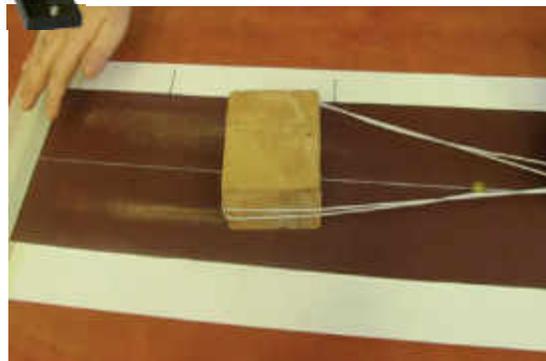
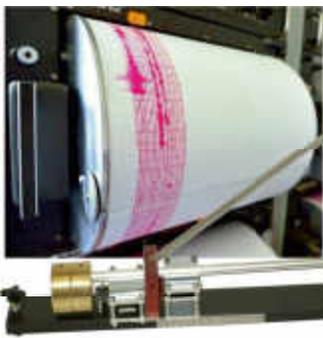


Învățământ liceal

Despre cutremure și efectele lor

Caietul profesorului



✓ învățăm

✓ experimentăm

✓ ne protejăm

Proiect finanțat de:
UEFISCDI – Unitatea Executivă pentru Finanțarea Învățământului Superior,
a Cercetării, Dezvoltării și Inovării

MOTTO

„Mi s-a spus și am uitat, am văzut și am înțeles, am făcut și am învățat” – Confucius

Materialul a fost realizat de:

Capitolul 1 – Bogdan ZAHARIA

Capitolul 2 – Dragoș TĂTARU

Capitolul 3 – Felix BORLEANU

Capitolul 4 – Nicoleta BRIȘAN

Capitolul 5 – Emil-Sever GEORGESCU, Claudiu Sorin DRAGOMIR

Revizori:

Bogdan Grecu, Mihaela Popa, Speranța Țibu

© *Personajul DOXI este marcă înregistrată CD PRESS. Toate drepturile rezervate.*

Ilustrație, tehnoredactare și tipar: CD PRESS.

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

Despre cutremure și efectele lor: învățământ liceal: caietul profesorului /

Bogdan Zaharia, Dragoș Tătaru, Felix Borleanu, ...;

revizori: Bogdan Grecu, Mihaela Popa, Speranța Țibu. - București :

CD PRESS, 2013

ISBN 978-606-528-158-5

I. Zaharia, Bogdan

II. Tătaru, Dragoș

III. Borleanu, Felix

IV. Grecu, Bogdan

V. Popa, Mihaela

VI. Țibu, Speranța I avinia

502,58:550.348(075.35)

Aceste materiale au fost realizate în cadrul proiectului „Rețeaua Seismică Educațională din România”

(ROEDUSEIS-NET), nr. contract 220/02.07.2012, finanțat de UEFISCDI prin Programul Parteneriate.

Instituția coordonatoare de proiect: INCDFP, Director de proiect: Dr. Ing. Ionescu Constantin.

Instituții partenere: INCĐ „URBAN-INCERC”, UNIVERSITATEA „BABEȘ BOLYAI”, BSM SA.

CUVÂNT-ÎNAINTE

Cutremurele de pământ sunt considerate unele dintre cele mai distrugătoare fenomene naturale, producând pierderi fizice, socio-economice și culturale. Deși pierderile fizice precum viețile oamenilor, distrugerea clădirilor și a infrastructurilor vor avea impactul cel mai mare și imediat, celelalte tipuri de pierderi pot avea un efect și mai profund și de lungă durată asupra comunităților.

Efectele fenomenelor naturale sunt agravate de nivelul scăzut de conștientizare a acestora de către populație, precum și de lipsa cunoștințelor, a comportamentelor și a atitudinilor necesare pentru a ne proteja în fața acestor fenomene distrugătoare.

Școlile sunt cele care au rolul de a oferi cadrul necesar educației și dezvoltării generațiilor viitoare. Acestea au un rol vital în dezvoltarea comunității, fiind simboluri importante ale valorilor și ale culturii pe care le reprezintă. O educație corespunzătoare în școli nu constă doar în a transmite informații elevilor, ci și în a pătrunde mai adânc în conștiința comunității din care aceștia fac parte, prin intermediul părinților și al profesorilor.

Colecția „Despre cutremure și efectele lor” cuprinde materiale educative care se adresează învățământului preșcolar, primar, gimnazial și liceal. Cu excepția materialului pentru preșcolari, colecția este alcătuită, pentru fiecare nivel, din „Caietul profesorului” și din „Caietul elevului”.

Colecția constituie o oportunitate pentru elevi în descoperirea și înțelegerea cutremurelor, mottoul seriei fiind: „Învățăm. Experimentăm. Ne protejăm”. Totodată, colecția dorește să pună la dispoziția cadrelor didactice informații, instrumente și resurse utile pentru derularea activităților tematice propuse.

Materialele au un caracter educativ și nu necesită un nivel înalt de cunoștințe științifice pentru înțelegerea noțiunilor și a activităților prezentate. Studiile educaționale arată că elevii învață mai ușor și înțeleg mai bine conceptele teoretice atunci când realizează activități practice și experimente. Colecția oferă o abordare inedită a conținutului tematic, implicându-i pe elevi în activități ce au ca scop nu doar memorarea sterilă a unor definiții, ci analiza, compararea, descoperirea, experimentarea, simularea și reflecția critică asupra problematicei cutremurului (cauze, măsurare, schimbări pe care le aduce mediului înconjurător, măsuri de prevenire și siguranță).

Informațiile prezentate sunt introduse gradual și adaptate nivelului de înțelegere specific fiecărui ciclu educațional. Cadrul didactic are libertatea de a selecta cele mai relevante informații și activități, nefiind obligatorie parcurgerea întregii colecții pentru atingerea obiectivelor propuse.

CUPRINS



I. SĂ DEFINIM CUTREMURUL

Plan de lucru: <i>Ce este cutremurul?</i>	23
Activitatea I.1: <i>Să explicăm cutremurul folosind lucruri la îndemână</i>	24
Activitatea I.2: <i>Noțiuni teoretice</i>	26
Activitatea I.3: <i>Zonele seismice din România</i>	28
FIȘĂ DE EVALUARE I	34

II. UNDE ȘI DE CE SE PRODUC CUTREMURELE

Structura internă a Pământului	36
Plăcile Pământului	39
Teoria derivei continentale și teoria plăcilor tectonice	44
Expansiunea fundului oceanic și răscolirea crustei oceanice	49
Plan de lucru: <i>Plăci în mișcare, Margini constructive și margini distructive</i>	50
Activitatea II.1: <i>O călătorie spre centrul Pământului</i>	51
Activitatea II.2: <i>Magnetizarea rocilor și expansiunea fundului oceanic</i>	60
Activitatea II.3: <i>Plăci în mișcare</i>	63
FIȘĂ DE EVALUARE II.1	65
FIȘĂ DE EVALUARE II.2	67

III. MĂSURAREA CUTREMURELOR

Deformarea seismică. Undele seismice	68
Localizarea cutremurelor	69
Cum măsurăm cutremurele?	75
Plan de lucru: <i>Cum măsurăm cutremurul?</i>	79
Activitatea III.1: <i>Compararea mișcării solului produsă de diferite cutremure</i>	80
Activitatea III.2: <i>Putem prevedea un cutremur?</i>	82
Activitatea III.3: <i>Determinarea magnitudinii</i>	84
Activitatea III.4: <i>Localizarea epicentrului unui cutremur folosind trei seismograme</i>	86
FIȘĂ DE EVALUARE III.1	89

IV. EFECTELE FIZICE ALE CUTREMURELOR ASUPRA COMPONENTELOR MEDIULUI NATURAL. CAUZE ȘI MOD DE MANIFESTARE

Forțele tectonice și rezultatul manifestării lor: cute și falii	91
Fenomene de instabilitate: lichifierea și alunecarea de teren	95
Plan de lucru: <i>Fenomene de instabilitate a suprafeței terestre</i>	104
Activitatea IV.1: <i>Lichifierea</i>	105
FIȘĂ DE EVALUARE IV.1	107
Activitatea IV.2: <i>Alunecarea de teren</i>	108
Plan de lucru: <i>Tsunami</i>	113
Activitatea IV.3: <i>Tsunami</i>	114
FIȘĂ DE EVALUARE IV.3	116
FIȘĂ DE EVALUARE IV.4	117

V. EFECTELE CUTREMURULUI ASUPRA MEDIULUI CONSTRUIT (DE LA ȘCOALĂ LA LOCALITATE). MĂSURI DE COMPORTARE ȘI PROTECȚIE ÎN CAZ DE CUTREMUR

Efectele cutremurului asupra mediului construit (de la școală la localitate)	118
Măsuri de comportare și protecție în caz de cutremur	126
Plan de lucru: <i>Care sunt efectele cutremurului asupra mediului construit?</i>	131
Activitatea V.1: <i>Identificarea, pe harta României, a surselor de cutremur și a zonelor ce pot fi afectate de un posibil cutremur</i>	132
Activitatea V.2: <i>Dezlegarea unui rebus tematic</i>	134
Activitatea V.3: <i>Identificarea unor posibile avarii în cadrul unității de învățământ în care ne aflăm</i>	136
Activitatea V.4: <i>Realizarea unui model structural rezistent la acțiunea seismică</i>	138
FIȘĂ DE EVALUARE V.1	142
Plan de lucru: <i>Cum ne protejăm în caz de cutremur?</i>	144
Activitatea V.5: <i>Identificarea eventualelor pericole ce pot fi cauzate de elementele structurale și de cele nestructurale</i>	145
Activitatea V.6: <i>Testarea cunoștințelor elevilor de liceu privind comportarea și protecția în timpul unui cutremur</i>	147
Activitatea V.7: <i>Simularea unui cutremur. Punerea în aplicare a măsurilor cunoscute pentru situația în care se va produce un cutremur</i>	149
FIȘĂ DE EVALUARE V.2	151
Glosar	154
Răspunsuri	159

SĂ DEFINIM CUTREMURUL

Prin **seism** sau **cutremur** se înțelege mișcarea oscilatorie, bruscă, spațială, haotică de la suprafața Pământului, produsă de un șoc deosebit de puternic produs de cauze interne sau externe. În momentul producerii șocului seismic, se eliberează o mare cantitate de energie cinetică. Aceasta se propagă prin masa Pământului sub forma unor unde elastice, numite **unde seismice**, și care, ajungând la suprafață, produc oscilații, deci cutremure. Oscilațiile din timpul cutremurului pot duce la pierderea de vieți omenești. Adeseori, în cazul unui cutremur puternic, pe lângă efecte precum distrugerea unor clădiri și a infrastructurii, au loc și alunecări de teren, ruperea unor falii uriașe, declanșarea unei activități vulcanice.

Cutremurul poate dura doar câteva secunde, dar procesele care cauzează apariția cutremurelor s-au format în milioane și milioane de ani.

Seismologia este știința geofizică ce se ocupă cu studiul structurii globului terestru și, în special, cu cel al scoarței terestre, vizând cauzele producerii cutremurelor, propagarea și înregistrarea undelor seismice, a mecanismelor de producere în focar a cutremurelor, zonarea seismică a terenurilor.

Învelișul extern solid al Pământului este format din **plăci tectonice**. Aceste plăci se află în continuă mișcare și transformare, remodelând continentele, bazinele oceanice, cauzând erupții vulcanice, mișcări seismice, îngroșând scoarța terestră (formarea munților tineri), coborând-o (formarea văilor) sau formând șanțuri adânci pe fundul oceanelor.

Seismologii încearcă, de zeci și zeci de ani, să prezică cutremurele, bazându-se pe mișcarea plăcilor tectonice, localizarea zonelor cu falii și seismicitatea înregistrată. Oricât de avansată ar fi știința însă, anticiparea seismelor rămâne o problemă a viitorului. Cercetările au arătat totuși că înaintea cutremurelor apar unele fenomene fizice anormale, numite **precursori**. Dintre tipurile de precursori, amintim: deformația crustală, activitatea seismică, anomaliile geochimice și hidrologice, anomaliile geomagnetice și geoelectrice. Unele fenomene au fost observate înainte de multe cutremure, însă niciunul nu a fost menționat ca repetându-se înainte de fiecare cutremur.

► Tehnici de predicție a cutremurelor studiind precursorii:

● Emisiile de radon

Radonul este un gaz radioactiv provenit din dezintegrarea radiului. Există o teorie conform căreia creșterea concentrației de radon în atmosferă anunță apropierea unui cutremur. În anii '70-'80, emisiile de radon au fost studiate, însă fără rezultate concrete.

● Preșocurile

Preșocurile sunt cutremure care preced producerea unui cutremur mai mare și care apar grupate în zona focală a acestuia. O creștere a activității seismice de tip preșoc a permis

evacuarea cu succes a peste un milion de oameni cu o zi înainte de cutremurul din 4 februarie 1976 (M – 7,3) din Haicheng, China. Din păcate, în prezent este greu de identificat „în timp real” dacă un cutremur este preșoc sau nu. De cele mai multe ori, el este recunoscut drept preșoc după ce se produce și cutremurul principal. Aproape 50% dintre cutremurele majore sunt precedate de aceste preșocuri, dar doar 5-10% din cutremurele mici se dovedesc a fi preșocuri, acest lucru conducând la multe alarme false.

- **Semnalele electrice seismice (Metoda VAN)**

VAN este o metodă de predicție a cutremurelor propusă de profesorii Varotsos, Alexopoulos și Nicos în anii '80 și a fost denumită după inițialele autorilor. Metoda se bazează pe detectarea unor „semnale electrice seismice” (SES), înregistrate cu ajutorul unei rețele telemetrare de conductori instalați în pământ. Cercetătorii susțin că metoda este capabilă să prezică cutremure cu magnitudine peste 5, cu o eroare de 100 km față de epicentru, eroare în magnitudine de până la 0,7 grade și o diferență de timp de la 2 ore până la 11 zile. Metoda a fost revizuită și este utilizată în Japonia.

- **Comportamentul animalelor**

Încă de la începuturile seismologiei, au fost prezentate observațiile asupra comportamentului neobișnuit al animalelor înaintea cutremurelor. Prima consemnare a unui comportament bizar al animalelor a fost înainte de cutremurul ce a dus la distrugerea orașului Helikos, din Grecia antică (anul 3.232 î.H.). Leșirea iepurilor și a nevăstuicilor din vizuină a mirat, dar fenomenul nu a putut fi înțeles și nici corelat cu producerea unui seism. În China antică au fost izolate și urmărite șase comportamente anormale la diferite specii de animale (peștii săreau pe țărm, albinele roiau spre locuri înalte, rozătoarele migrau masiv, păsările cântau noaptea, fazanii scoteau țipete ascuțite, iar câinii lătrau fără încetare). Se pare că monitorizarea comportamentului animalelor a avut un rol semnificativ în ceea ce ulterior a fost considerată „predicția reușită a cutremurului de la Haicheng” (4 februarie 1976).

Din cauza efectelor dezastruoase produse, oamenii au căutat întotdeauna modalități de a explica **originea cutremurelor**.

Aristotel a fost unul dintre primii oameni care a încercat să explice cutremurele, bazându-se pe fenomene naturale. El a afirmat că vânturile biciuiesc Pământul provocând zguduirea suprafeței lui.

Observațiile empirice ale efectelor cutremurelor au fost rare până în 1750, când Anglia a fost zguduită, pe neașteptate, de o serie de cinci cutremure puternice. Aceste cutremure au fost urmate, într-o duminică, pe 1 noiembrie 1755, de un șoc cataclismic și un tsunami care a ucis aproximativ 70.000 de persoane, ducând la distrugerea totală a orașului Lisabona, din Portugalia. Acest eveniment marchează începutul epocii moderne a seismologiei, caracterizată prin numeroase studii cu privire la efectele cutremurelor și localizarea lor în timp și în spațiu. Înainte de cutremurul din Lisabona, oamenii de știință credeau în explicațiile lui *Aristotel* și ale lui *Pliniu*, precum și în alte surse antice legate de cutremure. În urma cutremurului din Lisabona (fig. 1.1), aceste explicații au fost uitate și s-a trecut la studiul cutremurului pe baza observațiilor moderne.



Schițe ale vremii prezentând cutremurul din Lisabona (înainte, în timpul și după cutremur), 1755
(sursa: <http://nisee.berkeley.edu/lisbon/kz143.jpg>)

Cercetători ca *John Michell*, din Anglia, și *Bertrand Elie*, din Elveția, au realizat **cataloge de cutremure** ce conțineau timpul și localizarea cutremurelor și au studiat efectele fizice ale cutremurelor. În anii ce au urmat cutremurului din Lisabona s-au făcut studii sporadice cu privire la fenomenele seismice, dar acestea au fost dezvoltate în timp. Aceste eforturi au fost intensificate de producerea altor catastrofe seismice, cum a fost cutremurul din Calabria, din 1783 (fig. I.2), care a ucis 35.000 de oameni în sudul Italiei.

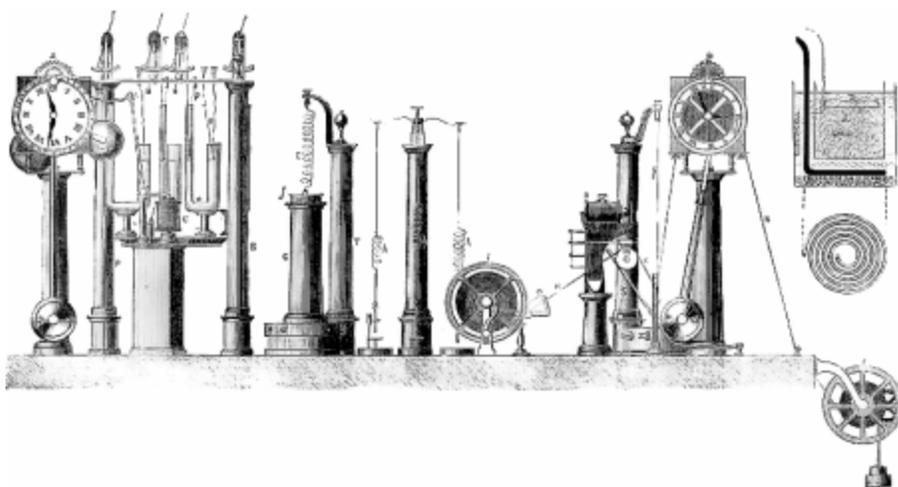


Schițe ale vremii prezentând cutremurul din Calabria, din 1783; cutremurul în stânga și tsunami în dreapta
(sursa: <http://historyofgeology.fieldofscience.com/2010/06/how-to-make-artificial-earthquakes.html>)

Odată cu dezvoltarea sistemelor de comunicație, s-a putut face mult mai ușor schimbul de observații asupra producerii și efectelor cutremurelor din întreaga lume. Astfel, în urma cutremurului din Chile din 1822, *Maria Graham* a raportat schimbări de altitudine de-a lungul țărmului chilian. Observațiile sale au fost confirmate în urma cutremurului din 1835, tot din Chile, de către *Robert Fitzroy*, căpitan al navei engleze HMS Beagle. Nava plecase în

1831 într-o expediție în America de Sud, avându-l la bord pe naturalistul *Charles Darwin*. În timpul cutremurului, Darwin era pe uscat pentru a examina geologia Anzilor și pentru a aduna informații despre plante, animale și fosile.

Între anii 1850-1870, trei europeni au pus **bazele seismologiei moderne**. *Robert Mallet*, un inginer născut la Dublin, proiectant al mai multor poduri din Londra, a determinat viteza undelor seismice prin pământ folosind explozii cu praf de pușcă. Pe baza variațiilor vitezelor undelor seismice, Mallet urmărea să determine variații ale structurii pământului. Aceeași metodă este folosită și astăzi în domeniul petrolier. *Robert Mallet* a fost unul dintre primii care a reușit estimarea adâncimii unui cutremur. În aceeași perioadă, în Franța, *Alexis Perrey* realiza cataloage de cutremure efectuând analize cantitative, căutând variații periodice ale cutremurelor în raport cu anotimpurile și cu fazele Lunii. În Italia, *Luigi Palmieri* a inventat **seismograful electromagnetic** (fig. 1.3), instalând unul în apropierea muntelui Vezuviu și altul la Universitatea din Napoli. Aceste seismografe au fost primele instrumente seismice capabile să detecteze în mod curent cutremure imperceptibile pentru ființele umane.



Seismograful inventat de Luigi Palmieri

(sursa: <http://www.gutenberg.org/files/33483/33483-h/33483-h.htm>)

Între anii 1800 și începutul anilor 1900, s-au făcut progrese importante în seismologie. În Japonia, trei profesori englezi, *John Milne*, *James Ewing* și *Thomas Gray*, care lucrau la Colegiul Imperial din Tokyo, au inventat primele instrumente seismice suficient de sensibile pentru a fi utilizate în studiul științific al cutremurelor.

Pe baza analizei cutremurului din San Francisco, din 1906 (fig. 1.4), *Harry Reid Fielding* a dedus că producerea cutremurelor sunt rezultatul acumulării treptate de tensiuni în interiorul Pământului pe o perioadă de mai mulți ani.

Tot între anii 1800 și începutul anilor 1900 a luat avânt **cercetarea științifică** a cutremurelor, efectuată de către cercetătorii japonezi. *Seikei Sekiya* a devenit prima persoană

care a fost numită profesor în seismologie. El a fost, de asemenea, unul dintre primii oameni care a analizat cantitativ înregistrări seismice de la cutremure. Un alt celebru cercetător japonez din acea perioadă este *Fusakichi Omori*, care a studiat rata de descreștere a activității replicilor în urma cutremurelor mari. Ecuțiile sale sunt folosite și astăzi.

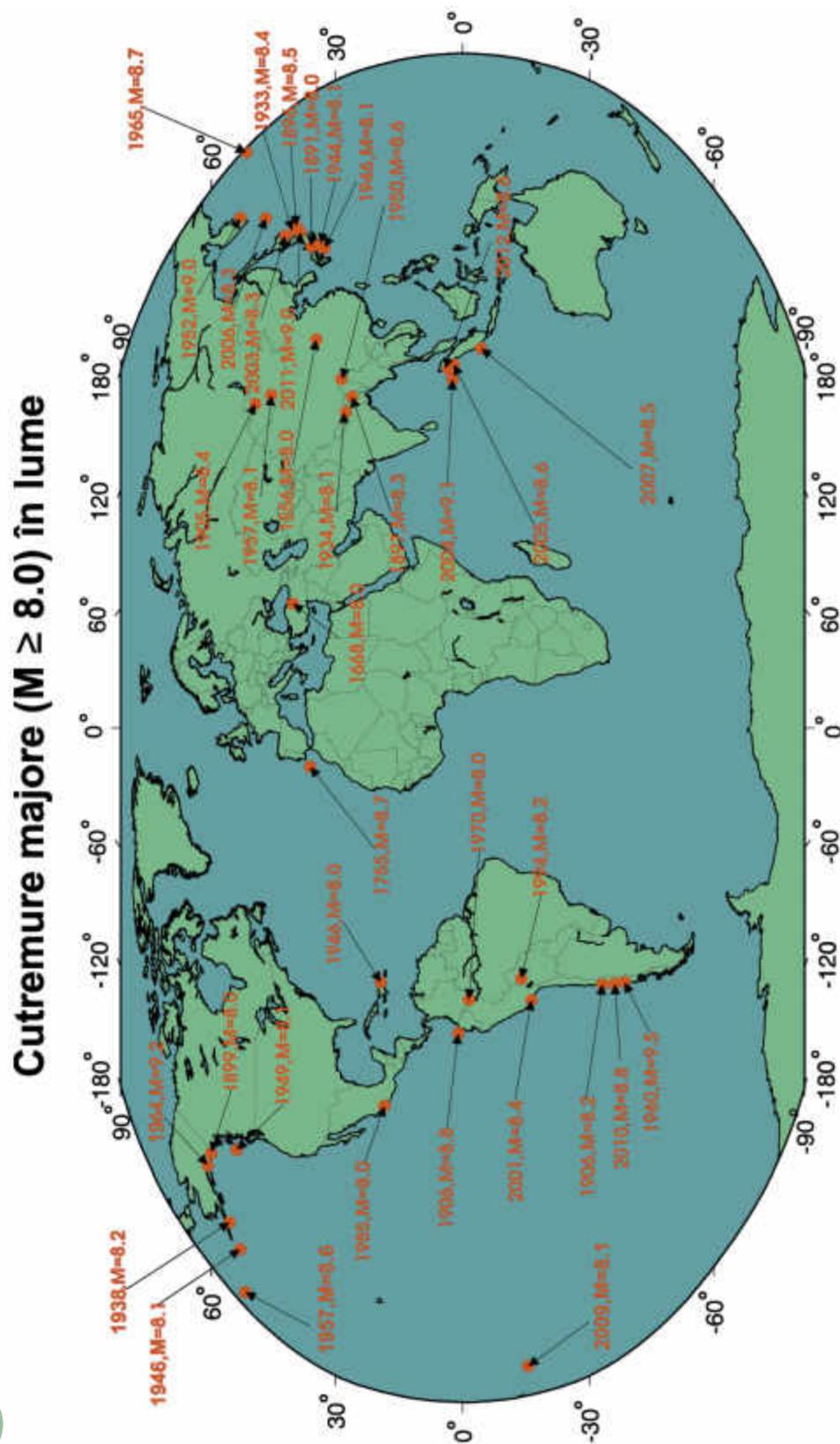


Ruinele din San Francisco, 1906 (sursa: <http://robroy.dyndns.info/lawrence/landscape.html>)

Secolul XX a cunoscut un interes crescut în studiul științific al cutremurelor. Ar trebui remarcat, totuși, faptul că cercetarea cutremurelor s-a extins și din cauza numeroaselor regiuni ale globului afectate de cutremure: Japonia, Statele Unite, Europa, Rusia, Canada, Mexic, China, America Centrală și de Sud, Noua Zeelandă, Australia. Cutremurele majore care au zguduit lumea de-a lungul timpului sunt prezentate în figura I.5.

La începutul secolului XX, măsurătorile seismice erau simple descrieri, numite evaluări de intensitate. În 1902, seismologul italian *Giuseppe Mercalli* (fig. I.6, stânga) a definit scara de măsurare a intensității cutremurelor, luând în considerare daunele cauzate clădirilor și felul în care simțeau oamenii cutremurul. **Scara de intensități a lui Mercalli**, cu mici modificări, este folosită și astăzi. Totuși, seismologii aveau nevoie de o modalitate prin care să determine dimensiunea, amploarea cutremurului. Aveau nevoie de o măsură cantitativă, numerică, pentru a putea compara mărimea cutremurelor, nu doar de a cataloga daunele sau percepțiile, așa cum se făcea cu metoda calitativă a lui Mercalli. Acest factor critic a fost stabilit în mod definitiv în 1935, de către seismologul american *Charles F. Richter* (fig. I.6, dreapta), profesor de seismologie la Institutul de Tehnologie din California. Sistemul său de măsurare, numit **scara de magnitudine Richter**, s-a bazat pe studiile sale asupra cutremurelor din sudul Californiei. Scara de magnitudine Richter a devenit cea mai utilizată metodă de evaluare a mărimii cutremurelor.

În **România**, deși primele însemnări despre cutremure există de peste un mileniu, totuși studiile sistematice de seismologie apar abia la sfârșitul secolului al XIX-lea. Inițierea studiilor de seismologie a aparținut directorului Institutului de Meteorologie din acea vreme, fizicianul *Ștefan Hepites* (fig. I.7, stânga). Însă fondatorul seismologiei românești trebuie considerat academicianul *Gheorghe Demetrescu* (fig. I.7, dreapta), care a pus în funcțiune un seismograf, începând cu 1 ianuarie 1935, în stația seismică București (stație instalată în subsolul Observatorului Astronomic), îmbunătățind astfel proiectul inițial al seismografulor Mainka (fig. I.8).



Cutremure majore cu magnitudinea > 8 în lume



fig.
1.6



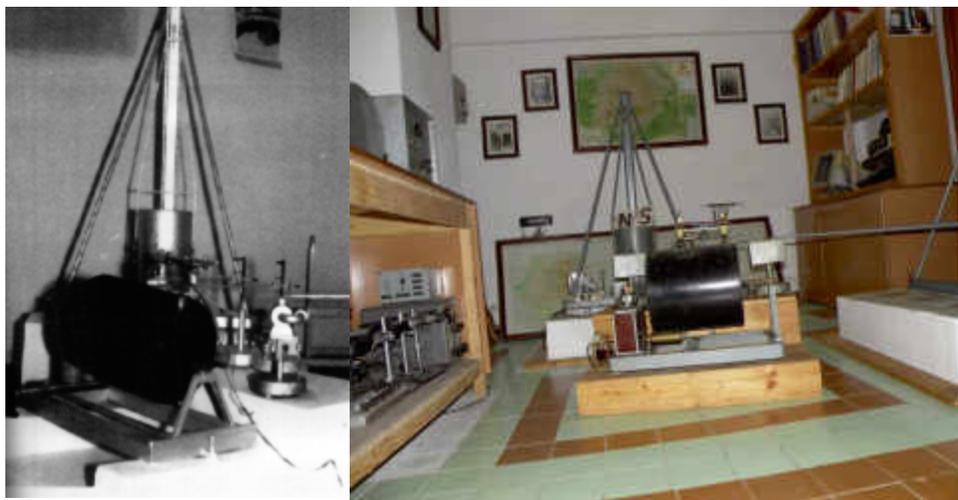
Giuseppe Mercalli, stânga (sursa: http://www.earthquakes.bgs.ac.uk/hazard/History_intensity.htm) și Charles Richter, dreapta (sursa: https://www.e-education.psu.edu/earth520/content/12_p26.html)

fig.
1.7



Ștefan Hepites, stânga (sursa: http://ro.wikipedia.org/wiki/Fi%C8%99ier:%C5%9Ctefan_Hepites.jpg) și Gheorghe Demetrescu, dreapta (sursa: http://ro.wikipedia.org/wiki/Gheorghe_Demetrescu)

fig.
1.8



Seismograful îmbunătățit de Demetrescu (arhiva INCDFP), aflat în prezent la muzeul Observatorului Seismologic Dr. Radu Cornelius, din Vrincoiaia

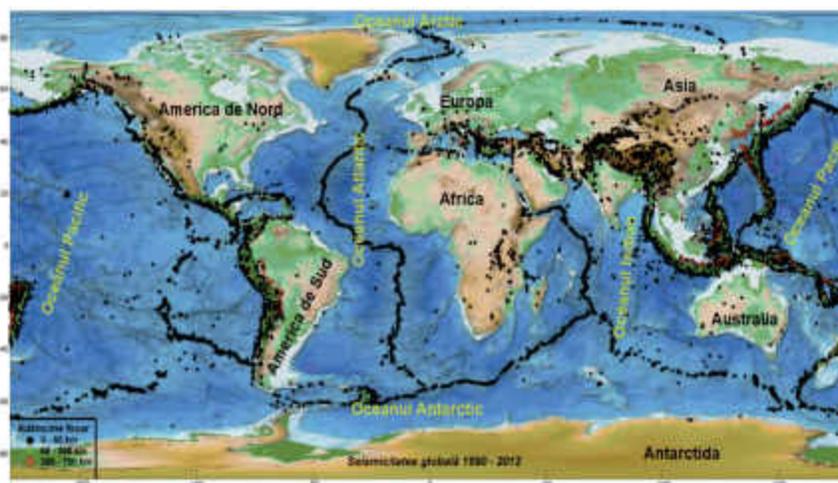
După cutremurul din 10 noiembrie 1940, academicianul Demetrescu, ajutat de prof. *Gheorghe Petrescu*, a creat Serviciul Seismic Național, prin instalarea stațiilor seismice la Focșani și Bacău în 1942, la Câmpulung-Muscel în 1943, iar după 1950, la Iași și în comuna Vrincioaia. Tot după 1950, prof. *Curea* a instalat stația seismică de la Timișoara, apoi alte două stații, la Șușara și Gura Zlata, realizând o mini-rețea de stații seismice pentru studiul cutremurelor din Banat.

După cutremurul major din 4 martie 1977, România a primit un ajutor constând din aparatură seismică și asistență din partea Statelor Unite ale Americii, în cadrul Programului Națiunilor Unite pentru Dezvoltare. Aparatura a fost instalată în vederea monitorizării activității seismice din zona Vrancea.

Studiul cutremurelor din ultimii ani arată că Pământul nu este static. Învelișul de roci al Pământului este format din **plăci tectonice**. Aceste plăci sunt în mișcare permanentă, dar lentă, una față de alta. Din această cauză, apare o acumulare de tensiune la contactul dintre ele. Din când în când, această tensiune se eliberează brusc, dând naștere cutremurelor. Energia eliberată în urma cutremurului se transmite prin interiorul Pământului sub formă de **unde seismice**.

Primele teorii coerente care explică apariția cutremurelor s-au formulat abia în anii '60. Studiul seismicității globale a avansat începând cu anul 1960 și a permis seismologilor să localizeze pe glob concentrările de cutremure (fig. 1.9.). Zonele corespunzătoare acestor concentrări se suprapun, în cea mai mare parte, limitelor dintre plăcile tectonice. Zona cea mai întinsă din lume unde se produc cutremure este așa-numita *Centură de foc a Pacificului*, care mărginește oceanul Pacific – din Chile până în Alaska, Japonia, Filipine și, în final, Noua Zeelandă. Aici au loc peste 81% din cele mai mari cutremure ale lumii. A doua centură importantă, *Alpidele*, se extinde de la insula Java spre Sumatra, prin Himalaya, Marea Mediterană până la Atlantic. Aceasta cuprinde și munții Carpați, cu zona seismică Vrancea. În această centură au loc peste 17% din cele mai mari cutremure ale lumii, inclusiv cele mai distructive. Al treilea sector important este *Dorsala Medio-Atlantică*, aflată în mijlocul Oceanului Atlantic. Celelalte cutremure puternice au loc în diferite alte zone de pe glob, situate și în interiorul plăcilor tectonice, nu neapărat la marginea lor.

fig.
1.9

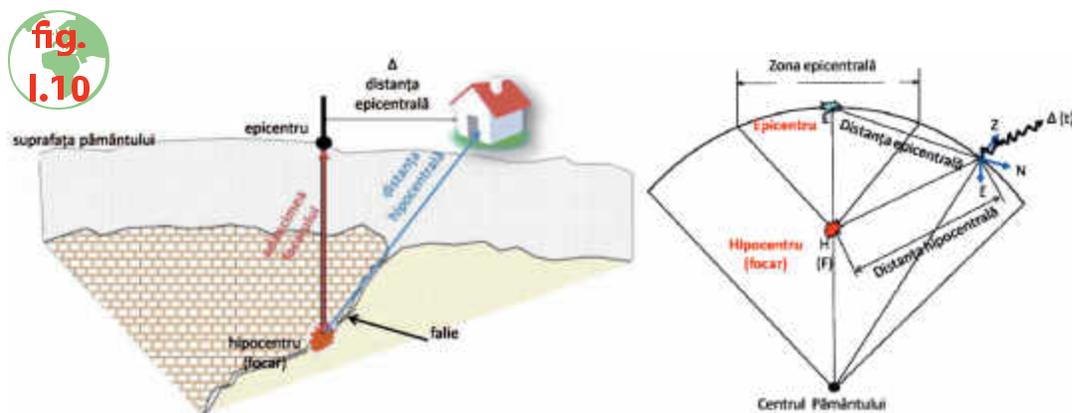


Harta seismicității globale. Sunt reprezentate numai cutremurele cu $M > 1$

Există și zone în care nu se produc cutremure. Aceste **zone**, numite **aseismice**, sunt situate pe zonele stabile ale continentelor și sunt următoarele: **scutul baltic**, canadian, brazilian, african, australian, Platforma Rusă și Groenlanda.

Există mai multe **cauze** care pot duce la producerea unui cutremur, cum ar fi: tensiunile tectonice din scoarța terestră, de la contactul dintre plăcile tectonice, erupțiile vulcanice, exploziile sau impacturile puternice (meteorii). Cutremurele produse de forțele tectonice poartă numele de **cutremure tectonice**. Surpările vechilor mine, a unor mari goluri subterane sau exploziile provocate de oameni constituie și ele cauze ale seismelor. Aproximativ 90% dintre cutremure sunt de origine tectonică. Cutremurele pot fi însoțite de tsunami atunci când hipocentrul cutremurului se situează sub un ocean sau o mare. Locul din interiorul Pământului unde este generat cutremurul se numește **hipocentru** sau **focar**, iar punctul de la suprafață, pe verticala hipocentrului, se numește **epicentru**. Distanța de la epicentru la un alt punct de pe suprafața Pământului se numește **distanță epicentrală**, iar distanța de la focar la un punct de pe suprafața Pământului se numește **distanță hipocentrală**.

Ca efecte, cutremurele se manifestă mai intens pe o zonă în jurul epicentrului, numită **zonă epicentrală**. În timpul unui cutremur, într-un punct oarecare de la suprafață au loc **oscilații ale terenului**. Amplitudinile oscilațiilor se definesc, în general, prin trei componente: două în plan orizontal (Nord-Sud, Est-Vest) și o componentă orientată după verticala locului (Z). Aceste noțiuni teoretice despre cutremur sunt prezentate în figura I.10.



Elemente caracteristice ale cutremurului

► Clasificarea cutremurelor

În prezent, cutremurele pot fi clasificate după:

1. Adâncimea focarului:

- a. **Cutremure crustale**, care se produc la adâncimi mici (până la 60 de km). Aceste cutremure reprezintă 90% din numărul total de cutremure produse pe glob și apar frecvent în centura circumpacifică, bazinul mediteraneeen și anumite zone din sud-estul Asiei, precum și în România. Pot provoca pagube foarte mari în imediata apropiere a epicentrului.

- b. *Cutremure subcrustale sau intermediare*, care se produc între 60 și 300 km adâncime și pot cauza pagube mai însemnate decât cele crustale la distanțe mari de epicentru. Focare ale cutremurelor subcrustale sunt situate în Afganistan, Columbia, Mexic și zona Vrancea, din România.
- c. *Cutremure profunde sau adânci*, care se produc între 300 și 700 km adâncime, în zone din Asia și coasta de vest a Americii de Sud, și reprezintă cutremure cu o rată de apariție destul de scăzută.

2. Distanța epicentrală:

- a. Cutremure locale, la care distanța epicentrală este mai mică de 1.000 km.
- b. Cutremure regionale, la care distanța epicentrală este cuprinsă între 1.000 km și 3.000 km.
- c. Cutremure îndepărtate sau teleseisme, la care distanța epicentrală este mai mare de 3.000 km.

3. Energia degajată în focar:

- a. Cutremure mici, care nu sunt simțite de către oameni.
- b. Cutremure moderate, care sunt simțite de către oameni și care pot provoca pagube.
- c. Cutremure puternice, care sunt simțite de către oameni și provoacă pagube însemnate.

4. Poziția geografică a focarului:

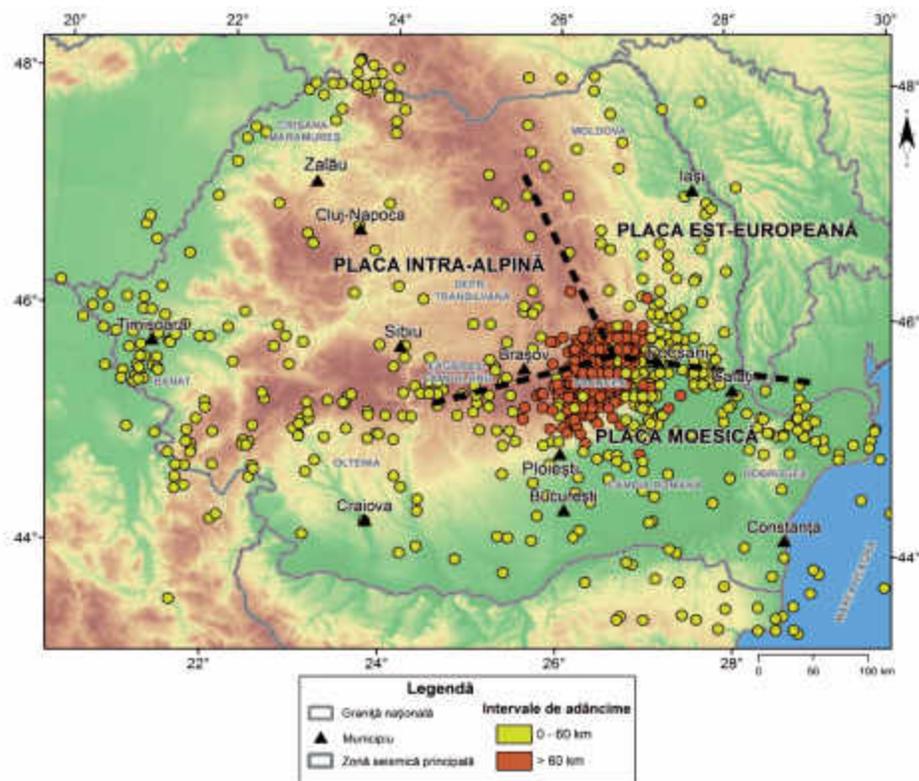
- a. Cutremure continentale, care au focarul în zona continentelor.
- b. Cutremure marine, care au focarul în zona mărilor și a oceanelor.

► Principalele zone seismice din România

Zonele seismice reprezintă arii de seismicitate grupată, unde activitatea seismică este considerată relativ uniformă. Seismicitatea României (fig. I.11) este rezultată din energia eliberată de cutremure grupate în mai multe zone seismice principale: Vrancea, Făgăraș-Câmpulung, Banat, Crișana, Maramureș și Dobrogea. La acestea se adaugă zone epicentrale cu importanță locală, în: regiunea Jibou și a Târnavelor din Transilvania, nordul și vestul Olteniei, nordul Moldovei și Câmpia Română.

Dintre aceste regiuni, **zona seismică Vrancea**, situată la curbura Carpaților Orientali (fig. I.11), este cea mai importantă prin energia cutremurelor produse, extinderea ariei lor de macroseismicitate (arie unde cutremurele se simt și pot avea efecte) și prin caracterul persistent și concentrat al epicentrelor. În celelalte regiuni se produc cutremure crustale (cu focare cu adâncime între 5 și 30 km), de joasă energie și intensitate, uneori policinetice (însoțite de numeroase replici).

Cutremurele majore în funcție de zona seismică din România sunt prezentate la pagina 18, iar în figura I.12 sunt arătate cele mai importante cutremure care au zguduit România în ultimii 600 de ani împreună cu informații despre efectele lor.

fig.
I.11

Harta seismicității din România și a zonelor de graniță.
Sunt reprezentate numai cutremurile cu magnitudinea $M > 3$.

Regiunea Vrancea

Vrancea este o regiune seismică deosebit de complexă, caracterizată de convergența a trei plăci tectonice în contact: Placa Est-Europeană, Placa Intra-Alpină și Placa Moesică (fig. I.11).

Aici se înregistrează activitatea seismică cea mai puternică din România, concentrată la adâncimi intermediare (între 60 și 200 km), într-un fragment de placă continentală desprins parțial, aflat, în prezent, în poziție aproape verticală. Zona seismică Vrancea este afectată și de cutremure crustale (fig. I.13), dar de mică intensitate. În regiunea Vrancea se produc, în medie, 2-3 cutremure puternice pe secol, care pot produce distrugerii importante.

Zona seismică Vrancea este una dintre cele mai active zone seismice din Europa. În ultimii ani, grupuri de cercetători (seismologi) au încercat să-și concentreze eforturile în direcția înțelegerii dinamicii și comportamentului acestei regiuni unice. Astfel, cele mai cunoscute scenarii propuse privind evoluția în timp a regiunii Vrancea sunt: subducția unei plăci oceanice, subducția unei plăci oceanice, urmată de desprinderea parțială a plăcii subduse, delaminarea litosferei continentale (tabelele 1 și 2).

În prezent, se continuă cercetările pentru obținerea unui model cât mai realist referitor la originea și la regimul dinamic al zonei seismice Vrancea.

Vrancea:

Data producerii	Adâncimea focarului (km)	Magnitudine (M)
26 Oct.1802	150	7,9
26 Nov.1829	150	7,3
23 Ian.1838	150	7,5
17 Aug.1893	100	7,1
31 Aug.1894	130	7,1
06 Oct.1908	125	7,1
10 Nov.1940	150	7,7
07 Sept.1945	80	6,8
04 Mar.1977	94	7,4
30 Aug.1986	131	7,1
30 Mai 1990	86,9	6,9
27 Oct. 2004	98,6	6

Făgăraș-Câmpulung:

Data producerii	Adâncimea focarului (km)	Magnitudine (M)
19 Feb. 1832	10	5,6
26 Ian. 1916	10	6,4
18 Apr. 1919	10	4,1

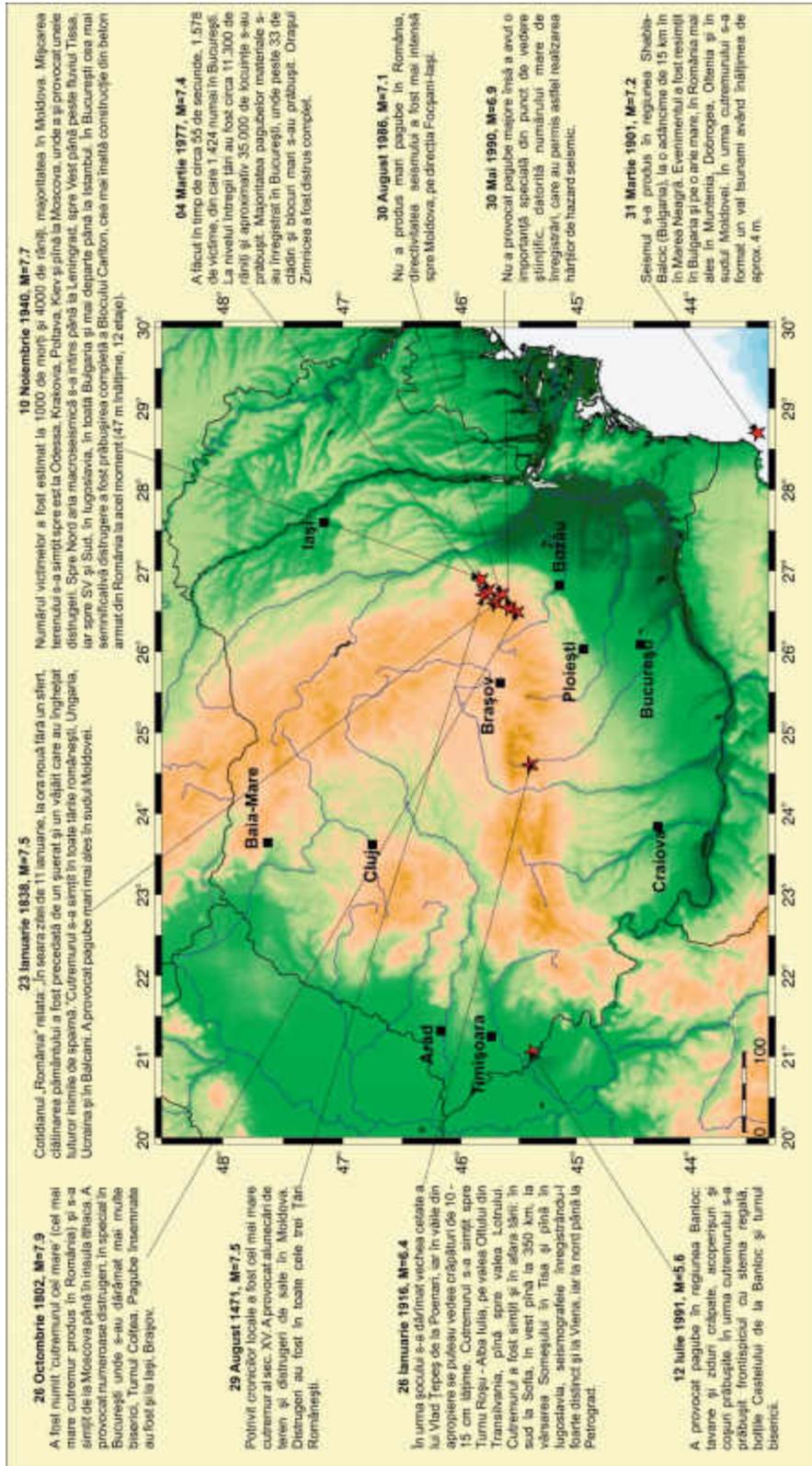
Banat:

Data producerii	Adâncimea focarului (km)	Magnitudine (M)
12 Iul. 1991	11	5,6
18 Iul. 1991	12	5,6

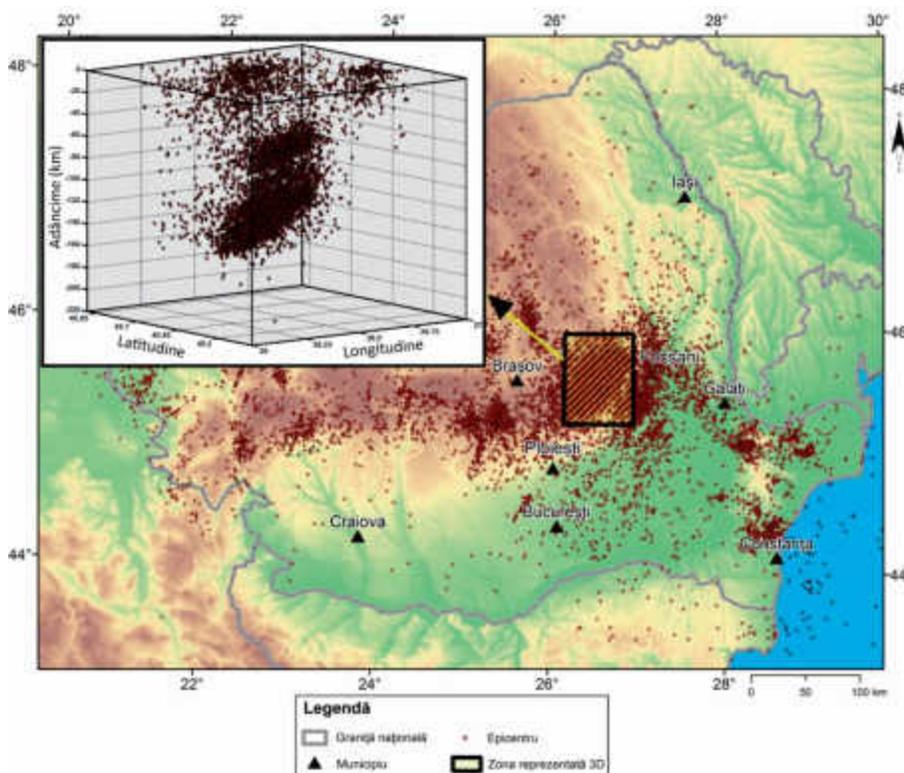
Dobrogea:

Data producerii	Adâncimea focarului (km)	Magnitudine (M)
11 Sept.1980	20	4,2
13 Nov. 1981	4	5,1
07 Mai 2008	5	5,4

fig. 1.12



Cutremure majore produse în România în ultimii 600 de ani

fig.
I.13

Distribuția focarelor în regiunea Vrancea (insertia 3D din stânga)

Academicianul *Gheorghe Demetrescu*, fondatorul seismologiei românești, afirma: „Cercetările seismologice arată că, în România, la cotul Carpaților, în Vrancea, există unul dintre cele mai caracteristice și interesante puncte seismice, un focar de cutremure adânci care, prin persistența și izolarea, nu-și găsește perechea pe toată fața Pământului, decât într-un singur punct similar din Munții Hindu Kush, în Afganistan-Himalaia”.

Zona epicentrală a cutremurelor vrâncene de adâncime intermediară a fost comparată de Richter (*Gutenberg și Richter, 1952*) cu focarele din zona Hindu Kush și cu cele din regiunea Bucaramanga (Columbia), din punctul de vedere al succesiunii lor sistematice (peste 100 de seisme, cu $M \geq 5$ de la începutul secolului XX), al nivelului energetic și al concentrării. Seismele vrâncene au caracter monocinetic (fără replici) în cazul celor mici și cu numeroase replici în cazul evenimentelor importante. Ele au întotdeauna o arie mare de macroseismicitate (arie unde cutremurele se simt și pot avea efecte), de formă eliptică alungită pe direcția NE-SV. Adâncimea focarelor variază între 60 și 200 km, dar cele mai frecvente valori ale focarelor sunt de 130-150 km. Evenimentele seismice sunt adesea precedate de o lacună de activitate seismică obișnuită, care, cu cât este mai lungă, cu atât este mai mare probabilitatea ca evenimentul următor să fie unul important.

O caracteristică a cutremurelor vrâncene este aceea că ele se resimt mai slab în interiorul arcului carpatic (Transilvania). De asemenea, în zona Vrancea se produc și cutremure crustale, dar acestea sunt fenomene rare și sporadice comparativ cu evenimentele generate în partea subcrustală a zonei Vrancea. Seismicitatea crustală, localizată chiar în fața zonei de curbură a Munților Carpați, este caracterizată prin apariția cutremurelor grupate în secvențe și roiuri seismice cu magnitudini mai mici decât 5,6.

Zona Făgăraș-Câmpulung

Regiunea Făgăraș-Câmpulung este considerată a doua zonă seismogenă a țării, după Vrancea, din punctul de vedere al energiei eliberate de cutremurele locale produse în această zonă (fig. I.11), unde magnitudinea poate atinge valoarea de 6,5. Ultimul cutremur major s-a produs în 26 ianuarie 1916 ($M = 6,4$).

Epicentrele cele mai active se află în zona Câmpulung Muscel, în Munții Făgăraș (cu deosebire în vecinătatea lacului de acumulare Vidraru-Argeș și în Depresiunea Loviștei), precum și pe Valea Oltului (zona Brezoi-Câineni-Călimănești).

Zona Banat

Seismicitatea din zona Banat (fig. I.11) este caracterizată de mai multe cutremure cu magnitudine $M > 5$, dar care nu depășesc magnitudinea 5,6.

Cutremurele din Banat au caracter policinetic, cu numeroase replici în cazul evenimentelor mari. Astfel, menționăm: cutremurele produse între octombrie 1879 și aprilie 1880 în zona Moldova Nouă; cutremurul produs în zona Timișoara, din 27 mai 1959, cu $M = 5$, adâncime 5 km, urmat de două șocuri produse în 1960; cutremurele de la Banloc, din 12 iulie 1991, cu $M = 5,6$, adâncime 11 km, și Voiteg, din 2 decembrie 1991, cu $M = 5,6$, adâncime 9 km, urmate de numeroase replici.

Zona Crișana-Maramureș

Informațiile istorice sugerează, pentru zona Crișana-Maramureș (fig. I.11), cutremure potențiale cu magnitudini mai mari de 6, dar, în secolul trecut, a fost raportat doar un eveniment cu magnitudinea apropiată de 5. Zona seismic activă din jurul localităților Oradea și Carei este caracterizată prin focare normale, care au activat, după datele găsite în literatură, între anii 1829 și 1831.

Cutremurele din Maramureș sunt cunoscute prin șocurile din perioada 1876-1926, uneori cu multe replici. În zona Baia Mare s-au produs cutremure resimțite, unul la 30 iunie 1978 ($M = 4$) și alte trei în martie 1979.

Zona Dobrogea

Această zonă seismică (fig. I.11) este caracterizată de cutremure crustale de mărime moderată. Înregistrările seismologice au condus la localizarea multor epicentre în Dobrogea, atât în partea sa nordică, cât și în centrul Dobrogei și în regiunea sudică, însă cele mai importante cutremure au fost generate în două zone epicentrale diferite: zona de nord a Dobrogei și zona litorală din sudul Dobrogei, la sud de Mangalia, până în zona de la est de capul Shabla (Bulgaria).

Câteodată, în cazul seismelor cu focar submarin (cum au fost cele localizate la est de capul Shabla), s-au produs și valuri seismice (tsunami), așa cum s-a întâmplat în anul 1901. Cutremurul pontic din 31 martie 1901, cu magnitudinea de 7,2 grade pe scara Richter, s-a produs la est de capul Shabla, la o adâncime de circa 15 km sub fundul mării. Seismul a avut urmări distrugătoare în zona litorală, la sud de Mangalia, mai multe sate fiind ruinăte. De asemenea, în urma cutremurului s-a format un val tsunami cu înălțimea de circa 4 metri.


**PLAN DE
LUCRU**

Ce este cutremurul?

Concept

1. Cutremurele iau naștere din acumularea și eliberarea bruscă de energie înmagazinată în roci.
2. Cutremurele se produc în multe zone ale lumii, inclusiv în România.
3. Există mai multe ipoteze cu privire la evoluția în timp a regiunii seismice Vrancea.
4. Dezvoltarea tehnologiei a permis studiul amănunțit al cutremurelor.

Vocabular:

- Cutremur
- Energie
- Unde seismice
- Epicentru
- Hipocentru
- Distanță epicentrală
- Distanță hipocentrală
- Clasificarea cutremurelor
- Seismicitatea României

Obiective

Elevii:

- vor urmări și participa la o activitate practică prin care se explică ce este cutremurul;
- vor povesti propriile experiențe (dacă acestea există) din timpul unui cutremur simțit de ei;
- își vor localiza propriul oraș pe o hartă a României;
- vor observa, prin studierea hărții seismice a României, dacă în zona orașului lor se produc cutremure;
- vor clasifica cutremurele care se produc pe teritoriul României;
- vor lua cunoștință despre ipotezele privind evoluția regiunii seismice Vrancea.

Mod de lucru

La finalul activității, elevii își vor autoevalua cunoștințele despre cutremur prin completarea Fișei de evaluare I.1.

Resurse educaționale

<http://projects.crusta.ucsb.edu/understanding/>
<http://www.ready.gov/earthquakes>
<http://earthquake.usgs.gov/learn/?source=sitenav>
<http://www.bgs.ac.uk/school/Seismology/classroom.html>



Activitatea I.1

Să explicăm cutremurul folosind lucruri la îndemână

► **Introducere:**

Folosind lucruri cu care elevii sunt familiarizați, se pot pregăti experimente pentru simularea acțiunii unui cutremur. Astfel elevii vor înțelege mai ușor ce este cutremurul și ce se întâmplă cu energia eliberată în timpul cutremurului.

► **Materiale necesare:**

- o cărămidă
- două-trei coli de șmirghel sau 1 m de șmirghel rolă cu lățimea de 10 cm
- o bandă adezivă
- un metru de coardă elastică
- un marker
- o bilă sau un cilindru
- fișa nr. I.1 – *Să explicăm cutremurul folosind lucruri la îndemână*

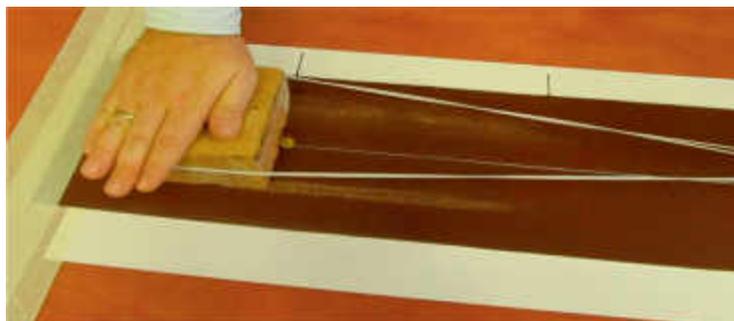


Materialele necesare pentru efectuarea experimentului

► **Procedură:**

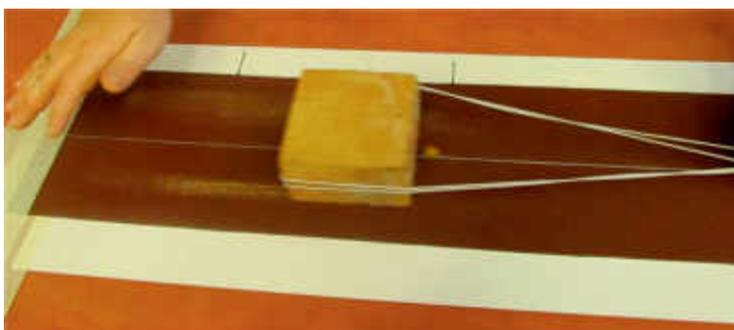
1. Întrebați elevii dacă știu ce este un cutremur.
2. Întrebați elevii dacă au văzut ce se întâmplă în timpul producerii unui cutremur pe care l-au simțit.
3. Întrebați elevii dacă știu ce se întâmplă în interiorul Pământului în timpul cutremurului.
4. Scrieți definiția cutremurului pe tablă.
5. Lipiți cu bandă adezivă șmirghelul de masă (fig. I.1a).

6. Așezați cărămida pe masă, peste șmirghel. Contactul dintre cărămidă și șmirghel este asemănător cu cel dintre plăcile tectonice.
7. Prindeți coarda elastică de cărămidă.
8. Puneți pe masă, lipit de cărămidă, cilindrul sau bila (fig. I.1b).

fig.
I.1b

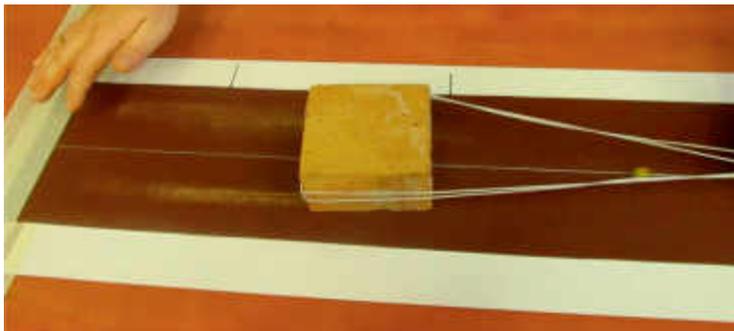
Așezarea materialelor pentru experiment

9. Întindeți ușor coarda elastică. Când forța cu care se întinde coarda depășește forța de frecare dintre cărămidă și șmirghel, ridicând mâna de pe cărămidă, aceasta se va deplasa pe suprafața șmirghelului (fig. I.1c).

fig.
I.1c

Mișcarea cărămizii peste șmirghel și antrenarea bilei

10. Bila este antrenată de mișcarea cărămizii și chiar dacă aceasta se oprește, bila va continua să se rostogolească (fig. I.1d). La fel se întâmplă și în cazul cutremurului; forța cu care se întinde coarda este similară tensiunii dintre plăci, iar deplasarea bilei este asemenea undelor care se propagă prin mediu sub acțiunea energiei degajate.

fig.
I.1d

Cărămida s-a oprit, dar bila își continuă mișcarea



Activitatea I.2

Noțiuni teoretice

► Introducere:

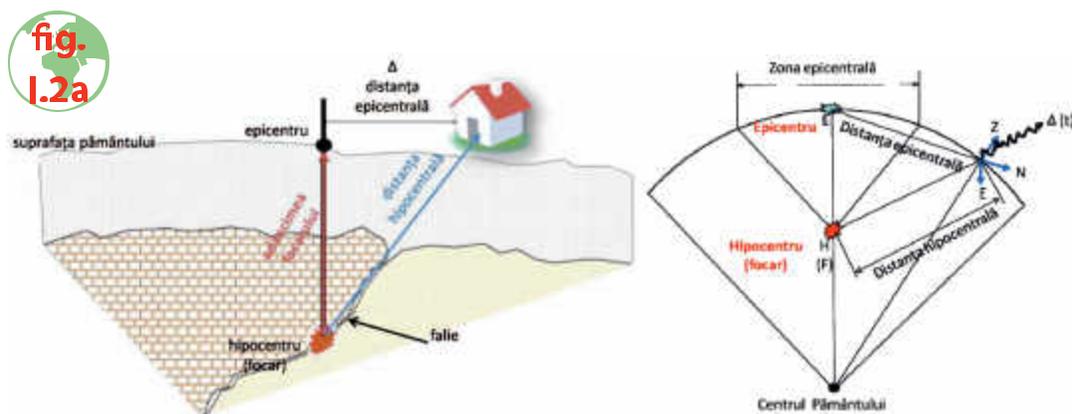
Înțelegând cum se manifestă cutremurul, elevii își vor îmbogăți vocabularul cu noțiuni teoretice/concepte specifice (caracteristicile unui cutremur, clasificarea seismelor).

► Materiale necesare:

- hârtie
- creion
- fișa nr. I.2 – Noțiuni teoretice

► Procedură:

1. Prezentăți elevilor noțiuni teoretice despre cutremur.



Elemente caracteristice ale cutremurului

Prin **seism** sau **cutremur** se înțelege mișcarea oscilatorie, bruscă, spațială, haotică de la suprafața Pământului, cauzată de un șoc deosebit de puternic produs de cauze interne sau externe.

În momentul producerii șocului seismic, se eliberează o mare cantitate de **energie cinetică**. Aceasta se propagă prin pământ sub forma unor unde elastice, numite **unde seismice** care, ajungând la suprafață, produc oscilații ale solului.

Hipocentru sau **focarul cutremurului** este locul unde are loc eliberarea energiei tectonice sub formă de căldură și unde seismice.

Epicentrul cutremurului este punctul de pe suprafața Pământului situat deasupra hipocentrului.

Adâncimea focarului cutremurului este distanța dintre epicentru și hipocentru.

Falia este o fractură în crusta Pământului care separă două blocuri de roci ce se deplasează unul față de celălalt.

Distanța epicentrală este distanța de la epicentru la un alt punct (stație seismică) de pe suprafața Pământului.

Distanța hipocentrală este distanța de la focar la un punct (stație seismică) de pe suprafața Pământului.

2. Prezentați elevilor **clasificarea cutremurelor** după:

Adâncimea focarului:

- a. **Cutremure crustale**, care se produc la adâncimi mici (până la 60 de km) și reprezintă 90% din numărul total de cutremure produse pe glob; apar frecvent în centura circumpacifică, în bazinul mediteranean, în anumite zone din sud-estul Asiei, precum și în România. Pot provoca pagube foarte mari în imediata apropiere a epicentrului.
- b. **Cutremure subcrustale** sau **intermediare**, care se produc între 60 și 300 km adâncime și pot cauza pagube mai însemnate decât cele crustale, la distanțe mari de epicentru. Focare ale cutremurelor subcrustale sunt situate în Afganistan, Columbia, Mexic și zona Vrancea, din România.
- c. **Cutremure profunde** sau **adânci**, care se produc între 300 și 700 km adâncime (zone din Asia și coasta de vest a Americii de Sud) și au o rată de apariție destul de scăzută.

Distanța epicentrală:

- a. **Cutremure locale**, la care distanța epicentrală este mai mică de 1.000 km.
- b. **Cutremure regionale**, la care distanța epicentrală este cuprinsă între 1.000 și 3.000 km.
- c. **Cutremure îndepărtate** sau **teleseisme**, la care distanța epicentrală este mai mare de 3.000 km.

Energia degajată în focar:

- a. **Cutremure mici**, care nu sunt simțite de către oameni.
- b. **Cutremure moderate**, care sunt simțite de către oameni și pot provoca pagube.
- c. **Cutremure puternice**, care sunt simțite de către oameni și provoacă pagube însemnate.

Poziția geografică a focarului:

- a. **Cutremure continentale**, cu focar în zona continentelor.
- b. **Cutremure marine**, cu focar în zona mărilor și a oceanelor.



Activitatea I.3

Zonele seismice din România

► **Introducere:**

Cutremurele de pământ se produc în mai multe zone de pe glob. Harta seismicității globale și noțiunile teoretice învățate anterior îi vor ajuta pe elevi să localizeze și să caracterizeze cutremurele din diferitele regiuni ale lumii. România este una dintre țările afectate de cutremure. Harta seismicității din România îi va ajuta pe elevi să cunoască principalele regiuni seismice ale țării și să identifice principalele caracteristici ale cutremurelor din Vrancea, cea mai importantă zonă seismică din România, prin energia cutremurelor produse. Totodată, elevii vor identifica două tipuri de cutremure după adâncimea focarului.

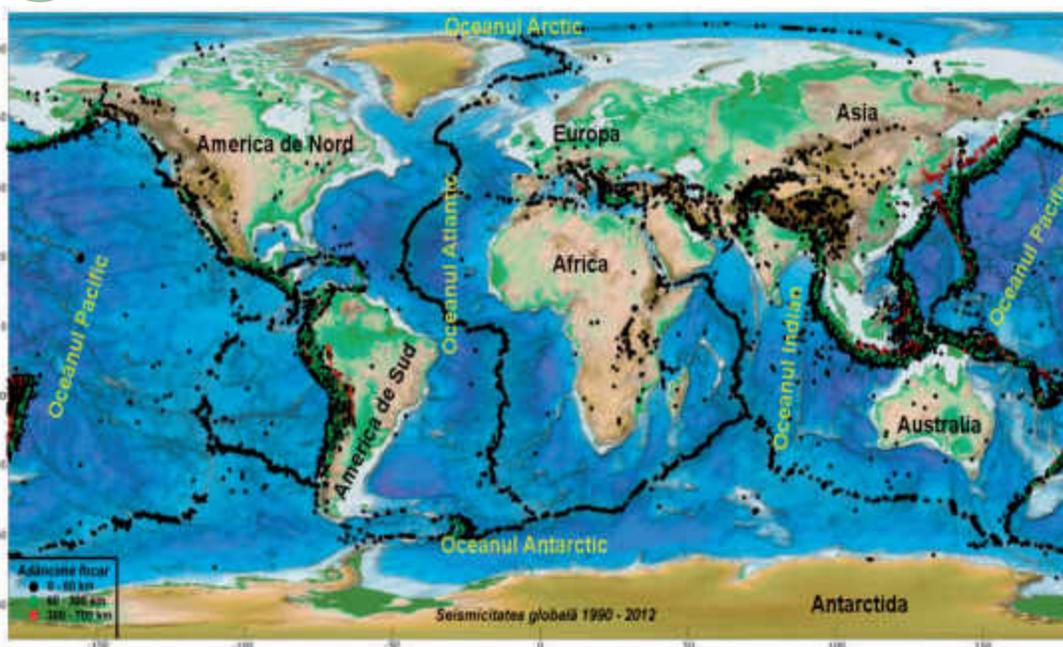
► **Materiale necesare:**

- harta seismicității globale (fig. I.3a).
- harta seismicității din România (fig. I.3b).
- fișa nr. I.3: *Zonele seismice din România*.

► **Procedură:**

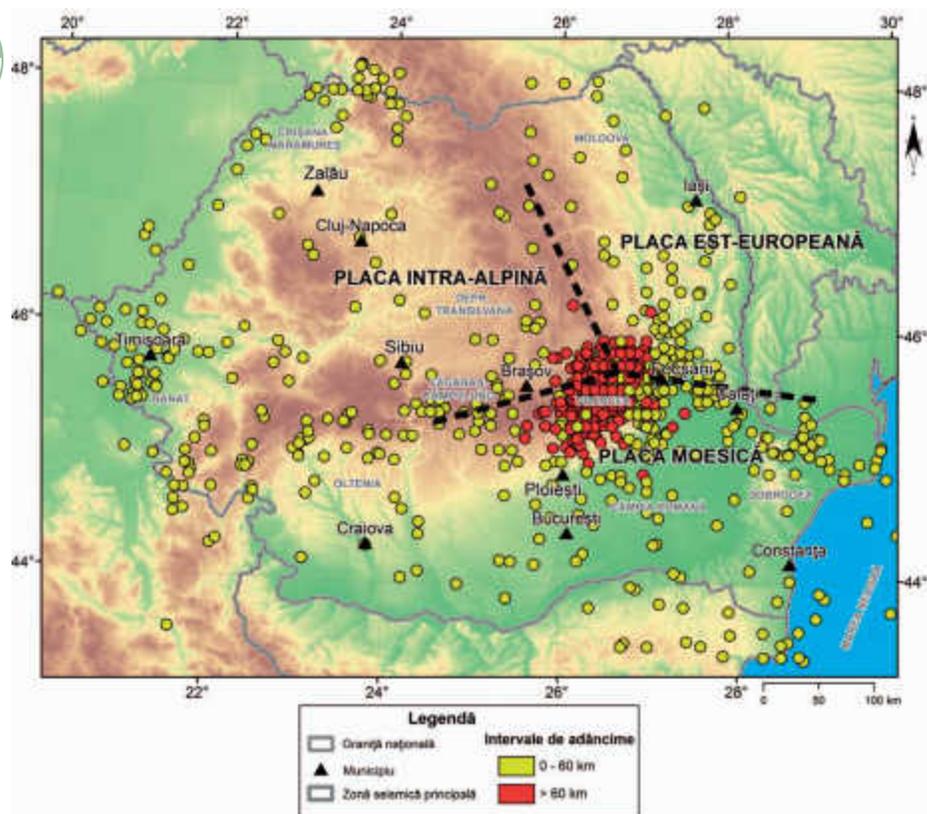
1. Prezentați elevilor harta seismicității globale (fig. I.3a) și explicați-le ce fel de cutremure se produc în lume.
2. Prezentați elevilor harta seismicității din România (fig. I.3b).
3. Caracterizați zonele seismice din România după tipurile de cutremure.
4. Arătați poziția propriului oraș și identificați cea mai apropiată regiune seismică.
5. Regiunea Vrancea (fig. I.3c) este cea mai importantă zonă seismică și cutremurele produse aici pot afecta o mare parte din România și țările învecinate.
6. Prezentați elevilor argumente pro și contra pentru cele mai cunoscute scenarii propuse (tabelele 1 și 2) privind evoluția în timp a regiunii Vrancea.

fig.
I.3a



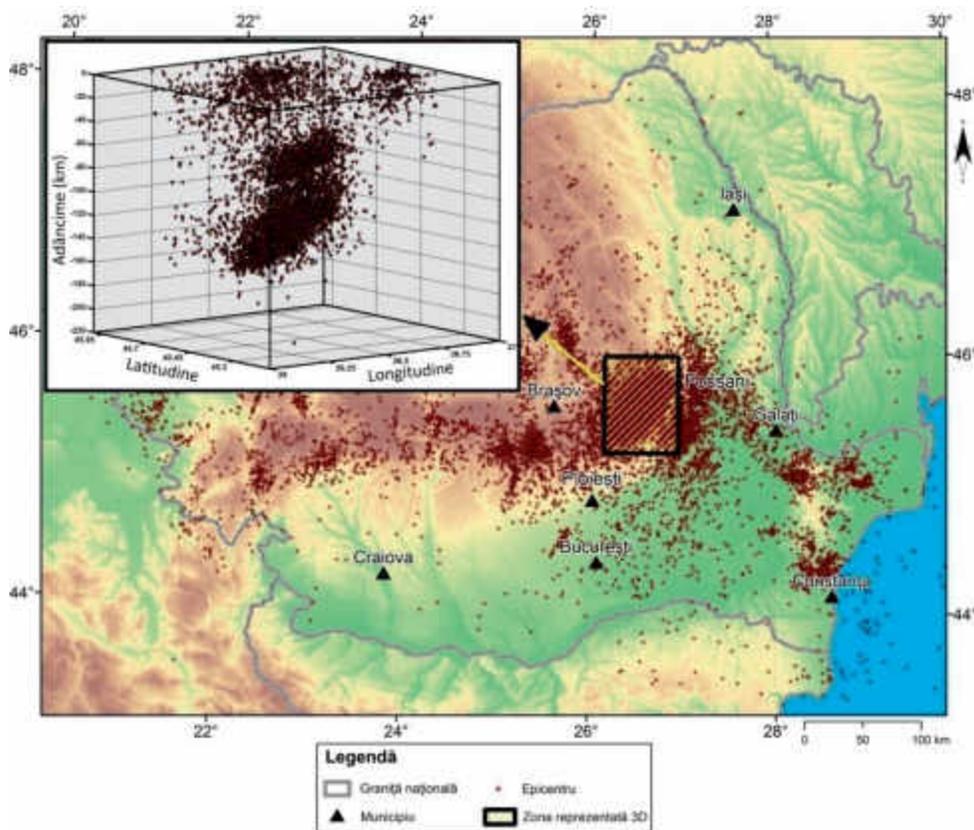
Harta seismicității globale. Sunt reprezentate numai cutremurele cu magnitudinea $M \geq 4$

fig.
I.3b



Harta seismicității din România și a zonelor de graniță.
Sunt reprezentate numai cutremurele cu magnitudinea $M > 3$.

fig. I.3c



Distribuția focarelor în regiunea Vrancea (în inserția din stânga, sus)

labelul I.1

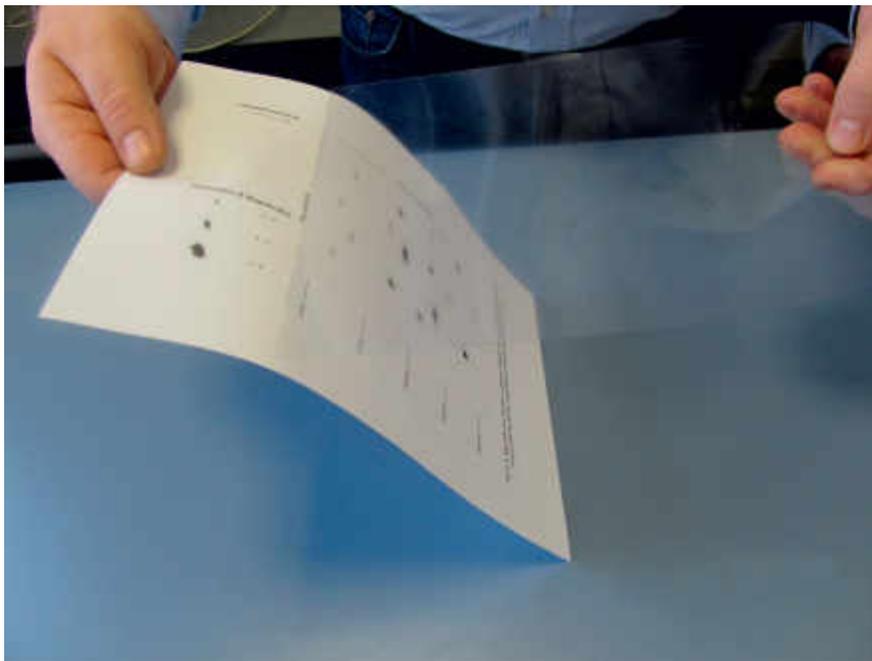
Scenarii privind evoluția în timp a regiunii Vrancea		
Subducția unei plăci oceanice	Subducția unei plăci oceanice, urmată de desprinderea parțială a plăcii subduse	Delaminarea litosferei continentale
Proces care apare când marginea unei plăci oceanice se scufundă sub marginea unei plăci continentale.	Proces care apare când marginea unei plăci oceanice se scufundă sub marginea unei plăci continentale, desprinzându-se parțial.	Proces care apare când crusta inferioară se îngroașă din cauza coliziunii a două plăci continentale, devine mai grea și coboară în astenosferă sub forma unei picături.

Sursă desene: J.H. KNAPP et al., 2005

Tabelul 1.2

Argumente pentru scenariile privind comportamentul regiunii Vrancea			
	<i>Subducția unei plăci oceanice</i>	<i>Subducția unei plăci oceanice urmată de desprinderea parțială a plăcii subduse</i>	<i>Delaminarea litosferei continentale</i>
Pro	<ul style="list-style-type: none"> – arcul muntos a fost creat în timpul fazei de ciocnire a plăcilor; – prezența unui lanț vulcanic în interiorul lanțului muntos (Munții Perșani); – seismicitate activă la adâncime subcrustală; 	<ul style="list-style-type: none"> – lipsa seismicității între 40 și 60 km adâncime; – migrarea activității vulcanice de-a lungul Arcului Carpatic, dinspre nord spre sud; 	<ul style="list-style-type: none"> – regiunea Vrancea este o zonă tectonică complexă, caracterizată de o coliziune de tip continent-continent; – arcul muntos a fost creat în timpul fazei de ciocnire; – coborârea rapidă a plăcii explică prezența activității seismice din interiorul acesteia;
Contra	<ul style="list-style-type: none"> – seismicitatea de adâncime subcrustală în zonele de subducție tipică este localizată de-a lungul suprafeței superioare a plăcii subduse; – cutremurele sunt distribuite aproape vertical în partea centrală a plăcii. 	<ul style="list-style-type: none"> – prezența activității seismice în interiorul plăcii arată că aceasta nu poate fi suspendată într-o stare de echilibru, ci suferă o mișcare de coborâre permanentă; – regimul predominant de extensie pe verticală. 	<ul style="list-style-type: none"> – simetria puternică a tectonicii între zona din spatele și din fața Arcului Carpatic.

7. Cereți elevilor să realizeze un eseu cu privire la evoluția regiunii Vrancea. Explicați-le că informațiile științifice credibile vor fi greu de găsit.
8. Realizați, împreună cu elevii, o activitate practică (fig. 1.3d) pentru a explica fenomenul de subducție.


 fig. 1.3d


Activitate practică pentru explicarea fenomenului de subducție

Pentru realizarea activității, aveți nevoie de o coală de hârtie cu figura 1.3e și o coală transparentă în format A4. Coala de hârtie reprezintă litosfera oceanică ce se scufundă sub cea continentală, reprezentată de coala transparentă.

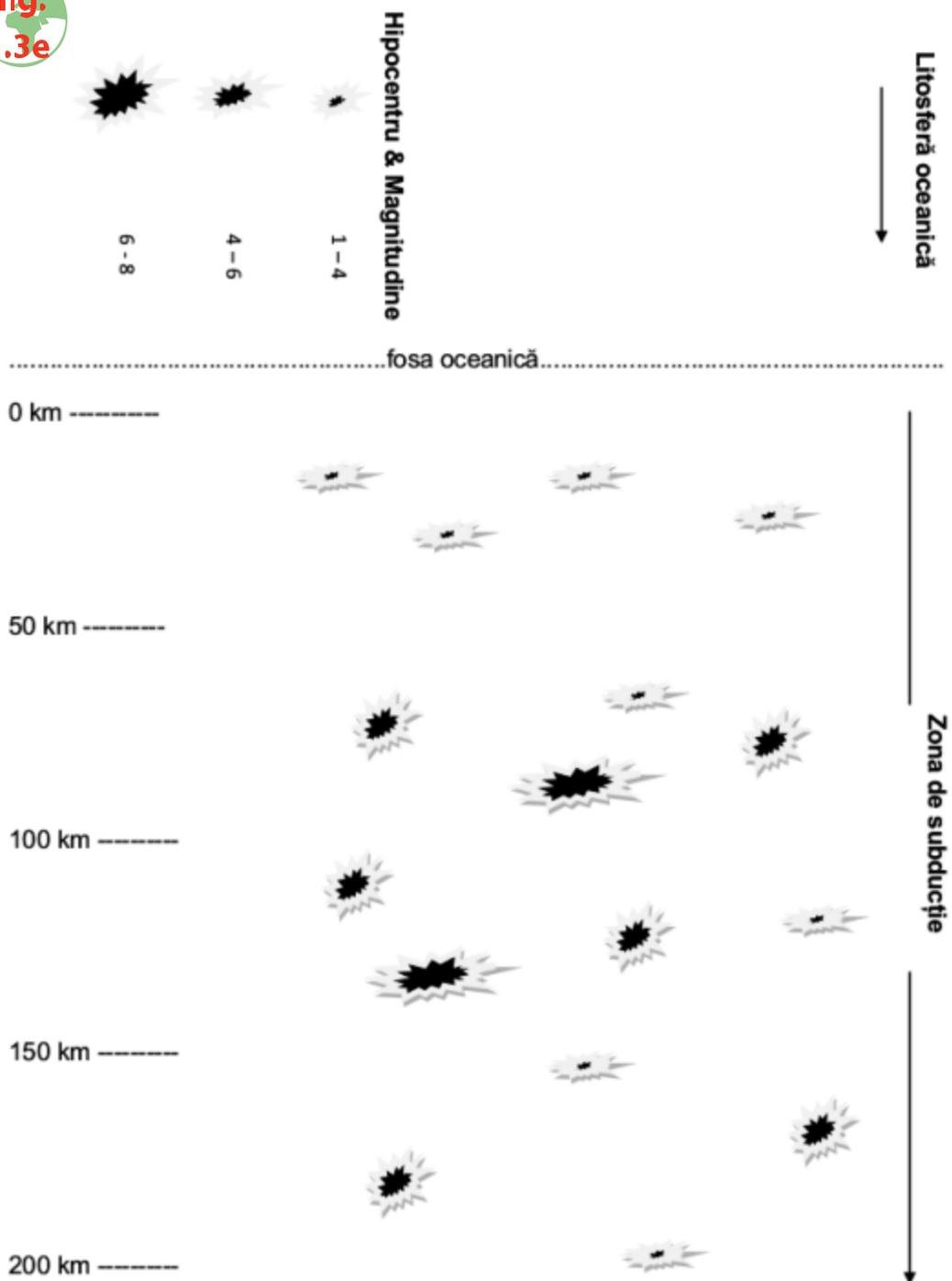
Pe coala de hârtie este demarcată linia fosei oceanice și sunt desenate hipocentrele unor cutremure de diferite adâncimi și magnitudini.

Obiectivele activității:

Se vor formula observații privind:

- diferența dintre hipocentru și epicentru;
- faptul că seismele adânci sunt mai îndepărtate de linia fosei oceanice;
- relația dintre unghiul de subducție și epicentre;
- apariția cutremurelor doar de o parte a liniei fosei oceanice;
- lipsa existenței unei relații între magnitudinea cutremurelor și așezarea lor în placa subdusă.

fig.
1.3e



Schema unei litosfere oceanice subduse
(Sunt prezentate hipocentrele cutremurelor de diferite magnitudini și adâncimi și linia fosei oceanice)

FIȘĂ DE EVALUARE I

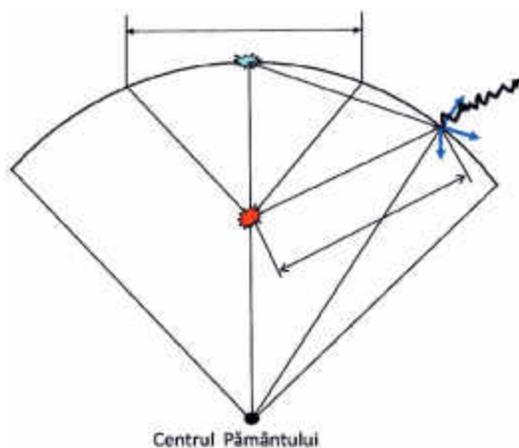


Elev:

Clasa:

Școala:

I. Completați, în schița de mai jos, denumirea elementelor caracteristice unui cutremur.



II. Alegeți răspunsul pe care îl considerați corect*.

1. Hipocentru unu cutremur este:
 - a. Locu unde are loc eliberarea energiei tectonice sub formă de căldură și unde seismice, din cauza ruperii litosferei.
 - b. Punctul de pe suprafața Pământului unde se simte cutremurul.
 - c. Distanța de la focar la un punct (stație seismică) de pe suprafața Pământului.

3. Distanța epicentrală reprezintă:
 - a. Distanța de la focar la un punct (stație seismică) de pe suprafața Pământului.
 - b. Distanța de la epicentru la un alt punct (stație seismică) de pe suprafața Pământului.
 - c. Distanța dintre epicentru și hipocentru.

4. După adâncimea cutremurului, distingem:
 - a. Cutremure crustale.
 - b. Cutremure locale.
 - c. Cutremure subcrustale sau intermediare.
 - d. Cutremure regionale.
 - e. Cutremure profunde sau adânci.

* **Notă:** Unele întrebări pot avea mai multe variante de răspuns.



5. Cutremurele regionale sunt cutremurele care au:
- a. Distanța epicentrală foarte mică.
 - b. Distanța epicentrală mai mică de 1.000 km.
 - c. Distanța epicentrală cuprinsă între 1.000 km și 3.000 km.
 - d. Distanța epicentrală mai mare de 3.000 km.
6. După energia eliberată în focar, distingem:
- a. Cutremure continentale.
 - b. Cutremure mici.
 - c. Cutremure marine.
 - d. Cutremure moderate.
 - e. Cutremure puternice.
7. Cea mai importantă zonă seismică din România este:
- a. Banat.
 - b. Crișana.
 - c. Vrancea.
 - d. Dobrogea.
 - e. Maramureș.
 - f. Făgăraș-Câmpulung.
8. În zona seismică Vrancea se produc cutremure:
- a. Crustale.
 - b. Subcrustale sau intermediare.
 - c. Mici.
 - d. Continentale.
 - e. Puternice.
 - f. Locale.
 - g. Moderate.
 - h. Adânci sau profunde.
9. Subducția este un proces care apare atunci când:
- a. Marginea unei plăci oceanice se scufundă sub marginea unei plăci continentale.
 - b. Crusta inferioară se îngroașă din cauza coliziunii a două plăci continentale, devine mai grea și coboară în litosferă sub forma unei picături.

Calificativ

Cadru didactic

UNDE ȘI DE CE SE PRODUC CUTREMURELE

În primul capitol am definit noțiunea de cutremur și caracteristicile principale ale acestuia. Pentru a înțelege cu adevărat cum și de ce se produc seismele, trebuie să știm câte ceva despre modul de formare și despre alcătuirea internă a Pământului.

Pământul s-a format cu circa 4,5 miliarde de ani în urmă, dintr-un nor de praf și de gaz care se învârtea în jurul Soarelui. Treptat, Pământul s-a încălzit tot mai tare, până când s-a transformat într-o sferă de roci incandescente și metal topit. Pe măsura trecerii timpului, Pământul s-a răcit, fenomen ce continuă și în zilele noastre. Ca efect al procesului de răcire, materialele mai dense (precum cele ce conțin fier și sulf) s-au scufundat în interiorul Pământului, iar materialele mai ușoare (precum cele ce conțin silicați și apă) au migrat spre suprafață, unde s-au răcit, formând o scoarță solidă.

STRUCTURA INTERNĂ A PĂMÂNTULUI

În procesul de formare, s-au delimitat mai multe învelișuri (strate) în interiorul Pământului (fig. II.1). Pornind de la suprafață, acestea au fost identificate și denumite de către cercetători astfel: crustă, manta, nucleul extern și nucleul intern. În continuare, sunt prezentate câteva generalități despre fiecare dintre aceste învelișuri.

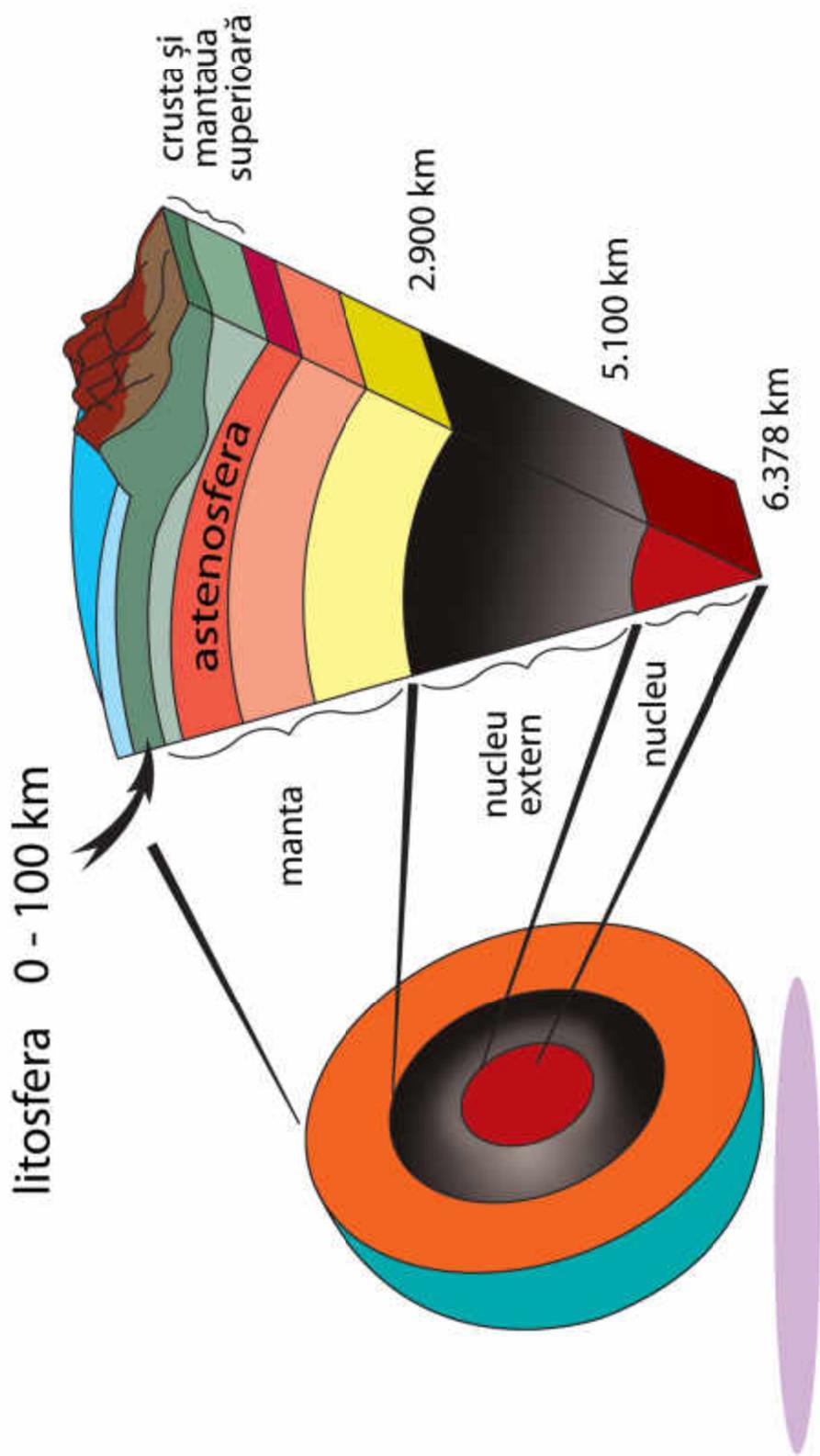
Crusta este învelișul extern al Pământului, alcătuită, în principal, din roci silicate. Volumul crustei constituie doar 1% din volumul total al planetei, fiind astfel cel mai subțire. În acest înveliș se produc marea majoritate a cutremurelor de pământ, iar temperatura medie estimată în crustă este de aproximativ 870 °C. Grosimea și compoziția crustei variază atât în interiorul continentelor, cât și sub oceane. De exemplu, crusta continentală (cea din care sunt compuse continentele) are o grosime medie de aproximativ 32 km și este compusă din materiale mai ușoare, precum granite, cuarț și feldspați. Pe de altă parte, crusta oceanică atinge grosimi medii de aproximativ 10 km și este, în cea mai mare parte, alcătuită din bazalte. Aceste două tipuri se disting și prin vârstă, crusta oceanică fiind mai tânără decât cea continentală.

Mantaua este cel mai gros înveliș al Pământului, compusă, în cea mai mare parte, din fier, aluminiu, magneziu, silicon și oxigen. Mantaua reprezintă aproximativ 80% din masa totală a Pământului. În acest înveliș, temperatura este de aproximativ 3.700 °C. Grosimea totală a acestui strat este de 2.900 km. În urma studiilor efectuate, mantaua, la rândul ei, a fost împărțită în două regiuni: **mantaua superioară** (mai rece) și **mantaua inferioară**.

Crusta și mantaua superioară formează o sferă de roci denumită **LITOSFERĂ** (de la cuvântul grec *lithos* – rocă). Imediat sub litosferă se situează **ASTENOSFERA** (termenul provine de la cuvântul grec *asthenes* = slab). Este o regiune din manta cu o consistență plastică, semisolidă (asemenea asfaltului topit), care se întinde în adâncime până la aproximativ 200 km (fig. II.2). Supus de-a lungul timpului geologic unor presiuni și temperaturi foarte



fig. II.1



Structura internă a Pământului

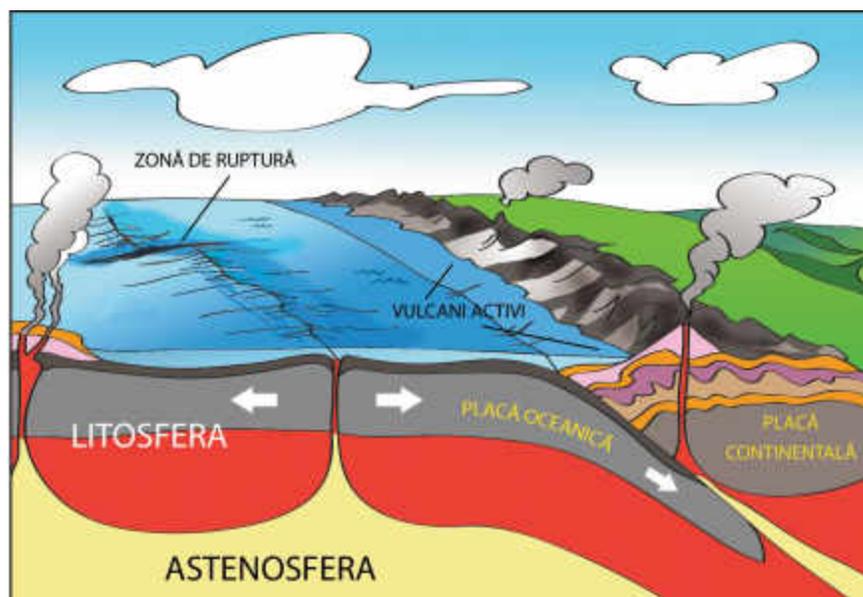
înalte, materialul din care este alcătuită astenosfera devine mai „ușor” și „curge”. Din această cauză, se presupune că litosfera „plutește” sau se deplasează odată cu astenosfera. Materialul topit din astenosferă ce se ridică la suprafața Pământului prin fisuri și fracturi se numește **magma**.

Formele de relief create de magma răcită ieșită la suprafață se numesc *vulcani* (fig. II.2). Vulcanii au forme și dimensiuni variabile, putând fi activi sau inactivi.

Vulcanii activi sunt cei care pot erupe din nou atunci când presiunea acumulată în Pământ, în acea zonă, împinge materialul de rocă topită (magma) să iasă la suprafață. Vulcanii au, de obicei, perioade scurte de activitate, urmate de perioade mult mai lungi de repaus.

Vulcanii inactivi sunt cei care nu au mai avut activitate vulcanică o perioadă lungă de timp.

fig.
II.2



Secțiune transversală prin crustă și prin mantaua superioară

Nucleul extern poate fi privit ca învelișul alcătuit din metale topite. El se află într-o stare lichidă, iar în componența lui intră metale grele, precum fierul și nichelul. Densitatea ce caracterizează acest strat este foarte mare, dar mai mică decât a fierului pur topit. Din această cauză, cercetătorii au tras concluzia că în componența lui intră și sulful și oxigenul, ele dizolvându-se ușor în fierul lichid. Grosimea învelișului este de 2.200 km, iar temperatura atinsă este de 4.300 °C. Pe măsură ce Pământul se rotește, nucleul lichid se rotește la rândul lui în jurul nucleului intern, generând astfel câmpul magnetic al Pământului.

Nucleul intern, așa cum sugerează și numele, reprezintă miezul Pământului. El este caracterizat de condiții de presiune și temperatură foarte ridicate (7.200 °C sau chiar mai mari). Temperatura în acest înveliș o depășește pe cea estimată pentru suprafața Pământului. Aceste temperaturi ridicate din nucleul interior pun în mișcare materialul din nucleul exterior și din manta. Din cauza presiunilor mari, materia ce alcătuiește acest înveliș rămâne nemișcată; de aici, și starea asemănătoare unui solid. Grosimea acestui strat se estimează a fi la cca 1.250 km.

Cele mai vechi roci din crustă, datate prin metode științifice, s-au format acum aproximativ 4 miliarde de ani. Nu se știe când a început să se formeze litosfera, dar se presupune că la această dată a început să se fragmenteze în mai multe plăci.

O astfel de placă poartă denumirea de **placă litosferică** (fiindcă ele alcătuiesc litosfera) sau placă tectonică (de la *tectonic* – denumirea grecească a verbului „a construi”, simbolizând faptul că litosfera este „construită” din plăci).

PLĂCILE PĂMÂNTULUI

O placă litosferică este un fragment masiv solid de rocă, cu o formă neregulată, alcătuit atât din crustă oceanică, cât și din crusta continentală. Lungimea plăcilor poate varia foarte mult, de la câteva sute de kilometri la mii de kilometri (printre cele mai mari se numără placa Pacificului și Antarctica). Plăcile variază foarte mult și în grosime, de la 15 km (plăcile cu litosferă oceanică tânără) până la 200 km sau chiar mai mult (plăcile litosferice vechi continentale, precum zonele centrale ale plăcilor Americii de Nord și de Sud).

Principala forță ce a modelat suprafața Pământului, de la formare și până în zilele noastre, este forța ce a dus și la fragmentarea și deplasarea plăcilor litosferice care alcătuiesc învelișul extern al Pământului.

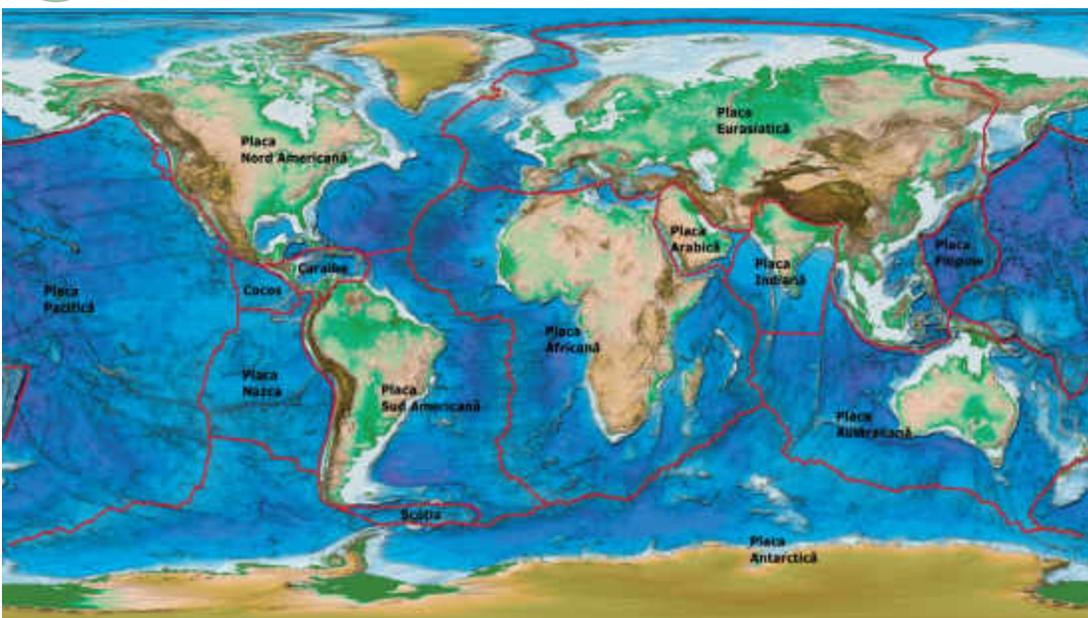
Figura II.3 ilustrează faptul că învelișul extern solid al Pământului (litosfera) este alcătuit din mai multe bucăți care se îmbină perfect, precum piesele unui puzzle. Plăcile sunt alcătuite din roci care au, în general, o densitate mai mică decât materialul semi-solid ce le susține (astenosfera). Acest lucru le permite să „plutească” precum chipsurile într-un vas cu miere.

Majoritatea cutremurelor se datorează mișcărilor pe glob a plăcilor litosferice ale Pământului și se produc în special la limitele de separație dintre ele (**marginii de plăci**). Experții au identificat un număr de șapte până la douăsprezece plăci majore și un număr mai mare de plăci minore. Plăcile au primit numele de la continentele (ex.: placa Eurasiatică), oceanele (Placa Pacifică) sau regiunile geografice (Placa Arabică) pe care le înglobează. Denumirea și localizarea plăcilor tectonice majore pot fi urmărite pe harta Lumii (fig. II.3).

Cum și de ce se mișcă plăcile

Plăcile Pământului sunt într-o mișcare lentă, dar continuă, așa încât, văzută de sus, suprafața Pământului arată ca un puzzle sferic ale cărui piese se remodelază încet, dar continuu.

Deși dificil de explicat și de urmărit, mișcarea plăcilor tectonice nu este la întâmplare. Forțe nevăzute, a căror existență a fost demonstrată și justificată științific, dirijează deplasarea lor. Deși nu se poate spune cu precizie și nici înțelege complet ce cauzează și cum acționează aceste forțe, cercetătorii au ajuns la concluzia că ele își au originea adânc în interiorul Pământului.



Harță cu plăcile tectonice majore (Marginile plăcilor sunt schițate cu linie roșie.)

Margini de placă și tipuri de mișcare a plăcilor

Până în prezent, cercetătorii și-au făcut o imagine despre cum se mișcă plăcile pe suprafața Pământului și cum această mișcare se reflectă în activitatea seismică. Alături de cutremure, cele mai evidente mărturii ale mișcării plăcilor sunt formele caracteristice de relief pe care le creează la marginile de plăci. Acestea diferă în funcție de tipul de mișcare relativă a plăcilor unele față de celelalte și de compoziția lor.

Astfel, au fost identificate trei tipuri de margini de placă (fig. II.9).

- ▶ **Marginile divergente** (fig. II.9, pct. 2) sunt întâlnite la interacțiunea dintre două plăci ce se depărtează una de cealaltă. Imaginați-vă două benzi transportoare imense, așezate față în față, dar care se mișcă în direcții opuse. Ca urmare a acestei mișcări, se formează o deschidere în crustă (*rift mediu-oceanic*), prin care materialul topit din astenosferă urcă la suprafață, se răcește, formând crustă oceanică nouă. Ceea ce se depozitează de o parte și de alta a riftului formează lanțuri de munți oceanici (*dorsale*). Un exemplu elocvent îl constituie Riftul Medio-Atlantic care se întinde de la Oceanul Arctic până în sudul Africii (fig. II.4).
- ▶ **Marginile convergente** sunt întâlnite acolo unde două plăci intră în coliziune. Dacă se formează crustă nouă datorită mișcării divergente, mișcarea convergentă o reciclează. O mărturie a acestor procese stă faptul că dimensiunile Pământului au rămas neschimbate de la formarea lui și până astăzi. Mai mult de atât, viteza de distrugere a crustei la nivel global trebuie să fie aproximativ aceeași cu cea de formare. Un proces de distrugere a crustei are loc la marginile convergente de plăci, unde plăcile se deplasează unele către celelalte și uneori una dintre ele se scufundă (**subdusă**) sub cealaltă. Zona în care o placă se scufundă în astenosferă se numește **zona de subducție**.

Tipul de convergență, numită de unii o „coliziune” lentă, depinde de tipul de litosferă care intră în componența plăcilor. Convergența poate avea loc între o placă oceanică și una continentală, sau între două plăci oceanice sau între două plăci continentale.

fig.
II.4



Riftul Medio-Atlantic care separă în întregime Atlanticul de Nord de Atlanticul de Sud, „tăind” Islanda în două (vizibil în partea de sus a imaginii)

■ Convergența dintre o placă oceanică și una continentală (fig. II.5)

Este una dintre cele mai întâlnite situații și duce la formarea de arcuri vulcanice continentale.

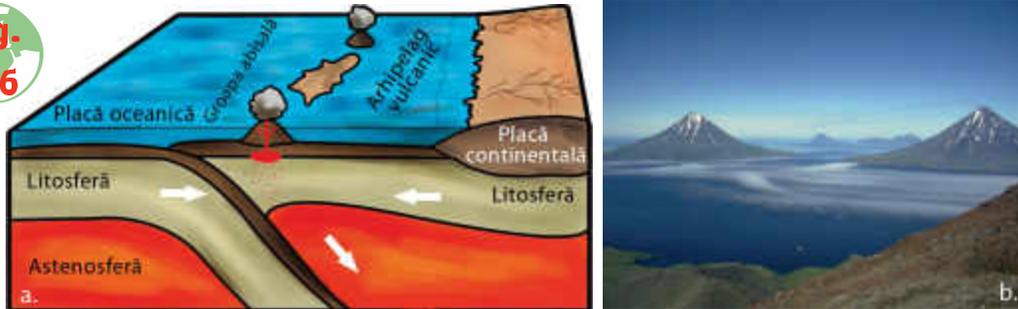
fig.
II.5



a. convergența dintre o placă oceanică și una continentală. b. subducția Plăcii Nazca sub partea continentală a Plăcii Sud-Americane, de-a lungul fosei Peru-Chile, a dat naștere catenei Anzilor. Fenomene asociate: cutremure puternice ($M = 8,3$, 1994, Bolivia, 636 km adâncime), vulcani activi („Centura de Foc a Pacificului”)

- **Convergența dintre două plăci oceanice** (fig. II.6). Procesele de subducție, în acest caz, duc la formarea de vulcani, în timp ce erupțiile de lavă formează edificii submarine care se ridică deasupra nivelului oceanic formând *arcuri vulcanice insulare*.

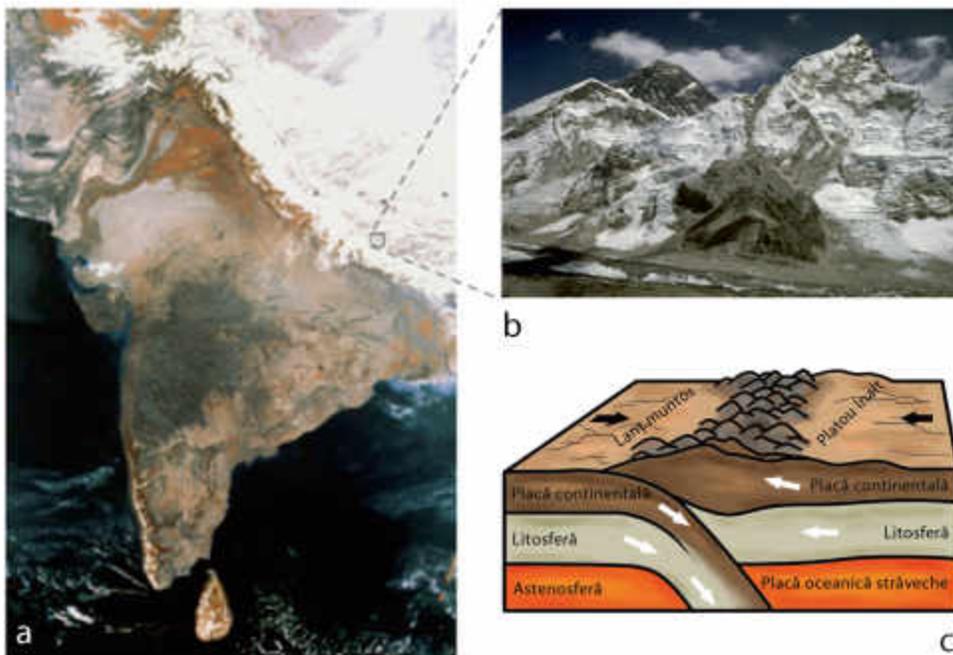
fig. II.6



a. Convergența dintre două plăci oceanice;
 b. Lanțul insulelor Aleutine format prin mișcarea convergentă dintre două plăci oceanice
 (sursa: <http://alaskamaritime.fws.gov/units/aleutians.htm>)

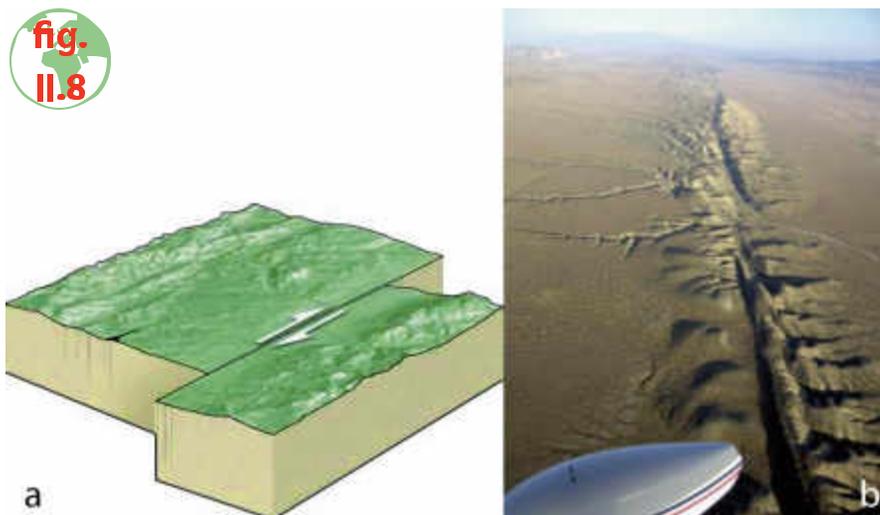
- **Convergența dintre două plăci continentale** (sau porțiuni continentale ale plăcilor oceanice) (fig. II.7) are ca efect formarea unor lanțuri muntoase continentale.

fig. II.7

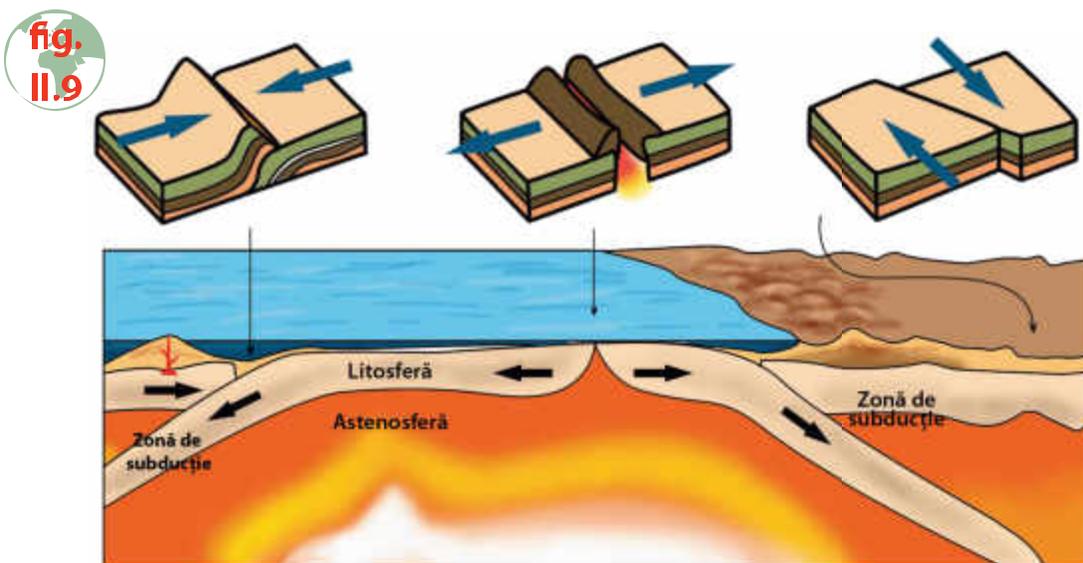


Convergența dintre două plăci continentale:
 a. India, imagine în infraroșu din satelit, în coliziune cu continentul asiatic pe măsură ce se deplasează către nord, odată cu întreaga placă indiană. Impactul a dus la ridicarea unei mase imense de roci ce a format lanțul muntos Himalayan (acoperit cu zăpadă, în colțul din dreapta sus a imaginii);
 b. Muntele Everest – rezultat al coliziunii dintre cele două mase continentale (creasta umbră din fundalul imaginii)
 (sursa: <http://astronomy.nju.edu.cn>)

- **Marginile transformante** (fig. II.8) sunt întâlnite în zonele în care plăcile alunecă una pe lângă cealaltă. Conceptul de falii transformante se referă la acele zone fracturate care fac legătura între două margini de plăci divergente sau, mai rar, între două margini de plăci convergente. Majoritatea faliilor de transformare sau transformante sunt situate pe fundul oceanului. Sunt caracterizate de o importantă activitate seismică de suprafață, una dintre cele mai cunoscute fiind falia San Andreas (California).



a. Margini de plăci transformante b. Falia San Andreas, rezultată ca urmare a deplasării Plăcii Pacificului pe lângă Placa Nord-Americană. Ea are o lungime de 1300 km și o lățime de zeci de km, traversând 2/3 din teritoriul Californiei. (sursa: <http://epod.usra.edu/blog/2006/11/elkhorn-scarp-along-san-andreas-fault.html>)



Tipurile de margini de plăci tectonice, mișcările caracteristice și formele de relief asociate

Pe lângă aceste trei tipuri de margini, există și o a patra, care se desfășoară pe o zonă denumită **zonă de tranziție**. Aceasta este tot o regiune de interacțiune între plăci, pentru care nu se poate defini clar tipul de mișcare ce le caracterizează și nici nu se poate delimita clar suprafața pe care se întinde.

Majoritatea marginilor de plăci, precum și efectele produse de interacțiunea lor (coliziunea, depărtarea sau deplasarea uneia relativ la cealaltă) nu pot fi observate în peisajul ce ne înconjoară, din cauză că sunt ascunse sub oceane. Cu toate acestea, ele pot fi surprinse și reprezentate pe imagini înregistrate din spațiu (imagini din satelit; ex.: fig. II.7).

TEORIA DERIVEI CONTINENTALE ȘI TEORIA PLĂCILOR TECTONICE

Deriva continentelor reprezintă mișcarea continentelor și schimbarea poziției relative a unora față de celelalte de-a lungul timpului geologic. Ideea potrivit căreia continentele nu au fost dintotdeauna în pozițiile lor actuale a fost vehiculată cu mult înainte de secolul XX. Cu toate acestea, abia în 1912, teoria a fost dezbătută în mod serios, după publicarea ei de către meteorologul german *Alfred Wegener*. El susținea că, acum aproximativ 200 de milioane de ani, singura masă continentală existentă pe Pământ, supercontinentul Pangaea, a început să se fragmenteze. Profesorul de geologie *Du Toit* a susținut că Pangaea s-a fragmentat mai întâi în două continente: Laurasia, în emisfera nordică, și Gondwanaland, în emisfera sudică. Acestea au continuat să se rupă într-un număr mare de bucăți, ce au format continentele de astăzi (fig. II.11)

Ca indicii clare în susținerea teoriei sale, Wegener amintea:

- potrivirea aproape perfectă a conturilor continentelor Americii de Sud și Africii (fig. II.10);
- faptul că un număr mare de specii de plante și animale se regăsesc pe țărmul celor două continente separate de Oceanul Atlantic (fig. II.12);
- rocile de pe țărmurile aceluiași două continente au aceeași vechime și aceeași alcătuire.

Teoria derivei continentale a fost începutul unei noi abordări asupra evoluției Pământului.

Punctul slab al teoriei era imposibilitatea de a explica originea forțelor capabile să deplaseze mase uriașe de rocă pe distanțe atât de mari. Wegener sugera că masele continentale „brăzdează” fundul oceanelor precum un vapor care sparge gheața oceanului în deplasarea sa. Ideea a fost contrazisă de către Harold Jeffreys, un reputat geofizician englez, folosind argumentul că, fizic, este imposibil ca o masă atât de mare de roci să se deplaseze pe fundul oceanului fără să se fragmenteze.





fig.
11.11

PANGAEA
acum 200 de milioane
de ani

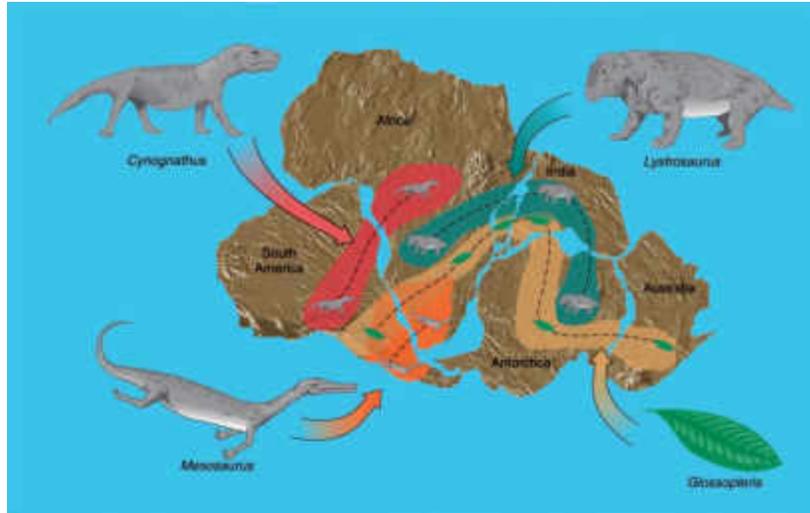


LAURASIA & GONDWANA
acum 170 de milioane
de ani



IN PREZENT

*Etapele evoluției continentelor începând cu aproximativ 200 de milioane de ani în urmă
(sursa: dreamstime.com)*

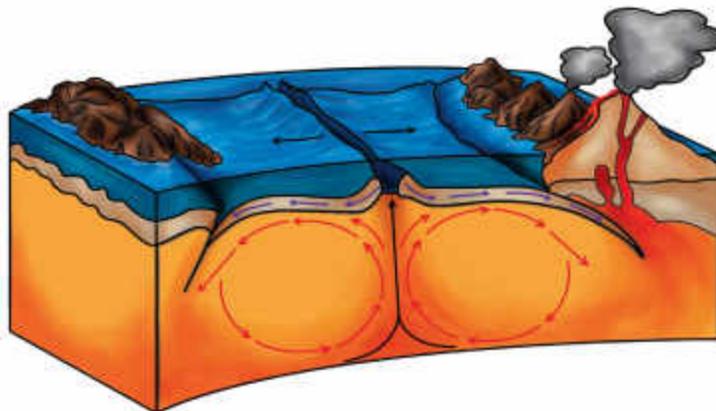
fig.
II.12

După cum au observat și Snider-Pellegrini și, mai târziu, Wegener, locațiile anumitor fosile de plante și animale, despărțite în zilele noastre de distanțe foarte mari, descriu anumite trasee (sugerate prin benzi colorate), dacă continentele ar fi reunite (sursa: <http://www.suu.edu/faculty/colberg/l1azards/PlateTectonics/Drift1.jpg>)

Teoria derivei continentale a stat la baza teoriei plăcilor tectonice. După cum am menționat și mai sus, o placă este o masă mare de roci solide, cu formă neregulată. Cuvântul tectonic este de origine greacă și înseamnă „a construi”. Deci, noțiunea de plăci tectonice sugerează faptul că suprafața Pământului este „construită” din mase mari de rocă.

Teoria plăcilor tectonice susține tocmai faptul că stratul extern al Pământului este fragmentat într-un număr variat de plăci majore și minore, care se deplasează unele în raport cu celelalte, „plutind” pe un material fierbinte, mai dens și în stare semi-solidă (manta).

La începutul anilor '60, cercetătorii Fred Vine și Drummond Matthews au susținut că fundul oceanelor se extinde pornind de la dorsalele medii oceanice. Acestea reprezintă lanțuri de munți situați pe fundul unor oceane care s-au format în decursul timpului geologic, de o parte și de alta a unei deschideri (rift) prin care magma se ridică din astenosferă. Zona caracterizează limita dintre două plăci litosferice care au o mișcare divergentă. Procesul își găsește perechea în zona marilor fosse oceanice, acolo unde plăcile se află în coliziune, unde litosfera este absorbită și retopită în astenosferă (fig. II.13).

fig.
II.13

Elementele ce stau la baza teoriei tectonicii plăcilor

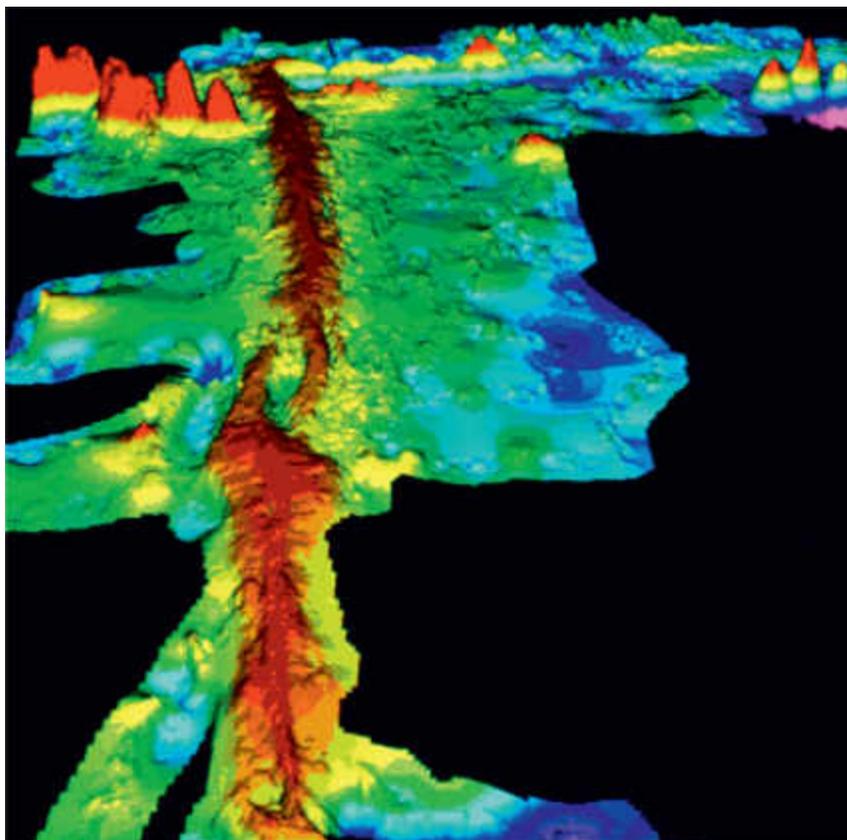
Astfel, pe la 1968, s-a conturat o nouă explicație pentru dinamica suprafeței Pământului, reunită sub conceptul de „tectonica plăcilor”. Această teorie explică faptul că mișcarea suprafeței Pământului se face la nivel de placă litosferică și implică atât zonele continentale, cât și fundul oceanic.

Vârsta fundului oceanic

Aproximativ 2/3 din suprafața Pământului se situează sub oceane. Înainte de secolul XIX, adâncimea oceanelor lumii putea fi doar speculată. Mai mult de atât, se considera că relieful fundului oceanic este plat. Cercetările ce au urmat au adus informații noi, spectaculoase. Știm acum că cele mai multe dintre fenomenele întâlnite pe uscat sunt legate, direct sau indirect, de dinamica acestor regiuni abisale.

Primele măsurători adevărate au fost realizate în timpul celui de Al Doilea Război Mondial, în oceanul Atlantic, cu ajutorul submarinelor dotate cu sonare primitive. Timpul necesar ca unda emisă de sonar să ajungă pe fundul oceanului, de unde să fie reflectată înapoi și înregistrată de submarin, dădea o informație clară asupra adâncimii oceanului. Mai mult de atât, s-a mai aflat și faptul că relieful acestuia este mult mai variat decât s-a presupus, alcătuit fiind inclusiv din lanțuri muntoase (mai târziu intitulate **dorsalele medii-oceanice**) cu înălțimi și lungimi considerabile.

fig.
II.14



O imagine computerizată a unui segment al Dorsalei Medii-Oceanice. Culoarele „calde” (roșu și galben) reprezintă un relief înalt, iar culorile „rece” (verde și albastru) sugerează depresiuni
(<http://pubs.usgs.gov/publications/text/topomap.html>)

În anii '50, datele colectate prin noile metode de explorare marină au permis identificarea unui lanț muntos ce face înconjurul globului, intitulat **dorsală globală medie-oceanică**. Acesta are o lungime de peste 50.000 km și înălțimi medii de 4.500 m deasupra fundului oceanului. Bine ascunsă sub apele oceanului, dorsala globală medie-oceanică rămâne cea mai proeminentă formă de relief de pe glob.

În trecut, cercetătorii au considerat că oceanele există de cel puțin 4 miliarde de ani; prin urmare, aceste sedimente ar fi trebuit să fie mult mai groase. În 1947, seismologii de pe nava de cercetări Atlantis au descoperit că stratul de sedimente depus pe fundul Atlanticului este mult mai subțire decât se estima.

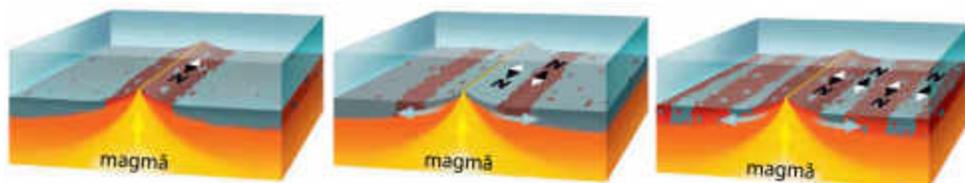
Benzile de roci magnetizate și inversarea polilor magnetici

Încă din anii '50, cercetătorii au observat variații magnetice ciudate de-a lungul fundului oceanului, cu ajutorul unor aparate ce măsurau câmpul magnetic, amplasate în avion (magnetometre). Variațiile nu erau complet neașteptate. Încă din secolul XVIII, marinarii știau că rocile de pe fundul oceanului produc dereglări ale busolelor de navigație. Din punct de vedere științific, acest fapt se explică prin compoziția rocilor ce intră în alcătuirea fundului oceanic – **bazaltele**; acestea sunt roci vulcanice formate prin răcirea magmei bogate în compuși de fier, care, la rândul lui, conține magnetit, un mineral puternic magnetic. Direcția de magnetizare a acestor roci indică direcția câmpului magnetic al Pământului din momentul răcirii lor.

Magnetometrele pot măsura direcția de magnetizare a bazaltelor. Dacă un vulcan are erupții de-a lungul unui interval lung de timp, cercetătorii pot analiza magnetizarea diferitelor fluxuri de lavă, făcându-și astfel o idee despre cum a variat câmpul magnetic al Pământului în acel interval. În mod surprinzător, această procedură a dezvăluit faptul că au fost perioade în care rocile erau magnetizate pe direcții opuse. S-a propus o serie întreagă de explicații, singura care nu a putut fi combătută fiind aceea că polaritatea magnetică a Pământului s-a inversat în timp.

Acest fenomen a fost explicat și acceptat abia odată cu obținerea unor informații despre fundul oceanelor. Deși fenomenul de magnetizare a rocilor, precum și măsurarea direcției de magnetizare era posibilă și pentru rocile de pe uscat, abia descoperirea modelelor simetrice, sub formă de benzi, a rocilor situate de o parte și de alta a dorsalei medii-oceanice, a clarificat definitiv acest mister.

Notă: Am aflat, în capitolele anterioare, că prin mișcarea de divergență a două plăci tectonice se formează o fisură în crusta oceanică (rift), prin care magma urcă la suprafață și se depune de o parte și de alta a unui rift, formând un lanț muntos subacvatic (dorsală medie-oceanică). Pe măsură ce crusta oceanică nouă se formează, fundul oceanic suferă o expansiune. Rocile ce intră în componența crustei nou formate vor înregistra polarități (direcții de magnetizare) diferite și se vor alinia pe benzi simetrice față de axul riftului (fig. II.15).

fig.
II.15

Modul de formare, prin răcirea magmei, a benzilor de roci cu magnetizare diferită, simetric poziționate față de axul riftului

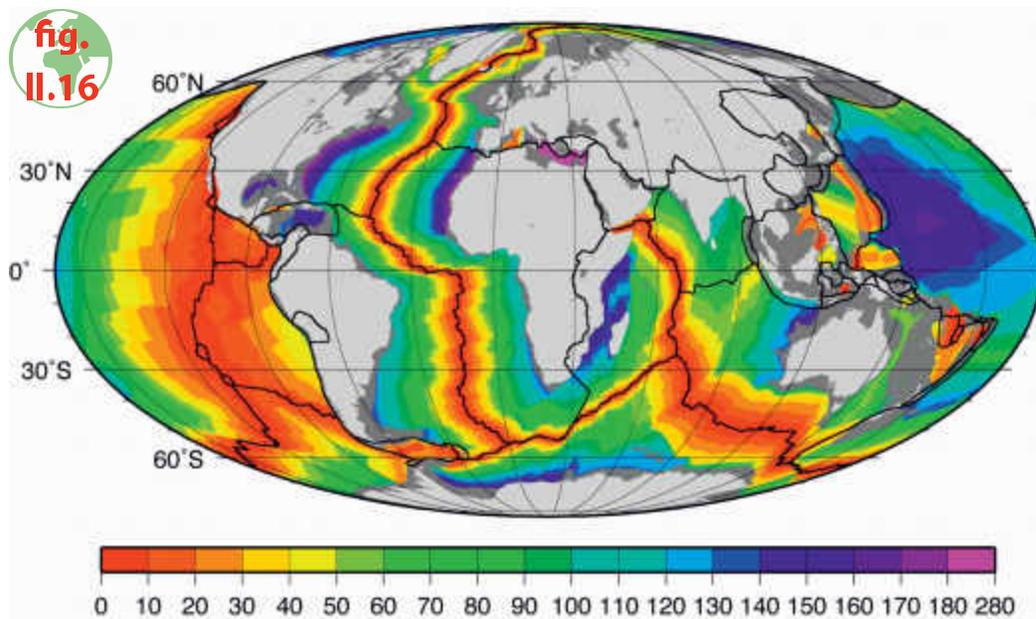
Tipurile de magnetizare și, implicit, de roci magnetice, au fost definite astfel: *magnetizare cu polaritate normală* (mineralele din componența rocilor au aceeași polaritate cu cea a câmpului magnetic actual al Pământului) și magnetizare cu *polaritate inversă* (mineralele din componența rocilor au polaritatea inversă față de cea a câmpului magnetic actual al Pământului).

EXPANSIUNEA FUNDULUI OCEANIC ȘI RECICLAREA CRUSTEI OCEANICE

Odată cu descoperirea modelului de magnetizare a rocilor sub formă de benzi simetrice situate de o parte și de alta a rifturilor medii-oceanice, s-a adus și argumentul de necombătut al ipotezei expansiunii fundului oceanic.

Alte argumente în sprijinul acestei ipoteze sunt:

- în apropierea axului riftului, vârsta rocilor este foarte mică; pe măsură ce ne îndepărtăm de ax, ele devin din ce în ce mai vechi (fig. II.16);
- rocile tinere din zona mediană a riftului au întotdeauna polarități normale;
- benzile de roci simetrice față de axul riftului, ce alternează ca polaritate, dovedesc inversarea polilor câmpului magnetic al Pământului de-a lungul timpului geologic (fig. II.16).

fig.
II.16

Vârsta rocilor care alcătuiesc fundul oceanelor (milioane ani)


 PLAN DE LUCRU

Plăci în mișcare. Margini constructive și marginii distructive

Vocabular:

- Cristalizare
- Magnetizare
- Magnetometru
- Margini constructive de plăci
- Margini distructive de plăci

Concept

1. Pământul are un câmp magnetic bipolar (doi poli: nord și sud).
2. Polii magnetici ai Pământului se schimbă la perioade neregulate, din motive încă necunoscute.
3. Anumite materiale pot fi magnetizate în prezența unui câmp magnetic puternic.
4. Direcții ale câmpului magnetic al Pământului, înregistrate de roci la un moment dat în timp, se mențin chiar dacă această direcție se schimbă.
5. Dovezile magnetizării diferite a rocilor de pe fundul oceanului pot fi folosite ca probe ale teoriei expansiunii fundului oceanic.
6. Există marginii de plăci constructive (zona rifturilor oceanice – locul în care se formează crusta oceanică nouă) și marginii de plăci distructive (zona fosei oceanice – locul în care crusta continentală este „consumată”).
7. Acolo unde două plăci tectonice se ciocnesc, placa mai densă coboară sub cea mai ușoară.
8. Magma este produsă la majoritatea marginilor distructive de plăci.

Obiective

Elevii:

- vor realiza un model care să îi ajute să înțeleagă fenomenul de magnetizare a rocilor și de inversare a polilor magnetici ai Pământului, precum și rolul acestor fenomene în susținerea teoriei expansiunii fundului oceanic;
- vor realiza un model care să ilustreze modul de interacțiune a plăcilor la marginile distructive de plăci.

Resurse educaționale

<http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/developing.html>;

http://www.earthlearningidea.com/home/Teaching_strategies.html



Activitatea II.1

O călătorie spre centrul Pământului

► **Introducere:**

În anul 1864, *Jules Verne* publica volumul „O călătorie spre centrul Pământului”, carte la fel de populară în zilele noastre ca acum aproape un secol și jumătate. Este povestea unui profesor care, împreună cu nepotul său și cu ghidul lor, pornește într-o călătorie spre centrul Pământului, prin deschizătura unui vulcan din Islanda. Aceștia au parte de numeroase aventuri, înainte de a ieși din nou la suprafață, în sudul Italiei. Romanul este doar o ficțiune și astăzi știm că o astfel de călătorie este practic imposibilă.

Activitatea de mai jos propune, totuși, o călătorie în interiorul Pământului! Este drept, va fi una virtuală, în care elevii vor învăța despre structura, proprietățile materialelor și condițiile din interiorul planetei noastre. De asemenea, observând un model (o „felie” din Pământ) al interiorului Pământului, realizat la scară, elevii vor înțelege dimensiunea acestuia, a învelișurilor lui, precum și raportul dintre acestea și întregul volum al Pământului.

► **Materiale necesare:**

- imagine cu o secțiune în plan a interiorului Pământului (fig. II.1)
- roll-up cu modelul la scară (1:3.000.000) al Pământului (o „felie” din Pământ)
- post-it-uri
- cariocă
- calculator

► **Procedură:**

1. Amintiți elevilor despre romanul lui Jules Verne „O călătorie spre centrul Pământului” și porniți o discuție pe această temă. Spuneți-le că, în secolul al XIX-lea, când a fost scrisă această poveste, deși interesul științific și cel popular despre interiorul Pământului era foarte crescut, nu se știa nimic despre structura internă a Pământului.
2. Întrebați elevii cum a fost posibil să aflăm totuși informații din roman și atât de multe despre interiorul planetei pe care trăim. Ascultați părerile lor și reamintiți-le că studiile geofizice și seismologice au oferit și oferă informații detaliate despre structura Pământului. Spuneți-le, de exemplu, că măsurătorile de temperatură efectuate în mine au demonstrat că aceasta crește în interiorul Pământului odată cu adâncimea, că analiza câmpului gravimetric al Pământului indică variații de densitate și, deci, de structură în

învelișurile Pământului, că analiza chimică a rocilor provenite din erupțiile vulcanice oferă informații despre compoziția și condițiile din interior și, nu în ultimul rând, că studiul undelor seismice provenite de la cutremure și explozii generează „imagini” despre structura internă și determină proprietățile fizice ale materialelor învelișurilor Pământului.

3. Prezentați elevilor, pe calculator, imaginea cu secțiunea în plan a interiorului Pământului și reamintiți-le că acesta are o structură stratificată și este alcătuit din următoarele învelișuri principale: crustă, manta și nucleu (extern și intern). Aduceți-le aminte lungimea razelor principalelor învelișuri (de la centrul Pământului până la limita de separație a învelișurilor): 1.216 km nucleul intern, 3.486 km nucleul extern, 6.336 km mantaua și 6.371 km crusta. Spuneți elevilor că această ultimă distanță ar putea fi parcursă de un om, dacă ar putea merge direct de la suprafață spre centrul Pământului, în aproximativ 53 de zile, la o viteză de 5 km/h, 24 de ore din 24. Dacă ar exista o autostradă către centrul Pământului, ar trebui să conducă aproximativ 64 de ore, cu o viteză de 100 km/h pentru a ajunge la destinație! Spuneți-le că nu pare o distanță imposibil de parcurs și întrebați-i care cred ei că sunt motivele care ne împiedică să ajungem în centrul Pământului.
4. Discutați cu elevii aceste motive. Explicați-le că, pe de o parte, deși există căi de acces care duc sub suprafața Pământului (de ex.: peșterile, minele, sondele geofizice), acestea nu sunt suficient de largi sau de adânci (cea mai adâncă sondă atinge aproximativ 12 km) pentru a ajunge în centrul planetei, iar pe de altă parte, temperaturile și presiunile foarte ridicate din interior, precum și lipsa aerului creează condiții extreme, în care omul nu ar putea trăi.
5. Spuneți elevilor că, prin această activitate, vor efectua o călătorie virtuală spre interiorul Pământului, ce va începe de la suprafață (crustă) și va avea mai multe opriri (douăsprezece) până la centrul Pământului, destinația finală.
6. Prezentați elevilor roll-up-ul cu modelul la scară al „feliei” din Pământ. Explicați-le că modelul este realizat la scara 1:3.000.000, ceea ce înseamnă că 1 cm al modelului corespunde la 3.000.000 cm reali (sau 1 m al modelului înseamnă 3.000 km reali). Utilizând această scară, modelul folosit pentru a reprezenta distanța de la suprafața Pământului la centrul acestuia are o lungime de aproximativ 2,1 m.
7. Cu modelul la scară desfășurat în întregime, porniți călătoria de la *punctul nr. 1*, citind pasajul corespunzător din „Jurnalul de călătorie spre centrul Pământului”, prezentat în pagina următoare. Treceți la *punctul nr. 2* și citiți secțiunea corespunzătoare celei de a doua opriri. Procedați în mod asemănător și pentru celelalte puncte. Aveți grijă să subliniați, de fiecare dată, distanța parcursă până la fiecare oprire (folosind modelul la scară și distanțele reale din tabelul II.1) și distanța care a rămas până la centrul Pământului. De asemenea, la fiecare oprire, lipiți bilețele (post-it-uri) pe care să marcați cu o cariocă temperatura și presiunea existente în acel punct (folosiți informațiile din tabelul II.1).
8. După terminarea călătoriei, se va face o recapitulare a informațiilor primite, având ca suport atât datele din tabelul II.1, cât și modelul la scară al „feliei” din Pământ. Se vor evidenția creșterile în densitate, în temperatură și în presiune, odată cu creșterea adâncimii, precum și modificările bruște în densitate și în compoziție la limitele majore dintre învelișuri.

9. Pentru completarea informațiilor primite despre interiorul Pământului, elevii clasei se vor împărți în 12 echipe corespunzătoare celor 12 opriri din cadrul călătoriei virtuale. Fiecare echipă va trebui să prezinte un referat de o pagină despre una dintre cele 12 opriri ce i-a fost atribuită prin tragere la sorți. Materialul va trebui să cuprindă date suplimentare celor prezentate. Documentarea se va face cu ajutorul Internetului, al revistelor de specialitate (de geologie, geografie), cu cărți și broșuri. Fiecare echipă își va susține referatul în fața colegilor și va răspunde eventualelor întrebări.

„Jurnal de călătorie spre centrul Pământului” – text ajutător pentru transmiterea informațiilor despre structura, compoziția și condițiile din interiorul Pământului.

Astăzi voi fi ghidul vostru în călătoria spre centrul Pământului. Vom învăța multe lucruri fascinante despre interiorul acestuia. Va fi o călătorie lungă, așa că pregătiți-vă de drum!

Așadar, să începem cu ... începutul!

Oprirea nr. 1 – Suprafața Pământului: Ne aflăm deja în prima stație – suprafața Pământului. Aici, condițiile geologice sunt diferite în funcție de zona în care ne aflăm. Astfel, dacă am porni în călătoria noastră din București, am întâlni la început niște strate moi, alcătuite din nisipuri, pietrișuri, argile (roci sedimentare utilizate la olărit, în construcții, în sculptură). În schimb, dacă am porni din Hawaii, am întâlni roci vulcanice, iar dacă am porni din mijlocul oceanului, am întâlni un „strat” mare de apă. Deasupra noastră se găsește atmosfera Pământului, învelișul gazos care conține o cantitate suficientă de oxigen (21%), care ne permite să respirăm. Pe măsură ce pătrundem în adâncime, vom rămâne fără oxigen! Dar nu trebuie să ne îngrijorăm, pentru că este doar o călătorie virtuală!

Să mergem la următoarea oprire. Nu este departe!

Oprirea nr. 2 – Limita superioară a fundamentului cristalin: Ne aflăm la aproximativ 1 km sub suprafața Pământului. În regiunile continentale, aceasta este adâncimea obișnuită până la care putem găsi roci sedimentare (roci formate prin depunerea materialului de la suprafața Pământului în „corpuri” de apă). Fundamentul cristalin este chiar sub noi. În regiunile cu bazine sedimentare adânci sau în bazinele oceanice, adâncimea la fundament atinge 10 km sau poate fi chiar mai mare. De exemplu, dacă am fi în zona bazinului Focșani, mai precis în orașul Focșani, am avea de parcurs aproximativ 18 km până la limita superioară a fundamentului cristalin. Fundamentul cristalin este alcătuit, în general, din roci plutonice (sau magmatice, roci formate prin răcirea și solidificarea magmei) și metamorfice (roci născute prin transformarea în stare solidă a unor roci preexistente sub influența temperaturilor înalte). Fundamentul cristalin este stratul superior care formează cea mai mare parte a crustei.

Haideți să facem cea de a treia oprire și mai adânc în crustă!

Oprirea nr. 3 – Adâncimea celei mai adânci mine: Dacă intrăm în cea mai adâncă mină din lume, putem merge sub suprafața Pământului până la o adâncime de 3,6 km. Aici este cea de a treia oprire a noastră în călătoria spre centrul Pământului. Mina care ne permite accesul la adâncimea maximă la care a ajuns vreodată omul se află în Africa de Sud și este o mină din care se extrage aur. Probele obținute din forajele efectuate la adâncimi de până la 3 km au indicat prezența unor bacterii care sunt capabile să supraviețuiască la temperaturi foarte ridicate (110 °C). Este foarte probabil ca, la această temperatură, bacteriile să existe în

crustă până la adâncimi de 7 km sub oceane și de aproximativ 4-5 km sub continente. După cum ați putut remarca, a început să se facă foarte cald! Sunt cam 50 °C! Dacă atingeți rocile cu mâinile, aveți grijă să vi le retrageți foarte repede, pentru că, altfel, vi le veți arde!

Să continuăm călătoria!

Oprirea nr. 4 – Crusta superioară: Ne aflăm în crustă, la 10 km adâncime! Rocile granitice care formează crusta sunt sfărâmițoase, din cauza temperaturilor „reci” (aproximativ 180 °C) la care se află. Aceasta este adâncimea, plus/minus câțiva kilometri, la care apar cele mai multe cutremure din lume, bineînțeles cu excepția zonelor de subducție, unde cutremurele se produc la zeci, chiar sute de kilometri. Dacă am fi început călătoria noastră deasupra unui bazin sedimentar, la această adâncime am fi putut găsi petrol. Dacă porneam la drum de la suprafața oceanului, ne-am fi aflat acum la baza crustei oceanice. Aceasta este alcătuită din sedimente oceanice care stau peste roci bazaltice (roci care s-au format prin răcirea foarte rapidă a magmei bazaltice expuse la suprafață sau foarte aproape de aceasta).

Următoarea oprire!

Oprirea nr. 5 – Cel mai adânc foraj: La ce adâncime credeți că ne aflăm? La 12 km! Atât măsoară cel mai adânc foraj din lume, realizat în Rusia, în peninsula Kola. Temperaturile și presiunile sunt așa de mari încât este foarte dificil să construiești aparatură care să penetreze rocile extrem de compactate. Cu siguranță, nu am putea supraviețui aici!

Chiar dacă următoarea oprire are numărul 6, am parcurs doar jumătate din drumul nostru!

Oprirea nr. 6 – Baza crustei: Baza crustei sau limita crustă/manta se mai numește și Moho (rovičić), după seismologul croat *Andrija Mohorovičić*, care a descoperit-o în anul 1909. Adâncimea medie a limitei este de 35 km sub continente și mai mică sub oceane, de aproximativ 10-15 km. Limita Moho este foarte importantă, separând învelișuri cu compoziții și proprietăți diferite. Chiar deasupra ei, stratul cel mai de jos al crustei are o compoziție mai bogată în minerale mafice (bogate în magneziu și fier) decât rocile granitice prin care am călătorit în crusta superioară. Dedesubt se află mantaua, un înveliș gros care formează aproximativ 82% din volumul Pământului. Mantaua este alcătuită din roci bogate în silicați (cu conținut bogat în siliciu și oxigen). Un element foarte întâlnit în manta este olivina, mineral de culoare verde-măsliniu, foarte prezent în rocile vulcanice bazaltice din Hawaii.

Să mergem mai departe!

Oprirea nr. 7 – Baza litosferei: Ne aflăm la baza litosferei. Aceasta este compusă din crustă și din partea superioară a mantalei. Trecerea către următoarea oprire, cu nr. 8, (astenosfera) nu se face abrupt, ci gradual cu adâncimea. Adâncimea (cca 50-200 km) la baza litosferei este controlată de temperatură. Litosfera este mai subțire în rifturile medii oceanice sau în zonele tectonice active din ariile continentale, unde temperaturile din mantaua superioară sunt mai mari decât media. Litosfera mai veche și relativ rece este mai groasă. Litosfera formează plăcile tectonice care se separă, se ciocnesc și alunecă unele față de altele, modelând peisajul Pământului prin generarea lanțurilor muntoase, a falieiilor, a cutremurelor și a erupțiilor vulcanice. Sub litosferă, temperaturile sunt suficient de ridicate

pentru a topi parțial rocile mantalei, formând astenosfera – sursa principală de magmă care ajunge la suprafață prin erupții vulcanice.

Să coborâm în astenosferă!

Oprirea nr. 8 – Astenosfera: Ne aflăm la o adâncime de 150 km, unde temperatura este foarte ridicată (aproximativ 1.300 °C), mantaua este parțial topită (mai puțin de 1-2 procente) și curge. Curenții de convecție din astenosferă sunt, cel mai probabil, cauza mișcării plăcilor litosferice. Acestea se mișcă foarte încet, câțiva centimetri pe an, astfel încât nu trebuie să vă faceți griji că veți fi trasi de curenți! Deoarece unele seismice de forfecare (undele S) se propagă prin astenosferă, ea este considerată un solid chiar dacă aceasta curge. Pentru a înțelege cum curge astenosfera, imaginați-vă un material de silicon elastic, care poate sări când este modelat sub formă de bilă și este aruncat pe podea, poate fi întins și poate curge pe o perioadă lungă de timp. Dacă am putea ajunge fizic la această adâncime, știți ce am găsi aici? Diamante! Acestea se formează din atomi de carbon, la presiuni foarte mari. Diamantele pot ajunge aproape de suprafață, în așa-numitele „tuburi de kimberlite” – orificii formate prin erupții puternice foarte scurte.

Până la următoarea oprire, avem o distanță lungă de parcurs!

Oprirea nr. 9 – Zona de tranziție a mantalei superioare: Ne aflăm mult sub astenosferă, la aproape 670 km adâncime. Presiunea este așa de mare la această adâncime, încât unele minerale care formează rocile mantalei suferă transformări în structura cristalină, ducând la o compactare a atomilor ce formează mineralul. Din cauza acestei compactări, în zona de tranziție (aproximativ 400-700 km) rocile devin mai dense cu adâncimea, chiar dacă au aceeași compoziție chimică. De aceea, rocile mantalei inferioare au o compoziție similară cu cea a rocilor din mantaua superioară, bogate în olivină, dar sunt mai dense. Dacă am fi ales ca punct de plecare pentru călătoria noastră un loc aflat deasupra unei zone de subducție (locul unde două plăci se ciocnesc, iar una dintre plăci coboară sub cealaltă), acum ne-am fi aflat în placa subdusă. Aceste bucăți ale plăcilor litosferice coboară, de obicei, în manta la unghiuri ascuțite, cu o viteză de 2-10 cm/an, se scufundă și, deși se aflau inițial aproape de suprafața Pământului, ele rămân timp îndelungat (zeci de milioane de ani) mai reci decât mantaua înconjurătoare și, din această cauză, apar cutremurele adânci la marginile lor. Cele mai adânci cutremure sunt la aproximativ 700 km.

Deși este foarte cald și presiunea foarte mare, destinația noastră finală este încă departe!
Până acum, am parcurs doar 10% din drum și mai avem doar trei opriri de făcut!

Oprirea nr. 10 – Limita manta-nucleu: Ne aflăm la 2.885 km adâncime, la cea mai prominentă limită din interiorul Pământului. Aici au loc schimbări dramatice în compoziție și densitate, cu roci bogate în silicați, deasupra, în manta, și în fier și nichel, dedesubt, în nucleu. În plus, mantaua este solidă, în timp ce nucleul extern este lichid. Limita variază probabil lateral, iar în detaliu, este o zonă de tranziție deasupra nucleului extern lichid cu o grosime de aproximativ 200 km. Temperatura aici este de aproximativ 3.500 °C, suficient de ridicată pentru a topi fierul, chiar și în condițiile de presiune ridicată. Deasupra acestei limite, din cauza rocilor dense și a presiunii ridicate, viteza de propagare a undelor seismice de compresie (a undelor P) este de aproape 14 km/s. Deoarece nucleul extern este lichid, viteza acestor unde scade la aproximativ 8 km/s, în timp ce undele S nu se propagă prin acest

înveliș. De asemenea, în nucleul extern are loc o mișcare de convecție a lichidului conductiv electric și foarte fierbinte, care generează câmpul magnetic al Pământului. Acest câmp este responsabil pentru alinierea acului compasului la suprafața planetei.

Oare de ce este așa de ridicată temperatura în interiorul Pământului? Temperatura crescută provine, în cea mai mare parte, de la descompunerea radioactivă a atomilor de uraniu, toriu și potasiu care se găsesc în manta. Aceste elemente se găsesc în cantități reduse în manta, astfel că nivelul de radioactivitate este scăzut. Totuși, în manta se află suficienți atomi radioactivi care generează căldură. O altă parte din căldura Pământului a fost generată în momentul formării planetei. Deoarece rocile nu sunt bune conducătoare de căldură, temperatura în interior a rămas foarte ridicată.

E foarte cald! Să ne grăbim la următoarea oprire!

Oprirea nr. 11 – Limita nucleu extern – nucleu intern: Ne aflăm la 5.155 km adâncime, la limita nucleu extern – nucleu intern. Materialul aflat atât deasupra noastră, cât și sub noi este alcătuit, în principal, din fier și, într-un procent mic, din nichel și, probabil, din oxigen și din sulf. Presiunea de sub noi este așa de ridicată încât nucleul intern este solid, chiar dacă temperatura este foarte ridicată. Deși raza nucleului intern este de 1.216 km, acesta reprezintă doar 0,7% din volumul Pământului.

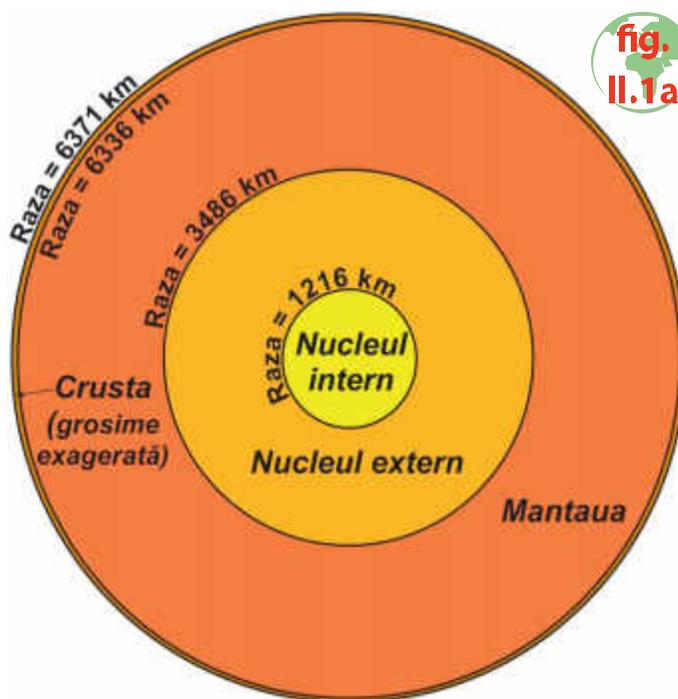
Mai avem o singură oprire!

Oprirea nr. 12 – Centrul Pământului: Felicitări, am ajuns la destinație! Suntem în centrul Pământului, la 6.371 km adâncime. Priviți ce drum lung am parcurs. Temperatura este de 5.500 °C, iar presiunea este de 3,6 milioane ori mai mare decât presiunea de la suprafață. Cu toate acestea, trebuie să ne ținem foarte bine pentru că aici gravitația este 0. În condițiile de aici, sigur nu am putea supraviețui, dar, spre norocul nostru, suntem doar într-o călătorie virtuală!

A fost o călătorie lungă și haidetți să revenim la punctul din care am plecat!

Înapoi la oprirea nr. 1 – Suprafața Pământului:

Vă mulțumesc că m-ați însoțit în această fascinantă călătorie. Sper că ați învățat lucruri interesante despre interiorul Pământului.



Principalele învelișuri ale Pământului



Tabelu II.1. „Călătorie spre centrul Pământului”

Oprire nr.	Adâncime (km)	Scară adâncime (cm) 1:3.000.000	Locație	Rocă/ Material	Densitate (g/cm ³)	Presiune (Mpa)	Temperatura (°C)
1	0	0	Suprafața Pământului	Atmosferă / Sedimente	0,001 / 1,5	0,1	~10
2	1	0,03	Limită superioară fundament cristalin	Roci sedimentare / Roci granitice	2,0 / 2,6	20	~16
3	3,6	0,12	Cea mai adâncă mină	Roci granitice	2,7	100	~50
4	10	0,33	Crusta superioară	Roci granitice	2,7	300	~180
5	12	0,4	Cel mai adânc foraj	Roci granitice	2,7	360	~200
6	35	1,17	Baza crustei (Moho)	Roci mafice / Roci bogate în olivină	3,0 / 3,3	1100	~600
7	100	3,33	Baza litosferei	Roci bogate în olivină	3,4	3200	~1200
8	150	5	Astenosfera	Roci bogate în olivină	3,35	4800	~1300
9	670	22,33	Tranziție manta superioară	Silicați Fe-Mg	4,1	23800	~1700
10	2885	96,17	Limita manta-nucleu	Silicați Fe-Mg / Fier lichid	5,6 / 9,9	135800	~3500
11	5155	171,83	Limita nucleu extern-nucleu intern	Fier lichid / Fier solid	12,2 / 12,8	329000	~5200
12	6371	212,37	Centrul Pământului	Fier solid	13,1	364000	~5500

Oprire nr.	Descriere
1	Suprafața Pământului este limita care separă Pământul, respectiv învelișul de piatră sau învelișul de apă al acestuia de învelișul gazos (atmosfera) al Pământului. La suprafața continentelor se întâlnesc de obicei soluri, sedimente, roci sedimentare sau roci cristaline alterate.
2	Dedesubtul rocilor sedimentare de suprafață se găsește un „fundament” cristalin alcătuit din roci magmatice plutonice și metamorfice cu o compoziție predominant granitică. Adâncimea obișnuită la fundamentul cristalin este de 1 km, dar, în zona bazinelor sedimentare adânci, valorile pot depăși 10 km.
3	Adâncimea cea mai mare la care au ajuns vreodată oamenii pe uscat este într-o mină de aur din Africa de Sud (de 3,6 km). În ocean, un submarin special a transportat cercetători pe fundul gropii Marianelor din Oceanul Pacific la aproximativ 1 km adâncime.
4	Stratul superior al crustei continentale este alcătuit din roci granitice (cu un conținut ridicat în siliciu și oxigen). Cele mai multe cutremure se produc în crusta superioară. Există și excepții, în zonele de subducție, unde cutremurele se produc la adâncimi mari (până la 700 de km). Crusta inferioară are o compoziție mafică (cu un conținut mai ridicat în magneziu și fier).
5	Cele mai adânci foraje au aproximativ 12 km. De la această adâncime au fost prelevate eșantioane de roci. Scopul forajelor a fost de cercetare științifică a crustei și de explorare a bazinelor sedimentare adânci pentru petrol.
6	Limita crustă-manta (sau Moho) este o limită foarte importantă din interiorul Pământului, care separă rocile mafice din crusta inferioară de cele bogate în olivină, care alcătuiesc mantaua. Adâncimea la Moho variază de la 10 km sub regiunile oceanice, până la peste 70 km sub lanțurile muntoase înalte.
7	Adâncimea acestei limite este controlată de temperatură. Limita nu este una bruscă, ci una graduală. Litosfera (plăcile tectonice) de deasupra este relativ rece, rigidă și sfărâmicioasă. Dedesubt, se află astenosfera.
8	Rocile parțial topite din acest înveliș produc magma ce ajunge la suprafață prin erupții vulcanice și intruziuni. Deși este solidă, astenosfera este suficient de fierbinte încât să „curgă” prin curenții de convecție. Limita litosferă-astenosferă este mai subțire în regiunile fierbinți mai puțin adânci.
9	Datorită presiunii care crește odată cu adâncimea în manta, silicații de magneziu și fier din zona de tranziție și de sub ea se compactează în structuri cristaline mai dense. Mantaua este relativ omogenă din punct de vedere chimic și formează aproximativ 82% din volumul Pământului.
10	Limita separă nucleul lichid din fier, de manta. Deasupra limitei există o zonă de tranziție (de aproximativ 200 km grosime) ce poate fi reprezentată de mantaua parțial topită sau de bucăți litosferice vechi, care au coborât la baza mantalei. Nucleul reprezintă 16% din volumul Pământului, dar 33% din masa acestuia. Undele de forfecare (undele S) nu se propagă prin nucleul extern. Curenții de convecție din nucleul extern, conductiv electric, generează câmpul magnetic al Pământului.
11	Această limită separă nucleul intern solid de nucleul extern lichid. Deși raza nucleului intern este de aproximativ 1216 km, acesta reprezintă doar 0,7% din volumul Pământului.
12	Centrul Pământului se găsește în nucleul intern dens din fier. Deși temperatura este foarte ridicată, presiunea foarte mare de aici (de aproximativ de 3,6 milioane ori mai mare decât la suprafața Pământului) face ca acesta să fie solid.

Descrierea capului de tabel	
1.	Oprirea nr. – Numărul opririi din „Călătoria virtuală spre centrul Pământului”.
2.	Adâncime – Adâncimea (din interiorul Pământului) în km, corespunzătoare fiecărei opriri. Cele mai multe adâncimi sunt aproximative.
3.	Scară adâncime – Adâncimea, exprimată în cm, a fiecărei opriri pentru modelul la scara 1:3.000.000. Lungimea totală a modelului este de 2,12 m.
4.	Scară adâncime – Adâncimea, exprimată în cm, a fiecărei opriri pentru modelul la scara 1:25.000.000. Adâncimea totală a modelului este de 25,48 cm.
5.	Locație – Numele fiecărei opriri.
6.	Rocă/Material – Tipul rocii, descrierea sau compoziția materialului de la fiecare oprire. Cele două valori separate de „/” reprezintă tipul rocii sau materialul de deasupra și dedesubtul limitei.
7.	Densitate – Densitatea aproximativă (în grame/centimetru cub) a materialului de la fiecare oprire (pentru comparație, densitatea apei este 1 g/cm ³). Cele două valori separate de „/” reprezintă densitatea de deasupra și dedesubtul limitei.
8.	Presiune – Presiunea aproximativă (în megaPascali) la fiecare oprire. Din cauza greutatei atmosferei de deasupra noastră, presiunea la suprafața Pământului este de 0,1 Mpa (1 Kg/cm ²). Presiunea în roțile unei mașini este de aproximativ 2 atmosfere sau 0,2 Mpa.
9.	Temperatura – Temperatura aproximativă în grade Celsius la fiecare oprire (pentru comparație, apa fierbe la 100 °C).
10.	Descriere – Comentariul despre material și despre condițiile de la fiecare oprire.



Activitatea II.2

Magnetizarea rocilor și expansiunea fundului oceanic

► **Introducere:**

Activitatea își propune să îi facă pe elevi să înțeleagă fenomenul de magnetizare remanentă a rocilor, precum și faptul că magnetizarea remanentă a rocilor ce alcătuiesc fundul oceanelor este o dovadă a inversiunii polilor magnetici ai Pământului de-a lungul timpului. Mai mult decât atât, proprietățile magnetice ale rocilor ce alcătuiesc fundul oceanelor au fost utilizate pentru a demonstra că acesta este într-o continuă expansiune, din interior spre exterior.

► **Materiale necesare:**

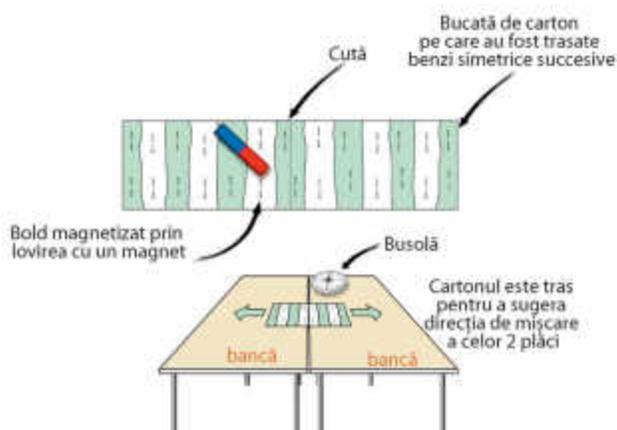
- un magnet-bară
- o busolă
- bolduri
- bandă adezivă
- două foi A4
- o bucată de carton (ex.: 50 cm/20 cm)

► **Procedură:**

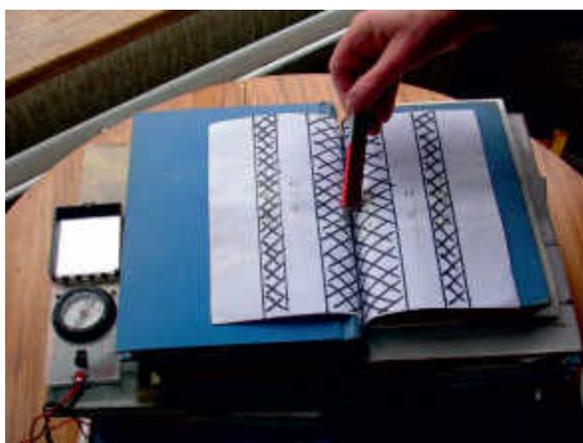
1. Pregătiți un model din carton și foile A4, ca în imaginea din figura II.2a.
2. Adunați clasa în jurul modelului care, în mare parte, este prins între două teancuri de cărți sau între două bănci alăturate. Explicați-le elevilor că fanta dintre cărți (sau dintre bănci) reprezintă riftul oceanic (ex.: Riftul Mediu-oceanic), format între două plăci tectonice ce se depărtează una de alta. Pe măsură ce plăcile se separă, magma care se ridică din adâncime la suprafață se răcește și cristalizează. Odată ce temperatura ei scade sub o anumită valoare, rocile solide se magnetizează pe direcția câmpului magnetic al Pământului din acel moment. Veți sugera acest lucru magnetizând câteva rânduri de bolduri prinse în hârtie, ca în figura II.2a.
3. Trageți cartonul dintre cărți câțiva centimetri. Pe măsură ce apar boldurile prinse pe fiecare bandă desenată, magnetizați-le, apropiind de gămălia lor bara magnetică cu capătul ce reprezintă nordul. Marcați, astfel, momentul din trecut, în care Pământul avea un câmp magnetic „normal” (nordul și sudul Pământului aveau aceeași orientare cu cea actuală).

4. Mai trageți în afară câțiva centimetri din carton până când un nou șir de bolduri apare. Încă de la început, alternați modul în care înfițeți boldurile în carton. Magnetizați-le și pe acestea apropiind magnetul cu capătul ce reprezintă nordul. Ilustrați, astfel, momentul din trecut în care Pământul avea un câmp magnetic „invers” (Polul Nord și Polul Sud ai Pământului aveau orientare inversă față de cea actuală).
5. Continuați mișcarea pentru mai multe seturi de bolduri (respectiv benzi), apoi extrageți complet cartonul, întinzându-l pe o bancă.
6. Asigurați-vă că ați dat la o parte magnetul. Folosind o busolă, măsurați direcțiile de magnetizare ale seturilor succesive de bolduri. În acest caz, busola joacă rolul unui magnetometru simplu, ce măsoară schimbările direcțiilor de magnetizare (la fel ca un magnetometru montat pe o navă ce măsoară schimbările direcțiilor de magnetizare ale rocilor de pe fundul oceanului). Ar trebui să se observe că boldurile au menținut magnetizarea imprimată și că aceasta alternează de la o bandă la alta. Modul de magnetizare este simetric relativ la linia centrală a modelului (cuta centrală). În mod similar s-a produs și schimbarea periodică a direcției câmpului magnetic al Pământului.
7. Experimentul se poate face și magnetizând boldurile pe sub bancă și pe măsură ce cartonul este extras prin fantă, să se măsoare cu o busolă direcția de magnetizare a benzilor (a seriilor de bolduri).
8. Ca o urmare a acestei activități, se pot studia hărți cu anomalii magnetice înregistrate în zonele de rift oceanic.

fig.
11.2a

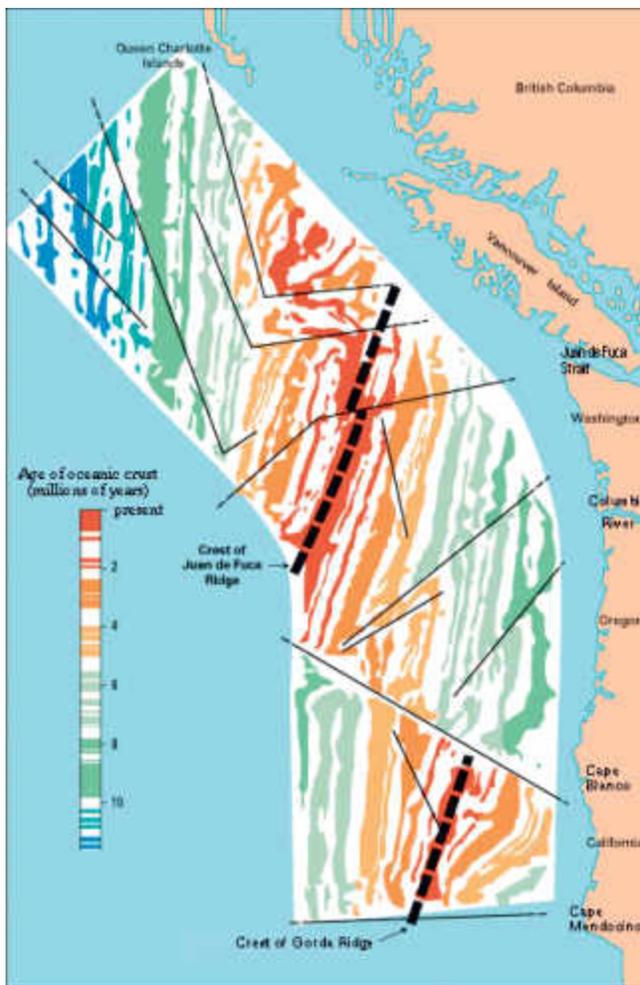


(The Earth Science Education
Unit CD <http://www.earthscienceeducation.com>)



Experiment ce ilustrează
conceptele asociate cu
expansiunea fundului oceanic
imagine.

fig.
11.2b



Reprezentare a unei regiuni a fundului Oceanului Pacific. Cu diferite culori sunt evidențiate benzile de roci magnetizate diferit, situate de o parte și de alta a riftului format în nord-vestul Pacificului. Codul de culori reprezintă vârsta formațiunilor de roci, din ce în ce mai mare pe măsură ce ne depărtăm de rift.
(sursa: <http://pubs.usgs.gov/publications/text/magnetic.html>)



Activitatea II.3

Plăci în mișcare

► Introducere:

Activitatea presupune realizarea unui model care să ilustreze modul în care crusta este „consumată” la marginile distructive de plăci.

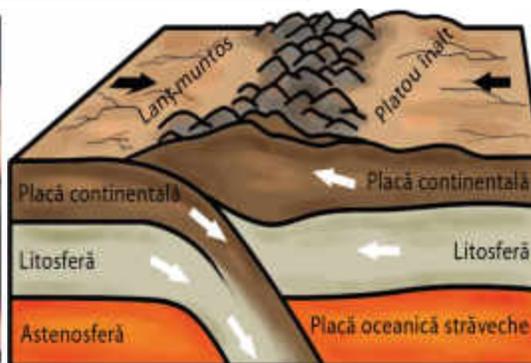
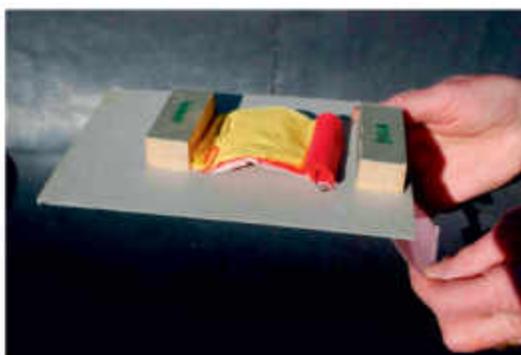
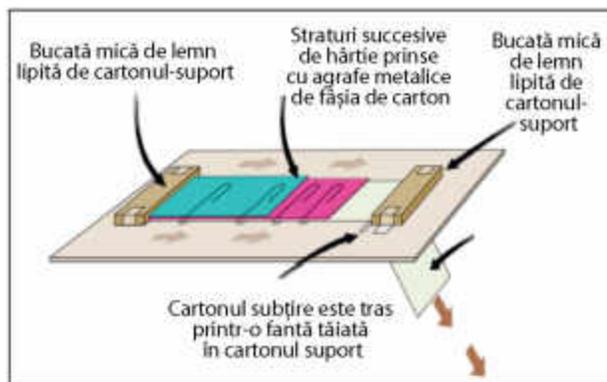
► Materiale necesare:

- agrafe metalice
- șervețele de hârtie colorată sau hârtie igienică
- două bucăți mici de lemn
- carton
- foarfece
- bandă adezivă

► Procedură:

1. Ajuțați elevii să realizeze un model din carton, urmând pașii și indicațiile din figura II.3a sau realizați unul singur, la scară mai mare, pe care să îl folosiți în demonstrație.
2. Înainte de a începe demonstrația, asigurați-vă că elevii sunt familiarizați cu conceptele asociate teoriei plăcilor tectonice.
3. Întrebați-i pe elevi ce cred ei că reprezintă fiecare parte a modelului, de exemplu: cele două bucăți de lemn (*R: Continentele*) sau bucata de carton trasă prin fanta suportului (*R: O placă subdusă, alcătuită din crustă oceanică*); bucățile de șervețele colorate (*R: Sedimentele depuse pe fundul oceanului*); fanta din cartonul-suport (*R: Zona de subducție*).
4. Întrebați-i pe elevi ce se va întâmpla atunci când vor/veți trage de bucata de carton subțire? (*R: Bucata de carton va fi trasă sub cartonul suport. Bucățile de lemn se vor apropia. Bucățile de șervețel se vor încreți și ridica în zona dintre cele două bucăți de lemn*).
5. Întrebați elevii ce fel de forme de relief și activități caracteristice putem observa în realitate în zonele de margini de plăci, în cazul în care are loc o activitate precum cea ilustrată prin modelul realizat? (*R: Fosa oceanică de deasupra plăcii subduse. Cutremurele din zona de subducție ale căror epicentre pot atinge adâncimi mari. Explozii vulcanice au loc în zona de ciocnire a plăcilor. Pot lua naștere lanțuri de munți formați din sedimentele cutate și înălțate. Aceste sedimente sunt mult prea ușoare pentru a se scufunda odată cu placa tectonică pe care au fost depuse.*)

fig.
II.3a



Sus: Schița unui model din carton ce reprezintă conceptele asociate formării lanțurilor muntoase; mijloc: modelul realizat la o scară mică; schița unei margini distructive de plăci, cazul coliziunii continent-continent (The Earth Science Education Unit CD <http://www.earthscienceeducation.com>)

FIȘĂ DE EVALUARE II.1



Elev:

Clasa:

Școala:

Alegeți unul dintre răspunsurile la întrebările de mai jos.

1. Ce se întâmplă cu crusta în zona rifturilor oceanice?
 - a. Este consumată.
 - b. Se formează.
 - c. Se reciclează.
 - d. Nimic.

2. Unde se găsesc cele mai vechi roci din compoziția crustei de sub Oceanul Atlantic?
 - a. În zona foselor oceanice.
 - b. În zona rifturilor medii-oceanice.
 - c. De-a lungul coastelor litorale.

3. În prezența câmpului magnetic al Pământului, ce se întâmplă cu mineralele din rocile ce se formează prin răcirea magmei?
 - a. Se aliniază pe direcția câmpului magnetic.
 - b. Se aliniază pe direcția opusă câmpului magnetic.
 - c. Nu se aliniază câmpului magnetic.

4. Inversiunile de polaritate ale câmpului magnetic al Pământului se succed la perioade constante.
 - a. Fals.
 - b. Adevărat.

5. Cum sunt aliniate benzile de roci magnetizate față de axul riftului mediu-oceanic?
 - a. Paralele și simetrice.
 - b. Perpendiculare și simetrice.
 - c. Paralele și la întâmplare.
 - d. Perpendiculare și la întâmplare.



6. Având în vedere relația dintre vârsta și caracteristicile fundului oceanic, care dintre următoarele afirmații este (sunt) adevărată (e)?
- a. Regiunile cele mai adânci ale fundului oceanic sunt alcătuite din roci tinere.
 - b. Oceanul Pacific este mai larg decât cel Atlantic, deoarece este alcătuit din roci vulcanice vechi.
 - c. Cea mai veche crustă oceanică se găsește în apropierea foselor oceanice.
 - d. Cea mai tânără crustă oceanică se găsește în apropierea zonelor de rift.
7. Distanța dintre S.U.A. și Europa continuă să crească din cauza:
- a. Anomaliilor magnetice.
 - b. Inversiunii polilor magnetici.
 - c. Expansiunii fundului oceanic.
 - d. Subducției.

Calificativ

Cadru didactic

FIȘĂ DE EVALUARE II.2



Elev:

Clasa:

Școala:

Alegeți unul dintre răspunsurile la întrebările de mai jos.

1. Ce se întâmplă cu o placă tectonică la o margine constructivă de plăci?

- a. Se formează.
- b. Este reciclată.
- c. Nici nu se formează, nici nu se reciclează.

2. Care este cauza topirii rocilor și a formării magmei în zonele de subducție?

- a. Frecarea dintre placa subdusă și placa sub care se scufundă.
- b. Presiunile la care este supusă placa subdusă.
- c. Creșterea temperaturii plăcii subduse.
- d. Expulzarea apei din placa subdusă în rocile ce alcătuiesc placa sub care se subduce.

3. Care placă se subduce?

- a. Placa alcătuită din roci mai vechi și mai dense.
- b. Placa alcătuită din roci mai tinere și mai ușoare.
- c. Placa care se mișcă mai încet.
- d. Oricare dintre plăci, fenomenul este aleatoriu.

4. Ce se întâmplă cu sedimentele în timpul unei subducții?

- a. Vor coborî în manta odată cu placa subdusă.
- b. Se vor cuta și se vor înălța.
- c. Vor fi transportate de ape și vor forma bazine sedimentare.

Calificativ

Cadru didactic

MĂSURAREA CUTREMURELOR

DEFORMAREA SEISMICĂ. UNDELE SEISMICE

Atunci când o falie se rupe, aceasta provoacă două tipuri de deformări: statice și dinamice.

Deformarea statică reprezintă deplasarea permanentă a solului ca urmare a producerii evenimentului seismic. Ciclul producerii unui cutremur (ipotetic vorbind) poate fi descris considerând inițial o falie care nu este supusă niciunui tip de tensiune (stress); urmează etapa acumulării tensiunii pe falie, eliberarea de energie (când tensiunea depășește o anumită valoare de prag) în timpul producerii cutremurului și revenirea la starea inițială a faliei.

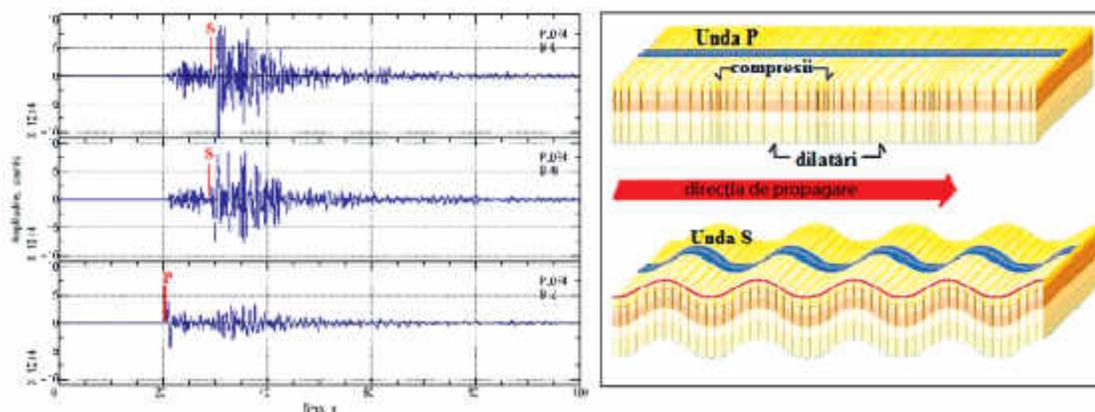
Al doilea tip de deformare, *deformarea dinamică*, este reprezentat de undele formate în timpul producerii unui cutremur. Cea mai mare parte a energiei tectonice care provoacă ruperea faliei este asociată deformării statice. Restul de energie se poate disipa sub forma undelor seismice sau poate rămâne la nivelul faliei.

În funcție de tipul de propagare a undelor seismice, acestea sunt împărțite în *unde de volum* (care se propagă atât la suprafața, cât și în interiorul Pământului) și *unde de suprafață* (care se propagă pe suprafața Pământului și în stratele de grosime variabilă din imediata vecinătate a suprafeței terestre).

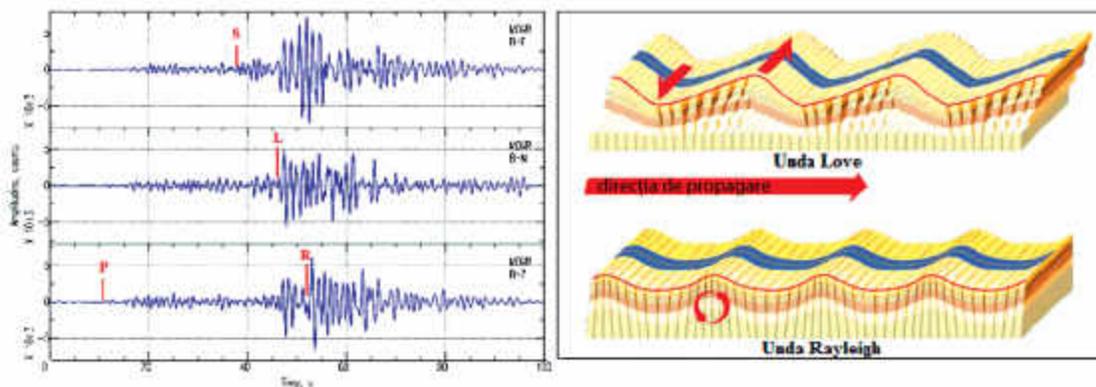
În funcție de direcția de propagare, undele de volum sunt împărțite în unde compresionale, cunoscute și sub numele de unde P (primare), și unde de forfecare, numite și unde S (secundare). Undele P (fig. III.1, dreapta, sus) se propagă longitudinal (deci mișcarea solului produsă de aceste unde va fi pe direcția longitudinală, efectele fiind mai mici) și au cea mai mare viteză de propagare (între 1,5 și 8 km/s în crustă). Undele S (fig. III.1, dreapta, jos) se propagă pe direcția transversală (deci mișcarea solului se va produce perpendicular pe direcția de propagare, efectele fiind mai puternice), cu o viteză de 1,74 din viteza de propagare a undelor P.

Undele de suprafață (fig. III.2, dreapta) apar foarte clar, mai ales pe înregistrările provenite de la cutremurele crustale, și sosesc, în general, sub forma unui pachet bine individualizat pe seismogramă printr-o amplitudine mare. Undele de suprafață prezintă frecvent fenomenul de dispersie (dependența vitezei de propagare de perioadă/lungimea de undă).

Există două tipuri principale de unde de suprafață: undele Love (L) și undele Rayleigh (R). Undele Love sunt unde de forfecare în plan orizontal, iar la undele Rayleigh mișcarea particulei asociate este o elipsă (situată în planul vertical) parcursă în sens retrograd: componenta orizontală a mișcării particulelor este orientată invers față de direcția de propagare a undei (fig. III.2).

fig.
III.1

Sosirile undelor P și S înregistrate la stația Ploștina (PLOR) (stânga) și reprezentarea modului lor de propagare (sursa: <http://www.sms-tsunami-warning.com/pages/seismic-waves>)

fig.
III.2

Sosirile undelor P,S,L,R înregistrate la stația Moldovița (MDVR) (stânga) și reprezentarea modului de propagare a undelor de suprafață (L,R) (dreapta) (sursa: <http://www.sms-tsunami-warning.com/pages/seismic-waves>)

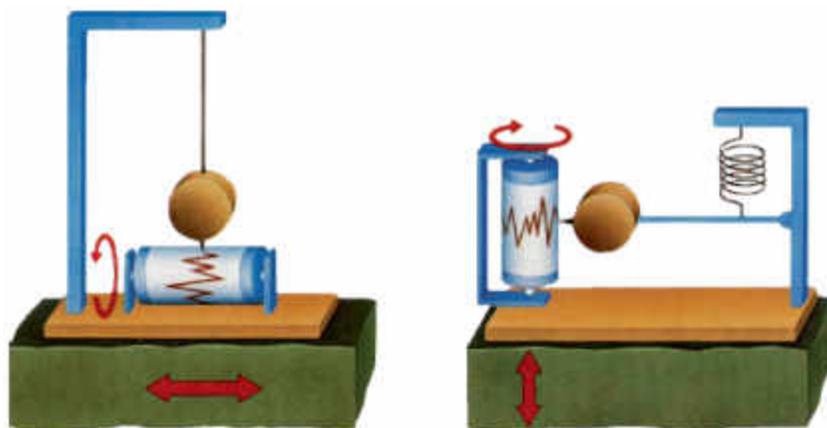
Undele seismice dinamice, tranzitorii, generate de orice cutremur major se vor propaga peste tot în jurul Pământului și în întregime prin interiorul Pământului. Ținând cont de sensibilitatea seismografului, este posibil să se înregistreze undele seismice generate de evenimente de magnitudine mică, produse oriunde în lume.

LOCALIZAREA CUTREMURELOR

Seismograful (fig. III.3) reprezintă principalul instrument cu ajutorul căruia sunt detectate și înregistrate cutremurele. Mii de seismografe sunt în funcțiune în întreaga lume. Un seismograf este, de fapt, un pendul simplu. Atunci când se produce cutremurul, pilastrul

se mișcă odată cu solul, dar, datorită inerției, masa pendulului rămâne pe loc. Astfel, se creează o mișcare relativă la mișcarea solului, care va fi înregistrată de deplasările pendulului. Acestea se modifică în timp, rezultând astfel o înregistrare numită **seismogramă**. Seismogramele pot fi înregistrate analog (pe hârtie) sau digital (urmând a fi vizualizate pe monitoarele calculatoarelor). Un seismograf poate conține trei brațe orientate diferit pentru a înregistra mișcarea solului pe trei direcții distincte, precum: nord-sud, est-vest și verticală, permițând astfel oamenilor de știință să estimeze distanța epicentrală, direcția față de epicentru și magnitudinea cutremurului.

fig.
III.3

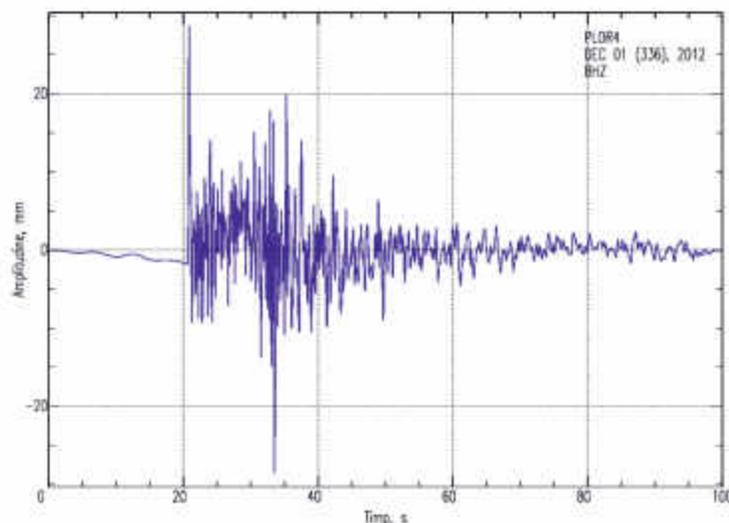


Reprezentarea seismografului și o seismogramelor înregistrate pe componentele orizontală (stânga), respectiv verticală (dreapta)

În funcție de elementele pe care le înregistrează, instrumentele seismice sunt de mai multe feluri:

- seismometrul, care înregistrează vectorul deplasare, iar rezultatul înregistrării este seismograma (fig. III.4);

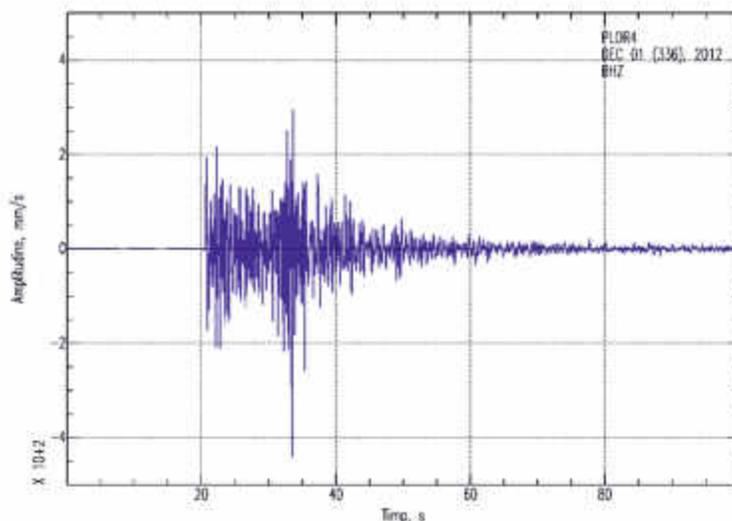
fig.
III.4



Seismogramă înregistrată la stația PLOR, componenta verticală

- vitezometrul (vitezograf), care înregistrează vectorul viteză, rezultatul înregistrării fiind vitezograma (fig. III.5);

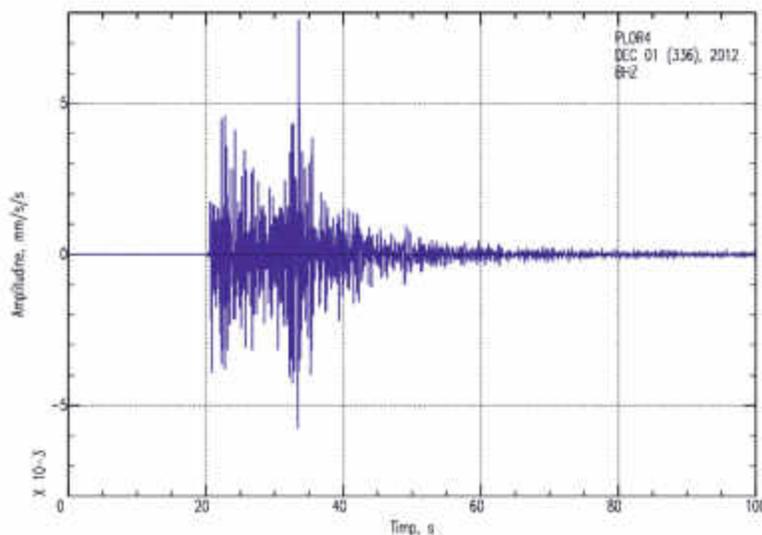
fig.
III.5



Seismograma (vitezograma) înregistrată la stația PLOR, componenta verticală

- accelerometrul (accelerograf), care înregistrează vectorul accelerație, rezultatul înregistrării fiind accelerograma (fig. III.6).

fig.
III.6



Seismograma (accelerograma) înregistrată la stația PLOR, componenta verticală

O stație seismică modernă (fig. III.7) este compusă dintr-un seismograf care înregistrează semnalul seismic, după care acesta este transmis unui digitizor care are rolul de a converti aceste înregistrări în date digitale (seismograme digitale). La digitizor este conectat un receptor GPS care ajută la determinarea coordonatelor geografice ale stației și un hard disk pentru colectarea datelor sau o legătură de internet pentru accesarea datelor înregistrate. Stația este conectată la o sursă de energie electrică (rețeaua de tensiune sau panouri solare).

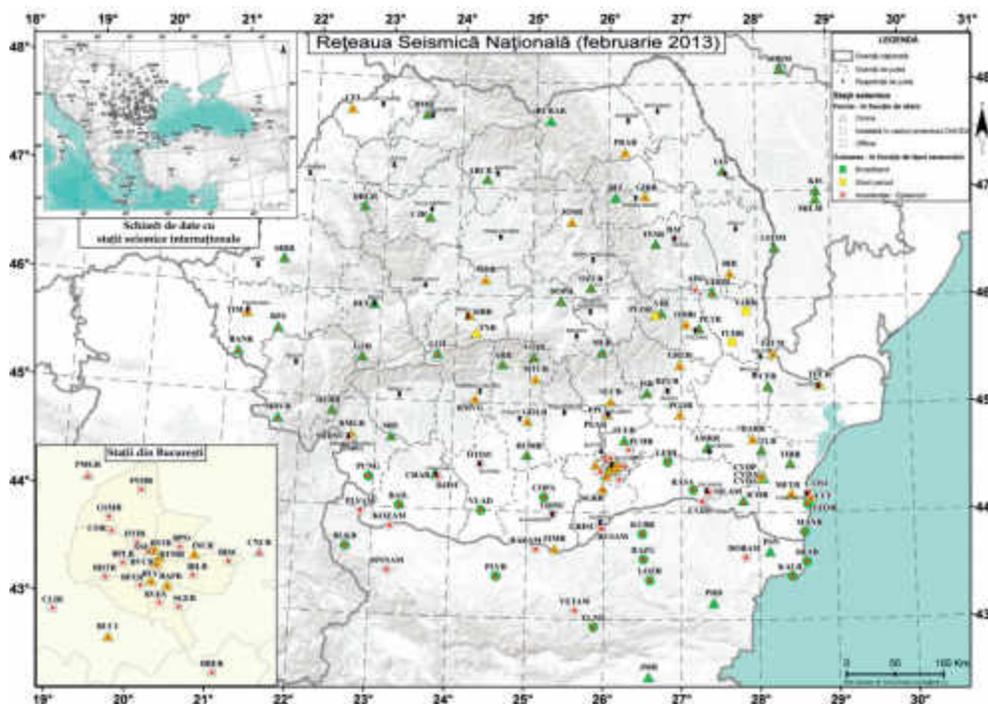
Mai multe stații seismice formează o *rețea seismică*. Există atât rețele seismice aparținând diferitelor țări (Rețele Seismice Naționale – fig. III.8), cât și Rețele Seismice Globale (aparținând diverselor organizații care se ocupă cu monitorizarea cutremurelor sau/și a exploziilor – fig. III.9).

fig. III.7



Imaginea unei stații seismice în exterior (stânga) și în interior (dreapta)

fig. III.8



Harta stațiilor Rețelei Seismice Naționale

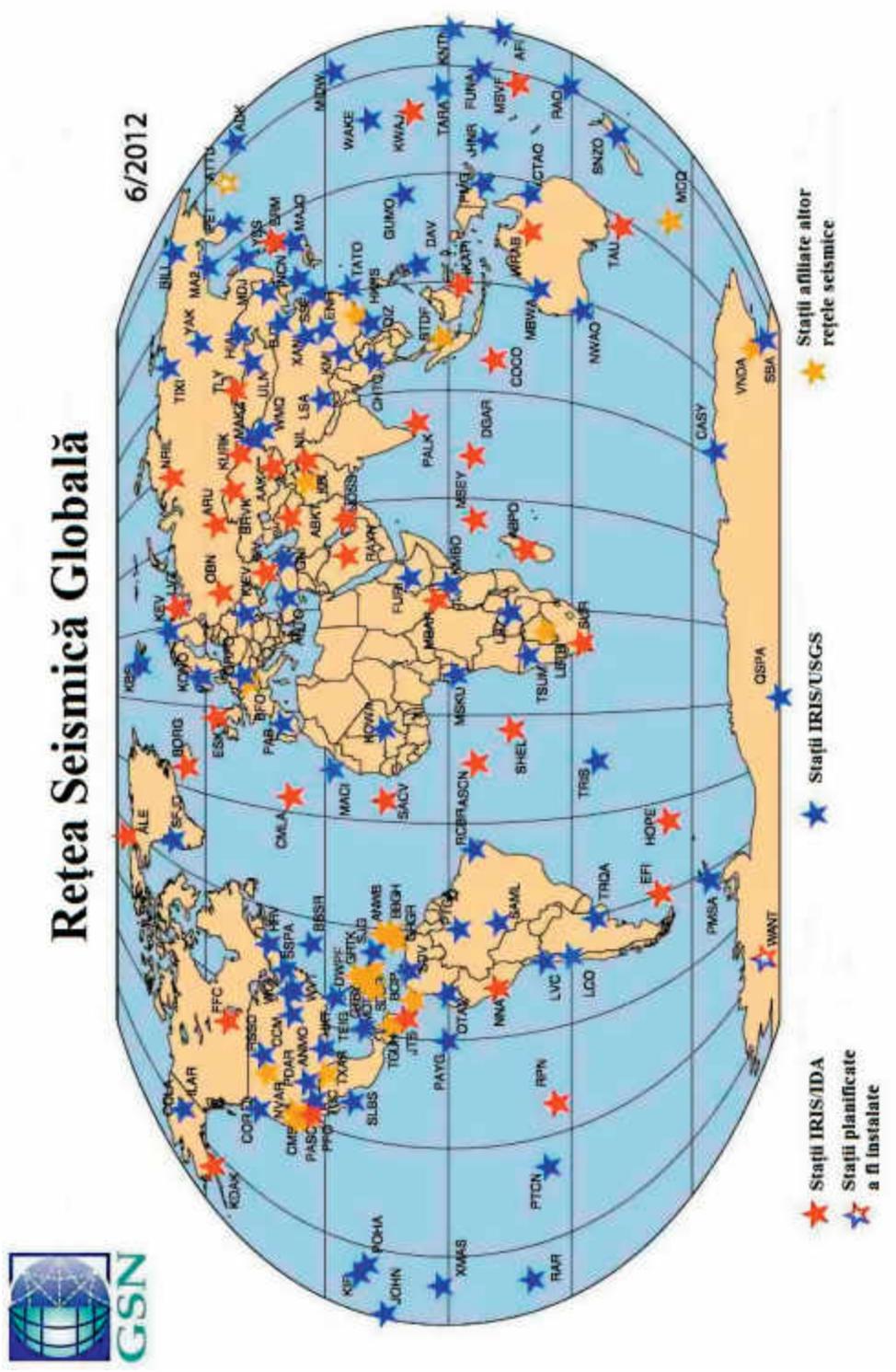


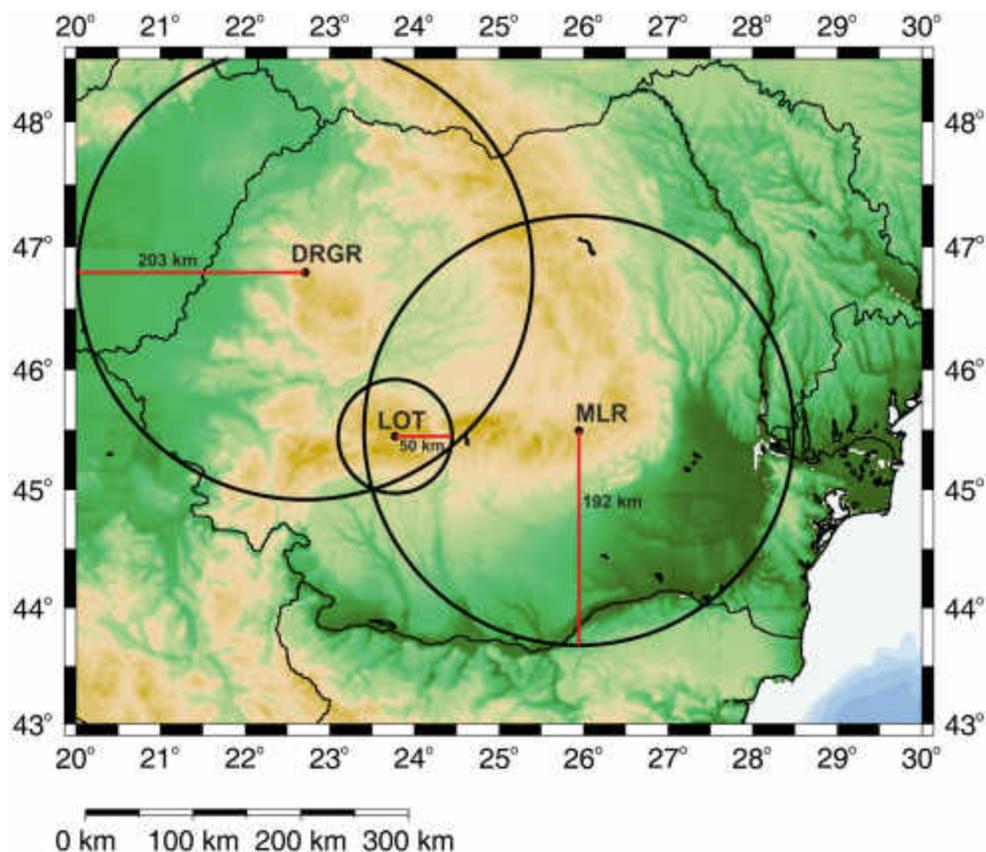
fig. III.9

Harta stațiilor seismice aparținând diferitelor centre seismologice internaționale (după <http://www.iris.edu/hq/programs/gsn>)

Seismologii folosesc rețelele de stații seismice pentru a localiza cutremurele și pentru a estima cu mai mare precizie ceilalți parametri ai acestora. Localizarea sursei oricărui cutremur este importantă în evaluarea daunelor pe care evenimentul le-ar putea produce, precum și la determinarea cât mai exactă a proprietăților geologice/tectonice ale regiunii.

Presupunând că avem la dispoziție înregistrarea seismogramei unei singure stații seismice, vom putea măsura diferența timpilor de propagare (S-P). Înmulțind diferența timpilor de propagare (exprimată în secunde) cu viteza medie de propagare a undelor primare (8 km/s), se determină distanța dintre stație și eveniment (distanța epicentrală exprimată în km). Prin desenarea unui cerc pe o hartă în jurul stației, cu raza egală cu distanța epicentrală, vom găsi toate locațiile posibile pentru eveniment. Repetând același procedeu pentru o nouă stație, vom reduce posibilele localizări ale evenimentului la două puncte. Adăugând o nouă stație și repetând procedeu descris anterior, al treilea cerc va intersecta unul dintre cele două puncte determinate anterior, stabilind astfel epicentrul real al evenimentului (fig. III.10). Figura III.10 reprezintă un exemplu de identificare a epicentrului unui cutremur produs în regiunea Vrancea, utilizând stațiile DRGR (Drăgan), LOT (Lotru) și MLR (Muntele Roșu). Folosind distanțele epicentrale indicate (ca raze ale cercurilor), toate cele trei cercuri se intersectează într-un singur punct.

fig.
III.10



Reprezentarea metodei triangulației

CUM MĂSURĂM CUTREMURELE?

Scara de magnitudine

Mărimea cutremurelor variază extrem de mult. Amplitudinile mișcărilor solului variază cu un factor de până la ordinul miilor, în funcție de puterea cutremurului. Pentru a exprima mărimea unui cutremur, se folosește o scară logaritmică, elaborată, în 1935, de Charles Richter și Beno Gutenberg, cunoscută ulterior ca *scara de magnitudine Richter*. Prin urmare, magnitudinea unui cutremur este „logaritmul în baza 10 al amplitudinii maxime a unde seismice (măsurate în miimi de milimetru), înregistrate pe un seismograf standardizat (Wood Anderson) la o distanță de 100 km de epicentrul cutremurului” [1]. De-a lungul timpului, au fost elaborate mai multe scări de magnitudine (de ex., magnitudinea din unde de suprafață – M_s , magnitudinea din unde de volum – M_v , m_v , m_s), dar cea mai utilizată rămâne scara de magnitudine Richter, gradată de la 1 la 9. Fiind o scară logaritmică, modificarea cu un grad a magnitudinii înseamnă o modificare de 10 ori a amplitudinii undelor seismice.

Energia seismică

Charles Richter a corelat amplitudinea undelor seismice cu energia eliberată în timpul producerii cutremurului, concepând o formulă care asociază cele două mărimi:

$$\log E = 11,8 + 1,5 M_L \quad (1)$$

unde E este energia eliberată (măsurată în ergi) și M_L este magnitudinea Richter a cutremurului corespunzător. Din relația (1) se demonstrează prin calcul că, pentru fiecare creștere a magnitudinii cu 1 grad, energia eliberată va fi de 31 de ori mai mare.

Scara de magnitudine Richter (M_L) a fost extinsă ulterior pentru măsurarea cutremurelor produse până la distanțe epicentrale de 700 km. Deoarece cutremurele generează atât unde de volum, care se propagă prin Pământ, cât și unde de suprafață, au fost dezvoltate alte două scări de magnitudine, și anume: scara m_b , respectiv scara M_s .

Ecuția standard a magnitudinii determinate din unde de volum este de forma:

$$m_b = \log_{10} (A / T) + Q(d, h) \quad (2)$$

unde A este amplitudinea mișcării solului (în microni), T este perioada corespunzătoare (în secunde) și $Q(d, h)$ este un factor de corecție, care depinde de distanța epicentrală, D (exprimată în grade), și de adâncimea focală a cutremurului, h (în km).

Ecuția standard a magnitudinii determinate din unde de suprafață este de forma:

$$M_s = \log_{10} (A / T) + 1,66 \log_{10} (D) + 3,30 \quad (3)$$

unde A este amplitudinea mișcării solului (în microni), T este perioada corespunzătoare (în secunde) și D , distanța epicentrală (grade).

Există mai multe variante ale acestor formule care iau în considerare efectele specifice anumitor regiuni geografice, astfel încât magnitudinea finală calculată să fie în conformitate cu definiția inițială a magnitudinii lui Richter (M_L). Ținând cont că magnitudinea este o scară logaritmică sunt, de asemenea, permise inclusiv valori negative ale magnitudinii cutremurelor.

În afara scărilor de magnitudine prezentate mai sus, mai există și alte tipuri de magnitudini, precum: magnitudinea energiei radiate (M_e), magnitudinea calculată din durată etc.

Momentul seismic

Pentru a descrie momentul seismic, trebuie să ne amintim conceptul de cuplu de forțe. Un cuplu reprezintă o forță care modifică momentul cinetic al unui sistem. Acesta este definit ca forța ori distanța de la centrul de rotație. Cutremurele sunt cauzate de cupluri interne, produse datorită interacțiunilor dintre diferite blocuri de rocă.

Ecuția momentului seismic poate fi scrisă sub forma:

$$M_0 = \mu \times S \times d \text{ (dyne cm)} = (\text{dyne/cm}^2) \times \text{cm}^2 \times \text{cm} \quad (4)$$

unde: μ – rezistența la forfecare a faliei dislocate;

S – aria faliei dislocate;

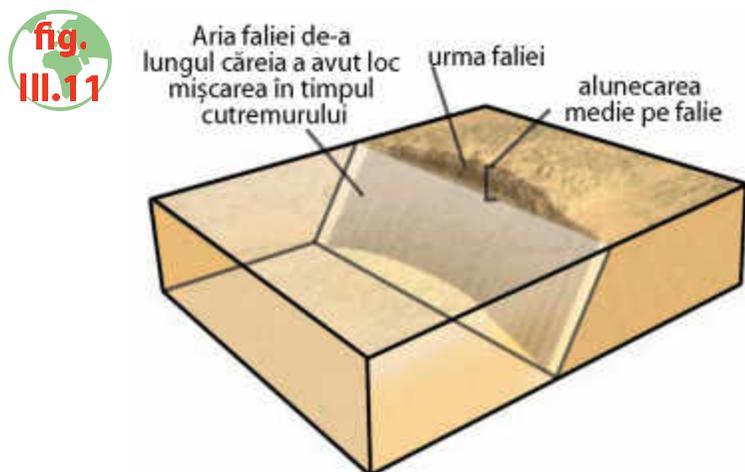
d – alunecarea medie pe suprafața faliei dislocate (fig. III.11).

A fost demonstrat că valoarea momentului seismic permite o estimare mai bună a mărimii cutremurelor decât magnitudinea Richter. Astfel, cercetătorii *T. Hanks* și *H. Kanamori* au introdus, în 1979, **scara de magnitudine moment** (M_w).

Ecuția, magnitudinii moment, M_w , este:

$$M_w = 2/3 \log_{10}(M_0) - 10,7 \quad (5)$$

Cunoașterea momentului seismic al unui cutremur are o mare importanță pentru înțelegerea efectelor producerii unui cutremur în funcție de dimensiunea faliei.



Reprezentarea mărimilor care intervin în calculul momentului seismic

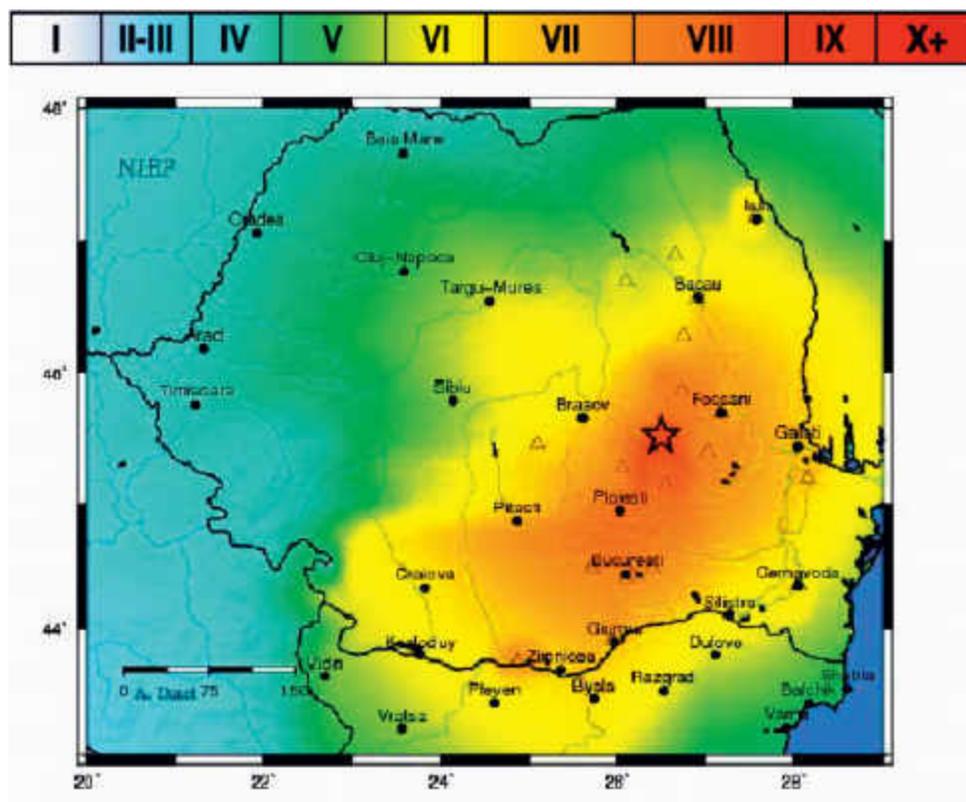
Scara de intensitate Mercalli

Intensitatea cutremurului este o observație subiectivă și calitativă a efectelor și distrugerilor provocate de un cutremur. Magnitudinea nu este potrivită pentru o astfel de analiză întrucât aceeași cantitate de energie a unei unde seismice generate la producerea unui cutremur poate avea efecte distincte în locuri diferite, în funcție de diverși factori. De exemplu, cutremure având aceeași magnitudine ar putea produce diferite niveluri de distrugere pentru un oraș, în funcție de caracteristicile geologice ale substratului pe care este situat orașul, de numărul populației etc. Stabilirea intensității unui cutremur nu se bazează pe calcule matematice, ci doar pe evaluări subiective și pe numărul victimelor produse de un cutremur.

Evaluarea intensității unui cutremur se face pe baza scării *Mercalli*, concepută de geologul italian *Mercalli*, în 1902. Pentru exprimarea gradelor de intensitate, se folosesc simboluri numerice romane între „I” (minim) și „XII” (maxim) (tabelul III.1). Linii care unesc intensitățile cu valori egale produse în timpul unui cutremur se numesc **izoseiste**.

Ocazional, cutremurele majore provoacă ruperi ale suprafeței terestre și produc regiuni complexe de deformări intense. Această zonă de „rupere a suprafeței” se manifestă mai mult pe lungime decât pe lățime, fiind o consecință directă a faptului că evenimentele mari sunt rezultatul alunecării de-a lungul porțiunilor semnificative ale unei falii. Alungirea izoseistei este vizibilă în hărțile de intensități ale cutremurelor (fig. III.12).

fig.
III.12



Harta cu distribuția intensităților pentru cutremurul vrâncean produs la 30 august 1986 ($M_w = 7,1$, $h = 131$ km)

Primele studii care indică procesul de falierare la cutremure au fost dezvoltate la sfârșitul anilor 1800, de către geologi, prin analiza fracturilor de la suprafața terestră generate în timpul cutremurelor. Acestea sunt legate de procesul de deformare a suprafeței pe termen lung (de exemplu: formarea munților).



Tabelul III.1. Scara de intensități Mercalli modificată

Intensitatea	Mod de percepție	Pagube	Descriere
I	Imperceptibil	Niciuna	Nu este simțit
II	Greu perceptibil	Niciuna	Cutremurul este simțit de puțini oameni, în special de cei aflați în clădiri înalte. Obiectele suspendate se pot mișca ușor.
III	Slab	Niciuna	Cutremurul este simțit de persoane aflate în interiorul clădirilor, în special de cei aflați la etajele superioare. Mașinile staționate se pot mișca ușor.
IV	Moderat	Niciuna	Cutremurul este simțit de cei aflați în interiorul clădirilor și de unii dintre cei aflați în afara clădirilor. Pe timp de noapte, unii oameni se pot trezi. Ferestrele vibrează ușor. Mașinile parcate se balansează.
V	Suficient de puternic	Foarte slabe	Cutremurul este simțit de aproape toată lumea. Geamurile se pot sparge, iar unele obiecte agățate pe pereți cad. Obiectele din casă se pot răsturna.
VI	Puternic	Slabe	Cutremurul este simțit de toți, mulți fiind îngroziți. Mobila grea se poate muta ușor. Mici pagube.
VII	Foarte puternic	Moderate	Pagube neglijabile în construcțiile trainice; efecte moderate asupra construcțiilor obișnuite, dar pagube importante asupra construcțiilor proiectate prost.
VIII	Distrugător	Însemnate	Pagube mici ale clădirilor bine proiectate. Clădirile obișnuite sunt distruse, în parte. Monumente, coșuri de casă, mobilă grea se prăbușesc.
IX	Devastator	Puternice	Pagube importante chiar și în clădirile proiectate special pentru a rezista la cutremure.
X	Nimicitor	Puternice	Pagube majore ale clădirilor solide. Unele clădiri sunt dislocate din fundații. Structuri din lemn și piatră se prăbușesc. Liniile de cale ferată se îndoaie.
XI	Catastrofal	Foarte puternice	Puține structuri rămân în picioare. Podurile sunt distruse. Liniile de cale ferată se îndoaie puternic.
XII	Extrem	Extreme	Distrugere totală.


**PLAN DE
LUCRU**

Cum măsurăm cutremurul?

Vocabular:

- Unde de volum
- Unde de suprafață
- Localizarea cutremurului
- Timpul la origine
- Distanță epicentrală
- Magnitudinea cutremurului
- Momentul seismic
- Intensitatea cutremurului
- Amplitudinea
- Seismograf
- Seismogramă

Concept

1. Cutremurul se diferențiază prin cantitatea de energie eliberată.
2. Cutremurele pot fi localizate cu cel puțin trei stații.
3. Cutremurele pot fi măsurate prin prisma pagubelor produse (intensitate) sau prin cantitatea de energie eliberată (magnitudine).

Obiective

Elevii:

- vor marca sosirile undelor de volum și vor recunoaște undele de suprafață pe seismogramele înregistrate;
- vor măsura amplitudinile maxime și vor determina distanțele epicentrale pentru fiecare stație;
- vor analiza relația dintre magnitudine și amplitudine pentru cutremure produse la distanțe epicentrale apropiate.

Mod de lucru

Elevii își vor însuși cunoștințele despre măsurarea cutremurelor prin completarea unei fișe de evaluare.

Resurse educaționale

<http://www.oakton.edu/user/4/billtong/eas100lab/lab10quake.htm>



Activitatea III.1

Compararea mișcării solului produsă de diferite cutremure

► Introducere:

Elevii vor folosi parametrii din tabelul III.2 pentru a compara amplitudinea undelor seismice înregistrate ca urmare a vibrării solului la diferite cutremure. Se analizează conceptul de scară logaritmică și va fi creat un grafic folosind o axă logaritmică. Comparând seismogramele cutremurelor de magnitudini diferite înregistrate la distanțe epicentrale similare, elevii vor constata că mișcarea solului înregistrată de un seismograf este direct proporțională cu magnitudinea.

► Materiale necesare:

- hârtie milimetrică sau un program de calcul tabelar (ex.: Microsoft Excel);
- seismograme provenite de la aceeași stație, înregistrate la cutremure cu magnitudini diferite.

► Procedură:

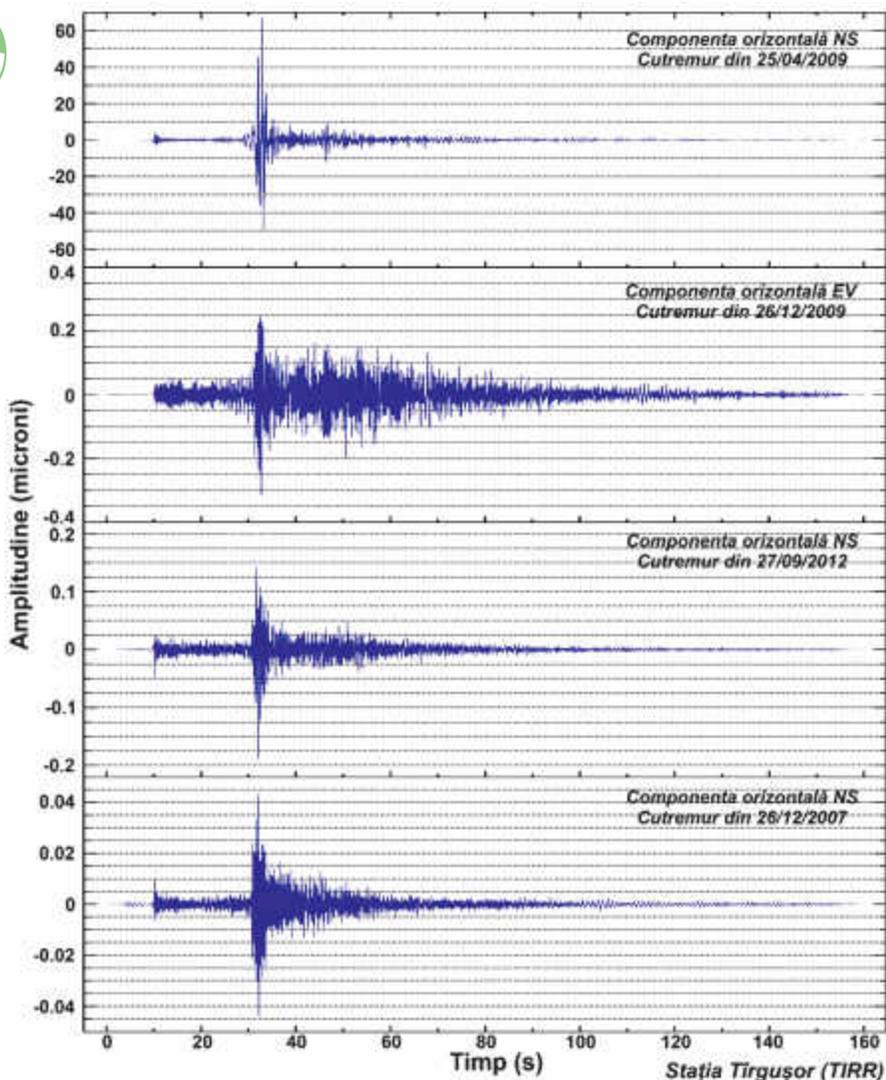
1. Elevii vor consulta tabelul III.2, ce conține informații despre magnitudinea și amplitudinea seismogramelor înregistrate de stația Tîrgușor (TIRR) (fig. III.1a), pentru patru cutremure diferite produse aproximativ la aceeași distanță epicentrală.

Tabelul III.2, Parametrii evenimentelor analizate

Nr. crt.	Data	Ora	Latitudine (°N)	Longitudine (°E)	Adâncime (km)	Magnitudine	Amplitudine (μm)
1	25/4/2009	17:18:48	45,68	26,62	109	5,4	67
2	26/12/2009	23:04:39	45,77	26,69	105	4,3	0,32
3	27/9/2012	16:01:27	45,78	26,76	109	3,8	0,19
4	26/12/2007	23:42:29	45,71	26,59	103	3,5	0,041

2. Elevii vor nota pentru fiecare magnitudine valoarea corespunzătoare amplitudinii maxime a mișcării solului, citită din seismogramele înregistrate la stația seismică Tîrgușor (TIRR).

fig.
III.1a



Seismogramele înregistrate la stația TIRR pentru cutremurele din tabelul III.2
(NS – direcția nord-sud; EV – direcția est-vest)

3. Utilizând valorile magnitudinilor, respectiv ale amplitudinilor, elevii vor realiza un grafic comparativ, reprezentând magnitudinea cutremurului pe axa x și amplitudinea mișcării solului pe axa y.
4. Utilizând un program de calcul tabelar, converțiți axa y într-o scară logaritmică.
 - Ce observați? (R: Relația dintre magnitudine și amplitudine devine liniară).
 - Ce fel de relație este între magnitudine și amplitudine? (R: Există o relație exponențială între magnitudine și amplitudinea mișcării solului.)
 - Ce va indica o magnitudine mai mare? (R: Un cutremur cu vibrații mult mai intense.)
5. Ce concluzii se pot formula cu privire la modul în care magnitudinea unui cutremur afectează mișcarea solului? (R: Cu cât este mai mare magnitudinea, cu atât vibrațiile produse vor fi mai intense.)
6. Întrebați elevii ce alți factori ar mai putea influența intensitatea mișcării solului la producerea unui cutremur. (R: Tipul de sol)



Activitatea III.2

Putem prevedea un cutremur?

► **Introducere:**

Studiile recente privind regiunea de curbură a Carpaților (Vrancea) au relevat o cronologie a producerii de cutremure în ultimii 1000 de ani, în această zonă. Analizând aceste perioade în care au avut loc cutremure semnificative ($M > 7$), putem observa că acestea prezintă proprietatea de recurență (revenire) după anumite perioade de timp. Datele la care aceste evenimente s-au produs (conform catalogului Romplus, Oncescu et al, 1999, actualizat) sunt trecute în tabelul III.3^{*}.

► **Procedură:**

1. Folosind datele din prima coloană din tabelul III.3, calculați timpul mediu (în ani) dintre cutremurele majore care s-au produs în regiunea Vrancea în perioada 984-1986. (Ar trebui ignorate prima și ultima valoare din coloană.)
2. Conform acestui interval de recurență medie, calculați numărul evenimentelor produse într-un secol.
3. Aceste calcule ne ajută să apreciem dacă în regiunea Vrancea se va produce un nou seism major?
4. Citiți din nou tabelul III.3, rețineți diferența dintre cel mai scurt și cel mai lung interval de timp. Care și cât este cel mai mare interval dintre evenimente? Care și cât este cel mai scurt interval? Acest lucru sporește sau diminuează încrederea referitoare la răspunsul dat la întrebarea 3?
5. Construiți un grafic în care să reprezentați perioadele de recurență în funcție de magnitudinea cutremurului. Cum variază aceste perioade?
6. După terminarea graficului, observați cum variază perioada de producere (cluster), respectiv deficitul de cutremure în intervalele de recurență din regiunea Vrancea. În cazul în care un astfel de model poate fi adoptat, atunci, dat fiind faptul că au trecut peste 25 de ani de la ultimul cutremur, ne aflăm într-o perioadă de deficit al cutremurelor sau din contră? Acest lucru sporește sau diminuează încrederea referitoare la răspunsul dat la întrebarea 3?

* **Notă:** Nimeni nu este sigur dacă ideea sugerată de graficul obținut este adevărată. Acest exemplu ar trebui să vă arate că, la o analiză mai atentă a datelor, intervalele de recurență pot fi mai utile decât rezultatul unui calcul mediu.

Tabelul III.3. Cutremurele cu magnitudinea ($M > 7$) produse în regiunea Vrancea între anii 984 și 2013

Data	Latitudine (°N)	Longitudine (°E)	Adâncime (km)	Mw	Timpul de revenire (ani)
984	45,7	26,6	150	7,1	-
1038	45,7	26,6	150	7,3	(1038-984)=54
1091	45,7	26,6	150	7,1	(1091-1038)=53
1107	45,7	26,6	150	7,1	16
1126	45,7	26,6	150	7,1	19
1170	45,7	26,6	150	7,3	44
1196	45,7	26,6	150	7,5	26
1230	45,7	26,6	150	7,3	34
1258	45,7	26,6	150	7,1	28
1327	45,7	26,6	150	7,3	69
1446	45,7	26,6	150	7,5	119
1471	45,7	26,6	110	7,5	25
1473	45,7	26,6	150	7,3	2
1516	45,7	26,6	150	7,5	43
1543	45,7	26,6	150	7,1	27
1545	45,7	26,6	110	7,1	2
1571	45,7	26,6	150	7,1	26
1590	45,7	26,6	100	7,3	19
1595	45,7	26,6	150	7,1	5
1605	45,7	26,6	150	7,1	10
1620	45,7	26,6	150	7,5	15
1637	45,7	26,6	130	7,1	17
1679	45,7	26,6	110	7,5	42
1681	45,7	26,6	150	7,1	2
1701	45,7	26,6	150	7,1	20
1738	45,7	26,6	130	7,7	37
1740	45,7	26,6	150	7,3	2
1790	45,7	26,6	150	7,1	50
1802	45,7	26,6	150	7,9	12
1829	45,8	26,6	150	7,3	27
1838	45,7	26,6	150	7,5	9
1893	45,7	26,6	100	7,1	55
1894	45,7	26,6	130	7,1	1
1908	45,5	26,5	125	7,1	14
1940	45,8	26,7	150	7,7	32
1977	45,77	26,76	94	7,4	37
1986	45,52	26,49	131,4	7,1	9
prezent					27



Activitatea III.3

Determinarea magnitudinii

► Introducere:

Există numeroase variante de calcul pentru magnitudinea unui cutremur. Activitatea descrisă mai jos are ca scop determinarea valorilor de magnitudine când sunt aplicate forțe de mărimi diferite.

► Materiale necesare:

- o cărămidă
- rolă de șmirghel (1 m) cu lățimea de 20 cm
- sfoară (aproximativ 1 m)
- bandă adezivă
- coardă elastică
- riglă
- cântar

► Procedură:

1. Pentru acest experiment, se recitește Activitatea I.1, prin care s-a arătat ce este un cutremur.
2. Datele din acest experiment se notează în tabelul III.4.

Tabelul III.4. Datele utilizate pentru realizarea activității III.3

Nr.	D (m)	m (kg)	F (N)	E (Nm)	M
1.	0,1	0,5	4,9	0,49	-3,4
2.	0,1	1,0	9,8	0,98	-3,2
3.	0,1	1,5	14,7	1,47	-3,1
4.	0,1	2,0	19,6	1,96	-3,0
5.	0,1	2,5	24,5	2,45	-2,9

3. Notați poziția inițială a cărămizii cu 0 (fig. III.3a). Întindeți coarda elastică destul de tare, până când cărămida s-a mișcat, și notați în coloana 3 valoarea masei m arătate de cântar. Presupunem că poziția cărămizii s-a schimbat cu 10 cm. Această distanță este considerată deplasarea pe falie notată cu D , în coloana 2.

$$D = 10 \text{ cm} - 0 \text{ cm} = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

4. Calculați, apoi, forța F care face cărămida să se deplaseze, folosind formula:

$$F = m \cdot g$$

F – forța care trage cărămida (sau forța cutremurului) (N);

m – masa arătată de cântar atunci când coarda este întinsă (Kg);

g – accelerația gravitațională ($9,8 \text{ m/s}^2$).

Spre exemplu, dacă masa arătată de cântar a fost 2 kg, atunci forța F (forța cutremurului) este:

$$F = 2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 19,6 \text{ kg m/s}^2 = 19,6 \text{ N}$$

Notați toate aceste valori în tabelul III.4.

5. Cunoscând deplasarea și forța care trage cărămida, putem calcula energia E a cutremurului aplicând următoarea formulă:

$$E = F \cdot D$$

E – energia cutremurului;

F – forța care trage cărămida;

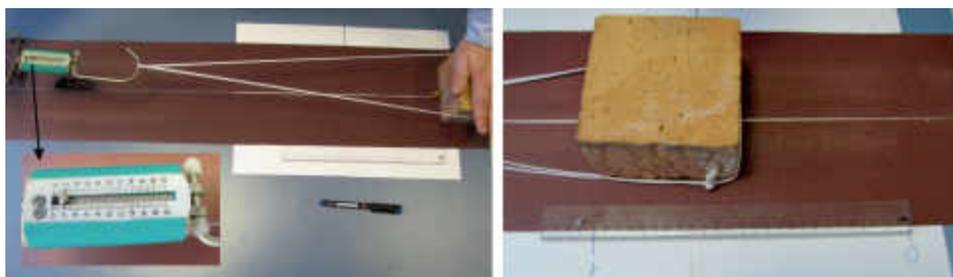
D – deplasarea.

6. Aplicând formula de mai jos, determinați magnitudinea M pentru fiecare cutremur astfel simulat.

$$M = \frac{\log_{10} E - 4,8}{1,5}$$

Să nu fiți surprinși dacă magnitudinea calculată este negativă. Aceste cutremure artificiale create de alunecarea cărămizii peste banda de șmirghel sunt **foarte mici**. Numai cutremurele adevărate generează suficientă energie pentru ca ecuația magnitudinii să dea o valoare pozitivă.

fig.
III.3a



Determinarea magnitudinii



Activitatea III.4

Localizarea epicentrului unui cutremur folosind trei seismograme

► **Introducere:**

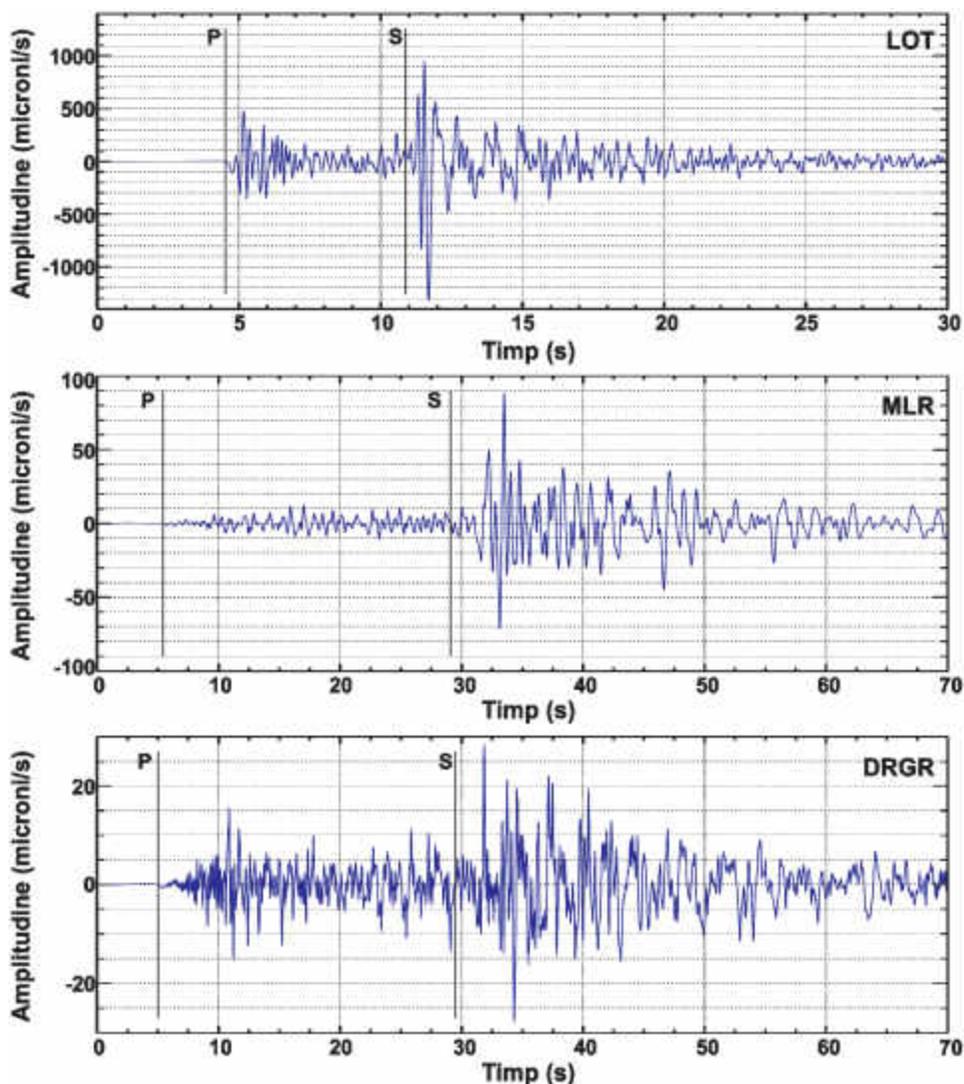
Pentru a localiza epicentrul unui cutremur, sunt necesare cel puțin trei stații seismice. Folosind o singură stație, putem calcula doar distanța epicentrală, fără a ști direcția de rupere pe falie. Epicentrul cutremurului va fi unul dintre punctele situate pe un cerc având centrul în stația seismică și raza egală cu distanța epicentrală. În cazul în care sunt disponibile înregistrările provenite de la două stații, cercurile se vor intersecta în două puncte, cele două puncte reprezentând posibilele locații rămase ale epicentrului. Cu ajutorul celei de-a III-a stații se exclude unul dintre aceste puncte, epicentrul cutremurului fiind dat de punctul în care se intersectează cele trei cercuri.

► **Materiale necesare:**

- seismograme înregistrate la trei stații seismice
- harta României
- creion
- compas
- riglă

► **Procedură:**

1. Reamintiți elevilor că, în timpul producerii unui cutremur, în focar sunt generate unde de volum (P, S) și unde de suprafață. Undele P și S se propagă în interiorul Pământului traversând diferite medii. Undele P au vitezele de propagare cele mai mari, fiind înregistrate primele pe seismogramă (fig. III.4a). Undele S se propagă mai lent, fiind înregistrate pe seismogramă după undele P. Diferența de timp dintre sosirile undelor P și cele ale undelor S este importantă, ajutând specialiștii să determine epicentrul cutremurului. Pentru a localiza epicentrul unui cutremur produs în România la data de 1 ianuarie 2012, se vor utiliza înregistrările seismice de la cele trei stații (Lotru – LOT, Muntele Roșu – MLR, Drăgan – DRGR), din figura III.4a.

fig.
III.4a

Seismograme înregistrate la stațiile Lotru (LOT), Muntele Roșu (MLR) și Drăgan (DRGR)

2. Pentru fiecare stație, elevii vor identifica timpii de sosire ai undelor P și S și vor calcula diferența acestora ($t_s - t_p$). Valoarea determinată se va nota în tabelul III.4. Utilizând formula de mai jos, elevii vor obține distanța de la epicentrul stației (distanța epicentrală) pentru fiecare stație și o vor nota în tabelul III.4.

$$\text{Distanța epicentrală (km)} = (T_s - T_p) \times 8$$

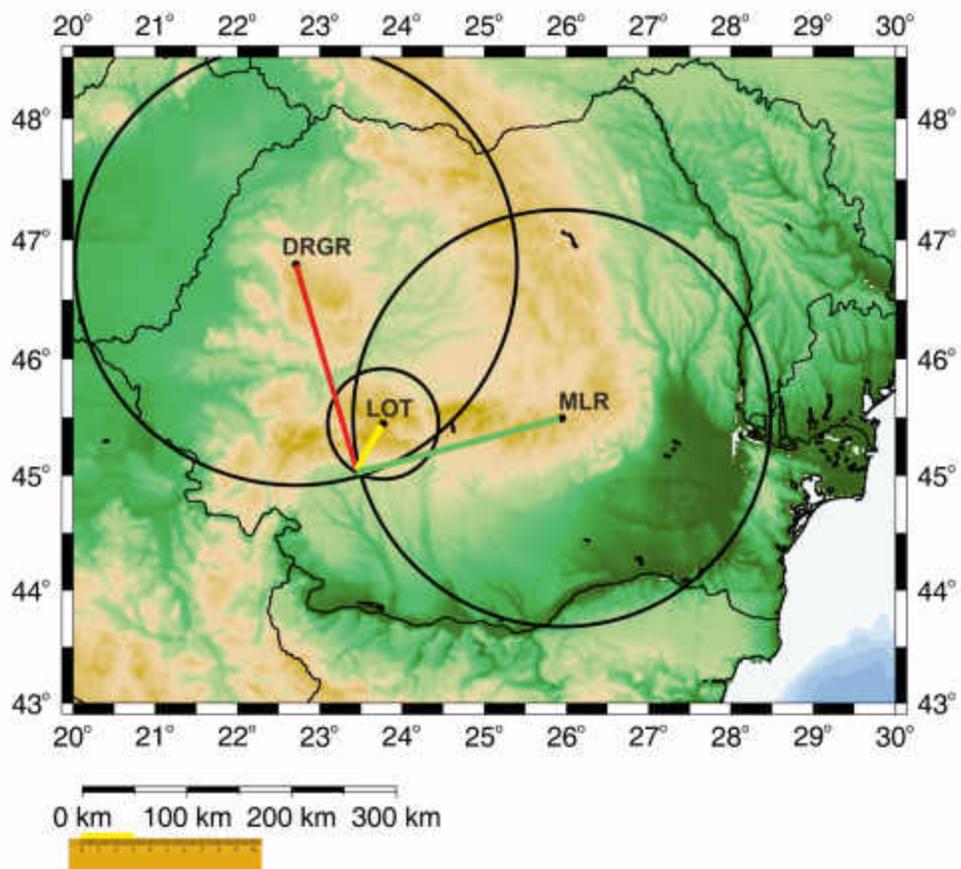
3. După determinarea distanțelor epicentrale, elevii vor trasa cu ajutorul unui compas, în jurul fiecărei stații marcate pe harta din figura III.4b cercuri cu razele (măsurate în km) egale cu distanțele determinate (rândul 2, tabelul III.4). Utilizați scara la care este desenată harta pentru a fixa raza cercului (distanța epicentrală).

Tabelul III.4. Parametrii cutremurului

	LOT	MLR	DRGR
Diferența timpilor de sosire între undele P și S	~6,5 s	~23 s	~24,5 s
Distanța stație – epicentru (epicentrală)	53 km	184 km	196 km



fig.
III.4b



*Harta României, utilizată pentru localizarea epicentrului;
stațiile folosite în procesul de localizare și poziția epicentrului pe harta României*

FIȘĂ DE EVALUARE III.1

Elev:

Clasa:

Școala:



Alegeți răspunsul corect*.

1. Cu privire la relația dintre distanța epicentrală și amplitudinea undelor seismice:

- a. Amplitudinea undelor seismice crește cu distanța epicentrală.
- b. Amplitudinea undelor seismice scade cu creșterea distanței epicentrale.
- c. Amplitudinea undelor este aceeași indiferent de distanța epicentrală.
- d. Nu este corectă niciuna dintre variante.

2. Cu privire la magnitudinea cutremurelor:

- a. Scara de magnitudine este o scară logaritmică.
- b. Există mai multe scări de magnitudine.
- c. Magnitudinea a fost modificată de geologul italian Mercalli, în 1902.
- d. Magnitudinea este invers proporțională cu ruperea faliei.

3. Cu privire la localizarea cutremurelor:

- a. Sunt necesare seismogramele de la minim trei stații seismice.
- b. Nu este necesar să cunoaștem distanțele epicentrale pentru stațiile seismice care intervin în procesul de localizare.
- c. Este necesar să măsurăm amplitudinile stațiilor seismice care intervin în procesul de localizare.
- d. Este necesar să cunoaștem timpii de propagare ai undelor P și S.

4. Cu privire la intensitatea cutremurelor:

- a. Reprezintă măsura efectelor unui cutremur într-un anumit loc.
- b. Intensitatea poate varia în funcție de mai mulți factori.
- c. Liniile care unesc intensitățile egale produse în timpul unui cutremur se numesc izoseiste.
- d. Are valori de la I la XII.

* **Notă:** Unele întrebări pot avea mai multe variante de răspuns.



5. Cu privire la seismograf:

- a. Mișcările Pământului sunt detectate de seismograf.
- b. Se bazează pe principiul inerției.
- c. Înregistrarea lui se numește seismogramă.
- d. Nu este instalat în contact direct cu solul.

Calificativ

Cadru didactic

EPECTELE FIZICE ALE CUTREMURELOR ASUPRA COMPONENTELOR MEDIULUI NATURAL. CAUZE ȘI MOD DE MANIFESTARE

Cutremurele, ca și alte evenimente tectonice, se manifestă de când Pământul s-a individualizat ca entitate în Univers. De-a lungul a miliarde de ani, aceste fenomene au jucat un rol important în modelarea aspectului fizic al planetei noastre, atât al suprafețelor de uscat continental, cât și al adâncurilor oceanice. Valul de energie care este eliberat odată cu producerea cutremurului afectează, deopotrivă, adâncurile Pământului și partea superficială a scoarței terestre, modificând natura și comportamentul unor roci, sedimente sau alte materiale, conferindu-le acestora instabilitate. Astfel, putem vorbi de ridicarea sau de coborârea unor fragmente uriașe (blocuri) de litosferă, de apariția unor fisuri, fracturi în scoarța terestră, de declanșarea unor alunecări de teren, de căderi de roci, avalanșe de roci sau zăpadă, de lichefiere, de tsunami etc.

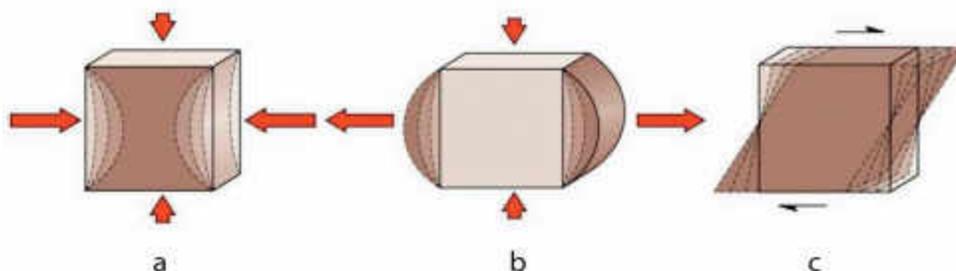
Un singur eveniment seismic nu poate cauza apariția unor munți sau individualizarea unor văi, aceste structuri formându-se gradual (pas cu pas), în urma mai multor evenimente de acest fel, de-a lungul a milioane de ani. Așadar, iată cum munți formați pe blocuri faliate ori văi adânci de graben pot constitui rezultatul manifestării în timp geologic a forțelor tectonice, inclusiv a cutremurelor.

FORȚELE TECTONICE ȘI REZULTATUL MANIFESTĂRII LOR: CUTE ȘI FALII

Pentru a înțelege modul în care mișcările seismice pot să modeleze interiorul planetei noastre, trebuie să înțelegem care sunt mecanismele care generează aceste mișcări sau care pot fi generate de către mișcările seismice. Cu alte cuvinte, vom analiza comportamentul pe care interiorul Pământului îl manifestă sub acțiunea celor mai importante forțe legate de Pământ: **forțele tectonice**.

Forțele tectonice sunt forțele care generează solicitări asupra structurilor geologice și au ca rezultat ridicarea, mișcarea sau deformarea unei părți din scoarța terestră. Forțele pot să se manifeste preponderent pe verticală sau pe orizontală. Rezultatul celor manifestate pe verticală pot fi ridicări sau coborâri ale unor porțiuni din scoarța terestră. În cazul celor manifestate pe orizontală, pot apărea trei situații: sensul predominant al forțelor să fie convergent (regim compresional – fig. IV.1a), divergent (regim extensional, tensional – fig. IV.b) sau în două direcții diferite (regim de forfecare – fig. IV.1c). Rezultatul celor trei situații menționate se materializează preponderent în **mișcare și deformare**.

fig. IV.1



Modul de manifestare a forțelor tectonice în scoarța terestră: a – compresional, b – extensional, c – de forfecare.

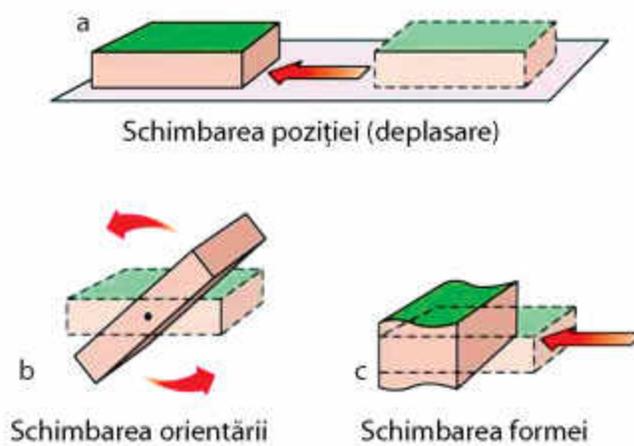
Deformarea este un proces important care se referă la toate modificările care au loc în forma și/sau mărimea corpurilor de roci. Aceasta reprezintă rezultatul acțiunii unei forțe tectonice pe o anumită unitate de suprafață (**stress**). Așadar, în cazul aceleiași intensități a forței, gradul de deformare depinde de suprafața asupra căreia accastă forță acționează (fig. IV.2). Sub acțiunea forțelor tectonice, în cadrul deformării, modificarea formei structurilor geologice este precedată de o deplasare și de o schimbare a orientării în cadrul acestor structuri (fig. IV.3).

fig. IV.2



Gradul de deformare depinde de suprafața asupra căreia forța acționează

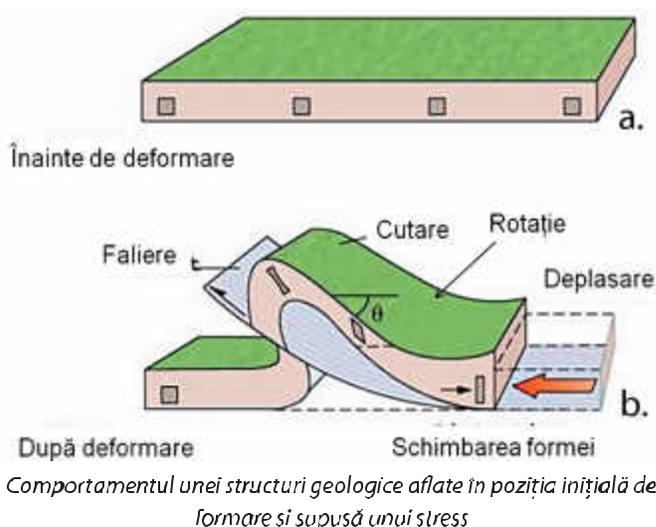
fig. IV.3



Rezultatul acțiunii forțelor tectonice în scoarța terestră: a. schimbarea poziției, b. schimbarea orientării, c. schimbarea formei

Așadar, în timp geologic, ca rezultat al manifestării forțelor tectonice mai-sus prezentate, în scoarța terestră pot să apară: **deformări plastice (cute)** – în regim compresional, **deformări rupturale (falii)** – în regim compresional, extensional, de forfecare și **șariaje** – în regim de forfecare.

Factorii care influențează rezistența unei roci la deformare sunt: temperatura și presiunea din interiorul Pământului, compoziția rocii și intervalul de timp în care roca este supusă stressului. Comportamentul unei structuri geologice supusă unui stress poate fi rezumat în figura IV.4. La început apare deplasarea, apoi schimbarea orientării și cutarea, până aici păstrându-se continuitatea structurii geologice. Dacă acțiunea forței continuă, continuitatea structurii afectate se întrerupe, producându-se ruperea și deplasarea masei de roci situate deasupra planului de rupere.



Cutarea reprezintă un mod de răspuns al straturilor de roci la stress.



Cutele sunt curburi ale structurilor geologice, formate dintr-o parte ridicată, numită *anticlinal*, și o parte coborâtă, numită *sinclinal*, care iau naștere în urma manifestării compresionale a forțelor tectonice (fig. IV. 5,6).



Anticlinal și sinclinal în straturile de roci, Newfoundland, New Jersey (Sursă: <http://www.rci.rutgers.edu/~schlich/structureslides/rte23folds.gif>)

Cute pot fi observate în unele roci care au comportament plastic, cum este sarea (fig. IV.7). Sarea, datorită proprietății plastice pe care o are, creează structuri cutate care străpung straturile acoperitoare sub forma unor „sâmburi” ce pot ajunge la grosimi foarte mari (2.000 m la Praid). Întreaga bordură a Depresiunii Transilvaniei este caracterizată de prezența acestor structuri cutate de sare (Ocna Dej, Turda, Ocna Sibiu, Sovata, Praid).



Structură geologică cutată (anticlinal și sinclinal) (Sursă: http://geography.unt.edu/~williams/geog_3350/examreviews/diastrophism1.htm)

Cutele sunt larg răspândite, de asemenea, în zonele de munte, unde prezența lor demonstrează implicarea forțelor tectonice compresionale în formarea catenelor muntoase (procesele orogene) (fig. IV.8).

fig.
IV.7



Cute într-o rocă cu proprietăți plastice (sarea) – Salina Turda

fig.
IV.8



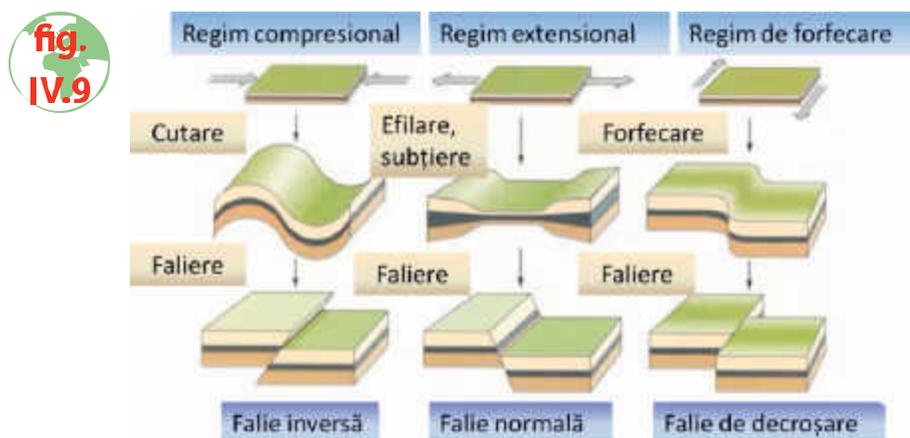
Struțe cutate într-o zonă supusă proceselor orogene (Cazanele Dunării)

Falierea reprezintă un alt mod de răspuns al stratelor de roci la stress.

Faliile sunt rupturi adânci în scoarța terestră care sunt însoțite de o deplasare vizibilă a compartimentelor de roci situate de o parte și de alta a unui plan, numit **plan de falie**. Planul de falie poate fi vertical, situat la un unghi de 90° față de planul orizontal, caz în care vorbim de **falii drepte**. Dacă unghiul format cu planul orizontal este diferit de 90° , vorbim de **falii înclinate (oblice)**. Dintre acestea, în regim extensional iau naștere **faliile normale** iar în regim compresional, **faliile inverse** (fig. IV.9). Alunci când planul faliei are o înclinare mare față de poziția verticală (face un unghi mic cu orizontala), tot în regim compresional iau naștere **faliile de încălecare**. Mișcarea pe planul de falie se poate face și în plan orizontal. În acest caz, compartimentele se deplasează unul față de altul pe orizontală, iar faliile se numesc de **decroșare** (fig. IV.9).

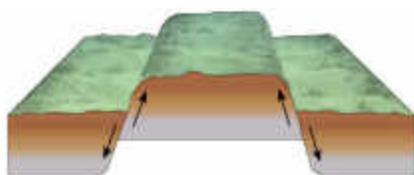
În interiorul Pământului faliile se găsesc asociate în horst-uri. **Horstul** reprezintă un compartiment mai ridicat al scoarței terestre delimitat prin falii în trepte de compartimentele mai coborâte din jur (fig. IV.10).

Structura inversă este **grabenul** (fig. IV.11). În acest caz, compartimentul central este scufundat în raport cu cele marginale.



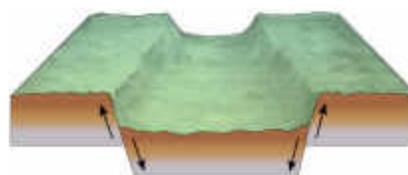
Modul de comportare al stratelor supuse diferitelor condiții de stress finalizat cu apariția faliilor inverse, normale și de decroșare

fig.
IV.10



Horst

fig.
IV.11



Graben

http://www.csun.edu/~psk11/93/FS9CP/FS9%20types_of_mountains.htm

Apariția și comportamentul faliilor sunt controlate de mișcarea relativă a maselor de rocă, de ambele părți ale planului faliei. Din cauza frecării mari și a rigidității rocilor, acestea nu pot aluneca continuu, ci există întreruperi care cauzează acumularea unor cantități mari de energie în roci. Când energia acumulată atinge un nivel ce depășește nivelul suportat de rocă, ea este eliberată. Descărcările astfel produse, datorită alunecărilor rapide de-a lungul faliilor, generează cutremurele.

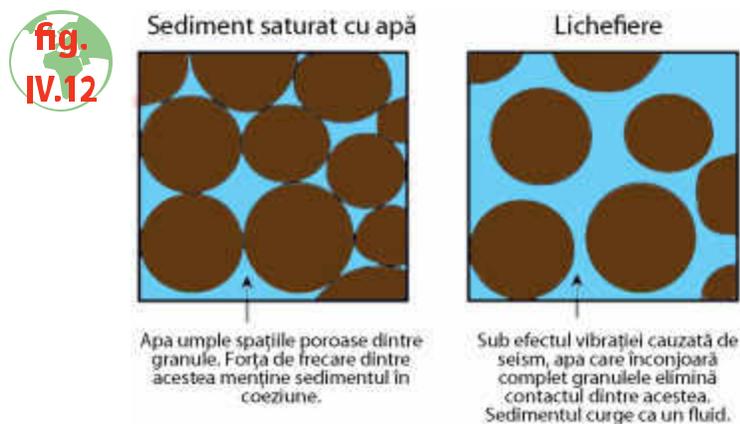
Așadar, seismele reprezintă forțe tectonice care sunt declanșate de mișcări tectonice dar care, la rândul lor, pot cauza formarea unor alte dislocații în crusta terestră. Acest mecanism de desfășurare duce, în timp, la modelări ale interiorului și exteriorului planetei noastre.

FENOMENE DE INSTABILITATE: LICHEFIEREA ȘI ALUNECAREA DE TEREN

Lichefierea

Este procesul care apare în sedimente neconsolidate sau în sol, saturate cu apă, sub incidența vibrației cauzate de cutremur. În zone acoperite cu astfel de sedimente, vibrația pământului induce presiuni în interiorul apei din porii sedimentelor, cauzând pierderea

contactului dintre granulele constituente. Prin urmare, acele sedimente sau strate de sol își pierd proprietățile de corp solid și apare tendința de curgere, asemeni nisipurilor mișcătoare semilichide (fig. IV. 12). În urma acestui proces, terenurile își pierd portanța, iar construcțiile aflate pe aceste terenuri tind să basculeze sau să coboare în stratul de fundare pentru a-și restabili echilibrul. Tot datorită acestui proces, mai pot să apară alunecări de teren sau alte mișcări gravitaționale, uneori dezastruoase. Probabilitatea producerii lichefierii este cu atât mai mare cu cât seismul are o durată mai mare.



Modalitatea de apariție a fenomenului de lichefiere

În urma lichefierii, apa eliberată din spațiile intergranulare datorită „reorganizării” acestor granule sub incidența vibrației seismice poate ajunge la suprafață dacă întâlnește căi de ascensiune (fisuri, fracturi etc.). Împreună cu particulele de nisip fin și argilă pe care le antrenează, va forma la suprafață structuri morfologice asemănătoare unor vulcani noroioși în miniatură, printr-un mecanism asemănător unei erupții vulcanice (fig. IV.13).

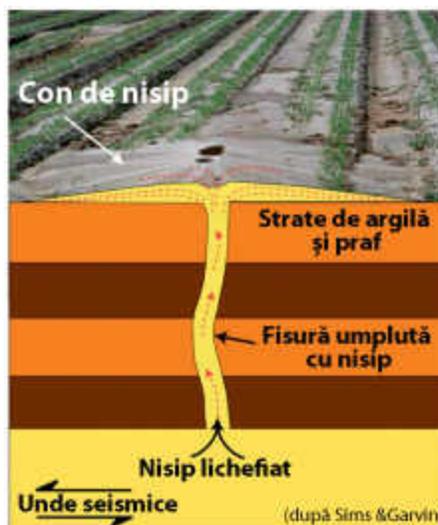
Un aspect pozitiv legat de lichefiere este acela că, datorită proprietăților lui, solul lichefiat reduce oscilațiile undelor seismice S care urmează să mai ajungă la acea suprafață. Acest lucru se datorează faptului că lichidele nu transmit stressul de forfecare, ceea ce face ca energia transportată de undele seismice S să nu mai fie transferată clădirilor și suprafeței terenului.

Lichefierea și fenomenele asociate acesteia pot să nu apară în timpul cutremurelor, ci la 10-20 de minute după mișcarea seismică. Acest lucru se petrece datorită faptului că formarea presiunii care produce lichefierea în subsol este un proces anevoios, iar nisipul mișcător este un fluid greu și vâscos care se deplasează destul de încet. Mai mult decât atât, starea de nisip mișcător poate persista după seism timp de mai multe ore sau chiar zile.

Merită să atragem atenția asupra unui aspect: *cât de puternic trebuie să fie seismul și cât de aproape pentru a se crea condițiile de debut ale fenomenului de lichefiere a solului?*

Unele surse afirmă că lichefierea nu se produce în cazul seismelor cu o magnitudine mai mică de 5,2 pe scara Richter. Cu toate acestea, există depozite cu trăsături care creează o predispoziție pentru acest tip de fenomen. Nisipurile afânate, saturate cu apa subterană aflată la mică adâncime, pot fi supuse lichefierii, chiar și la seisme mai mici de 5,2 grade Richter.

Fenomenul de lichefiere poate apărea la distanțe diferite de epicentru. De exemplu, în cazul seismului de 5,2 grade Richter, produs în S.U.A. în luna iunie 1987, fenomenul de lichefiere a apărut la 240 km distanță de epicentru. Explicația este aceea că, în apropierea epicentrului, mișcarea stratului superficial are o amplitudine mai mare, însă la distanțe mai mari, durata zguduirilor este mai mare, ceea ce se explică prin faptul că ajung în acel areal cu viteze diferite.



Curgeri de nisip și mini-crateră formate în urma lichefierii (Sursa: http://www.iris.edu/hq/files/programs/education_and_outreach/aolm/20/SandBlow_ES_NESIA.pdf)

Pe lângă seisme, fenomenul de lichefiere mai poate fi declanșat și de alte surse. Vibrațiile provocate de trenuri, metrouri, tractoare, autoturisme de mare tonaj și orice alte surse mecanice generatoare de vibrații în sol pot stimula apariția lichefacției.

Creșterea nivelului apei subterane, apărută pe fondul produ-



cerii unor inundații, reprezintă un alt aspect care poate genera lichefiere. Așadar, lichefierea poate fi stimulată seismic, mecanic și hidrologic.

De multe ori, extinderea unor orașe impune folosirea unor terenuri de albie aluvionară, caracterizate de o pronunțată porozitate. În cazul unor aporturi importante de apă, acestea devin saturate, iar riscul unei lichefieri sub incidența unei



Daune provocate de lichefierea terenului în urma cutremurului din 1964, produs la Niigata, Japonia

vibrații seismice devine major. Un exemplu concludent în acest sens îl constituie orașul Niigata, din Japonia, care este situat, în mare măsură, pe un astfel de teren aluvionar. În urma cutremurului din 1964, orașul a suferit importante daune asupra a mii de clădiri care au fost distruse (cca 3.000) sau degradate (cca 10.000). Deși seismul nu a fost foarte puternic, lichefierea s-a produs pe mari suprafețe, ducând la înclinarea și chiar la răsturnarea multor clădiri (fig. IV.14). Este considerat primul eveniment din lume în care toate tipurile de infrastructură modernă au fost distruse de lichefierea terenului.

Alunecarea de teren

Deși seismele se produc în interiorul scoarței terestre, efectele lor distructive apar în stratele aflate în apropierea suprafeței Pământului sau chiar la suprafață și se manifestă asupra mediului natural și a celui antropic (construit de om). În ariile unde alunecările de teren sunt fenomene comune datorită factorilor naturali și antropogeni, cutremurele cresc semnificativ probabilitatea de producere a lor.

Alunecarea de teren reprezintă mișcarea de alunecare pe pante a unui volum de roci sau sol ce se desfășoară la suprafața pământului. Aceasta se datorează în bună măsură atracției gravitaționale dar este ajutată și de înmuierea substratului datorită apei de scurgere de pe versanți. În general transportul materialului se face pe distanță scurtă iar depunerea lui este imediată, chiar pe pantă sau la piciorul pantei.

Rolul gravitației și a unghiului pantei sunt hotărâtoare în cazul acestor manifestări. Forța gravitațională acționează prin menținerea obiectelor în echilibru și ea are două componente (fig. IV.15):

- *componenta tangențială (gt)* – care acționează în josul pantei și imprimă obiectelor o mișcare spre baza pantei;
- *componenta normală (gp)* – care este perpendiculară pe suprafață.

Apa menține sedimentul într-o stare coezivă (masă coezivă) până la un anumit punct, datorită forțelor capilare. Însă, atunci când sedimentele precum nisipul, siltul sau argila devin saturate cu apă, presiunea exercitată de apă crește și preia din greutatea masei de roci acoperitoare, micșorând astfel forța de frecare ce se opune componentei tangențiale a forței gravitaționale (g), care acționează în josul pantei. Ca urmare, sedimentele își pierd rezistența, implicit stabilitatea, și încep să alunece (o situație analogă este *acvaplanarea*, în care un vehicul condus pe un carosabil foarte umed își pierde controlul).

Fig.
IV.15

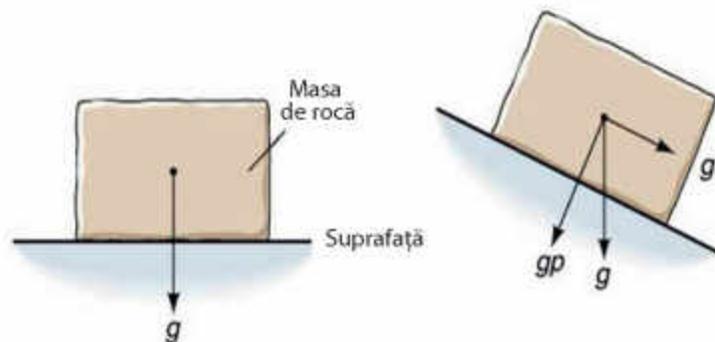
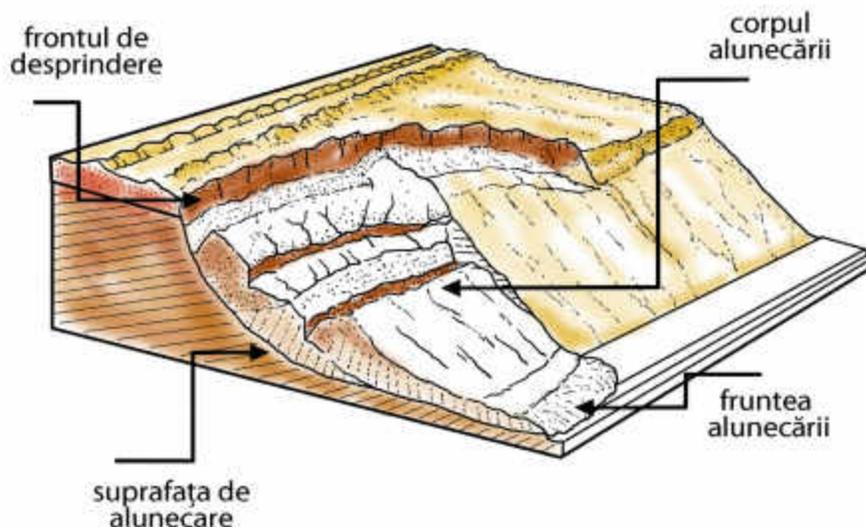


Fig. IV.15. Componentele forței gravitaționale

În cele mai multe condiții, o pantă evoluează înspre un unghi care permite masei de sedimente (aflată în orice punct din partea superioară a pantei) să fie echilibrată de masa care se mișcă în josul pantei. Aceasta este *condiția de echilibru*.

Alunecările de teren prezintă mai multe elemente. Dintre acestea, menționăm: *frontul de desprindere* (de obicei se prezintă sub forma unui abrupt); *corpul alunecării* (care cuprinde materialele desprinse și deplasate); *fruntea alunecării* (reprezintă partea terminală a alunecării); *talpa sau suprafața de alunecare* (planul pe care a avut loc alunecarea) (fig. IV.16).

Fig.
IV.16

Elementele unei alunecări de teren

Atât mărimea cât și forma unei alunecări de teren depind de următorii factori: adâncimea la care se află stratul înmuiat, tipul materialului de deasupra lui, modul de înclinare a stratelor, înclinarea versantului.

Spațiile geografice specifice în care apar alunecări de teren sunt zonele cu relief de altitudine medie alcătuit din dealuri și din podișuri. Dacă asociat versantului există și contextul litologic adecvat (prezența la o anumită adâncime a unui strat impermeabil, de obicei argila) și apa cu rolul mai-sus menționat, atunci sunt întrunite toate condițiile pentru declanșarea alunecărilor de teren.

Dacă în acest cadru se interpune și vibrația cauzată de seism, este accentuată probabilitatea pierderii echilibrului masei aflate pe versant.

În Câmpia Transilvaniei, sunt frecvente alunecările masive de teren manifestate în decursul ultimilor

8.000 de ani. Acestea au imprimat un aspect aparte reliefului zonei (fig. IV.17). Alunecările cele mai masive sunt însă cele de la Saeș și Saschiz, din Podișul Târnavelor.

Șocul provocat de cutremure, alături de alte procese, precum defrișarea versantului, eroziunea cauzată de unele cursuri de apă, de apa subterană, de îngheț sau de alterarea rocilor, reprezintă cauze declanșatoare a alunecărilor.

fig.
IV.17

Alunecare masivă de teren în Câmpia Transilvaniei, la Milășel (jud. Mureș) (Foto: Cristian Maloș)

Celelalte două tipuri de cauze sunt cele *potențiale*, reprezentate de roci și relief, și cele *pregătitoare*, reprezentate de precipitații.



De-a lungul istoriei se cunosc numeroase seisme care au provocat alunecări de teren de mare amploare. În anul 1995, orașul La Conchita din California a fost sediul unui astfel de eveniment de mare amploare produs în urma unui seism (fig. IV.18).



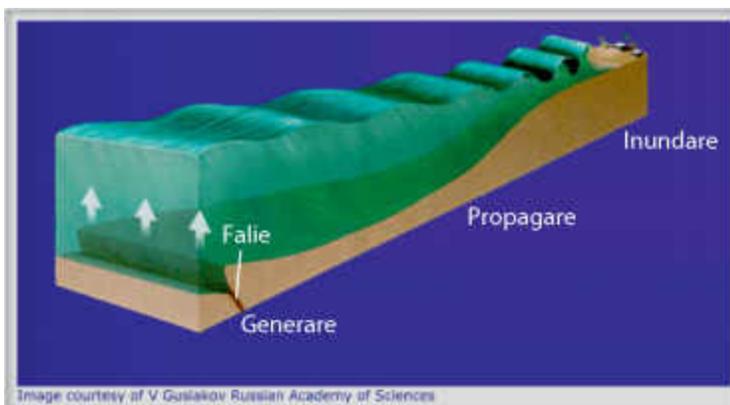
Alunecare provocată de un seism, La Conchita, 1995 (sursa: <http://earthquake.usgs.gov>)

Tsunami

Cutremurele declanșate sub adâncurile oceanice pot produce ridicarea sau coborârea unor blocuri de crustă oceanică. Această mișcare generează un tip aparte de undă oceanică, numită **tsunami** sau val seismic marin.

Tsunami reprezintă deci un val (undă) generat de seisme suboceanice care traversează oceanele, propagându-se foarte rapid spre țărm, inundarea acestuia putând provoca distrugerii însemnate așezărilor umane (fig. IV.19). Viteza lui de propagare în largul oceanului poate să depășească 800 km/h, însă înălțimea valului este foarte mică, aproape imperceptibilă. Odată cu apropierea de țărm și atingerea suprafeței de fund a acestuia, înălțimea valului crește considerabil, ajungând până la zeci de metri. Impactul asupra litoralului și a construcțiilor aflate în apropiere este devastator. Ariile joase de țărm inundate pot provoca pierderi imense de vieți omenești.

Pentru ca un cutremur să genereze un tsunami, acesta trebuie să fie asociat unei falii normale sau inverse, deci mișcarea să fie în plan vertical. Faliile de decroșare nu produc în general astfel de fenomene.



Evoluția unui val seismic

(Sursa: <http://mail.colonial.net/~hkaitei/tsunami.html>)

Oceanul Pacific este deseori scena unor evenimente de acest tip. Prin urmare, și aici există preocupare din partea oamenilor de știință în a prevedea producerea acestor valuri uriașe, fapt deosebit de important pentru diminuarea consecințelor. În prezent, 26 de națiuni din jurul Pacificului cooperează pentru supravegherea în permanență

a adâncurilor oceanice. Există dispozitive speciale care fac posibilă transmiterea prin intermediul sateliților a unui semnal de avertizare către centrele regionale de avertizare din jurul oceanului. Prin urmare, este posibilă luarea unor măsuri de evacuare a zonelor învecinate țărmului. Această evacuare este posibilă, deoarece timpul scurs de la producerea seismului și până la ajungerea valului la țărm poate fi de câteva ore (în funcție de distanța epicentrală). De exemplu, un seism suboceanic produs în zona Republicii Chile produce un val care va atinge insulele Hawaii doar în 10 ore sau țărmurile japoneze în 22 de ore. Pe lângă acest sistem de avertizare, mai există și alte măsuri, cum ar fi cele de utilizare a terenurilor joase de țărm (interzicerea amplasării construcțiilor), care pot reduce consecințele devastatoare ale acestor valuri.

Puterea distructivă a valurilor seismice vine de la imensa energie transferată apei de către mișcarea produsă pe anumite falii suboceanice. Pentru a transforma în lucru mecanic această energie, trebuie să ne imaginăm care este forța necesară ridicării unui volum mediu de apă oceanică la înălțimea de un metru. Valoarea medie a adâncimii oceanice este de 3,8 km. Valoarea medie a suprafeței fundului oceanic deplasată în sus sau în jos de un astfel de eveniment, în conformitate cu studiile asupra undelor seismice, este de 20.000 km² (suprafața de 200 km x 100 km). Volumul apei ridicate ar fi de 76.000 km³. Luând în calcul densitatea apei de mare, de 1,03 kg/m³, masa acestei ape ar fi de aproximativ 78 miliarde tone. Ridicarea acestei mase de apă la un metru înălțime ar lua circa $7,6 \times 10^{14}$ Jouli, energia a 183 kilotone de TNT.

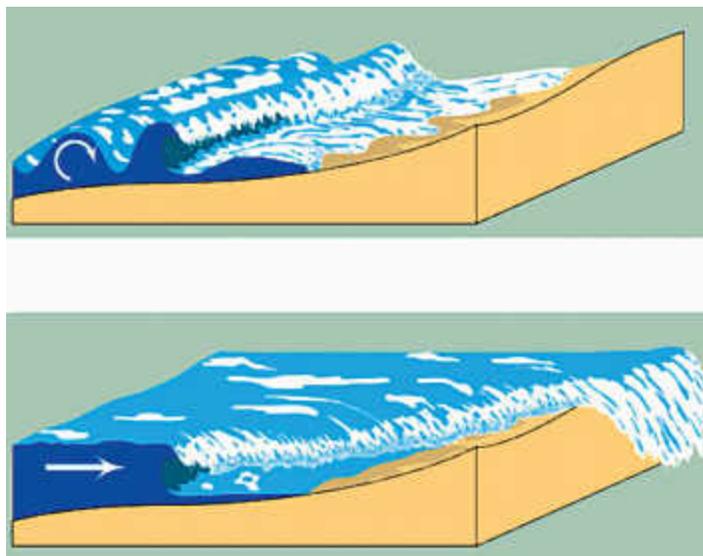
Această energie radiază în jurul epicentrului nu doar ca o singură undă largă, ci sub forma unui tren de unde joase. Fiecare dintre aceste unde are o amplitudine medie de 1 m, lungimea de undă de peste 100 km și perioada de 7-15 minute (pentru tsunamiurile cu perioadă scurtă) sau de 40 de minute (pentru tsunamiurile de perioadă lungă). Înainte de lovirea continentului, aceste unde traversează oceanul cu viteze de 550-800 km/h.

Din punctul de vedere al caracteristicilor, trebuie să spunem că valurile seismice oceanice sunt foarte diferite de valurile generate de vânt. În cadrul unui val de vânt, mișcarea apei este circulară, pe când în cazul unui val seismic aceasta este lineară (fig. IV.20).

Valurile de vânt normale au rarori o lungime de undă mai mare de 300 m și, în general, traversează suprafețele cu o viteză de sub 100 km/h. Un tsunami de dimensiune medie poate avea lungimea de undă medie de 250 km și viteză de 550-800 km/h.

În momentul impactului asupra uscatului continental, creasta valului poate ajunge

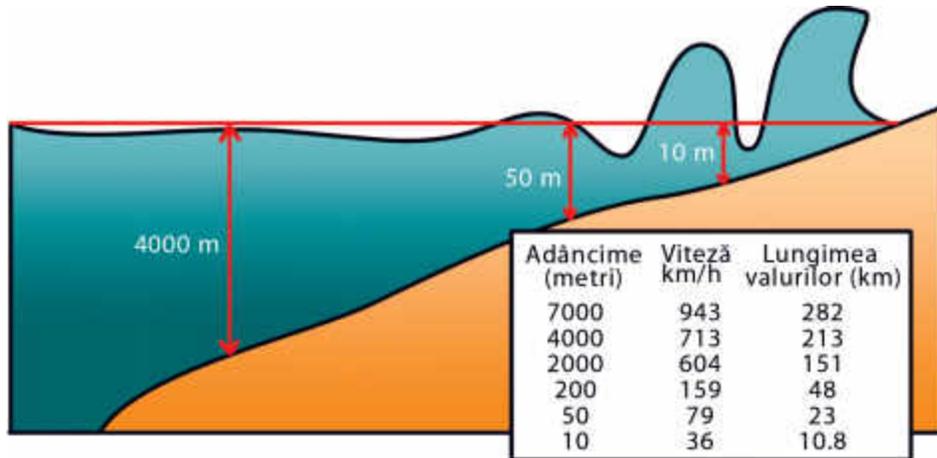
fig.
IV.20



Diferența dintre un val provocat de vânt și un val seismic (Sursa: <http://mail.colonial.net/~hkaitei/tsunami.html>)

până la 32 m. Mecanismul de formare a acestor creste este similar cu cel de formare a valurilor cauzate de vânt: frecarea cu fundul oceanic încetinește viteza de deplasare și crește amplitudinea valului. Deci, adâncimea oceanului controlează viteza de propagare astfel: la modificări de adâncime, viteza undelor se modifică și ea (fig. IV.21).

fig.
IV.21



Variația vitezei și a lungimii de undă în funcție de adâncimea la care se produce seismul
(Sursa: <http://mail.colonial.net/~hkaitev/tsunami.html>)

Nu toate valurile marine distructive sunt cauzate de cutremure. Unele pot fi generate de alunecări masive de teren sau de erupții vulcanice, altele se pot datora chiar unor evenimente, precum exploziile nucleare submarine sau căderea unor asteroizi.

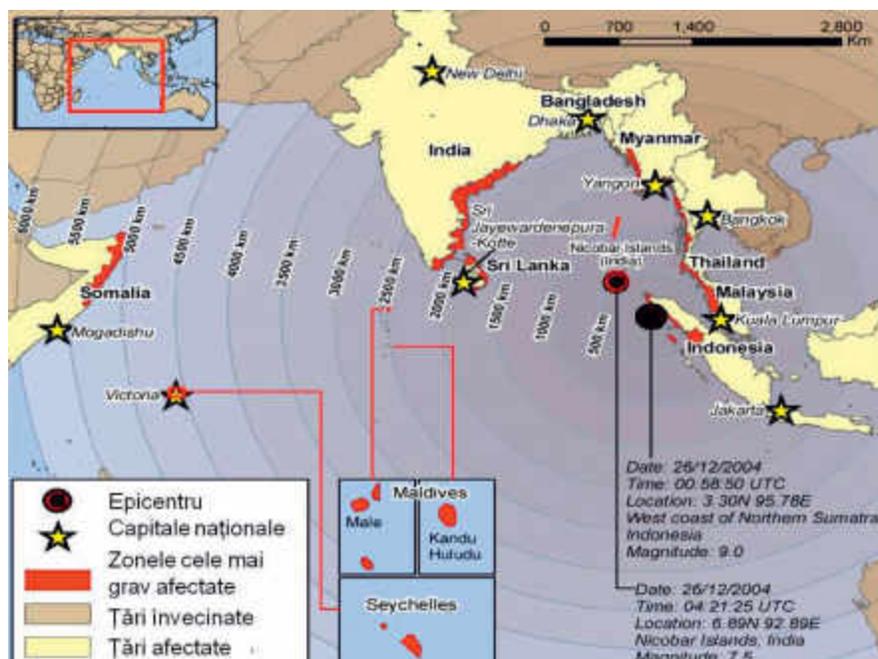
Tsunamiurile produse în timp reprezintă oportunități de studiu și îmbunătățire a măsurilor menite a diminua consecințele. Iată câteva exemple care, prin dimensiunea distrugerilor cauzate, pot constitui elemente valoroase de conștientizare asupra potențialului distructiv al acestor valuri seismice.

În 1883, vulcanul Insulelor Krakatoa a erupt, aruncând în aer 2/3 din insulă. Acest eveniment a cauzat un val seismic gigantic care a ucis 36.000 persoane în insulele Java și Sumatra.

La 15 iunie 1896, regiunea Honshu din Japonia a fost devastată de un tsunami cu o înălțime vizuală a valului de 20 m, care a provocat moartea a circa 26.000 de oameni.

Cutremurul din Oceanul Indian din 26 decembrie 2004 (cu $M=9$) a generat un val seismic care a afectat regiunile de țărm ale unui număr de opt țări asiatice și a cauzat moartea a peste 120.000 de persoane. Valul a ajuns chiar și în locuri mai îndepărtate, precum Somalia, care se află la 4.100 km est de epicentru (fig. IV.22). Acesta a fost al cincilea cutremur ca mărime din istoria modernă (de când sunt efectuate înregistrări cu ajutorul seismografelelor) care a generat pagube imense (fig. IV.23).

Un important eveniment a fost și cel produs în 11 martie 2011, în Japonia (fig. IV.24). Tsunamiul format a luat prin surprindere până și Japonia, țară extrem de bine pregătită pentru a face față unor evenimente cu potențial distructiv foarte mare.

fig.
IV.22Țări afectate de tsunamiul din 26 decembrie 2004 (sursa: <http://mail.colonial.net/~hkaiteer/tsunami.html>)

Tot datorită vibrațiilor cauzate de seisme se poate produce și fenomenul „seiche” care reprezintă revărsarea apei peste marginile bazinului sau peste malurile unui lac, în urma mișcării produse de un cutremur de pământ.

Este dificil să facem previziuni ale manifestării unor fenomenelor naturale cu potențial, chiar și în ariile continentale accesibile nouă. Cu atât mai puțin este posibil acest lucru în ariile submarine sau suboceanice, unde accesul nostru este limitat. Dacă luăm în considerare și faptul că aceleași forțe tectonice care generează pe continent evenimentele geologice își manifestă interacțiunea și sub suprafețele de apă ale globului, iar aceste suprafețe acoperă circa 70% din întregul glob terestru, putem să admitem cu ușurință că lupta împotriva lor și a efectelor lor este foarte dificilă.

fig.
IV.2326 decembrie 2004, Indonezia (sursa: <http://www.tsunamispecialenvoy.org/2004-tsunami.html>)fig.
IV.2411 martie 2011 Japonia (sursa: <http://www.allvoices.com/contributed-news/8445028/image/74979871-japan-tsunami-2011-exclusive-photos>)


 PLAN DE LUCRU

Fenomene de instabilitate ale suprafeței terestre

Vocabular:

- Frecare
- Gravitație
- Alunecare de teren
- Loess
- Mișcare în masă
- Variabilă
- Saturat
- Neconsolidat

Concept

1. Lichefierea se produce în sedimente neconsolidate, saturate cu apă, sub incidența vibrațiilor generate de seism.
2. Lichefierea poate provoca mari distrugerii.
3. Declanșarea alunecării de teren sub incidența seismului este guvernată de mărimea forțelor care acționează asupra masei de material aflate pe versant, de tipul materialului și de unghiul pantei.
4. Factorii declanșatori conlucrează și dau probabilitatea apariției alunecării.

Obiective

Elevii:

- vor construi modele pentru a demonstra lichefierea
- vor distinge lichefierea solului de saturația solului
- vor evalua potențialul distructiv asupra clădirilor, rețelelor de utilități și școlilor.
- vor construi un model pentru simularea unei alunecări de teren provocată de un seism;
- vor investiga variabilele care afectează o alunecare de teren: stabilitatea materialelor de pe versant, înclinarea (panta) versantului;
- vor explica cauza faptului că înclinarea versantului determină felul în care forța gravitațională acționează pe o suprafață de teren și felul în care aceasta este dependentă de forța de frecare.

Mod de evaluare

Chestionar cu întrebări referitoare la experimentul efectuat de către fiecare grup de elevi, în care să justifice răspunsul citând datele proprii obținute.



Activitatea IV.1

Lichefierea

► Introducere:

Activitatea presupune realizarea unui experiment pentru simularea fenomenului lichefierii (fig. IV.1a), care se produce în sedimente neconsolidate, saturate cu apă, sub incidența vibrațiilor produse de cutremure. Prin acest experiment elevii vor înțelege rolul pe care îl are prezența apei din diferite tipuri de sediment, în stabilitatea acestora. Elevii vor fi în măsură să facă distincția între lichefiere și saturație. Analizând ceea ce se întâmplă și judecând prin prisma noțiunilor pe care le au asupra mediului construit de om, vor fi în măsură, la sfârșitul experimentului, să evalueze potențialului distructiv al lichefierii asupra clădirilor, rețelelor de utilități, școlilor etc.

fig.
IV.1a



► Materiale necesare:

- un pahar de nisip fin sortat
- o ceașcă de plastic transparent
- o farfurie întinsă cu diametrul de 23 cm
- un pahar cu apă
- un obiect mic, poziționat central*
- un ziar care să acopere suprafața de lucru.

► Procedura:

1. Pregătești experimentul luând în considerare:
 - a. Pregătirea materialelor, a necesarului pentru fiecare grup
 - b. Prezentarea noțiunilor teoretice cuprinse în materialul descriptiv (modalitatea de prezentare a acestora rămâne la latitudinea profesorului)
 - c. Prezentarea unui studiu de caz liber ales (preferabil din arealul geografic în care se află școala)

* **Notă:** Obiectul poate fi unul mic de ceramică care ilustrează o casă, cu dimensiuni de 5 x 5 x 7 cm, care se vinde, de obicei, la târgurile de Crăciun și care poate fi umplut cu diferite materiale pentru a câștiga în greutate.

IV

2. Dezvoltați experimentul formând echipe de câte doi elevi. Furnizați elevilor următoarele indicații pentru construirea modelului experimental de către fiecare echipă în parte:
 - a. Tăiați aproximativ 5 mm din partea de bază a ceștii de plastic.
 - b. Întoarceți ceașca și plasați-o în mijlocul farfuriei întinse.
 - c. Țineți ferm ceașca, turnați încet nisip în ea până la circa 10-20 mm de la partea superioară; nivelați nisipul cu degetul (un elev ține ceașca, celălalt toarnă nisipul). Nivelați suprafața nisipului cu degetul (a nu se scutura paharul pentru nivelarea nisipului!)
 - d. Așezați machete pe suprafața nivelată a nisipului.
 - e. Ținând cu mâna paharul, turnați cei 225 ml de apă în farfuria întinsă, la exteriorul ceștii (nu în nisip!)
 - f. Observați ce se întâmplă și cronometrați timpul în care nisipul ajunge la saturație.
 - g. O dată ce nisipul este saturat, unul dintre elevi va ține farfuria ferm în loc, în timp ce celălalt va lovi de câteva ori ceașca, pentru a simula vibrațiile provocate de cutremur. Observați ce se întâmplă cu masa de nisip!
3. Ajutați elevii să strângă materialele, apoi inițiați discuția.
4. Întrebați-i pe elevi ce cred ei că s-ar întâmpla dacă obiectul de pe nisip folosit în experiment ar reprezenta o clădire locuită, iar fenomenul lichefierii ar avea loc într-o zonă intens populată, cum s-a întâmplat de exemplu, în zona de golf a orașului San Francisco, în 1989. Întrebați-i care cred că ar fi efectele asupra:
 - a. Oamenilor
 - b. Locuințelor
 - c. Școlilor
 - d. Rețelelor de utilități
 - e. Terenurilor agricole
 - f. Spitalelor, unităților de pompieri, poliție
 - g. Zonelor industriale

Notă:

- Experimentul poate fi făcut cu nisip de diferite granulații, cu obiecte cu diferite mase poziționate pe nisip. Inițiați discuții asupra fiecărui caz particular privitor la gradul de lichefiere cu care se confruntă fiecare situație și la efectul asupra fiecărei structuri.
- Invitați elevii să găsească modul de a varia forța pe care o aplică amestecului de apă și nisip din model.
- Furnizați elevilor recipiente mai mari de plastic, pentru a varia scara modelului construit, și recipiente de plastic transparente, pentru a facilita observarea.
- Îngropați diferite obiecte în nisip și observați rezultatele.
- Dezvoltați modele în care să se regăsească conducte și observați cum le afectează procesul de lichefiere.
- Verificați cunoștințele elevilor punându-le întrebări precum: *Dacă o clădire a fost construită pe un sol cu potențial de lichefiere, ce s-ar putea face pentru a se reduce eventualele daune?* Invitații să creeze și să dezvolte modele structurale care ar putea să reducă daunele apărute la lichefiere.

FIȘĂ DE EVALUARE IV.1



Elev:

Clasa:

Școala:

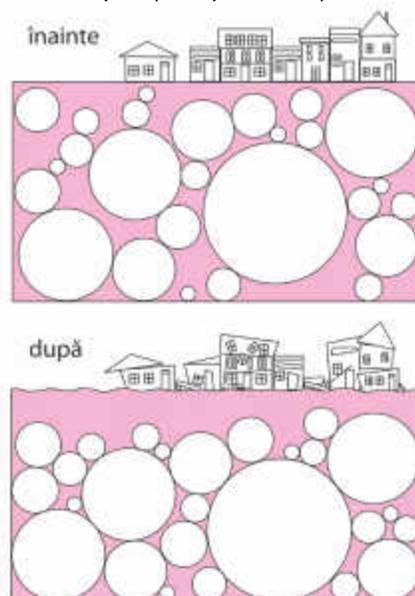
- I. Completați enunțurile cu termenii corecți.
1. Lichefierea este un proces care se produce în sedimente sub incidența produsă de cutremur.
2. Probabilitatea producerii lichefierii este direct proporțională cu cutremurului.

- II. Alege forma corectă.

O clădire construită pe un teren sub care s-a produs un fenomen de lichefiere, de obicei:

- a. se va prăbuși;
- b. se va răsturna;
- c. se va răsuci.

- III. Scrieți, în ovalul galben, momentul corespunzător celor două situații (înainte, respectiv după manifestarea unui seism) și explicați diferența dintre cele două situații.



Calificativ

Cadru didactic



Activitatea IV.2

Alunecarea de teren

► **Introducere:**

Experimentul propus în această activitate permite elevilor cunoașterea forțelor care guvernează producerea alunecărilor de teren. Vor lua cunoștință despre factorii care conlucrează și care dau probabilitatea apariției alunecării. În cadrul experimentului propus, ei vor obține diferite valori, în funcție de care vor aprecia momentul de debut al alunecării de teren, demonstrând faptul că înclinarea versantului determină felul în care forța gravitațională acționează pe o suprafață de teren și stabilind relația acesteia cu forța de frecare. Folosind diferite tipuri de sedimente, în prezența sau în absența apei, elevii vor înțelege relația care există între factorii potențiali și cei declanșatori.

► **Materiale necesare:**

- material descriptiv privind alunecarea de teren (pentru profesor)
- poze care să ilustreze daune provocate de alunecări de teren (dacă este posibil, din aria geografică în care se află școala)
- video-proiector (opțional)
- scândură din lemn de brad, cu dimensiunile de: 2,5 cm x 25 cm x 1,0 m
- o rulcă
- două farfurii de plastic cu raza de aproximativ 19 cm și înalte de 3,5 cm
- nisip uscat atât cât este necesar pentru a umple cele două farfurii
- 500 ml apă, într-un pahar de laborator (sau alt recipient)
- ziare care să acopere suprafețele de lucru
- cântar de bucătărie care să înregistreze greutatea mai mici de 100 g
- prosoape de hârtie pentru curățirea suprafeței de lucru, între diferitele încercări
- creioane sau pixuri
- tabele pentru înscrisura de date și măsurători în cadrul experimentului (Fișă date experimentale: Date asupra alunecării de teren din Caietul elevului)
- chestionar de întrebări privind experimentul efectuat (Fișă de evaluare: Alunecare de teren din Caietul elevului)
- sol, pietriș, nisip și alte tipuri de materiale pentru extinderea experimentului

► **Procedură:**

1. Împărțiți elevii clasei în grupuri de câte trei sau mai mulți.
2. Distribuiți-le câte o copie a *Fișei date experimentale: Date asupra alunecării de teren din Caietul elevului*, pentru notarea datelor obținute experimental.
3. Solicitați unui membru al fiecărei grupe să preia materialele necesare experimentului.
4. Spuneți elevilor că experimentul se va desfășura într-o manieră științifică, aceasta însemnând că ei vor controla variabilele variind câte una și vor măsura și observa rezultatul; când elevii vor finaliza experimentul, este foarte important ca ei să folosească rezultatele obținute pentru a explica fenomenul și să dea explicații referindu-se strict la modelul lor particular; subliniați-le faptul că întrebările care se regăsesc la sfârșitul tabelului se referă la experimentul științific în care ei s-au implicat.
5. Instruiți elevii să construiască rampa, la fel ca în figura de la începutul activității, iar apoi să înceapă să experimenteze efectul unghiului rampei asupra greutateilor citite pe cântar. Explicați faptul că, cu cât este mai mică greutatea măsurată de cântar, cu atât este mai mare forța de gravitație paralelă cu panta și mai slabă forța de frecare care ține materialul în loc.
6. Oferiți apoi următoarele instrucțiuni:
 - a. Puneți cântarul la capătul de jos al rampei și poziționați farfuria cu nisip cu fața în sus peste rampă.
 - b. Ridicați un capăt al rampei la înălțimea necesară pentru a se ajunge la primul unghi indicat în tabel; pe măsură ce modificați unghiul, citiți și valorile înregistrate de cântar și treceți-le în tabel.
7. Încetați experimentul atunci când toate grupurile au terminat de citit măsurătorile făcute de cântar. Folosind *Planșa 1*, explicați faptul că pe o pantă forța gravitațională se împarte în două componente: una dintre componente acționează perpendicular pe pantă, aceasta fiind forța pe care ei deja au măsurat-o; cealaltă forță acționează de-a lungul pantei, aceasta fiind forța gravitațională care va produce alunecările de teren. Aceste două componente ale forței gravitaționale formează cele două laturi ale unui triunghi drept; în funcție de unghiul pantei, forța de frecare va anula sau nu forța gravitațională.
8. Pentru investigarea efectului pantei asupra materialului, cu sau fără simularea unui cutremur, cereți elevilor să îndepărteze cântarul; arătați-le cum să poziționeze farfuria de nisip cu fața în jos, la un capăt al machetei, fără să împrăstie nisipul (la început, se poziționează macheta peste farfurie și, apoi, susținând macheta, farfuria se răstoarnă; farfuria ar trebui să rămână poziționată cu fața în jos pe machete, cu tot cu nisip).
9. După îndeplinirea acestei sarcini de către toate echipele, cereți elevilor să varieze unghiul rampei, de această dată ridicând ușor capătul de sus al scândurii de lemn. Instruiți elevii să noteze înălțimea de la care nisipul începe să alunece, să coboare apoi nivelul rampei cu 5 cm și să lovească rampa, simulând un cutremur.

- 10.** Pentru a testa efectul apei asupra stabilității nisipului, dați următoarele instrucțiuni:
- Acoperiți din nou farfuria cu macheta, întoarceți farfuria cu fața în sus și adăugați 225 ml de apă în nisip.
 - Întoarceți din nou farfuria cu nisipul ud pe rampă și repetați pașii 4-6 pentru a observa efectul modificării unghiului asupra nisipului ud.
 - Continuați să notați datele și observațiile în tabelul alunecărilor de teren.
 - Utilizați tabelul cu date referitoare la alunecările de teren și figura din materialul descriptiv pentru a răspunde întrebărilor despre forțe.

Notă:

- Acordați timp elevilor să răspundă întrebărilor. Când au terminat, cereți grupurilor să-și împărtășească explicațiile, asigurându-vă că-și justifică explicațiile citând datele lor.
- Întrebați elevii clasei dacă ei cred că ceea ce ei au făcut este similar cu ceea ce fac oamenii de știință.
- Faceți-i să înțeleagă că investigația lor reprezintă un aspect al științei, iar ceea ce au găsit și raportat reprezintă un altul.
- Explicați-le că ar lua mult timp pentru ca fiecare dintre explicațiile lor să fie acceptată ca o teorie asupra alunecărilor de teren.
- Dacă ar dori să continue investigațiile asupra alunecărilor de teren, ei ar trebui să își compare acest model cu date reale din teren.
- În final, recapitulați forțele implicate în alunecările din teren pe baza materialelor ilustrative. Apoi, pe un studiu de caz asupra unei alunecări de teren (dacă este posibil din regiunea geografică în care școala d-voastră se află), prezentat ca poze sau în program power point, cereți elevilor să explice ce observă în termeni de forțe fizice.
- Extindeți experimentul și cu alte tipuri de material (sol, pietriș etc.) și invitați elevii să testeze comportamentul acelor tipuri, repetând pașii 6 și 7.

▶ **Panta și măsurătorile de forțe**

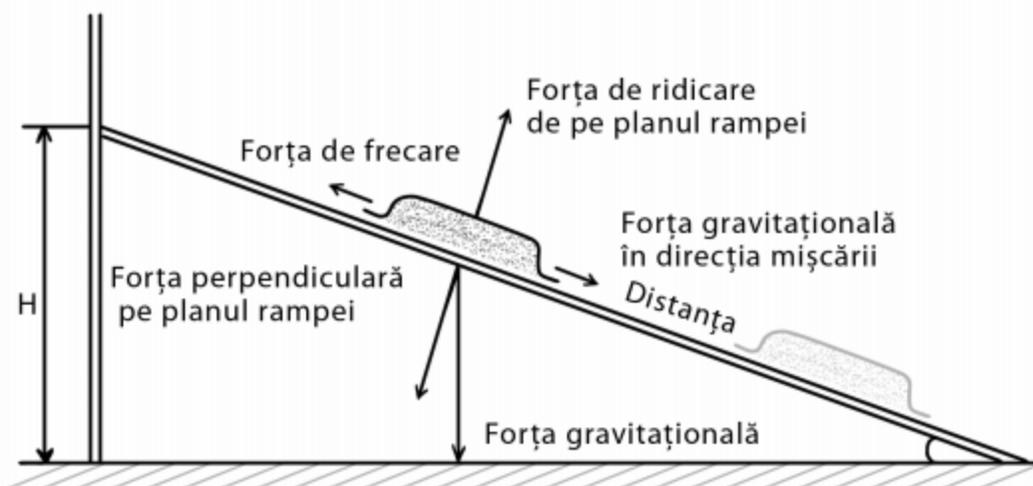
(Răspunsurile pot varia)

Unghi	Înălțime	Forță
10°	17 cm	
20°	34 cm	
30°	50 cm	
40°	64 cm	
50°	77 cm	
60°	87 cm	

► **Efectul înălțimii asupra materialelor**

(Răspunsurile pot varia)

Material	Unghi	Înălțime	Efectul unui cutremur simulat
Nisip uscat	30°	40-50 cm	Nisipul s-a mișcat cu circa 1 cm pe lovitură.
Nisip umed	30°-40°	55-65 cm	
Sol uscat	30°-40°	50-60 cm	
Sol umed	30°-40°	50-60 cm	
Alt tip			
Alt tip			



Analiza forțelor care guvernează producerea alunecărilor de teren

FIȘĂ DE EVALUARE IV.2



Elev:

Clasa:

Școala:

1. De ce credeți că valoarea arătată de cântar este mai mare pe măsură ce un capăt al rampei este tot mai ridicat?
2. La ce înălțime sau la ce unghi alunecă nisipul uscat?
3. De ce credeți că alunecă nisipul atunci, vorbind de forțele care acționează asupra sa?
4. Care este efectul unui cutremur simulat (bătăii pe rampă) asupra nisipului uscat?
5. De ce credeți că un cutremur simulat are acest efect?
6. Înainte să testați nisipul umed, spuneți ce efect credeți că va avea prezența apei în nisip asupra alunecării.
7. Ce efect credeți că va avea udarea nisipului asupra propriului unghi de alunecare? De ce?
8. Ce efect are simularea cutremurului (a loviturii ușoare pe suprafața rampei) asupra nisipului umed?
9. Cum ați controlat următoarele variabile?
 - a. Înălțimea sau unghiul
 - b. Cantitatea de material
 - c. Umiditatea
 - d. Condițiile de suprafață
 - e. Altele
10. Cum v-ați asigurat că modificați numai câte o variabilă odată?
11. Încercați să explicați, cât de detaliat puteți, pe baza datelor obținute, în ce fel au afectat seismele alunecările
12. Cum poate fi verificată explicația dată?
13. Ce vi s-a părut interesant sau neașteptat în experiment? De ce?

Calificativ

Cadru didactic


 PLAN DE LUCRU


Tsunami

Vocabular:

- tsunami
- creasta valului
- talpa valului
- înălțimea valului
- amplitudine
- lungimea de undă (lungimea valului)
- perioada
- elevația sau înălțimea la revărsare

Concept

1. Energia rezultată din descărcările de energie suboceanice este transferată apei oceanice care o transportă sub formă de val (undă).
2. Adâncimea oceanului influențează viteza de propagare și lungimea de undă, fiind direct răspunzătoare și de înălțimea valului.

Obiective

Elevii:

- vor pregăti și prezenta un raport în cadrul orei, care să reflecte propriul studiu asupra valurilor seismice;
- vor descrie caracteristicile unui val seismic în termeni de viteză, lungime de undă, perioadă și predicție a efectelor lui asupra comunității umane care locuiește în zona de țărm;
- vor calcula energia instabilității (mișcarea fundului oceanic) care generează un val seismic mediu.

Mod de evaluare

Listă de întrebări referitoare la raport.

Resurse educaționale

<http://walrus.wr.usgs.gov/tsunami/basics.html>



Activitatea IV.3

Tsunami

► Panta și măsurătorile de forțe

Activitatea propusă face apel la formule matematice, fizice și la valori medii, precum cele prezentate în figura de mai jos, în scopul calculării minimului de energie necesar pentru generarea unui val seismic de dimensiune medie. Ulterior, plecând de la poziția locului de producere a cutremurului, se va calcula timpul în care un val seismic va lovi țărmul.

► Materiale necesare:

- Material descriptiv privind tsunami (pentru profesor);
- Video-proiector (retroproiector) (opțional).
- Pentru fiecare elev: copii ale Fișei de evaluare: *Caracteristici ale valurilor marine seismice* și ale Fișei de evaluare: *Analiza energiei valurilor marine seismice*, din Caietul elevului.

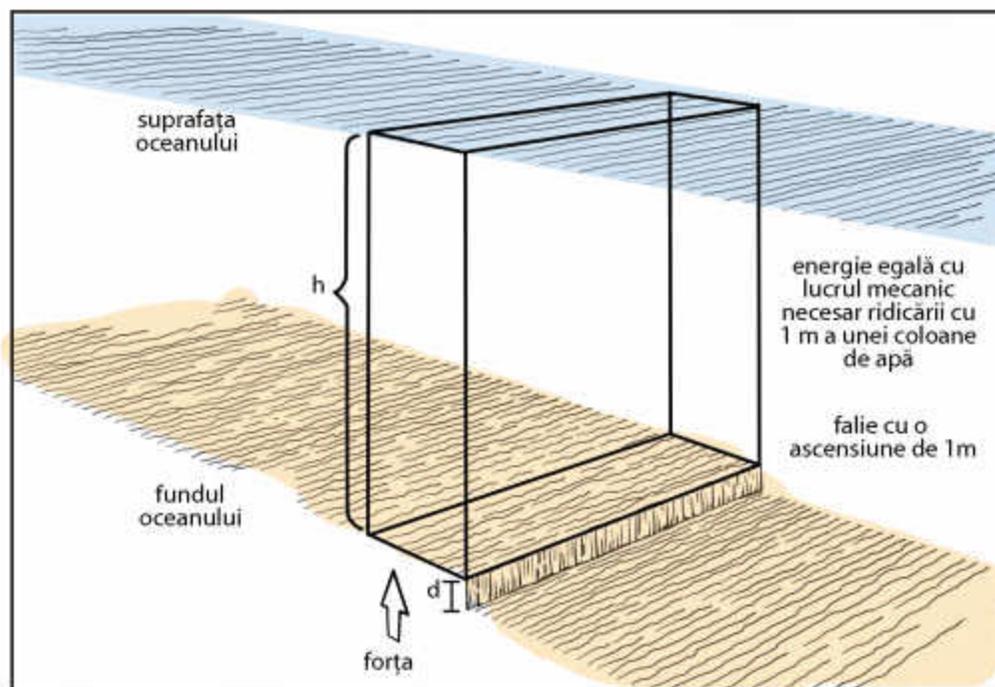
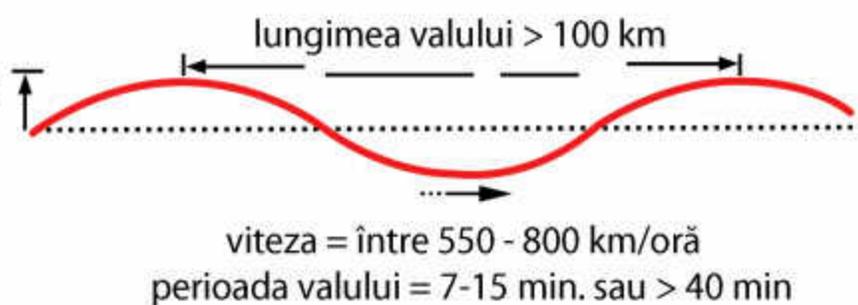
► Procedură:

1. Furnizați elevilor Fișa de evaluare: *Caracteristici ale valurilor marine seismice din Caietul elevului* și ajutați-i să lucreze cu aceasta. Proiectați jumătatea superioară a figurii IV.3a: *Caracteristici ale valurilor seismice și energia implicată*. Solicitați elevilor să vă spună ce elemente trebuie completate. Scoateți în evidență faptul că valurile au anumite caracteristici care pot fi măsurate.
2. Puneți întrebarea: *Cum poate o deplasare de numai 1 m pe o falie aflată pe fundul oceanului să genereze un val uriaș care va lovi țărmul?* Provocați elevii să dea răspunsuri până când cineva amintește de *energia implicată*. În acest moment, proiectați partea de jos a figurii IV.3a și arătați elevilor cum ridicarea unei porțiuni de fund oceanic cu 1 m pe un plan de falie va transmite apei o energie care se va regăsi în lucrul mecanic necesar ridicării coloanei de apă pe acea înălțime.
3. Distribuți copii ale Fișei de evaluare: *Analiza energiei valurilor marine seismice din Caietul elevului* și dați-le timp pentru a face calculele.
4. Provocați elevii să explice cum un val din ocean de numai un metru înălțime poate crește atât de mult încât să distrugă uscatul. Atrageți-le din nou atenția asupra imaginii din partea de jos a figurii IV.3a. (*Când valul se apropie de țărm, în apa puțin adâncă, energia este împinsă în sus sau refractată.*)

5. Solicitați elevilor să întocmească un raport (Fișă de evaluare: *Raport asupra unor evenimente produse, din Caietul elevului*) asupra unui eveniment marcant petrecut în lume și să evalueze apoi acest raport în funcție de modul în care au fost furnizate informațiile (poate fi pusă la dispoziția elevului o listă de evenimente petrecute, pentru a-și alege subiectul discutat). Informându-se și studiind materialele găsite, elevul își va dezvolta modul de gândire și analiză a măsurilor care trebuie luate pentru minimizarea pagubelor. Se poate merge până la prezentarea de către fiecare elev a raportului întocmit.
6. Evaluarea rapoartelor se va face după o grilă stabilită în prealabil, iar în cazul prezentării raportului, evaluarea poate fi făcută de către toți colegii, respectând grila distribuită.



amplitudinea
= 1 m



FIȘĂ DE EVALUARE IV.3

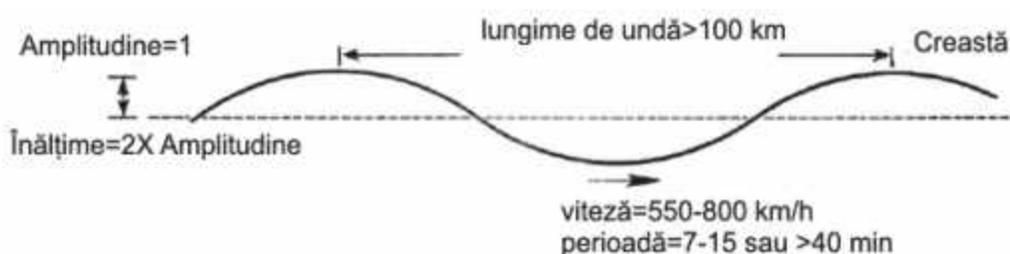


Elev:

Clasa:

Școala:

Plasați pe figură caracteristicile valului seismic și valorile medii ale acestora.



► **Scenariul posibil al unui tsunami**

Imaginați-vă că se produce un seism cu magnitudinea de 6,8 grade Richter, la 1.625 km de un oraș de pe țărm, pe o falie situată sub fundul oceanic, la adâncimea de 3,8 km. Este generat un tren de unde cu viteza de 650 km/h și lungimea de undă de 150 km. Centrul Național de Avertizare pentru Tsunami alertează populația orașului.

1. Cât va dura până când tsunami-ul va lovi orașul de pe țărm?
2. Primul val atinge uscatul la ora 2:00 p.m. Are Laura timp să-și salveze ceea ce are pe plajă înainte de ajungerea celui de-al doilea val? Calculați perioada valului. (Perioada reprezintă lungimea de undă împărțită la viteză.)
3. Descrieți ce ar putea să se întâmple atunci când valul ar lovi orașul de pe țărm.
4. Ce măsuri pot fi luate în așteptarea producerii acestui tsunami?

FIȘĂ DE EVALUARE IV.4



Elev:

Clasa:

Școala:

Pentru a calcula minimul de energie necesar generării unui val seismic de dimensiune medie, putem calcula lucrul mecanic dat de energia potențial gravitațională volumului de apă oceanică. În esență, aceasta înseamnă calcularea rezultatului forței necesare ridicării unui volum particular de apă și a înălțimii la care acesta este ridicat. Utilizând valorile medii obținute din cercetarea tsunamiurilor, realizați următorii pași și calculați energia eliberată de un cutremur produs în zona suboceanică, necesară generării unui val seismic.

1. Care ar fi media arealului de fund oceanic care, mișcându-se în timpul unui seism, generează un val seismic?
2. Cunoscând valoarea medie a adâncimii oceanice (h) ca fiind 3,8 km, ce volum (V) al apei este pus în mișcare, urmare a seismului și generează un val seismic?
3. Cunoscând densitatea (D) a apei oceanice ca fiind $1,03 \text{ kg/m}^3$, calculați masa (m) a apei mișcate de seism. (Utilizați formula $m = DV$.)
4. Ridicarea acestei mase de apă oceanică necesită o forță cel puțin egală cu greutatea apei. Știind că accelerația gravitațională (g) este de $9,8 \text{ m/s}^2$, calculați forța (F) necesară ridicării coloanei de apă.
5. Presupunând că acest volum de apă oceanică este ridicat la o înălțime medie (d) de 1 m, ce valoare va avea lucrul mecanic (W) necesar acestei ridicări? Această valoare reprezintă energia imprimată valului seismic de către cutremur.
6. Câte tone echivalente de TNT reprezintă această energie? (1 tonă TNT – $4,18 \times 10^9 \text{ J}$)
7. Imaginați-vă că această energie răspândită pe o mare suprafață ajunge la adâncimi de 3,8 m în loc de 3,8 km. Cât de sus ar putea fi ridicată coloana de apă la această adâncime? Dacă întreaga energie ar fi înmagazinată în doar 3,8 m ($1/1.000$ din h), atunci apa ar putea ajunge la 1000 m în loc de 1 m. Energia se răspândește însă foarte rapid, astfel încât doar $1/100$ din energie ajunge la cei 3,8 m de apă adâncime. În acest caz, apa poate atinge 30 m înălțime – val de o mărime considerabilă!

EFECTELE CUTREMURULUI ASUPRA MEDIULUI CONSTRUIT (DE LA ȘCOALĂ LA LOCALITATE). MĂSURI DE COMPORTARE ȘI PROTECȚIE ÎN CAZ DE CUTREMUR

EFECTELE CUTREMURULUI ASUPRA MEDIULUI CONSTRUIT (DE LA ȘCOALĂ LA LOCALITATE)

Clădirile sunt construcții înălțate la suprafața pământului care servesc la adăpostirea oamenilor, animalelor, obiectelor și instalațiilor etc. Dintre acțiunile care se exercită asupra clădirilor fac parte și cele referitoare la seisme. Efectele acestora asupra unei clădiri pot diferi în funcție de perioada în care au fost realizate, tipologia structurală și proprietățile fizico-mecanice ale materialelor. În România, la proiectarea clădirilor destinate învățământului, după anul 1950 s-a ținut cont de acțiunea seismică și au fost utilizate hărți de zonare seismică și date privind structura terenului.

Cutremurele pot produce asupra construcțiilor și a ansamblurilor de construcții vulnerabile efecte negative, prin: distrugerea/prăbușirea totală sau parțială a unor clădiri vulnerabile; distrugerea unor elemente structurale sau nestructurale, a unor componente ale unor clădiri sau avarierea lor; distrugerea/avarierea unor echipamente și instalații din clădiri, a unor rețele publice de utilitate vitală, spre exemplu, rețele de alimentare cu apă, gaze, energie electrică, energie termică, transport, comunicații; producerea de incendii și de explozii în clădiri.

La nivel de localitate, cutremurele pot produce efecte negative, uneori cu caracter de dezastru, prin: alunecări de teren; rupturi în scoarță însoțite de prăbușiri sau de procese de falie; fenomene de lichefiere a nisipurilor; avarierea unor rețele publice de utilitate vitală și izolarea unor zone; blocarea unor intersecții de străzi principale, ca urmare a prăbușirii unor clădiri, și împiedicarea operațiunilor de salvare-ajutorare; producerea de incendii și explozii în cartiere și în localități.

Tipuri de clădiri și moduri diferite de comportare a clădirilor

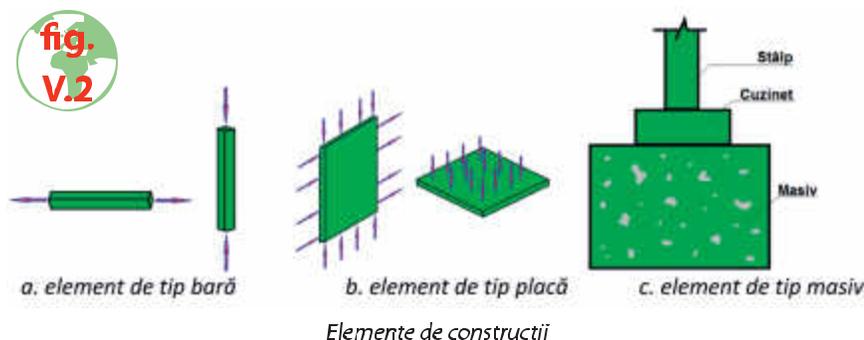
Clădirile sunt construcții realizate corespunzător, pentru a fi capabile să preia și să transmită eforturi (fig. V.1.) care iau naștere în elementele structurale ale clădirii și produc deformații ale acestora.

Eforturile sunt tensiuni interioare care iau naștere în elementele structurale ca urmare a unor forțe exterioare aplicate asupra clădirii.

Elementele de construcții care formează partea structurală a unei clădiri (fig. V.2.), sunt: bara (de exemplu, stâlpii și grinzile clădirilor), placa (de exemplu planșeele și pereții clădirilor) și masivul (de exemplu, fundațiile clădirilor).

Din punct de vedere structural, dintre clădirile destinate învățământului liceal, distingem următoarele tipuri (fig. V.3.):

- clădiri cu schelet din beton armat;
- clădiri cu pereți structurali (din beton armat sau din zidărie de cărămidă);
- clădiri cu structură mixtă: schelet și pereți structurali;
- clădiri cu structură realizată din panouri mari prefabricate.



Schematizarea unei structuri și modul de transmitere a eforturilor prin elementele structurale

În conceptul actual de proiectare a unor construcții care să reziste la cutremur, clădirile destinate învățământului sunt considerate construcții de importanță deosebită, la care se impune limitarea avariilor, avându-se în vedere consecințele acestora. În consecință, la proiectare, aceste construcții sunt calculate să reziste la o forță seismică mai mare față de clădirile civile obișnuite.

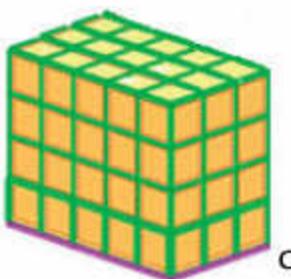
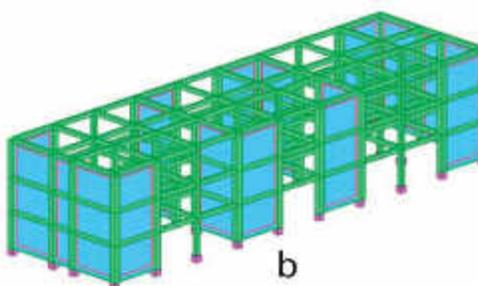
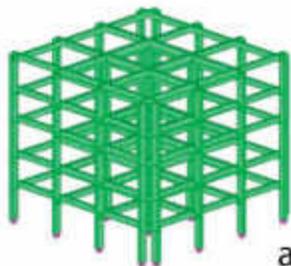
În realitate, construcțiile destinate în prezent activităților de educație și învățământ de toate gradele sunt de diferite vârste, tipuri constructive și arhitecturale.

Prin **avarierea unei clădiri** înțelegem schimbarea nefavorabilă a stării structurii acesteia, fenomene care îi pot afecta performanțele (prin apariția unor fisuri, crăpături, căderi de material etc.).

Construcțiile școlare ridicate până în 1920 au utilizat, ca materiale, zidăria de piatră și cărămida, incluzând, pentru planșee, elemente de lemn, metal sau beton. În perioada

1920-1940, betonul armat s-a utilizat, în special, la planșee și la clădiri etajate, dar, în domeniul școlilor, zidăria a continuat să fie practic materialul de bază. După anul 1959, construcțiile destinate învățământului general și mediu au fost treptat tipizate, introducându-se elemente de beton armat monolite și prefabricate.

fig.
V.3



a. Schelet din beton armat b. Structură mixtă c. Pereți structurali
(<http://www.strazibucuresti.ro/harta-bucuresti-3d.html>)

Clădirile de liceu sunt, în general, lungi, datorită faptului că sălile de clasă și laboratoarele sunt înșiruite de-a lungul unui coridor de acces la nivelul etajului, iar regimul de înălțime ajunge până la 4 nivele. În pereții exteriori, sunt practicate goluri mari, care permit iluminarea naturală a claselor și coridoarelor.

În alcătuirea de ansamblu a clădirilor se află și alte elemente structurale, precum planșee, scări și acoperișuri. Dintre elementele constructive nestructurale cu pericol de avariere la cutremur pot fi enumerate: cornișa, aticele, calcanele, tencuiala și placajele (fig. V.4).

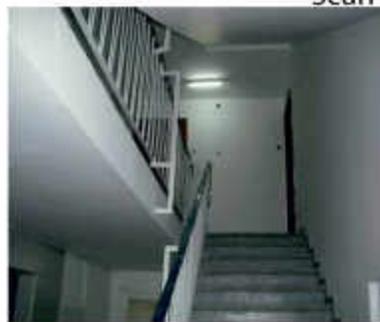
Siguranța elevilor aflați în vecinătatea clădirii în timpul sau imediat după producerea unui cutremur de pământ poate fi pusă în pericol de comportarea elementelor nestructurale, așa cum este exemplificat în figura V.4 (pentru tencuială și placaje).



Planșee



Scări



Acoperiș



Cornișă



Atic



Calcan



Tencuială



Placaje



Exemple de elemente structurale și nestructurale

Efectele cutremurului la nivelul unei școli

Prin specificul lor funcțional, construcțiile destinate procesului de învățământ, sunt ocupate, în cea mai mare parte din timp, la capacitatea lor maximă. Prin urmare, comportarea acestor clădiri la cutremur prezintă o importanță deosebită pentru măsurile preventive viitoare.

Efectele cutremurului asupra unei clădiri pot diferi în funcție de perioada în care au fost realizate, de tipologia structurală și de proprietățile fizico-mecanice ale materialelor care intră în alcătuirea acestora.

În figurile V.5, și V.6 sunt prezentate câteva dintre efectele negative ale cutremurului din 4 martie 1977 asupra unor clădiri civile din București. Aceste fenomene pot afecta, la un viitor cutremur puternic, și clădiri educaționale vechi, construite în perioade în care construcțiile erau calculate numai la forțe gravitaționale, nu și la forțe laterale.

fig.
V.5



Prăbușirea blocului OD 16,
Păcii, București
(4 martie 1977)
(Arhiva foto ICCPDC-INCERC)

Clădirea Wilson, pre-1940, București
(4 martie 1977)



fig.
V.6



Blocul Izeanu, București – efectul de etaj slab (4 martie 1977)
(Arhiva foto ICCPDC-INCERC)

Ca o caracteristică generală, la cutremurul din 4 martie 1977, clădirile au prezentat fisurarea și ruperea stâlpilor de beton armat și a șpaletilor de zidărie (pereți din zidărie de cărămidă dispuși sub ferestre), fisurarea și dislocarea unor pereți transversali. S-au produs dislocări de ziduri, în special în zonele cu neregularități în plan, rupturi în pereți și deplasări ale acestora pe orizontală, iar la casele scăriilor, zidăria s-a crăpat și s-a desprins la colțuri, urmând linia rampelor (planurile înclinate pe care sunt dispuse treptele scăriilor). Din cauza căderii unor coșuri, s-au produs și prăbușiri locale de planșee; la planșeele de lemn s-a remarcat desprinderea de pe reazemele perimetrice (pereții exteriori din zidărie au rol de reazeme perimetrice pentru planșeele din lemn) și desprinderea unor porțiuni mari de tencuială.

Efectele cele mai puternice s-au înregistrat în București și în județele Prahova, Iași, Galați, Craiova, Brăila, Vaslui, Vrancea, Brașov, Bacău.

Trebuie atrasă atenția că, din fericire, cutremurele din 1940, 1977 și 1986, survenind noaptea, au implicat doar avarierea unor construcții de învățământ, fără să surprindă elevi sau cadre didactice în interiorul lor.

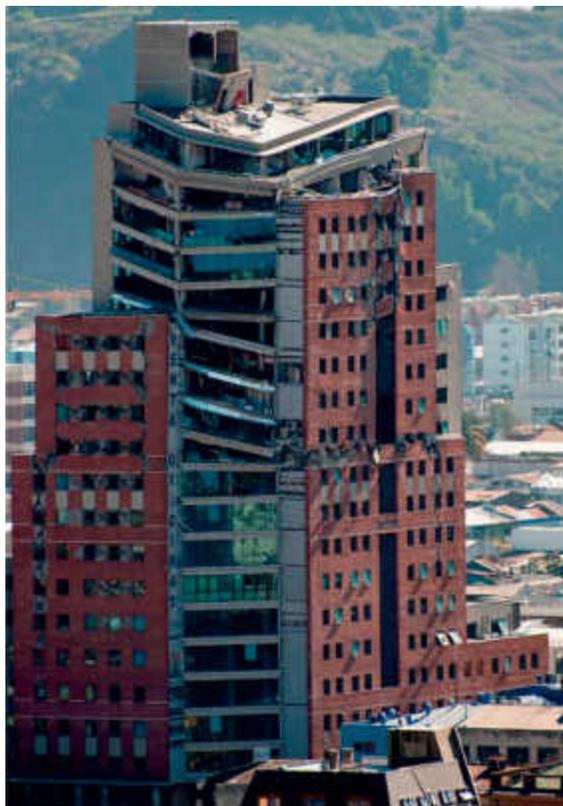
În 1990, la 30 mai, primul cutremur vrâncean resimțit în timpul zilei, s-a produs în timp ce multe școli se aflau în plină activitate. Nu au fost însă înregistrate avarii importante.

Cutremurul local de la Banloc-Timiș, din 12 iulie 1991, a produs prăbușirea acoperișului școlii vechi, precum și a unor coșuri și parapete în școala veche, amenajată în fostul Palat Regal, clădire cu P+1 etaje. Din fericire, elevii erau în vacanță.

Cazuri particulare de avarii semnalate la cutremure sunt: perete structural pe o singură direcție (fig. V.5); efect de etaj slab (fig. V.7); conformare geometrică defavorabilă în plan și în elevație; planșeu flexibil, respectiv planșeu semirigid (de exemplu, clădirile vechi cu planșee din lemn, respectiv planșee realizate din blocuri ceramice cu goluri); etaj slab (figura V.8); stâlp scurt; modificare bruscă a rigidității în elevația clădirii (figura V.8).



Distrușterea unei clădiri cu etaj slab, L'Aquila Italia, 2009



Prăbușirea clădirii Torre O'Higgins, Chile, 2010 (sursa: <http://www.flickr.com/photos/janotrix/4877345252/>)

Efectele cutremurului la nivelul unei localități

La nivel de localitate, cutremurele pot avea efecte negative, uneori cu caracter de dezastru, ca urmare a producerii unor fenomene specifice, precum: alunecări de teren, rupturi în scoarță, lichefierea nisipurilor:



■ **Alunecări de teren.**

Alunecările de teren cauzate de cutremure apar, în general, în zone cu potențial de alunecări de teren, ca urmare a amplificărilor oscilațiilor undelor seismice. În general, sunt afectate terenurile slabe, cu depuneri de sedimente. Pot apărea avarii în urma alunecărilor de teren și în cazul unor structuri corect construite (fig. V.9), care pot produce chiar prăbușirea totală a clădirii.



El Salvador, 2001 – alunecare de teren din cutremur
(http://en.wikipedia.org/wiki/2001_El_Salvador_earthquakes)

- *Rupturi în scoarță însoțite de prăbușiri sau de procese de falie.*



Falie în imediata apropiere a unei școli, Turcia, 1964

- *Fenomenul de lichefiere a nisipurilor.*



Lichefierea este un fenomen care apare în pământurile necoezive sau slab coezive, cu preponderență în cazul nisipurilor. Efectele lichefierii se resimt prin scăderea rezistenței la forfecare a pământurilor ce constituie teren de fundare pentru construcții, conducând la cedarea generală a acestuia, având ca efect înclinarea sau alunecarea clădirilor (fig. V.11).



Răsturnarea unor blocuri din cauza fenomenului de lichefiere a nisipurilor; Niigata, 1999 (<http://www.ce.washington.edu>).

De asemenea, pot cauza dezastre următoarele fenomene:

- avarierea unor rețele publice de utilitate vitală (de alimentare cu apă, gaze, energie electrică, energie termică, transport, comunicații) și izolarea unor zone;
- blocarea unor intersecții de străzi principale, ca urmare a prăbușirii unor clădiri, și împiedicarea operațiunilor de salvare-ajutorare;
- incendii și explozii produse în cartiere (fig. V.12).



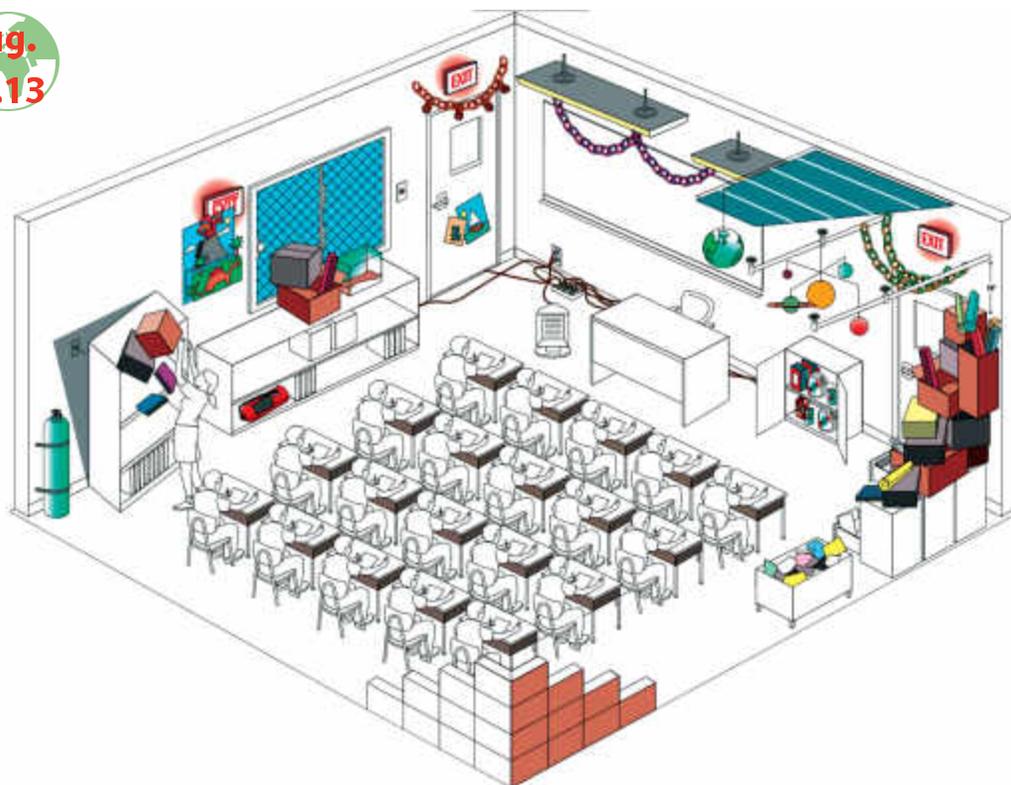
Exemplu de avarii în mediul construit la nivelul unei localități

MĂSURI DE COMPORTARE ȘI PROTECȚIE ÎN CAZ DE CUTREMUR

Pregătirea anticipată pentru prevenirea unor avarieri, răni și accidentări, în clasele, respectiv în laboratoarele unui liceu

Pe lângă pericolele care pot apărea ca urmare a unor deteriorări a elementelor structurale și nestructurale, pot constitui, de asemenea, pericole unele echipamente, instalații, mobilier și materiale didactice specifice activităților școlare. Acestea pot împiedica sau întârzia evacuarea, prin răsturnarea peste căile de acces și blocarea trecerii spre ieșire sau prin lovirea sau rănirea persoanelor (fig. V.13).

fig.
V.13



*Amplasare greșită a unor echipamente, instalații, mobilier și materiale didactice specifice activităților școlare
(sursa: http://online.torleton.edu/ACCF/EarthquakePreparedness/EarthquakePreparedness_print.html)*

În acest sens, este necesar să se ia unele măsuri de pregătire a spațiilor de lucru (săli de clasă și laboratoare), a instalațiilor, a echipamentelor și a mobilierului, precum:

- identificarea mobilierului auxiliar și obiectelor grele care pot să cadă peste acestea, degajarea spațiilor de diverse piese instabile la cutremur, mai ales în vecinătatea locurilor de studiu sau circulate;
- identificarea comutatoarelor pentru energie electrică, apă și gaz;
- fixarea echipamentelor IT precum și a unor echipamente pe rotile, astfel încât să nu blocheze ieșirile prin deplasările provocate de evenimentul seismic (fig. V.14);

► Reacția la cutremur a elevilor și a grupurilor de persoane

Clădirea se comportă ca un mediu care filtrează sau amplifică oscilațiile unui cutremur în funcție de tipologia structurală amintită. Spre exemplu, în cazul cutremurelor vrâncene intermediare, în clădirile cu pereți structurali, oscilațiile sunt mult mai reduse în raport cu cele care se manifestă în clădirile înalte, cu schelet structural.



Efectele cutremurului asupra elementelor nestructurale dintr-o sală de clasă

(sursa: http://online.tarleton.edu/ACEF/EarthquakePreparedness/EarthquakePreparedness_print.html)

Oscilațiile seismice au anumite componente dominante care sunt apropiate de frecvențele proprii caracteristice ale unor organe ale corpului uman și devin, astfel, esențiale pentru reacția umană.

Prin urmare, este foarte important să ne stăpânim senzația de teamă, panică sau agitație și să procedăm la următoarele măsuri:

- să încercăm să-i liniștim pe cei din jur și să protejăm colegii, dacă ne aflăm la liceu, respectiv membrii familiei, acasă;
- nu părăsim încăperea înainte de a ne asigura că evenimentul seismic a încetat;
- să păstrăm distanța față de elemente nestructurale care pot accidenta (pereți de compartimentare, ferestre, lămpi, tencuieli ornamentale etc.) (fig.V.17);
- ne vom proteja sub o bancă de clasă, sub o masă solidă sau sub un birou solid (fig.V.18);
- în cazul în care lipsesc aceste bănci, ne vom așeza în zona unui perete de rezistență; se va adopta poziția ghemuit, cu fața în jos, la podca, capul protejându-se cu palmele lipite la ceafă;
- se vor respecta recomandările cadrelor didactice care sunt, în prealabil, instruite în acest sens;

- în cazul în care ne aflăm în laboratoare, primul lucru ar fi să încercăm să oprim toate sursele de gaz;
- este recomandat să se încerce menținerea ușii în poziția deschisă, pentru evacuarea elevilor după încetarea evenimentului seismic;
- nu se vor utiliza automobile în vederea evacuării, astfel evitându-se aglomerări nedorite ale străzilor care îngreunează ulterior accesul unităților de prim ajutor;
- în cazul în care vă aflați în afara clădirii, stați departe de aceasta, deoarece există riscul prăbușirii unor elemente din clădire (fig. V.19).



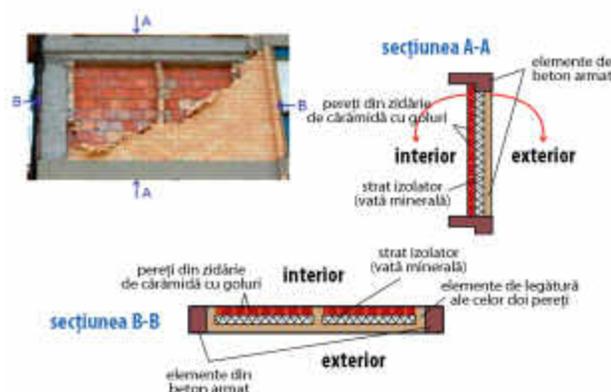
Protecția elevilor sub o bancă de clasă, în timpul cutremurului. (sursa: <http://www.dezeen.com/2012/04/11/earthquake-proof-table-by-arthur-brutterand-ido-bruno>)



► **Măsurile post-cutremur pentru revenirea la normal, în corelație cu planul de intervenție al liceului**

După încetarea acțiunii seismice, este necesar să se întreprindă o serie de măsuri pentru revenirea în cel mai scurt timp la o stare de normalitate:

- Acordați ajutor persoanelor rănite și calmați persoanele intrate în panică sau speriate!
- La evacuare, dați prioritate persoanelor rănite, copiilor și persoanelor în vârstă!
- Evitați fuga pe ușă sau pe scări, nu intrați în lift! Nu ieșiți pe fereastră!
- Nu utilizați telefonul fix sau mobil decât pentru apeluri către unități de salvare, pompieri, poliție!
- Informați-vă corect, de la radio!



Elementele nestructurale care se pot desprinde de pe clădiri

- Identificați eventuale avarii pe care, ulterior, le veți comunica administratorului liceului!
- Părăsiți în liniște clădirea, fără a lua lucruri care nu vă sunt de folos! Plecați numai îmbrăcați, încălțați și cu rucsacul de urgență! (fig. V.16)
- Procedați la deblocarea traseelor fără a crea panică în jur!
- Fiți pregătiți pentru a suporta eventuale post-șocuri. Nu dați crezare zvonurilor alarmiste!
- Rămâneți în curtea liceului, într-un loc sigur sau într-o clădire sigură, până când direcțiunea liceului va decide dacă elevii pot pleca acasă!
- Acordați atenție elementelor ce pot să se desprindă de pe clădire și vă pot răni! (fig. V.20)

fig.
V.20



Pericole posibile în vecinătatea clădirii datorită desprinderii unor elemente


**PLAN DE
LUCRU**

Care sunt efectele cutremurului asupra mediului construit?

Vocabular:

- acțiune seismică
- harta de zonare seismică
- spectrul de răspuns
- elemente structurale (pereți structurali/ portanți, planșee, scări, acoperișuri)
- elemente nestructurale (atice, calcane, cornișe, placaje, tencuiele)
- etaj slab, deformațic, avaric, fisură, colaps
- clădiri vulnerabile
- alunecare de teren
- lichefiere
- falie

■ Concept

1. Influența amplasamentului asupra proiectării clădirilor la acțiunea seismică, conform hărții de zonare seismică, în termeni de accelerații ale terenului.
2. Cutremurele pot produce efecte negative asupra construcțiilor și a ansamblurilor de construcții uneori cu caracter de dezastru.
3. Învățăminte pot fi preluate de la cutremurele produse din trecut, care au pus în evidență unele deficiențe ale clădirilor epocii respective.
4. Pentru remedierea avariilor, există soluții ingineresti de intervenție asupra clădirilor.

■ Obiective

Elevii:

- vor identifica zonele cu probabilitate mare de a fi afectate de un posibil cutremur;
- vor discuta despre fenomene care se pot declanșa la nivelul localității lor în cazul unor cutremure de pământ;
- vor participa la activități practice care explică modul de realizare a unei clădiri, precum și modul de comportare a acestora;
- vor discuta despre modul în care pot să apară avariile la clădiri, în funcție de tipul structural;
- vor participa la activități demonstrative privind intervențiile structurale și eficiența acestora.

■ Mod de evaluare

Elevii își vor însuși cunoștințele despre elementele constructive ale unei clădiri.

■ Resurse educaționale

www.roeduseis.ro; www.infp.ro;
www.ubb.ro; www.inforisx.incerc2004.ro; www.fema.gov.



Activitatea V.1

Identificarea, pe harta României, a surselor de cutremur și a zonelor ce pot fi afectate de un posibil cutremur

► Introducere:

România este o țară afectată de cutremure de pământ, aproximativ 65% din suprafața sa fiind expusă la aceste fenomene naturale. Dintre cutremurele care produc efectele cele mai importante asupra clădirilor fac parte cutremurele intermediare (din zona Vrancea), aria afectată de acestea fiind de aproximativ 50%, și cutremurele de suprafață, care afectează numai 15% din suprafața țării. Conform hărților de seismicitate, zonele seismice din țara noastră sunt : Vrancea, Banat, Făgăraș-Câmpulung, Crișana, Maramureș, Dobrogea, regiunea Târnavelor, N-V Olteniei, Nordul Moldovei și Câmpia Română.

► Materiale necesare:

- Harta de zonare a teritoriului României în termeni de valori de vârf ale accelerațiilor terenului pentru proiectare (a_g) pentru cutremure având intervalul mediu de recurență IMR – 100 ani.

► Procedură:

1. Se va prezenta elevilor harta de zonare a teritoriului României în termeni de valori de vârf ale accelerației terenului (fig. V.1).
2. Elevilor li se va explica faptul că forța seismică (laterală) este luată în calcul la proiectarea construcțiilor prin intermediul acestor valori ale accelerației terenului. Se va face legătura cu principiul inerției, pe care elevii îl cunosc de la orele de fizică. Accelerații mari ale terenului pot produce efecte mai puternice ale cutremurelor comparativ cu zonele în care accelerațiile sunt mai mici, deoarece forțele sunt proporționale cu accelerațiile.
3. Se vor localiza posibilele zone afectate de cele două tipuri de cutremure caracteristice teritoriului României (intermediare și crustale).
4. Se va identifica zona de pe hartă cu valoarea cea mai mare a accelerației terenului, precum și valoarea accelerației terenului pentru localitatea în care vă aflați.
5. Se va explica modul în care cele două tipuri de cutremure (intermediare și crustale) definite la partea de seismologie produc efecte diferite asupra structurilor, în funcție de tipologia structurală și regimul de înălțime al acestora.
6. Pentru localitatea în care vă aflați, precizați ce tipuri de clădiri pot fi afectate în condițiile producerii unui cutremur de pământ.
7. Se vor identifica posibilele fenomene care se pot declanșa la nivelul localității în cazul unui cutremur de pământ.

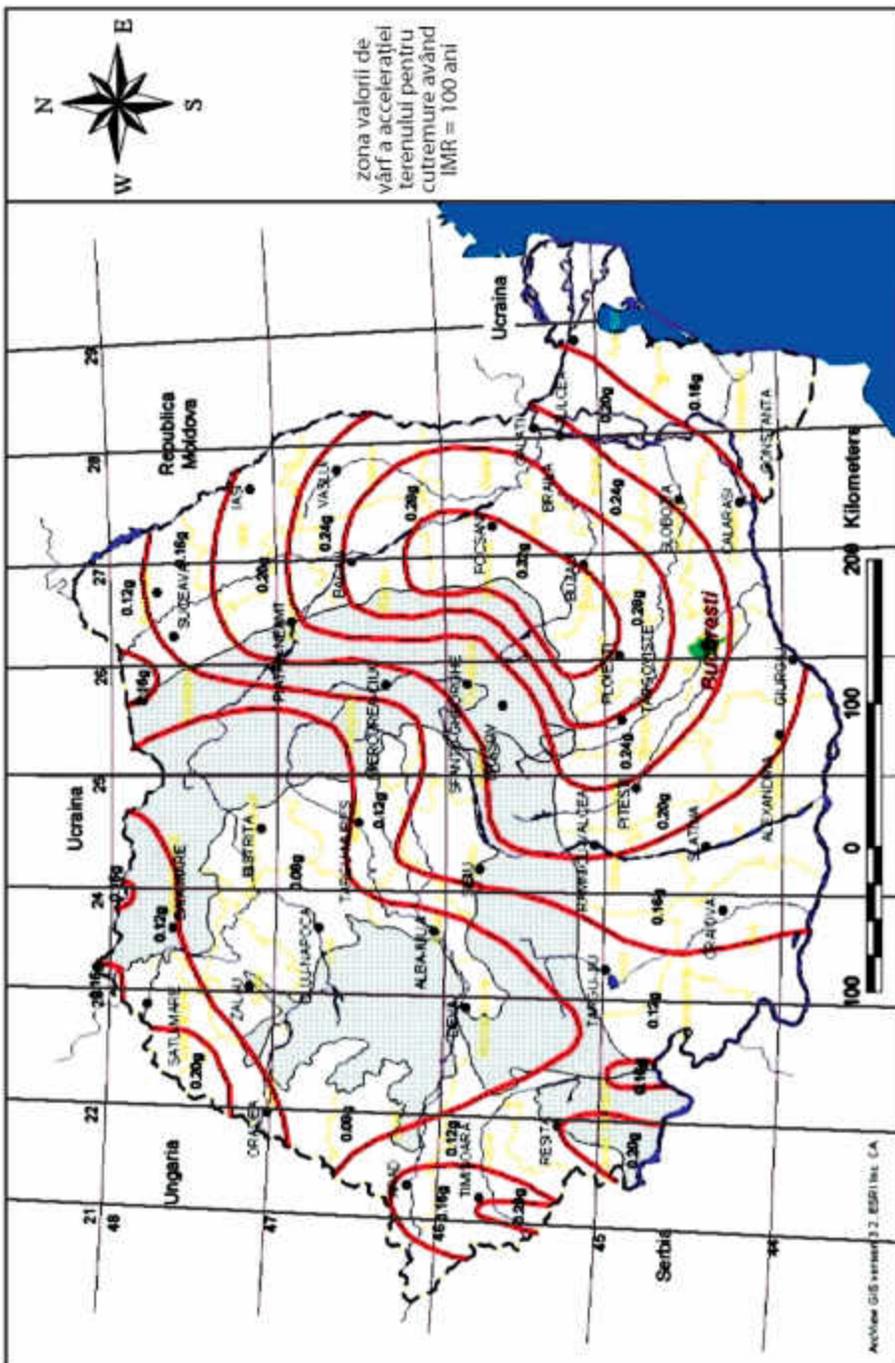


Figura V.1. Harta de zonare a teritoriului României în termeni de valori de vârf ale accelerației terenului (Cod P100-1:2006)

Fig. V.1



Activitatea V.2

Dezlegarea unui rebus tematic

► Introducere:

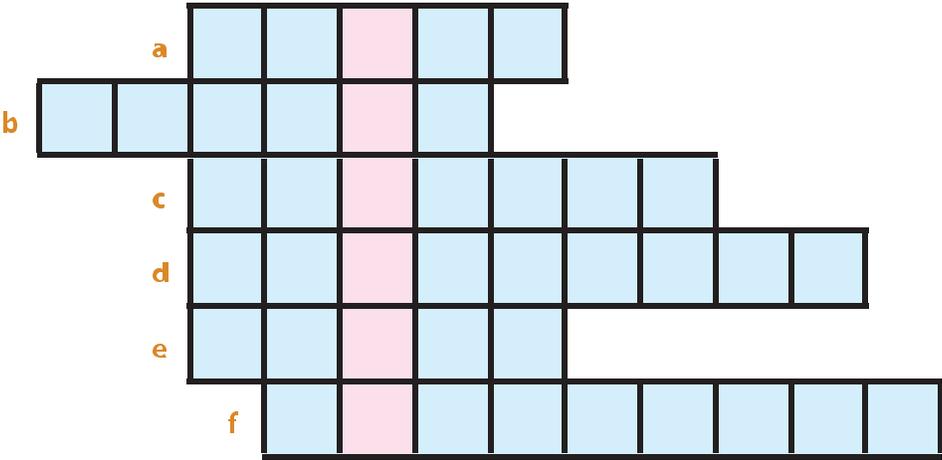
Cuvântul *rebus* provine din limba germană și se poate traduce ca scriere sau lucru greu de descifrat, șaradă, enigmă. Activitatea desfășurată de elev pentru completarea acestor carouri de cuvinte dezvoltă procese psihice complexe, precum gândirea, limbajul, memoria, atenția, creativitatea, voința. Această activitate își propune să utilizeze rebusul ca mijloc de evaluare a cunoștințelor teoretice. Rebusul propus apelează la noțiuni prezentate și asimilate de elevi la capitolul *Tipuri de clădiri și moduri diferite de comportare a clădirilor, efecte asupra mediului construit (școală, localitate)*.

► Materiale necesare:

- fișe de evaluare de tip rebus.

► Procedură:

1. Se prezintă noțiunile teoretice despre elementele structurale și nestructurale ale clădirii, precum și efectele cutremurelor asupra acestora.
2. Se împart fișele cu rebusul și se reamintesc unele noțiuni care se întâlnesc în soluție, fără a se atrage atenția elevilor punctual, rezolvarea fiind individuală.
 - a) Elemente structurale ce asigură legătura pe verticală între diferite etaje.
 - b) Element de construcții la care cele trei dimensiuni sunt aproximativ egale.
 - c) Elemente structurale de suprafață plane, care asigură rigiditatea pe direcție orizontală.
 - d) Partea a clădirii care preia eforturile ce iau naștere din diferite tipuri de acțiuni exterioare și interioare.
 - e) Continuări ale pereților exteriori peste nivelul terasei.
 - f) Strat de finisaj aplicat pe suprafața brută a clădirilor.
3. Pe coloana marcată distinct pe verticală se formează cuvântul: *Avarie*. Se cere elevilor să descrie ce înțeleg prin avarierea unei clădiri, având în vedere noțiunile prezentate anterior.





Activitatea V.3

Identificarea unor posibile avarii în cadrul unității de învățământ în care ne aflăm

► **Introducere:**

Cutremurele de pământ produc efecte asupra clădirilor. De cele mai multe ori, apar avarii ale elementelor nestructurale, spre exemplu, pereți de compartimentare, dar în cazul unor cutremure puternice (tip Vrancea, 1977), avariile sunt prezente și la componentele structurale (planșee, grinzi, stâlpi). Este foarte important ca după producerea unui eveniment seismic să identificăm aceste avarii și să le raportăm administratorului clădirii respective. În activitatea de identificare a unor posibile avarii, un prim pas este să recunoaștem categoria structurală din care face parte clădirea la care facem referire.

► **Materiale necesare:**

- Un plan al clădirii se găsește în cartea tehnică a clădirii, la administratorul școlii.
- Un formular pentru completarea următoarelor date: 1) identificarea clădirii, 2) geometria și funcționalitatea clădirii; 3) categoria clădirii și 4) avarii produse.

► **Procedură:**

1. Se vor înmâna elevilor fișele de evaluare a posibilelor avarii produse la clădirea liceului.
2. Se vor prezenta noțiunile fundamentale ale construcțiilor: clădire, structură, elemente structurale și nestructurale, mod de comportare al clădirilor, tipuri de avarii la cutremure precedente.
3. Se va identifica tipul structural al clădirii, în concordanță cu noțiunile prezentate în acest capitol (spre exemplu, dacă se observă un stâlp sau o grindă, clădirea poate avea o structură cu schelet din beton armat sau de tip mixt; dacă pereții exteriori sunt groși de cca 37,50-50,00 cm, clădirea are o structură cu pereți structurali din zidărie etc.)
4. În cazul în care nu va fi posibil acest lucru, elevii vor fi întrebați dacă au în familie un inginer structurist care îi poate ajuta să identifice structura clădirii.
5. Se analizează componentele structurale și se va completa un formular care cuprinde toate detaliile vizuale cu privire la structură, mod de comportare la cutremure precedente și avarii suferite.

Clădirile sunt construcții capabile să preia și să transmită eforturi. Elementele de construcții care formează partea structurală sunt bara, placa și masivul. Prin combinarea acestor elemente structurale, iau naștere clădirile.

Din punctul de vedere al structurii, se disting următoarele tipuri de clădiri: clădiri cu schelet din beton armat; clădiri cu pereți structurali (din beton armat sau din zidărie de cărămidă); clădiri cu structură mixtă: cu schelet și pereți structurali; clădiri cu structuri din panouri mari prefabricate.

Alte elemente structurale: planșee, scări, acoperișuri (șarpante).

Elemente nestructurale ale clădirii: atice, cornișe, tencuieli, placaje, calcane.

1) IDENTIFICAREA CLĂDIRII			
Localitatea: _____			
Numele proprietarului: _____		Numărul clădirii: _ _	
Adresa clădirii: _____		Numărul: _ _ _ _ _ _	
_ _ _ _ _ _ _		Cod poștal: _____	
Proprietate: <input type="checkbox"/> privată <input type="checkbox"/> publică			
2) GEOMETRIA ȘI FUNCȚIONALITATEA CLĂDIRII			
Numărul total de niveluri _ _		Numărul de subsoluri _ _	
Subsol <input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Nu		Înălțimea medie de nivel (m) _ _ _ _ _	
Suprafața medie a planșeului (mp) _ _ _ _ _ _ _		Poziție: <input type="checkbox"/> Izolată <input type="checkbox"/> Centrală <input type="checkbox"/> Periferică <input type="checkbox"/> În extremitate	
Anul construcției/intervenției _ _ _ _			
3) CATEGORIA CLĂDIRII			
Structură verticală portantă predominantă: <input type="checkbox"/> Necunoscută <input type="checkbox"/> Clădire de lemn <input type="checkbox"/> Clădire din beton armat: <input type="checkbox"/> Necunoscută <input type="checkbox"/> Cadre <input type="checkbox"/> Pereți structurali <input type="checkbox"/> Sistem mixt <input type="checkbox"/> Clădire metalică <input type="checkbox"/> Necunoscută <input type="checkbox"/> Cadre <input type="checkbox"/> Contravânturi <input type="checkbox"/> Pereți din beton armat <input type="checkbox"/> Clădire din zidărie sau mixtă (zidărie și BA, zidărie și lemn) <input type="checkbox"/> Panouri mari. <input type="checkbox"/> Altele		Structură orizontală predominantă: <input type="checkbox"/> Necunoscută <input type="checkbox"/> Bolți <input type="checkbox"/> Planșee flexibile (de lemn) <input type="checkbox"/> Planșee semirigide (grinzi metalice și plăci ceramice) <input type="checkbox"/> Planșee rigide (beton armat)	
Structură acoperiș <input type="checkbox"/> Necunoscută <input type="checkbox"/> Terasă <input type="checkbox"/> Pod/Șarpantă		Vulnerabilități pentru clădiri din BA/metalice (opțiuni multiple) <input type="checkbox"/> Etaj slab <input type="checkbox"/> Stâlpi de înălțime mică Forme neregulate <input type="checkbox"/> în plan <input type="checkbox"/> în elevație	
Vulnerabilități pentru clădiri din zidărie/mixte (opțiuni multiple) <input type="checkbox"/> Pereți discontinui <input type="checkbox"/> Deschideri mari / apropiate de extremități <input type="checkbox"/> Coșuri de fum în pereți Forme neregulate <input type="checkbox"/> în plan <input type="checkbox"/> în elevație			
4) AVARII			
Avarierea unor elemente structurale		Avarierea unor elemente nestructurale	
Structurile verticale	Avarii ale pereților de compartimentare	Prăbușirea coșului de fum, a țiglelor	Căderea parapetelor, ...
Planșee	Cădere a tencuielii	Avarii în rețeaua de alimentare cu apă/canalizare
Scări	Cădere a tavanului fals	Avarii în rețeaua electrică/de gaz natural
Învelitoare			
Pereți de umplură			
Avariere generală totală			
Riscuri exterioare	Asu pra clădirii	Asupra intrării în clădire	Asupra străzilor afereente
Riscul căderii unor obiecte din clădirile adiacente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Riscul unor alunecări de teren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Avarii în rețelele de apă, canalizare, gaz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Terenu de fundare și fundația			
Morfologia terenului	Vale <input type="checkbox"/>	Plat <input type="checkbox"/>	Panta usoară <input type="checkbox"/>
		Panta abruptă <input type="checkbox"/>	Creastă sau bază <input type="checkbox"/>



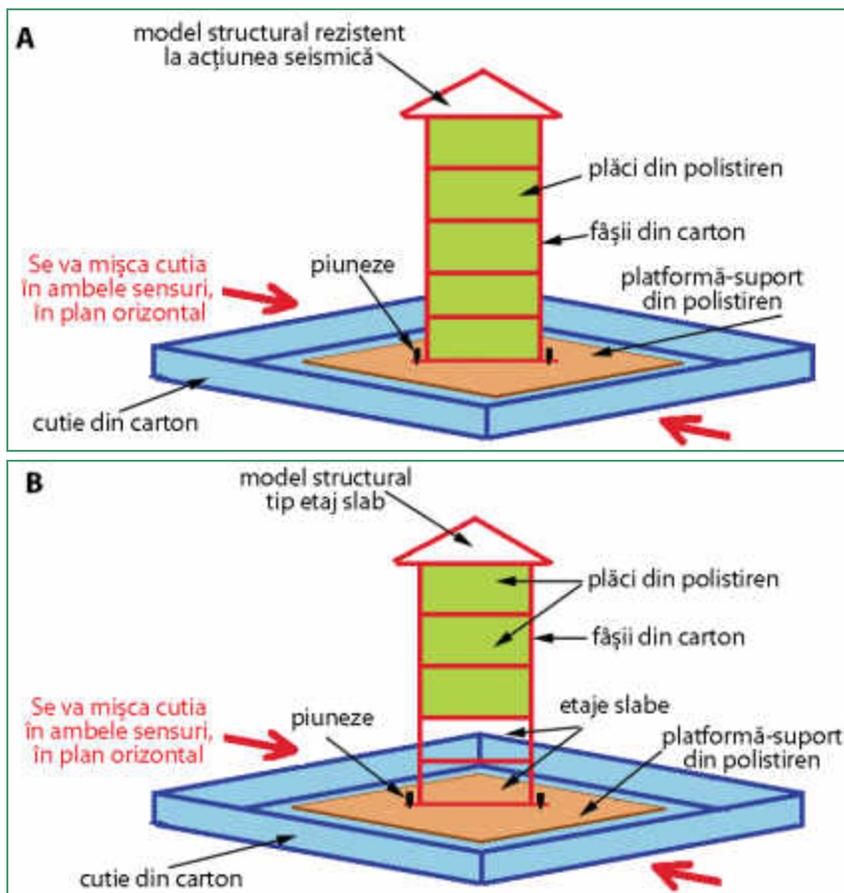
Activitatea V.4

Realizarea unui model structural rezistent la acțiunea seismică

► Introducere:

Amintim că **etajul slab** al unei clădiri reprezintă etajul cu rigiditate redusă comparativ cu celelalte etaje ale clădirii. Modificarea rigidității este generată de absența unor elemente structurale de tip pereți structurali (fig. V.4a).

Fig. V.4a



Schematizarea mini-simulatorului și a celor două modele structurale:
a. Model structural rezistent la cutremur; b. Model structural cu etaje slabe

Se vor realiza două modele structurale, din fâșii de carton (poate fi utilizat și un material plastic) prinse la îmbinări cu adeziv sau capace. Rolul pereților portanți va fi jucat de plăcile

de polistiren cu grosime de 2 cm (respectiv, de bețișoarele din lemn inserate câte două, în forma literei X, în golurile cadrelor), tăiate la dimensiunile golurilor de cadru. La unul dintre cele două modele, golurile din cadrele de la primele două niveluri vor fi lăsate libere și vor avea rolul de etaj slab. Cele două modele se vor fixa pe o placă din polistiren, cu grosimea de 3 cm, cu ajutorul unor piuneze (sau adeziv). Placa din polistiren se va introduce într-o cutie de carton cu baza de 35 x 20,5 cm (având dimensiuni mai mari, pe direcția de solicitare, comparativ cu cele ale plăcii de polistiren) și se va lega de aceasta cu elastice. Rolul elasticelor va fi acela de a aduce în poziția inițială platforma-suport când aceasta este acționată prin deplasarea stânga-dreapta a cutiei de carton. În acest mod, va fi realizat un mini-simulator care nu necesită investiții suplimentare, utilizând materialele prezentate în figura V.4b. Elevii vor observa oscilațiile diferite ale celor două modele structurale (clădiri), produse de cutremurul indus la mini-simulator.

► **Materiale necesare:**

- Polistiren (grosime 2-3 cm)
- Cutie de carton
- Benzi din carton (lățime 2,5 cm)
- Bețișoare din lemn
- Elastice
- Foarfecă
- Capsator
- Scotch
- Adezivi
- Riglă și creion
- Piuneze



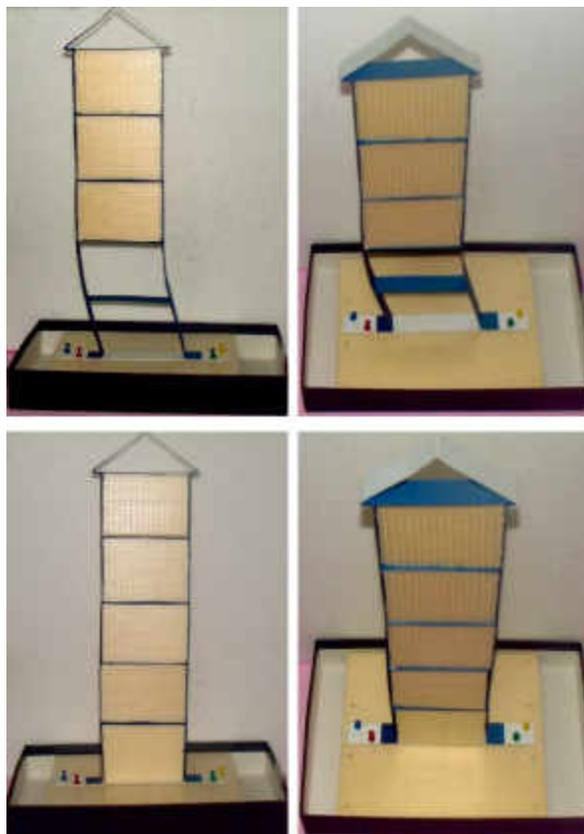
Materiale la îndemână elevilor și a profesorilor, utile pentru a crea diverse modele structurale

► **Procedură:**

1. Se va decupa o placă din polistiren de 25 x 20 cm, cu rol de platformă-suport, pentru cele două modele structurale.
2. Platforma astfel confecționată se va prinde în cutia de carton cu ajutorul elasticelor dispuse la cele patru colțuri; se urmărește producerea unei mișcări a platformei în plan orizontal, în ambele sensuri, prin deplasarea cutiei de carton în plan orizontal. În acest mod, se va realiza un mini-simulator seismic pe care pot fi testate modele structurale realizate din fâșii de carton.
3. Fâșiile de carton se obțin prin simpla decupare, cu foarfeca, a unor coperti din carton (se lipesc în mai multe straturi, pentru a asigura o flexibilitate corespunzătoare elementelor structurale – grinzi și stâlpi). Acestea se vor utiliza la realizarea celor două modele structurale cu regim de înălțime de cinci niveluri și dimensiuni pe fiecare nivel $h \times l = 8 \times 11$ cm. Modelele vor fi fixate pe platforma-suport prin intermediul unei benzi de carton cu dimensiune mai mare decât amprenta clădirii, așa cum este prezentat în figura V.4c.

4. Pentru fiecare etaj se vor decupa plăci de polistiren de dimensiuni corespunzătoare – 8×11 cm. Prin urmare, vor fi necesare opt plăci din polistiren: cinci pentru unul dintre modele și trei pentru cel de al doilea model.
5. La cel de al doilea model, se fixează cele trei plăci la nivelurile superioare. Primele două niveluri se lasă libere, având astfel rolul de etaje slabe ale modelului structural.
6. Prin analiza vizuală comparativă a oscilațiilor celor două modele la același tip de excitație, elevii vor observa modul diferit de comportare a acestora. În zona etajelor slabe, deformațiile structurii vor fi mult mai mari.

Fig.
V.4c



Exemplu de mini-simulator seismic și de modele structurale ce pot fi confecționate utilizând materiale la îndemâna elevilor și a profesorilor

7. În sensul analizei comparative, se vor realiza, în continuare, modele structurale diferite atât din punctul de vedere al înălțimii etajelor, cât și al regimului de înălțime (fig. V.4d).
8. Împreună cu elevii, se vor examina oscilațiile modelelor structurale (clădirilor) în timpul acțiunii induse prin intermediul mini-simulatorului seismic.
9. Elevilor li se va explica de ce clădirile oscilează diferit, apelând la noțiunile teoretice din capitolul predat.
10. Elevilor li se vor prezenta cazuri reale de clădiri de tip etaj slab (fig. V.4d și alte imagini preluate de pe site-ul www.roeduseis.ro) care au suferit avarii și chiar colaps la cutremurele de pământ precedente.

Fig.
V.4d



Exemple de modele cu dimensiuni și regim de înălțime diferite

Se vor avea în vedere și modelele prof. Fukuwa, prezentate la adresa de site: http://www.sharaku.nuac.nagoya-u.ac.jp/laboFT/bururu_english/what_bururu/thesis/2005_12.pdf.

Acest tip de echipamente există în dotarea I.N.C.D. URBAN – INCERC, Laboratorul de Evaluare a Riscului Seismic și Acțiuni în Construcții.

FIȘĂ DE EVALUARE V



Elev:

Clasa:

Școala:

I. Alegeți varianta de răspuns pe care o considerați corectă.

1. Principalele tipuri structurale ale clădirilor sunt:
 - a) mixtă, etaj slab, pereți structurali din zidărie;
 - b) pereți structurali, planșee din beton armat, șarpante;
 - c) schelet din beton armat, pereți structurali/portanți, mixtă, cu panouri din prefabricate;
 - d) schelet din beton armat, pereți-zidărie, pereți-beton, cu panouri prefabricate.

2. Identificați categoriile structurale care pot avea de suferit în urma unui cutremur de adâncime intermediară, produs în Vrancea, conform relatării de mai jos:

În București, în anul 1940, existau clădiri din beton armat cu regim de înălțime ridicat. Cea mai înaltă clădire a epocii, care avea un regim de înălțime 2S + P + 12E, s-a prăbușit la cutremurul din 10 noiembrie 1940, care a avut magnitudinea de 7,4 pe scara Richter. Motivele prăbușirii, explicate de specialiști la acea vreme, au fost conformarea geometrică nefavorabilă, precum și calitatea precară a materialelor. În anul 1977, în luna martie, cutremurul cu magnitudinea 7,2 pe scara Richter a condus la avarierea multor clădiri, precum și la colapsul a 28 de clădiri construite înainte de 1940. În spectrul de răspuns înregistrat pe seismograf este identificată o amplificare în jurul perioadei de 1,5 sec.

3. Enumerați trei elemente nestructurale care pot fi prezente în alcătuirea de ansamblu a unei clădiri:
 - a) placaje, cornișa, tencuiala;
 - b) scara, cornișa, atic;
 - c) atic, planșeu, scara;
 - d) acoperiș, calcan, atic;
 - e) acoperiș, calcan, placaje.

4. Precizați care este fenomenul care a condus la răsturnarea clădirilor prezentate în imaginea alăturată.

a) fenomenul de alunecare;

b) fenomenul de falie a scoarței pământului;

c) efectul de etaj slab;

d) absența contravântuirilor;

e) fenomenul de lichefiere.





PLAN DE LUCRU

■ Cum ne protejăm în caz de cutremur?

Vocabular:

- protecția vieții în caz de cutremur;
- rucsac de urgență;
- comportare la cutremur;
- acțiuni de evacuare după cutremur;
- plan de intervenție

■ Concept

1. Măsurile de pregătire anticipate vor reduce efectele negative ale cutremurului de pământ.
2. Oscilațiile seismice au anumite componente dominante care sunt apropiate de frecvențele proprii caracteristice unor organe ale corpului uman și devin astfel importante pentru reacția umană.
3. Adoptarea unor măsuri în **corelație** cu **planul de intervenție post-cutremur** al liceului va readuce, în cel mai scurt timp, starea de normalitate.

■ Obiective

Elevii:

- vor **identifica** eventualele pericole din sala de clasă, respectiv în drumul de acasă la școală;
- vor **identifica** locurile din sală unde sunt sursele de curent electric, apă, gaz;
- își vor **însuși** noțiunile despre modul în care trebuie să reacționeze în cazul producerii unui cutremur de pământ;
- vor **citi și vor discuta** despre măsurile care trebuie luate după încetarea mișcării seismice.

■ Mod de evaluare

Elevii își vor însuși cunoștințele despre modul de protecție în cazul unui cutremur de pământ, prin completarea unei fișe de evaluare.

■ Resurse educaționale

www.roeduseis.ro; www.infp.ro; www.ubb.ro;
www.inforisx.incerc2004.ro; www.fema.gov.



Activitatea V.5

Identificarea eventualelor pericole cauzate de elementele structurale și de cele nestructurale

► Introducere:

Cadrul didactic desemnat pentru această activitate va identifica împreună cu elevii elemente structurale și nestructurale ale clădirii liceului, care ar putea pune în pericol viața acestora, în cazul producerii unui cutremur.

► Materiale necesare:

- video-proiector și calculator;
- acces la internet, materiale de documentare care prezintă efecte ale unor cutremure, în școli;
- planul liceului în care vă desfășurați activitatea.

► Procedură:

1. Se discută cu elevii despre posibilitatea producerii unui cutremur puternic în localitatea lor.
2. Sunt prezentate materiale care pun în evidență efectele negative ale cutremurelor asupra clădirilor și a ocupanților acestora (fig. V.6a). Astfel, elevii sunt provocați a se gândi la cutremure și la modul cum acestea le pot influența activitatea.
3. Se prezintă elevilor măsurile de pregătire a spațiilor de lucru (săli de clasă/laboratoare), a instalațiilor, a echipamentelor și a mobilierului.
4. Se vor identifica locurile din sală, respectiv din liceu, unde sunt sursele de curent electric, apă, gaz. În acest sens, se vor face schițe cu dispoziția acestora la nivel de sală de clasă/laborator, respectiv la nivel de liceu.
5. Elevii vor face o vizită în sălile de clasă/laboratoarele liceului și vor identifica elemente care ar putea să producă accidente și chiar să pună în pericol viața ocupanților în caz de cutremur (fig. V.6b).
6. În final elevii vor fi întrebați ce cred că se va întâmpla în timpul unui cutremur la ei în clasă/laborator, respectiv în școală, și ce ar trebui făcut în vederea reducerii eventualelor efecte negative.

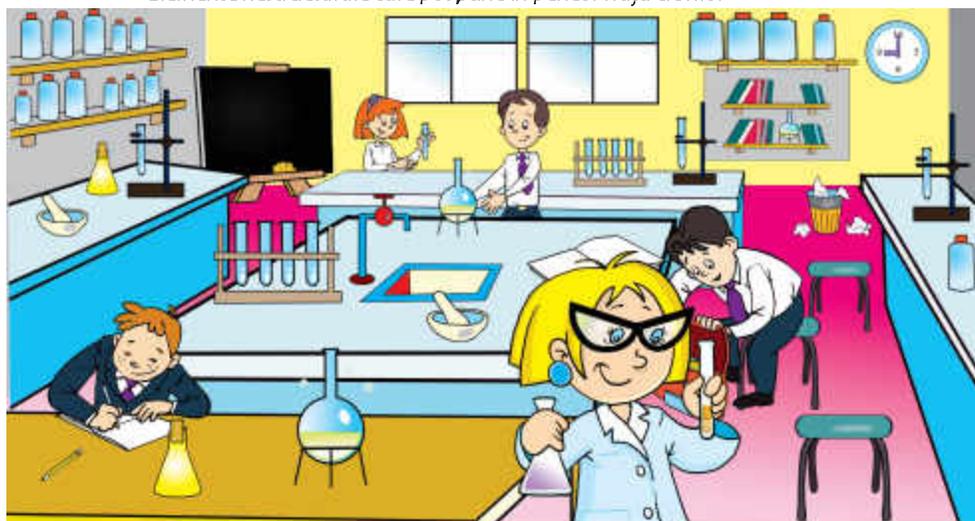
V

fig.
V.5a



Elemente nestructurale care pot pune în pericol viața elevilor

fig.
V.5b



Materiale și echipamente de laborator amplasate în zone periculoase în cazul producerii unui cutremur



Activitatea V.6

Testarea cunoștințelor elevilor de liceu privind comportarea și protecția în timpul unui cutremur

► Introducere:

Aceasta este o activitate de evaluare pe bază de chestionar. După prezentarea noțiunilor teoretice cu privire la modul de comportare și a măsurilor de protecție care trebuie luate în timpul unui cutremur, cadrul didactic va distribui tuturor elevilor chestionarele cu întrebări de tip grilă.

► Materiale necesare:

- Chestionare cu întrebări de tip grilă.

► Procedură:

1. Fiecare elev va primi un chestionar și va încerca să răspundă la întrebări prin încercuirea variantei (variantelor) considerată corectă.

CHESTIONAR

- I. Care dintre cuvintele de mai jos pot fi asociate unui cutremur de pământ din punct de vedere al percepției?
 - a) Stări de stres.
 - b) Seninătate, mulțumire deplină.
 - c) Senzație de spaimă violentă, la nivel individual sau de colectivitate.
 - d) Depresie.
 - e) Teamă.
- II. Cum reacționați în timpul producerii unui cutremur de pământ?
 - a) Alergați spre căile de evacuare.
 - b) Stați liniștiți până în momentul în care mișcarea seismică încetează.
 - c) Stați în poziția ghemuit, sub o bancă, și încercați să vă protejați capul.
 - d) Stați lângă bancă și așteptați să înceteze mișcarea.

- III.** Cum vă comportați în afara clădirii, pe drum sau în mijloacele de transport în comun?
- a) Vă deplasați cât mai departe de clădire, în locurile special destinate.
 - b) Intrați în clădire și vă adăpostiți sub o bancă.
 - c) În cazul în care sunteți în autoturism, opriți într-un loc deschis.
 - d) Afară, vă feriți de firele de curent electric și de orice cabluri care pot să cadă.
 - e) La metrou, vă deplasați în grabă către scările rulante.
- IV.** Care dintre afirmațiile de mai jos sunt adevărate?
- a) Dacă v-ați protejat timp de două minute, ați trecut pericolul principal.
 - b) Măsurile de protecție în clădiri trebuie realizate rapid, imediat ce mișcarea seismică a fost sesizată.
 - c) Păstrați-vă calmul, nu intrați în panică, liniștiți și protejați pe ceilalți membri ai familiei și pe colegi, fără a vă speria de zgomotele din jur.
 - d) Aplicați planul liceului cu măsurile cunoscute pentru situația în care se va produce un cutremur de pământ.
 - e) Părăsiți în grabă clădirea, deoarece există posibilitatea ca aceasta să fie avariata la cutremur.

Se va acorda un calificativ (5,00 p – satisfăcător, 7,50 p – bine; 10,00 – foarte bine) pe baza punctajului obținut din răspunsurile corecte la întrebările din chestionar (pentru fiecare întrebare se acordă 2,50 puncte).



Activitatea V.7

Simularea unui cutremur. Punerea în aplicare a măsurilor cunoscute pentru situația în care se va produce un cutremur de pământ

► Introducere:

Un cutremur puternic poate surveni pe durata programului școlar zilnic și poate produce, uneori, efecte defavorabile pentru siguranța elevilor și a cadrelor didactice. Grupul de elevi, cadrele didactice și personalul tehnico-administrativ trebuie să fie capabil să se autoprotejeze și să aibă grijă de elevi până când se va acorda ajutor din localitate sau din altă zonă sau se va clarifica situația efectelor cutremurului. Acesta este motivul pentru care trebuie să avem la dispoziție un plan anticipat, pentru a face posibilă acțiunea ordonată în condițiile producerii cutremurului precum și reducerea efectelor negative.

► Materiale necesare:

- Videoproiector și calculator;
- Materiale documentare privind modul de acțiune în caz de cutremur.

► Procedură:

1. Elevilor li se prezintă materiale documentare cu privire la modul de acțiune în caz de cutremur.
2. Elevilor li se spune la ce să se aștepte în caz de cutremur, care vor fi efectele asupra lor, în primul rând.
3. Cadru didactic prezintă elevilor planul anticipat al liceului privind măsurile cunoscute pentru protecția elevilor și pentru reducerea efectelor negative în cazul producerii unui cutremur, pe care trebuie să și-l însușească fiecare elev din liceu.
4. Vor fi aplicate, demonstrativ, procedurile standard de comportare și protecție, în care elevii vor învăța cum să acționeze în timpul cutremurului și după cutremur:
 - adăpostirea sub o bancă, masă solidă sau altă piesă de mobilier școlar;
 - îndepărtarea de ferestre și de obiectele grele;
 - dacă este posibil, deschiderea ușii spre exterior, spre a preveni blocarea acesteia în timpul cutremurului;
 - protejarea, eventual, sub tocul gros al unei uși ori sub o grindă solidă;
 - după cutremur, se va verifica siguranța mai întâi a scării și, apoi, drumul spre ieșire;

V

- ieșirea din clasă sau din clădirea școlii se va face în ordine, ținând deasupra capului ghiozdanul, rucsacul sau o carte groasă, pentru a nu fi răniți de cioburi sau de bucăți de tencuială;
 - nu se va alerga, dar se va urmări să se ajungă într-un spațiu deschis, departe de clădiri, garduri, copaci înalți, echipamente de joacă și linii electrice aeriene.
5. Se vor efectua acțiuni de evacuare ordonată către locurile prevăzute în planul de măsuri de protecție seismică. Evacuarea post-seismică va avea în vedere și eventualitatea unui incendiu sau explozii de gaze, din cauza efectului cutremurului. Se va urmări, de asemenea, evacuarea ordonată și calmă către un amplasament dinaintea cunoscut și sigur, fără linii electrice, conducte de gaze, ziduri învecinate. În cazul operațiunilor de evacuare, se pot avea în vedere și situații neașteptate, cum ar fi: întreruperea curentului electric; blocarea unor uși, găsirea altei ieșiri; blocarea scârilor cu tencuieli, cărămizi, placcje; producerea unui șoc secundar pe durata evacuării; existența fumului pe coridor și pe scări; un anumit număr de elevi răniți, netransportabili; particularități specifice oricărui sezon.

Atenție! Evacuarea clădirilor poate avea loc numai după ce dispoziția de evacuare a fost dată de persoanele liceului desemnate ca având acest drept.

FIȘĂ DE EVALUARE



Elev:

Clasa:

Școala:

Alegeți varianta de răspuns pe care o considerați corectă.

1. Ce conține rucsacul de urgență?
 - a) sticle cu apă, pahare de plastic, fluier de tip sport
 - b) trusă de prim ajutor cu bandaje, rolă leucoplast, dezinfectant lichid;
 - c) DVD portabil, ghețe, minge;
 - d) pastă de dinți, săpun, prosop mic, lanternă.

2. Care sunt principalele măsuri pentru prevenirea rănirii în timpul unui cutremur?
 - a) identificarea comutatoarelor pentru apă, gaz și curent electric;
 - b) amplasarea obiectelor fragile la niveluri cât mai ridicate;
 - c) fixarea dulapurilor înalte;
 - d) cunoașterea locului de amplasare a extincatoarelor.

3. Care dintre cuvintele de mai jos pot fi asociate unui cutremur de pământ din punct de vedere al percepției?
 - a) senzație de spaimă violentă, la nivel individual sau de colectivitate;
 - b) seninătate, mulțumire deplină;
 - c) depresie, stări de stres post-traumatic;
 - d) dificultăți în a adormi, teamă.

4. Care sunt principalele măsuri post-cutremur pentru revenirea la normal?
 - a) informare corectă, la radio;
 - b) înștiințarea administratorului clădirii cu privire la eventuale avarii;
 - c) blocarea traseelor;
 - d) alertarea tuturor persoanelor din clădire în eventualitatea blocării unor căi de acces;
 - e) acordarea priorității persoanelor rănite.

Calificativ

Cadru didactic

Glosar

Acoperișurile	elemente de construcție care închid clădirile la partea superioară în scopul de a le proteja împotriva intemperiilor – ploi și zăpezi, vânt, soare, variații de temperatură, zgomot.
Acțiune seismică	modelarea cutremurului de pământ pentru calculul structurii.
Alunecare de teren	mișcare bruscă a unei mase de sol sau a unor roci pe o pantă (forma morfologic ridicată), ca răspuns la gravitație, care poate fi declanșată de cutremure sau de alte cauze naturale.
Amplitudine	Mărime caracteristică a undei, care se determină prin măsurarea distanței dintre partea de sus a undei și partea de jos a acesteia și împărțirea acestei distanțe la 2.
Amplitudinea valului	măsură a energiei unui val care reprezintă înălțimea unei creste a valului față de punctul 0.
Astenosferă	Parte a mantalei Pământului aflată sub litosferă. Porțiunea de sus (superioară) a astenosferei este o regiune cu o consistență plastică, semisolidă, care se îndoaie și curge sub acțiunea presiunii.
Atice	continuare a pereților exteriori deasupra nivelului terasei, cu rolul de racordare a hidroizolației la terasele cu scurgere interioară a apelor și constituie un element de siguranță pentru circulația pe terasă.
Avarie	schimbare nefavorabilă (aparitia unor fisuri, crăpături, căderi de material etc.) în starea unei clădiri, care poate afecta performanțele acesteia.
Bară	element unidimensional caracterizat de axa ei și secțiunea transversală (ex.: stâlpii și grinzile clădirilor).
Calcane	(din zidărie, ca elemente nestructurale) sunt elemente de închidere ale podurilor clădirilor acoperite cu șarpante din lemn. În funcție de lungimea și de înălțimea acestora, trebuie înălțate cu centuri și stâlpișori din beton armat pentru a nu reprezenta un pericol (prăbușire) în timpul unui scism.
Câmpie	Regiune geografică plată (plană).
Clădiri educaționale	construcții destinate procesului de învățământ, prevăzute cu săli de clasă, laboratoare, amfiteatre etc.
Clădiri vulnerabile	clădiri susceptibile de a suferi avarii în cazul producerii unui cutremur de pământ.
Comportarea la cutremur	modul în care ne manifestăm în timpul unui cutremur de pământ și în perioada imediat următoare producerii acestuia.
Construcție	Clădire executată din zidărie, lemn, metal, beton etc., pe baza unui proiect, care servește la adăpostirea oamenilor, animalelor, obiectelor.

Cornișă	element de construcție amplasat la partea superioară a clădirii, care iese în afara fațadei, având rolul de a îndepărta apa provenită din precipitații, dar și decorativ în plastica fațadei.
Creasta valului	punctul cel mai înalt la care ajunge valul; punctul cel mai coborât se numește talpa valului.
Crustă	Învelișul exterior și foarte subțire al litosferei Pământului.
Crustă oceanică	Porțiunea bazaltică a crustei Pământului, apărută în zona dorsalelor medii oceanice. Majoritatea materialelor crustale formează fundul oceanului. Crusta oceanică este mai subțire și are o densitate mai mare decât crusta continentală.
Curenți de convecție	Mișcare circulară într-un fluid, prin care materialul fierbinte se ridică la suprafață, iar cel rece se scufundă.
Cutremur	Zguduire bruscă a Pământului, cauzată de eliberarea rapidă a energiei acumulate în roci.
Deriva continentelor	Teorie depășită, propusă pentru prima dată de către Alfred Wegener, prin care se considera că inițial a existat un singur continent uriaș, care apoi s-a împărțit în fragmente, care, treptat, s-au depărtat unele de altele, formând continentele de astăzi.
Dorsală medie oceanică	Lanț muntos submarin apărut în lungul unei limite de plăci divergente în urma activității vulcanice.
Element nestructural	element din ansamblul general al unei clădiri care nu poate prelua eforturile rezultate în urma unor acțiuni exercitate asupra clădirii respective.
Element structural	element din ansamblul general al unei clădiri care poate prelua eforturile rezultate în urma unor acțiuni exercitate asupra clădirii respective.
Elevația (sau înălțimea la revărsare)	altitudinea cea mai înaltă deasupra liniei de țărm, exprimată în metri, la care apa este forțată de val să se prăvălească asupra uscatului.
Energie	Puterea de a deplasa sau de a modifica lucruri.
Epicentru	Punctul de pe suprafața Pământului situat deasupra hipocentrelui.
Etajul slab	(cu privire la o clădire) etajul cu rigiditate redusă comparativ cu celelalte etaje ale clădirii. Modificarea rigidității se datorează absenței unor elemente structurale de tip pereți structurali.
Falie	ruptură a scoarței terestre care apare în timpul cutremurelor de suprafață.
Falie	Fractură în crusta Pământului care separă două blocuri de roci ce se pot deplasa unul față de celălalt.
Falie de încălecare	A se vedea „Falie inversă”.

Falie inversă	Falie de separație între un bloc superior de roci și unul inferior, în care blocul superior se mișcă în sus față de cel inferior. O falie inversă cu unghi mic se numește falie de încălecare.
Falie laterală	A se vedea „Falie transcurrentă”.
Falie normală	Falie de separație dintre un bloc superior de roci și unul inferior, în care blocul superior se mișcă în jos față de cel inferior.
Falie transcurrentă	Falie în lungul căreia mișcarea se realizează în special pe direcție orizontală.
Falie transformantă	Falie laterală, generată în lungul dorsalelor medii oceanice.
Fisură	Crăpătură deschisă apărută în pământ.
Focar	A se vedea „Hipocentru”.
Frecare	rezistență mecanică a mișcării obiectelor și corpurilor aflate în contact;
Gravitație	forța de atracție dintre două corpuri. Devine notabilă atunci când un corp cu masă mare, precum Pământul, atrage un obiect cu masă mai mică;
Harta de zonare seismică	hartă pe care se pot observa zonele seismice din teritoriu, dintre care zona afectată de cutremurele din Vrancea este cea mai întinsă, iar cele afectate de cutremurele superficiale sunt dispuse în Banat, Crișana, Maramureș, Făgăraș, Târnave. În codul actual de proiectare a fost introdusă harta de zonare seismică în care hazardul seismic pentru proiectare este descris de valoarea de vârf a accelerației orizontale a terenului (a_y).
Hazard	Orice obiect sau situație care prezintă pericol de distrugere, de rănire sau de moarte.
Hipocentru	Locul unde are loc eliberarea energiei tectonice sub formă de căldură și de unde seismic.
Înălțimea valului	distanța pe verticală, exprimată în metri, de la creastă la talpa valului; această măsură este de două ori amplitudinea măsurată a accluișii val.
Intensitate cutremur	Măsură a zguduirii terenului care se apreciază după pagubele produse structurilor (clădirilor) și după modificările simțite și observate de oameni. Intensitatea se notează cu cifre romane pe scara Mercalli modificată.
Intervenție la dezastre	Implică acțiuni imediate de asistare/ajutorare a persoanelor aflate în dificultate, oferire de adăpost, apă, hrană, asistență medicală, dar și acțiuni de implicare în îndepărtarea efectelor fizice ale dezastrelor.
Legendă	Explicație narativă tradițională a fenomenelor naturale, care apare în lipsa explicațiilor științifice.
Lichefiere	Proces prin care solul sau nisipul își pierde brusc proprietățile de material solid (își pierde coeziunea) și se comportă ca un lichid.

Lichefierea	fenomen care apare în pământurile necoezive sau slab coezive, cu preponderență în cazul nisipurilor. Are ca efect scăderea rezistenței la forfecare a pământurilor ce constituie teren de fundare pentru construcții, conducând la cedarea generală a acestuia.
Litosferă (litho înseamnă “rocă/piatră”)	Învelișul extern și solid al Pământului, în care se produc cutremurele. Litosfera se compune din crustă și porțiunea superioară a mantalei.
Loess	amestec nestratificat, de origine eoliană, compus din particule de praf, de obicei friabil (fărămicios), de culoare galben-maronie.
Lungime de undă (lungimea valului)	distanța pe orizontală între două creste succesive, de obicei exprimată în metri.
Magma	Material fluid și incandescent din interiorul Pământului care, odată ajuns la suprafață, se solidifică și formează rocile eruptive.
Magnitudine cutremur	Măsură a cantității de energie eliberate prin producerea unui cutremur. Se notează cu cifre arabe și se bazează pe câteva scări logaritmice larg utilizate.
Manta	Învelișul Pământului aflat între nucleu și crustă. Are o consistență semisolidă și permite existent curenților de convecție.
Margine de plăci convergente	Zona de coliziune (ciocnire) dintre două plăci tectonice care se deplasează una spre cealaltă. Astfel de ciocniri (coliziuni) au generat lanțuri muntoase și vulcani.
Margine de plăci divergente	Zona de separare dintre două plăci care se depărtează una față de alta. Această mișcare divergentă este un răspuns la acțiunea forțelor din mantaua Pământului. La marginile divergente apar formațiuni precum dorsalele medii oceanice și rifturile.
Masiv	un element tridimensional, cu cele trei dimensiuni aproximativ egale (Ex.: fundațiile clădirilor – bloc de beton sau de zidărie de dimensiuni mari, de care se leagă sau care susține o construcție).
Mișcare convergentă	Tip de mișcare ce apare la marginile de plăci convergente.
Mișcare divergentă	Tip de mișcare ce apare la marginile de plăci divergente.
Mișcare în masă	mișcare a unui material de suprafață cauzată de gravitație.
Mișcare transformantă	Tip de mișcare ce apare atunci când două plăci trec lateral una pe lângă cealaltă.
Munte	Porțiune de pe suprafața Pământului care conține roci (încrêțite, faliate, vulcanice) distorsionate (deformate) și este caracterizată de o înălțime mai mare decât cea a regiunilor învecinate.
Neconsolidat	care are particulele constituente aflate într-o slabă legătură, astfel încât ele pot fi ușor separate;

Nucleu	Învelișul interior al Pământului . Acesta poate fi comparat cu un furnal ce încălzește Pământul din interior. Nucleul are o parte lichidă (nucleul extern) și o parte solidă metalică (nucleul intern).
Perete structural/portant	perete realizat din beton armat, capabil să preia eforturile provenite din diferite acțiuni asupra clădirii respective.
Perioadă	timpul dintre două creste succesive.
Placă	element bidimensional caracterizat prin grosime și suprafață mediană (Ex.: planșeele și pereții clădirilor.)
Placă tectonică	Segment mare, relativ rigid, al litosferei; plăcile tectonice se deplasează unele în raport cu celelalte, deoarece ele „călătoresc” pe astenosfera plastică.
Placaje	sunt lucrări de finisaj care se aplică pe suprafața pereților, la interior sau la exteriorul clădirilor, având rol decorativ și de protecție. Placajele se pot prinde pe suprafața suport cu mortar, legături metalice sau țesute odată cu zidăria de rezistență.
Plafon	Suprafață interioară a planșeului superior al unei încăperi.
Plan de falie	Suprafață de-a lungul căreia a apărut mișcarea pe falie.
Plan de intervenție	ansamblu de activități ce trebuie întreprinse imediat după încetarea mișcării seismice, pentru restabilirea stării de normalitate.
Planșee	elemente de suprafață plană, de regulă orizontale, care compartimentează clădirea pe verticală, având rol de separație interioară între etaje (planșee intermediare) sau de separație a clădirii de mediul exterior (planșeu peste ultimul nivel sau planșeu peste subsol).
Planșeu	Element de construcție în formă de platformă, care separă etajele unei clădiri sau alcătuiește partea carosabilă a unui pod.
Preșoc	Cutremur care se produce înaintea unui seism principal, fiind mai puțin sever.
Proiectare antiseismică	Întocmire a unui proiect pentru o construcție rezistentă la cutremure.
Protecția vieții la cutremur	totalitatea măsurilor (cunoscute și exersate continuu) întreprinse pentru a ne proteja în caz de cutremur.
Replică	Cutremur care urmează unui seism major și care are o magnitudine mai mică decât primul.
Risc la cutremur (risc seismic)	Pericol potențial de pierderi (vieți, bunuri) existent în cazul producerii unui cutremur.
Rucsac de urgență	rucsac pregătit de elevii de liceu sau de oricare altă persoană și care conține un minim de lucruri necesare pentru situația de urgență creată de producerea unui cutremur de pământ.

Saturat	care conține o cantitate de apă absorbită până la punctul în care toate spațiile dintre particule sunt umplute cu apă și, astfel, o altă cantitate de apă nu mai poate să pătrundă în aceste spații.
Scara Mercalli	Scară care stabilește intensitatea unui cutremur pe baza efectelor observate. A fost introdusă în 1902 de către geologul italian Giuseppe Mercalli. Americanii Wood și Neumann au modificat această scară în anul 1931 și au denumit-o Mercalli Modificată.
Scara Richter	Scară logaritmică de măsurare a magnitudinii unui cutremur. A fost creată în 1935, de către Charles Richter și Beno Gutenberg.
Scări	subansambluri structurale care asigură legătura pe verticală între diferitele etaje ale clădirii, precum și între exteriorul și interiorul construcției. Pe lângă funcția de circulație curentă, scările trebuie să asigure și evacuarea într-un timp minim, indicat de norme, a persoanelor aflate în clădire în cazul unui incendiu sau cutremur, ceea ce determină numărul necesar de scări, amplasarea și alegerea lățimii lor.
Scut	Regiune întinsă din cadrul unei platforme în care apare la suprafață fundamentul platformei, format din roci vechi magmatice și metamorfice. Din punct de vedere tectonic este o regiune stabilă.
Seismograf	Instrument de înregistrare a mișcării Pământului apărute ca răspuns la acțiunea undelor seismice.
Seismogramă	Reprezentarea pe suport de hârtie sau pe calculator a înregistrării făcute de un seismograf.
Seismolog	Om de știință care studiază cauzele, măsurătorile și efectele cutremurelor.
Seismologie	Știința care are ca obiectiv principal studiul teoretic și experimental al apariției și al cauzelor cutremurelor, al propagării și al înregistrării undelor seismice, precum și a proceselor fizice care se desfășoară la locul de declanșare a cutremurului.
Spectru de răspuns	reprezentare a valorii de vârf a răspunsului seismic exprimat prin accelerații funcție de perioada proprie de oscilație.
Structură	partea din clădire capabilă să preia eforturile care iau naștere ca urmare a acțiunilor exterioare și a celor interioare asupra clădirii.
Subducție	Proces care apare când marginea unei plăci alcătuite din crustă oceanică și baza mantalei se scufundă sub marginea unei plăci opuse alcătuite din crustă continentală și baza mantalei.
Tectonica plăcilor	Model geologic prin care crusta și litosfera sunt împărțite într-un număr de segmente mobile, relativ rigide și aflate în continuă mișcare (plăci).
Tencuială	Stratul de finisaj aplicat pe suprafața brută a elementelor de construcții având un rol decorativ, igienic, de protecție, izolator. Când sunt executate în grosimi mari, cu scopul remedierii unor deficiențe de execuție, tencuielile pot deveni un real pericol în cazul unui cutremur.

Tencuială	Amestec de var, nisip, apă, ciment sau ipsos care se așterne pe ziduri și pe tavane pentru a le proteja și pentru a obține suprafețe netede, cu aspect plăcut.
Teoria destinderii elastic	Teorie introdusă de către H. F. Reid în 1906 pentru a explica producerea unui cutremur. Reid a considerat că faliile rămân blocate în timp ce energia de deformare se acumulează lent în rocile din jurul acestora. Când rezistența rocii este învinsă și roca se rupe, falia alunecă brusc, eliberând energia sub formă de căldură și de unde seismice.
Tsunami	val oceanic cu potențial distructiv generat de un cutremur ori de o altă perturbare la scară mare a fundului oceanic; cuvântul are origine japoneză și se traduce prin „val de port”.
Tsunami	Val oceanic (marin) produs de mișcări ale fundului oceanic, precum și de cutremure sau de erupții vulcanice.
Unde de suprafață	Unde seismice care se propagă pe suprafața Pământului sau pe suprafața unui strat interior.
Unde de volum	Unde seismice care se propagă prin interiorul Pământului, inclusiv prin nucleu.
Unde seismice	Unde provenite de la un cutremur. Acestea sunt cauzate de eliberarea energiei din rocile Pământului, pe durata unui cutremur.
Variabilă	elementul care este adaptat într-un experiment științific, dându-i-se diferite valori pentru a aprecia cum este influențat întregul sistem reprezentat prin experiment.
Vulcan	Munte de formă conică format prin erupția la suprafața solului a lavei și a unor produse magmatice.
Zona seismică Vrancea	Regiune seismică situată la curbura Carpaților Orientali.
Zone aseismice	Zone unde nu se produc cutremure.


Răspunsuri
Fișa de evaluare I

2. a); 3. b); 4. a), c), e); 5. c); 6. b), d), e); 7. c)
8. a), b), c), d), e), f), g); 9. a)

Fișa de evaluare IV.1

- I. 1. neconsolidate, saturate cu apă; 2. durata
II. b
III. Diferența constă în rearanjarea granulelor care alcătuiesc roca sedimentară neconsolidată și ieșirea apei la suprafață, precum și în daunele vizibile în mediul construit după producerea cutremurului.

Fișa de evaluare IV.2

- O parte a greutatei acționează de-a lungul rampei, iar cântarul nu măsoară și acea greutate.
- La 40-50 cm sau la un unghi de aproximativ 30 de grade.
- Deoarece forța gravitațională care acționează de-a lungul rampei este mai mare decât forțele de frecare.
- Nisipul alunecă puțin cu fiecare lovitură.
- Probabil, datorită faptului că se reduce forța de frecare, în timp ce forța gravitațională rămâne constantă.
- Probabil că va aluneca mult mai ușor, deoarece apa reduce forța de frecare.
- Nisipul pare că se lipește de rampă; deci, va avea nevoie de un unghi mai mare, care să îi provoace alunecarea. Tensiunea superficială face nisipul să adere la suprafața rampei.
- Alunecă tot mai mult cu fiecare lovitură.
- a. Folosind o ruletă de măsurat și un echer, în conformitate cu tabelul.
b. S-a umplut farfuria de fiecare dată.
c. Măsurând 225 ml de apă.
d. S-a folosit doar un singur tip de nisip.
- Am observat cu atenție și am făcut notări după fiecare modificare.
- Seismul va provoca o alunecare de un anumit grad la fiecare lovitură.
- Prin repetarea experimentului, prin compararea explicației noastre cu cea a altora, prin investigarea unor date reale (din teren) referitoare la alunecări de teren.
- Faptul că adăugarea apei nu a micșorat unghiul de care nisipul avea nevoie pentru a aluneca.

Fișa de evaluare IV.3

- Timp – Distanță / Viteză – 1,625 km/650 km/h – 2,5 ore
- Perioada = Lungimea de undă / Viteză = 150 km/650 km/h = 0,23 × 60 = 13,8 min
- În decurs de doar câteva minute, apa ar fi foarte mare, iar apoi foarte mică.
- Oamenii ar putea fi avertizați să se mute în regiuni mai înalte.

Fișa de evaluare IV.4

- A – 20.000 km²
- (Utilizați formula $V = Ah$)
Volumul apei de mare: $V = Ah = (20.000 \text{ km}^2)(3,8 \text{ km}) = 7,6 \times 10^4 \text{ km}^3 = 76.000 \text{ km}^3$
- Notă: $1 \text{ km}^3 = 1 \times 10^9 \text{ m}^3$
Densitatea apei de mare: $D = 1,03 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

Masa apei ridicate:

$$m = DV = (1,03 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(7,6 \times 10^4 \text{ km}^3) = (1,03 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(7,6 \times 10^4 \text{ km}^3)(10^9 \text{ m}^3/\text{km}^3)$$
$$7,8 \times 10^{17} \text{ kg sau } 78 \text{ trilioane tone}$$

4. Accelerația gravitațională: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Forța datorată gravitației sau greutatea coloanei de apă

$$F = mg = (7,8 \times 10^{17} \text{ kg})(9,8 \text{ m/s}^2) = 7,6 \times 10^{17} \text{ N}$$

5. Distanța pe care s-a produs ridicarea: $d = 1 \text{ m}$

Lucrul mecanic necesar contracarării forței gravitaționale:

$$W = Fd = (7,6 \times 10^{17} \text{ N})(1 \text{ m}) = 7,6 \times 10^{17} \text{ J}$$

6. Factorul de conversie: $4,18 \times 10^6 \text{ Joules} = 1 \text{ tonă TNT}$

$$W = \text{Energia} = (7,6 \times 10^{17} \text{ Joules}) (1 \text{ tonă TNT}/4,18 \times 10^6 \text{ Joules})$$

Energia = $1,8 \times 10^8 \text{ tone TNT}$ sau 180 Megatone TNT

Activitatea V.2

2. a) Scări, b) Masive, c) Planșee, d) Structură, e) Atice, f) Tencuială.

Activitatea V.6

I. a), c), d), e); II. c); III. a), c), d); IV. a), b), c), d).

Fișa de evaluare V.I

1. c); 2. clădiri înalte cu schelet structural din beton armat; 3. a); 4. e

Fișa de evaluare V.II

1. a), b), d); 2. a), c), d); 3. a), c), d); 4. a), b), e)