asupra diferitelor domenii economice (ex.: turism, asigurări) sau prin creșterea eforturilor contrateroriste. De exemplu, atacurile asupra S.U.A. din 2001, considerate cele mai costisitoare din istorie, au produs pierderi directe (imEDIATE sau pe termen scurt) de 27,2 mld. USD, respectiv: pagube aduse firmelor și guvernului prin distrugerea bunurilor fizice și costuri de salvare a supraviețuitorilor și de eliberare a arealelor afectate. Costurile indirecte, înregistrate pe termen mediu, au fost însă mult mai mari (cca. 500 mld. USD), fiind resimțite de S.U.A. în domeniul asigurărilor (pierderi de 30-58 mld. USD), al aviației civile (reducerea numărului de călători și disponibilizarea a 8% din personal în lunile următoare atacurilor), în turism și transporturi navale; de asemenea, suma alocată pentru apărarea națională a crescut cu 14% (OECD, 2002; Looney, 2002).



**Fig. 55.** Frecvența și impactul atacurilor teroriste îndreptate asupra diferitelor ținte (1968-2006).  
Sursa datelor: MIPT-TKB, 2006

Pe termen mediu și lung, efectele atacurilor teroriste se pot reflecta și în scăderea investițiilor străine directe sau a PIB. Astfel, ca urmare a terorismului, în Țara Bascilor s-a înregistrat o reducere a PIB/loc. cu 10% pe parcursul a două decenii, iar la nivelul întregii Spanii investițiile străine directe s-au diminuat din aceeași cauză cu 13,5% în intervalul 1976-1991 (Abadie și Gardeazabal, 2005).

*Efectele atacurilor teroriste asupra sănătății* sunt resimțite atât de populația direct afectată, cât de persoanele expuse prin mediatizarea evenimentelor. De exemplu, în cazul atacului asupra unei clădiri guvernamentale din Oklahoma City (aprilie, 1995), simptome asociate sindromului post-traumatic au fost identificate la 16% din copiii și

adolescenții rezidenți la mai puțin de 160 km de oraș, care au fost expuși informațiilor din mass-media referitoare la incident (Hamblen și Slone, 2006).

Efecte complexe asupra sănătății umane au avut și atacurile din 11 septembrie 2001. Numărul exact al răniților nu este cunoscut, apreciindu-se că peste 8000 de persoane au fost tratate sau spitalizate în urma evenimentelor, până la sfârșitul lui septembrie 2001. În urma prăbușirii World Trade Center, cca. 250000-400000 de persoane au fost expuse unui amestec de poluanți (praf, fum și substanțe chimice), afecțiunile respiratorii fiind deosebit de frecvente după evenimente (inclusiv afecțiuni noi, precum „tusea WTC”).

În afara efectelor fizice (fracturi, arsuri, afecțiuni oftalmologice și respiratorii), impactul psihologic a fost foarte puternic (depresie, anxietate, sindrom post-traumatic), ca urmare a mediatizării atacurilor și a caracterului neconvențional al acestora (ex.: în primele zile după 11 septembrie, cca. 44% din populația S.U.A. a resimțit efecte psihice). La trei ani după evenimente, erau încă înregistrate tulburări comportamentale în rândul persoanelor din echipele de intervenție, a copiilor și adolescenților din arealul afectat (U.S. GOA, 2004).

*Impactul asupra mediului* face parte din categoria efectelor indirecte ale terorismului, existând puține situații în care atacurile sunt îndreptate împotriva resurselor sau ecosistemelor naturale, în scopul de a priva populația de beneficiile oferite de acestea sau de a produce pagube economice. Deși foarte rare, tentativele de distrugere vizează mai ales terenurile și culturile agricole sau resursele de apă. De exemplu, în iulie 1999 un dispozitiv exploziv artizanal a fost descoperit în structura de rezistență a rezervor de apă din apropierea orașului Pretoria, Africa de Sud; un caz de contaminare a resurselor de apă s-a înregistrat în Franța, în 2000, când angajații unei uzine chimice au deversat în Meuse cca. 3 t de acid sulfuric, deoarece au fost privați de o serie de beneficii financiare. Ecosistemele naturale pot fi de asemenea periclitate în urma unor acțiuni intenționate (ex.: în 1996, un grup de persoane din Ecuador a ucis mai multe țestoase de Galapagos pentru a protesta împotriva unor restricții de pescuit) - Chalecki, 2001.

Până în prezent, atacurile teroriste convenționale au generat cele mai grave consecințe, în special prin utilizarea dispozitivelor explozive (50% din numărul total de victime provocate de atacuri teroriste – MIPT-TKB, 2006) și prin atacuri armate. Cum interesul grupărilor teroriste față de tehnologie și de armele de distrugere în masă este în creștere, se apreciază că în viitor atacurile neconvenționale ar putea deveni o amenințare semnificativă la adresa comunității internaționale (caseta).

**Impactul atacurilor teroriste neconvenționale.** În cazul *bioterrorismului* (utilizarea intenționată a agenților patogeni – virusuri, bacterii, microorganisme sau spori, pentru a provoca victime omenești și pagube materiale), cele mai periculoase atacuri sunt cele în care sunt implicați agenți biologici de categoria A, cu potențial foarte mare de diseminare și de impact asupra sănătății publice, precum variolă, bacili de antrax, toxină botulinică și virusul febrei hemoragice (Noji, 2001). Există puține situații în care amenințările bioteroriste au fost reale sau reușite. Printre acestea sunt atacurile sectei Rajneesh asupra unei rețele de restaurante (1984, Oregon, S.U.A), în urma cărora au fost contaminate cu Salmonella 751 de persoane. Un alt atac bioterorist s-a produs

în anul 2001, în New York, New Jersey și Florida, când diseminarea bacililor de antrax, prin intermediul unor scrisori contaminate, a provocat 5 morți și 17 răniți.

Cele mai cunoscute cazuri de *terorism chimic* sunt legate de secta Aum Shinrikyo, responsabilă pentru mai multe atacuri cu gaz sarin produse în Japonia (tabel 28). Atacurile cu substanțe toxice sau patogene au fost folosite și în unele cazuri de *agroterorism*, cu scopul de a contamina/distruge culturile agricole sau efectivele de animale.

Actele de *ciberterorism* (atacurile asupra rețelelor de calculatoare) ar putea deveni tot mai frecvente, deoarece presupun costuri minime, identificarea teroriștilor este dificilă, iar printr-un singur atac este afectat un număr mare de ținte (instituții guvernamentale, corporații, calculatoare personale, sisteme de control în aviație, instituții bancare etc.). De asemenea, ciberterorismul asigură și un ecou mediatic mai puternic pentru grupările care îl utilizează. Printre acestea se numără secta Aum, care a fost în spatele unor furnizări de software pentru poliția japoneză și o serie de agenții guvernamentale, în anul 2000. Deși se apreciază că doar 1% dintre haecckeri dispun de cunoștințele necesare pentru un atac informatic semnificativ (Weimann, 2004), pagubele de miliarde de dolari produse de viruși precum *I love you* (2000) sugerează vulnerabilitatea societății actuale la acest tip de atac terorist.

#### 11.4. Combaterea terorismului

În cadrul acțiunilor contrateroriste, cooperarea internațională și regională sunt esențiale. La sfârșitul anului 2005 existau 13 convenții internaționale împotriva terorismului (ex.: *Convenția pentru reprimarea actelor de terorism nuclear – 2005*; *Convenția pentru reprimarea surselor de finanțare a terorismului – 2002*), la care se adăugau o serie de convenții regionale, precum *Convenția Consiliului Europei pentru prevenirea terorismului* (2005). Un alt document care promovează cooperarea în acest domeniu este *Strategia globală împotriva terorismului*, adoptată de O.N.U. în 2006, care recomandă practici de descurajare a terorismului și a finanțării acestuia, dezvoltarea capacității de luptă împotriva terorismului la nivel local, împiedicarea accesului la armele de distrugere în masă și eliminarea factorilor care favorizează dezvoltarea organizațiilor teroriste și recrutarea de noi membrii în cadrul acestora (ex.: discriminarea, extremismul sau abuzurile împotriva drepturilor omului).

După atacurile din septembrie 2001, S.U.A. au lansat un amplu program contraterorist, care cuprinde atât măsuri defensive (ex.: creșterea securității în transporturile internaționale, asistență pentru îmbunătățirea capacității de răspuns în statele confruntate cu amenințări teroriste), cât și măsuri ofensive, concretizate în special în actualul *război împotriva terorismului*, desfășurat cu sprijinul N.A.T.O. În cadrul acestor acțiuni, un rol important l-a avut identificarea grupărilor teroriste, a membrilor acestora (peste 400 de grupări teroriste sau teroriști denunțați ca atare între 2001-2005), monitorizarea surselor de finanțare și reprimarea lor (U.S. DOS, 2006).

Combaterea atacurilor teroriste și atenuarea impactului acestora rămân totuși sarcini extrem de dificile, având în vedere organizarea tot mai complexă a grupărilor teroriste, caracterul imprevizibil al tehnicilor utilizate, dar și persistența factorilor socio-economici, demografici și politici care generează motivațiile terorismului și facilitează atragerea de noi membrii în cadrul grupărilor (ex.: inechitățile sociale, sărăcia, expunerea

la violență, accesul restrictiv la informație, șomajul sau structura populației pe grupe de vârstă și sexe – Ehrlich și Liu, 2002; Marshall și Gurr, 2005).

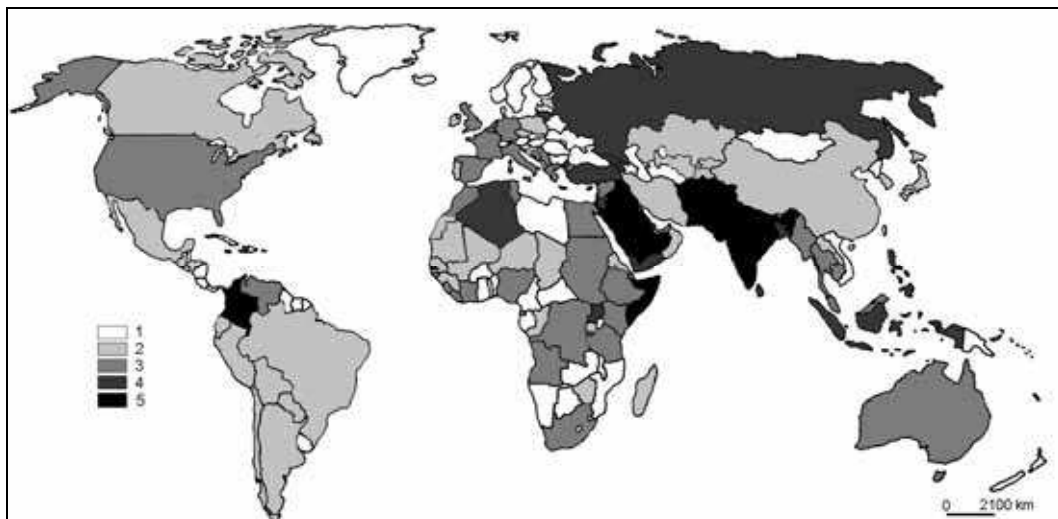
### 11.5. Evaluarea riscului la atacuri teroriste

Riscul la atacuri teroriste reflectă consecințele estimate ale unor amenințări teroriste și poate fi măsurat cu ajutorul formulei  $R = A \times V \times C$  (Willis et al., 2005), unde:

- *amenințarea* (A) reprezintă probabilitatea ca o țintă să fie atacată într-un anumit mod, într-o anumită perioadă;
- *vulnerabilitatea* (V) exprimă probabilitatea de producere a pagubelor, în condițiile unei anumite amenințări, la un anumit moment și în funcție de capacitatea de răspuns a sistemului vizat;
- *consecințele* (C) reflectă dimensiunile și tipul pagubelor produse, în cazul unui atac reușit.

Evaluarea riscului de producere a atacurilor teroriste este necesară atât pentru pregătirea planurilor de evacuare și intervenție în cazul unui astfel de eveniment, cât și pentru coordonarea investițiilor din domeniul securității.

O dezvoltare deosebită au cunoscut-o evaluările cu aplicații în sectorul terțiar (asigurări, turism), așa cum sunt de exemplu hărțile de risc elaborate anual de corporația AON, care reflectă amenințarea de producere a atacurilor teroriste (fig. 56), caracteristicile grupărilor ce acționează în diferite state și tipurile posibile de atacuri.



**Fig. 56.** Amenințarea de producere a atacurilor teroriste (2005):

1. redusă; 2. controlată; 3. semnificativă; 4. mare; 5. severă

([www.aon.com/risk\\_management/terrorism\\_mitigation/terrorism\\_risk\\_map.jsp](http://www.aon.com/risk_management/terrorism_mitigation/terrorism_risk_map.jsp), prelucrat)

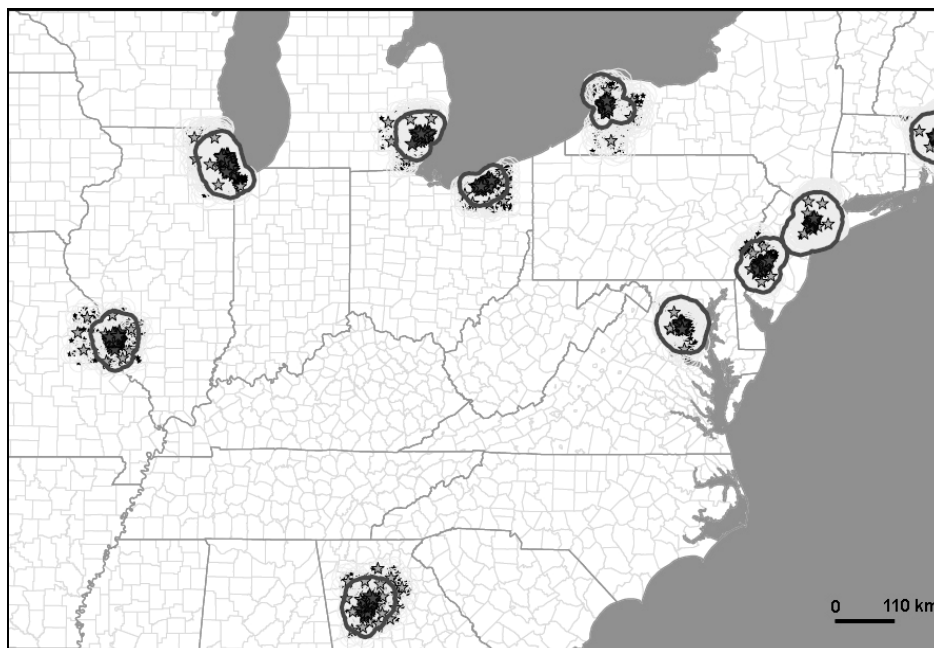
Metodologic, estimarea riscului la atacuri teroriste presupune confruntarea cu numeroase incertitudini (ex.: motivațiile, resursele și tehnicile grupărilor teroriste pot fi

subestimate sau supraestimate); acesta este unul din motivele pentru care nu există un consens între specialiști în privința selectării și combinării indicatorilor utilizați pentru evaluarea acestui tip de risc. În prezent, există două abordări în acest domeniu:

1. *Utilizarea unor indicatori simpli ai riscului* la atacuri teroriste, precum numărul de locuitori sau densitatea populației. Metoda a fost aplicată în S.U.A., în distribuirea bugetului pentru securitate la nivelul principalelor arii urbane (ex.: Los Angeles-Long Beach, cu o populație de 9,5 mil. locuitori și o densitate de 2344 loc./sqm<sup>19</sup>, a primit un procent mai mic decât New York, cu o populație de 9,3 mil. locuitori, dar cu o densitate de 8159 loc./sqm, deci cu un risc mai mare la atacuri teroriste – Willis et al., 2005).

Deși indicatorii menționați pot fi corelați cu amenințările teroriste și cu impactul atacurilor, totuși nu reflectă în întregime interacțiunea dintre cele trei componente ale riscului, astfel încât concluziile pot fi uneori eronate.

2. *Evaluarea riscului prin modele bazate pe eveniment*, rezultate după o analiză detaliată a consecințelor posibile în urma diferitelor scenarii de atac terorist. Estimările realizate prin aceste modele includ multiple tipuri de amenințări, diferite intensități ale atacurilor și pagubele probabile în funcție de anumite ținte; de aceea, rezultatele au o mai mare acuratețe, reflectând modul în care schimbările celor celor trei componente (amenințare, vulnerabilitate și consecințe) influențează nivelul riscului.



**Fig. 57.** Delimitarea arealelor afectate în urma unui potențial atac cu variolă în orașe din estul și nord-estul S.U.A., cu ajutorul R.M.S. Terrorism Risk Model (R.M.S., 2003)

<sup>19</sup> 1 Sqm (square mile - milă pătrată) = 259 ha.

Un astfel de instrument este R.M.S. Terrorism Risk Model, dezvoltat în S.U.A., care cuprinde scenarii pentru 3400 de posibile ținte și 78000 de evenimente teroriste, diferite în funcție de tehnicile alese (convenționale sau neconvenționale – fig. 57), de intensitatea atacului și de momentul producerii. Cu ajutorul acestor modele pot fi estimate atât efectele imediate ale unui atac terorist, cât și efectele pe termen mediu.

De exemplu, în cazul unui atac nuclear produs în portul Long Beach, explozia unei bombe de 10 kt ar avea efecte imediate majore asupra ariei metropolitane Los Angeles (fig. 58): peste 60000 de victime, cca. 150000 de persoane expuse unor niveluri periculoase de radiație, distrugerea infrastructurii în porturile Los Angeles și Long Beach.

Pe termen mediu și lung, un areal de 500 km<sup>2</sup> ar deveni impropriu utilizării rezidențiale, ca urmare a contaminării cu depuneri solide, cca. 2-3 mil. persoane fiind strămutate. Prin impactul asupra activității socio-economice la scară regională și chiar națională, costurile potențiale ale unui asemenea atac ar fi de 1000 mld. USD (Meade și Molander, 2006).

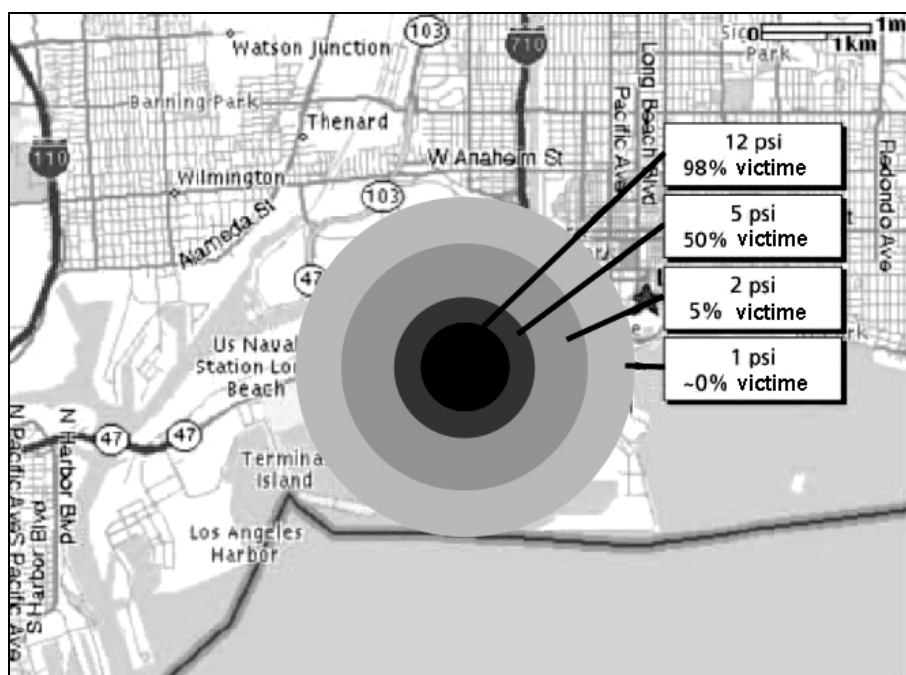


Fig. 58. Efectele imediate ale unei explozii de 1 kt în cazul unui atac nuclear în portul Long Beach, S.U.A. (Meade și Molander, 2006, prelucrat)

## Bibliografie

- Abadie, A., Gardeazabal, J., (2005), *Terrorism and the world economy*, 41 p., <http://ksghome.harvard.edu/~aabadie/twe.pdf>, accesat în 12.11.2006
- Andersen, C.M., (2005), *Resurgent Romanian nationalism. In the wake of the interethnic clashes in Tirgu Mures March 1990*, The New Anglo-American College in Prague, 60 p., [www.aac.edu/soubory.php/Andersen\\_senior\\_thesis.pdf?id=569](http://www.aac.edu/soubory.php/Andersen_senior_thesis.pdf?id=569), accesat în 29.10.06
- Bălțeanu, D., Cheval, S., Șerban, Mihaela, (2004), *Evaluarea și cartografierea hazardelor naturale și tehnologice la nivel local și național. Studii de caz*, în Filip, F.Gh., Simionescu, B.C., (coord.), *Fenomene și procese de risc major la scara națională*, Edit. Academiei Române, p. 393-414, [www.racai.ro/RISC1/DanBalteanu.pdf](http://www.racai.ro/RISC1/DanBalteanu.pdf), accesat în 17.06.06
- Bălțeanu, D., Șerban, Mihaela, (2005), *Modificările globale ale mediului. O evaluare interdisciplinară a incertitudinilor*, Edit. CNI Coresi, București, 231 p.
- Brauer, J., (2000), *The effect of war on the natural environment*, Conference „Arms, Conflict, Security and Development”, Middlesex University Business School, London, 43 p., [www.aug.edu/~sbajmb/paper-london3.PDF](http://www.aug.edu/~sbajmb/paper-london3.PDF), accesat în 25.10.06
- Burgess, M., (2003), *A brief history of terrorism*, Center for Defense Information, 7 p., [www.cdi.org/friendlyversion/printversion.cfm?documentID=1502](http://www.cdi.org/friendlyversion/printversion.cfm?documentID=1502), accesat în 15.10.2004
- Burgess, M., (2004), *Explaining religious terrorism part 1: the axis of good and evil*, Center for Defense Information, 9 p., [www.cdi.org/friendlyversion/printversion.cfm?documentID=2381](http://www.cdi.org/friendlyversion/printversion.cfm?documentID=2381), accesat în 15.10.2004
- Chalecki, Elizabeth, (2001), *A new vigilance: identifying and reducing the risks of environmental terrorism*, Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security, 19 p., [www.pacinst.org/reports/environment\\_and\\_terrorism/](http://www.pacinst.org/reports/environment_and_terrorism/), accesat în 12.11.2006
- Claval, P., (2001), *Geopolitică și geostrategie. Gândirea politică, spațiul și teritoriul în secolul al XX-lea*, Edit. Corint, București, 248 p.
- Constantiniu, F., (1999), *O istorie sinceră a poporului român*, Edit. Univers Enciclopedic, București, 555 p.
- Cosma, C., (2002), *Some aspects of radioactive contamination after Chernobyl accident in Romania*, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 251, 2, p. 221-226
- Costachie, S., (2004), *Geografie politică*, Edit. Universității din București, 327 p.
- Crutzen, P.J., Birks, J.W., (1982), *The atmosphere after a nuclear war: twilight at noon*, Ambio, 11, 2-3
- Cutter, Susan L., Barnes, K., (1982), *Evacuation behaviour and Three Mile Island*, Disasters, 6, p. 116-124
- Cutter, Susan L., (1984), *Emergency preparedness and planning for nuclear power plant accidents*, Applied Geography, 4, p. 235-245
- Erdeli, G., Cîndea, Melinda, Costachie, S., Zamfir, Daniela, (1999), *Dicționar de Geografie Umană*, Edit. Corint, București
- Erlich, P.R., Liu, J., (2002), *Some roots of terrorism*, Population and Environment, vol. 24-2, p.183-192
- Fairlie, I., Sumner, D., (2006), *The other report on Chernobyl (TORCH)*, Berlin-Brussels-Kiev, 91 p., [www.greens-efa.org](http://www.greens-efa.org), accesat în 07.06.06
- Fărcaș, I., Croitoru, Adina-Eliza, (2003), *Poluarea atmosferei și schimbările climatice. Cauze, efecte, măsuri de protecție*, Casa Cărții de Știință, Cluj-Napoca, 110 p.
- Gerasimov. I.P., (1985), *Geography of peace and war, a Soviet view*, în Pepper, G., Jenkins, A., *Geography of peace and war*, Blackwell, Oxford

- Hamblen, Jessica, Slone, Laurie B., (2006), *What are the traumatic stress effects of terrorism?*, National Center for PTSD Factsheet, 4 p., [www.ncptsd.va.gov/facts/disasters/fs\\_terrorism.html](http://www.ncptsd.va.gov/facts/disasters/fs_terrorism.html), accesat în 12.11.2006
- Hoffman, B., (1998), *Inside terrorism*, Columbia University Press, [www.nytimes.com/books/first/h/hoffman-terrorism.html](http://www.nytimes.com/books/first/h/hoffman-terrorism.html), accesat în 29.11.2006
- Kourniotis, S.P., Kiradounis, C.T., Markatos, N.C., (2000), *Statistical analysis of domino chemical accidents*, Journal of Hazardous Materials, 71, p. 239-252
- Labunska, I., Stephenson, A., Brigden, K., Stringer, R., Santillo, D., Johnston, P.A., (1999), *The Bhopal legacy. Toxic contaminants at the former Union Carbide factory site, Bhopal, India: 15 years after the Bhopal accident*, Technical Note 04/99, Greenpeace Research Laboratories, University of Exeter, 111 p.
- Lagadec, P., (1987), *From Seveso to Mexico and Bhopal: learning to cope with crises*, în Kleindorfer, P.R., Kunreuther, H.C. editori, *Insuring and managing hazardous risk: from Seveso to Bhopal and beyond*, p.13-27, Springer-Verlag, New York
- Lanier-Graham, Susan D., (1993), *The ecology of war: environmental impacts of weaponry and warfare*, Walker and Company, New York
- Looney, R., (2002), *Economic costs to the United States stemming from the 9/11 attacks*, Strategic Insights, vol. I-6, Center for Contemporary Conflict, 4 p., [www.ccc.nps.navy.mil/si/aug02/homeland.pdf](http://www.ccc.nps.navy.mil/si/aug02/homeland.pdf), accesat în 12.11.2006
- Manion, M., Evan, W.M., (2002), *Technological catastrophes: their causes and prevention*, Technology in Society, 24, p. 207-224
- Marshall, M.G., Gurr, T.R., (2005), *Peace and conflict 2005*, CIDCM – Center for International Development and Conflict Management, University of Maryland, 99 p., [www.cidcm.umd.edu/inscr/PC05print.pdf](http://www.cidcm.umd.edu/inscr/PC05print.pdf), accesat în 21.10.06
- Matei, H.C., Neguț, S., Nicolae, I., (2005), *Enciclopedia statelor lumii*, Edit. Meronia, București, 542 p.
- Meade, Ch., Molander, R.C., (2006), *Considering the effects of a catastrophic terrorist attack*, Technical Report, RAND Center for Terrorism Risk Management Policy, 72 p., [www.rand.org/pubs/technical\\_reports/2006/RAND\\_TR391.pdf](http://www.rand.org/pubs/technical_reports/2006/RAND_TR391.pdf), accesat în 12.11.2006
- Mungiu-Pippidi, Alina, (2000), *Testing the legacy of ethnic conflict: the case of Transylvania*, [www.policy.hu/dicuss/message/102/alinamp-translv.pdf](http://www.policy.hu/dicuss/message/102/alinamp-translv.pdf)
- Ochiș, A., (2001), *Riscuri nucleare sau radiologice pe teritoriul României*, Protecția Civilă, 3-4, p.7-8
- Park, C.C., (1989), *Chernobyl: the long shadow*, Routledge
- Price, A.R.G., Downing, N., Fowler, S.W., Hardy, J.T., Le Tissier, M., Mathews, C.P., McGlade, J.M., Medley, P.A.H., Oregioni, B., Readman, J.W., Roberts, C.M., Wrathall, T.J., (1994), *The 1991 Gulf War: Environmental assessments of IUCN and collaborators. A Marine Conservation and Development Report*, IUCN, Gland, Elveția, 61 p., [www.iucn.org/themes/marine/pdf/gulfwar.pdf](http://www.iucn.org/themes/marine/pdf/gulfwar.pdf), accesat în 25.10.06
- Prunache, D., Nemeș, L.V., Trandafir, P., Geantă, Șt., (2003), *Accidentul nuclear*, Protecția Civilă, București, 256 p.
- Schmidt-Thome, P., editor, (2006), *The spatial effects and management of natural and technological hazards in Europe. ESPON 1.3.1.*, Geological Survey of Finland, 197 p., [www.gtk.fi/projects/espon](http://www.gtk.fi/projects/espon), accesat în 08.06.06
- Smith K., (1996), *Environmetal hazards. Assessing risk and reducing disaster*, Routledge, London-New York, 389 p.
- Thomas, W., (1995), *Scorched Earth: the military's assault on the environment*, New Society Publishers, Philadelphia



- Turco, R.P., Toon, O.B., Ackerman T.P., Pollack J.B., Sagan, C., (1983), *Nuclear winter: global consequences of multiple nuclear explosions*, Science, 222, 2630
- Souza Porto M.F., Machado de Freitas C., (1996), *Major chemical accidents in industrializing countries: the socio-political amplification of risk*, Risk Analysis, 16, 1, p. 19-29
- Weimann, G., (2004), *Cyberterrorism. How real is the threat?*, United States Institute of Peace, Special Report 119, 12 p., [www.usip.org/pubs/specialreports/sr119.pdf](http://www.usip.org/pubs/specialreports/sr119.pdf), accesat în 12.11.2006
- Willis, H.H., Morral, A.R., Kelly, T.K., Medby, J.J., (2005), *Estimating terrorism risk*, RAND Center for Terrorism Risk Management Policy, 94 p., [www.rand.org/pubs/monographs/2005/RAND\\_MG388.pdf](http://www.rand.org/pubs/monographs/2005/RAND_MG388.pdf), accesat în 21.11.2006
- Young, Stacy, Balluz, Lina, Malilay, Josephine, (2004), *Natural and technologic hazardous material releases during and after natural disasters: a review*, Science of the Total Environment, 322, p. 3-20
- Zanders, J.P., (1999), *Assesing the risk of chemical and biological weapons proliferation to terrorists*, The Nonproliferation Review, p.19-34, [cns.miis.edu/pubs/npr/vol06/64/zander64.pdf](http://cns.miis.edu/pubs/npr/vol06/64/zander64.pdf), accesat în 4.11.2006
- \*\*\*, (1995), *Dobris Report*, Cap. 8 - *Natural and technological hazards*, [www.coe.eu.int](http://www.coe.eu.int), accesat în 11.04.2003
- \*\*\*, (1997), *Report of Early Warning for Technological Hazards*, IDNDR Early Warning Programme, IDNDR Secretariat, Geneva, 31 p.
- \*\*\*, (2000), *UNSCEAR Report 2000, 2, Sources and effects of ionizing radiation*, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, [www.unscear.org/unscear/en/publications/2000\\_2.html](http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2000_2.html), accesat în 06.06.2006
- \*\*\*, (2001), *Radioactive wastes*, World Nuclear Association, [www.world-nuclear.org/info](http://www.world-nuclear.org/info), accesat în 29.05.06
- \*\*\*, (2001-2004), *Patterns of Global Terrorism*, U.S. DOS - United States Department of State, [www.state.gov/s/ct/rls/crt/](http://www.state.gov/s/ct/rls/crt/), accesat în 12.07.2006
- \*\*\*, (2002), *România. Mediul și rețeaua electrică de transport. Atlas geografic*, Edit. Academiei Române, București
- \*\*\*, (2002), *Economic consequences of terrorism*, în *OECD Economic Outlook 71*, p.117-140, [www.oecd.org/dataoecd/11/60/1935314.pdf](http://www.oecd.org/dataoecd/11/60/1935314.pdf), accesat în 12.11.2006
- \*\*\*, (2003), *Europe's environment: the thrid assessment*, Environmental Assessment Report, 10, European Environmental Agency, 344 p., [www.reports.eea.europa.eu/environmental\\_assessment\\_report\\_2003\\_10/en/kiiev\\_eea\\_low.pdf](http://www.reports.eea.europa.eu/environmental_assessment_report_2003_10/en/kiiev_eea_low.pdf), accesat în 15.06.06
- \*\*\*, (2003), *Transport of radioactive materials*, World Nuclear Association, [www.world-nuclear.org/info](http://www.world-nuclear.org/info), accesat în 29.05.06
- \*\*\*, (2003), *The long-term storage of radioactive waste: safety and sustainability*, International Atomic Energy Agency, 24 p., [www.iaea.org](http://www.iaea.org), accesat în 29.05.06
- \*\*\*, (2003), *Managing terrorism risk*, RMS - Risk Management Solutions, 16 p., [http://www.rms.com/publications/terrorism\\_risk\\_modeling.pdf](http://www.rms.com/publications/terrorism_risk_modeling.pdf), accesat în 21.11.2006
- \*\*\*, (2003-2005), *Chernobyl's legacy: health, environmental and socio-economic impacts and recommendations to the Governments of Belarus, the Russian Federation and Ukraine*, The Chernobyl Forum: 2003-2005, second edition, 55 p., [www.iaea.org/Publications/Booklets/Chernobyl/chernobyl.pdf](http://www.iaea.org/Publications/Booklets/Chernobyl/chernobyl.pdf), accesat în 07.06.06
- \*\*\*, (2004), *Chemical accidents, preparedness and response*, European Commision, [www.coe.eu.int](http://www.coe.eu.int), accesat în 03.11.04
- \*\*\*, (2004), *Clouds of injustice. Bhopal disaster 20 years on*, Amnesty International, Alden Press, Oxford, 104 p., [www.amnesty.org/pages/ec-bhopal-en](http://www.amnesty.org/pages/ec-bhopal-en), accesat în 14.06.06

- \*\*\*, (2004), *World report on road traffic injury prevention: summary*, WHO, Geneva, 66 p., [www.who.int/world-health-day/2004/infomaterials/world\\_report/en/summary\\_en\\_rev.pdf](http://www.who.int/world-health-day/2004/infomaterials/world_report/en/summary_en_rev.pdf), accesat în 15.06.06
- \*\*\*, (2004), *September 11. Health effects in the aftermath of the World Trade Center attack*, U.S. GAO - United States Government Accountability Office, 34 p., [www.gao.gov/new.items/d041068t.pdf](http://www.gao.gov/new.items/d041068t.pdf), accesat în 12.11.2006
- \*\*\*, (2004-2006), *Conflictbarometer 2003-2005*, HIIK - Heidelberg Institute for International Conflict Research, Department of Political Science, University of Heidelberg, [www.hiik.de/en/index\\_e.htm](http://www.hiik.de/en/index_e.htm), accesat în 28.10.06
- \*\*\*, (2005a), *International waste disposal concepts*, World Nuclear Association, [www.world-nuclear.org/info](http://www.world-nuclear.org/info), accesat în 29.05.06
- \*\*\*, (2005b), *Processing of nuclear fuel for recycle*, World Nuclear Association, [www.world-nuclear.org/info](http://www.world-nuclear.org/info), accesat în 29.05.06
- \*\*\*, (2005), *Special Eurobarometer 227 – Report. Radioactive waste*, European Commission, 79 p., [www.world-nuclear.org/opinion/eurobarometer.pdf](http://www.world-nuclear.org/opinion/eurobarometer.pdf), accesat în 29.05.06
- \*\*\*, (2005-2006), *Country Reports on Terrorism*, U.S. DOS - United States Department of State, [www.state.gov/s/ct/rls/crt/](http://www.state.gov/s/ct/rls/crt/), accesat în 12.07.2006
- \*\*\*, (2006), *The OFDA/CRED International disaster database*, [www.em-dat.net](http://www.em-dat.net), accesat în 10.06.06
- \*\*\*, (2006), *Waste management in the nuclear fuel cycle*, World Nuclear Association, [www.world-nuclear.org/info](http://www.world-nuclear.org/info), accesat în 29.05.06
- \*\*\*, (2006), *Environmental consequences of the Chernobyl accident and their remediation: twenty years of experience. Report of the Chernobyl Forum Expert Group Environment, Radiological assessment reports series*, IAEA, 180 p., [www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1239\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1239_web.pdf), accesat în 07.06.06
- \*\*\*, (2006), *Health effects of the Chernobyl accidents and special health care programmes. Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group Health*, World Health Organization, Geneva, 167 p., [www.who.int/ionizing\\_radiation/chernobyl/en/](http://www.who.int/ionizing_radiation/chernobyl/en/), accesat în 07.06.06
- \*\*\*, (2006), *UCDP/PRIO Armed Conflict Dataset Codebook, version 4-2006*, UCDP - Uppsala Conflict Data Program, PRIO – International Peace Research Institute, Oslo, 18 p., [www.prio.no/cwp/armedconflict/current/Codebook\\_v4-2006b.pdf](http://www.prio.no/cwp/armedconflict/current/Codebook_v4-2006b.pdf), accesat în 25.10.06
- \*\*\*, (2006), Uppsala Conflict Data Program, Department of Peace and Conflict Research, Uppsala University, [www.pcr.uu.se/research/UCDP](http://www.pcr.uu.se/research/UCDP), accesat în 25.10.06
- \*\*\*, (2006), *Landmine Monitor Report 2006. Toward a mine-free world. Executive summary*, International Campaign to Ban Landmines, 120 p., [www.icbl.org/lm/2006/print/ES.pdf](http://www.icbl.org/lm/2006/print/ES.pdf), accesat în 28.10.06
- \*\*\*, (2006), *Terrorism knowledge base (TKB)*, MIPT - Memorial Institute for the Prevention of Terrorism, [www.tkb.otg](http://www.tkb.otg), accesat în 08.11.2006
- \*\*\*, (2006), *Uniting against terrorism: recommendations for a global counter-terrorism strategy*, UN General Assembly, 32 p., [www.un.org/unitingagainstterrorism/sg-terrorism-2may06.pdf](http://www.un.org/unitingagainstterrorism/sg-terrorism-2may06.pdf), accesat în 13.07.2006
- \*\*\*, (2006), *The United Nations Counter-Terrorism Strategy*, UN Action to Counter Terrorism, [www.un.org/terrorism/strategy/](http://www.un.org/terrorism/strategy/), accesat în 04.11.2006

[www.iaea.org](http://www.iaea.org), International Atomic Energy Agency  
[www.world-nuclear.org](http://www.world-nuclear.org), World Nuclear Association  
[www.nrdc.org/nuclear](http://www.nrdc.org/nuclear), Natural Resources Defence Council  
[www.nei.org](http://www.nei.org), Nuclear Energy Institute  
[www.insc.anl.gov](http://www.insc.anl.gov), International Nuclear Safety Center

[www.unscear.org](http://www.unscear.org), United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation  
[www.nuclearfiles.org](http://www.nuclearfiles.org), Nuclear Age Peace Foundation

[www.hiik.de](http://www.hiik.de), Heidelberg Institute for International Conflict Research  
[www.prio.no](http://www.prio.no), International Peace Research Institute  
[www.pcr.uu.se/research/UCDP](http://www.pcr.uu.se/research/UCDP), Uppsala Conflict Data Program  
[www.web.amnesty.org/library](http://www.web.amnesty.org/library), Amnesty International  
[www.hrw.org](http://www.hrw.org), Human Rights Watch  
[www.icbl.org](http://www.icbl.org), International Campaign to Ban Landmines  
[www.conflict.colorado.edu](http://www.conflict.colorado.edu), Conflict Research Consortium, Univ. of Colorado  
[www.cidcm.umd.edu](http://www.cidcm.umd.edu), Center for International Development and Conflict Management  
[www.un.org/Depts/dpko/dpko/](http://www.un.org/Depts/dpko/dpko/), U.N. Department of Peacekeeping Operations  
[www.disarmament.un.org](http://www.disarmament.un.org), U.N. Department for Disarmament Affairs  
[www.lenntech.com/environmental-effects-war.htm](http://www.lenntech.com/environmental-effects-war.htm), Lenntech [Water Treatment](#) & Air Purification Holding  
[www.mae.ro](http://www.mae.ro), Ministerul Afacerilor Externe  
[www.en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_Conflicts\\_in\\_Africa](http://www.en.wikipedia.org/wiki/List_of_Conflicts_in_Africa)  
[www.en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_conflicts\\_in\\_the\\_Middle\\_East](http://www.en.wikipedia.org/wiki/List_of_conflicts_in_the_Middle_East)  
[www.ro.wikipedia.org/wiki/Mineriada\\_din\\_iunie\\_1990](http://www.ro.wikipedia.org/wiki/Mineriada_din_iunie_1990)

[www.mipt.org](http://www.mipt.org), MIPT – Memorial Institute for the Prevention of Terrorism  
[www.tkb.org](http://www.tkb.org), MIPT – Terrorism Knowledge Base  
[www.cns.miis.edu/](http://www.cns.miis.edu/), Center for Nonproliferation Studies, Monterey Institute of International Studies  
[www.rand.org/multi/ctrmp/](http://www.rand.org/multi/ctrmp/), RAND Center for Terrorism Risk Management Policy  
[www.rms.com/Terrorism/](http://www.rms.com/Terrorism/), Risk Management Solutions – Terrorism Risk  
[www.state.gov/s/ct/](http://www.state.gov/s/ct/), United States Department of State, Office of the Coordinator for Counterterrorism  
[www.cdi.org/program/index.cfm?ProgramID=39](http://www.cdi.org/program/index.cfm?ProgramID=39), Center for Defense Information  
[www.terrorism.com/](http://www.terrorism.com/), The Terrorism Research Center  
[www.cidcm.umd.edu/inscr/](http://www.cidcm.umd.edu/inscr/), Integrated Network for Societal Conflict Research (INSCR), Center for International Development and Conflict Management (CIDCM), University of Maryland  
[www.bt.cdc.gov/bioterrorism/](http://www.bt.cdc.gov/bioterrorism/), Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention (S.U.A.)  
[www.terrorism-research.com/](http://www.terrorism-research.com/), International Terrorism and Security Research  
[www.nctc.gov](http://www.nctc.gov), National Counterterrorism Center (S.U.A.)  
[www.un.org/terrorism/](http://www.un.org/terrorism/), U.N. Action against Terrorism  
[www.en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_terrorist\\_incidents](http://www.en.wikipedia.org/wiki/List_of_terrorist_incidents)