

MĂSURAREA CUTREMURELOR

Cutremurele de pământ conduc la eliberarea energiei stocate în rocile din scoarța terestră. Mărimea unui cutremur este proporțională cu energia eliberată în focar. Pentru a măsura această energie, trebuie să înțelegem mai întâi cum este ea produsă.

TENSIUNEA ȘI DEFORMAREA

Rocile din interiorul scoarței terestre sunt supuse în permanență acțiunii unor forțe interne. Aceste forțe pot fi gravitaționale sau tectonice. Forța care acționează asupra unei suprafețe este numită **tensiune**. Vom considera suprafețele care delimitează un volum din interiorul unei roci.

Tensiunile care acționează asupra acestui volum pot fi:

- **de compresie**, dacă tind să micșoreze volumul;
- **de extensie**, dacă tind să mărească volumul;
- **de forfecare**, dacă nu modifică volumul, dar modifică forma acestuia.

În mod obișnuit, rocile au un comportament elastic, ceea ce înseamnă că se deformează datorită acțiunii tensiunilor, dar își revin la forma inițială de îndată ce tensiunile dispar. Efectul este asemănător cu cel al unui burete pe care îl strângem în mână (sub acțiunea apăsării își schimbă forma). Această schimbare de formă o numim **deformare**. Asemenea buretelui care, după ce se află în stare de tensiune (când este apăsător), își revine la forma inițială când este eliberat, se comportă și rocile, atunci când starea de tensiune este eliminată. Energia înmagazinată la deformare (energie potențială) este eliberată prin revenirea la forma inițială.

Când rocile litosferice se deformează prin întindere, spunem că se află sub influența unei tensiuni de extensie. În acest caz, rocile se vor deforma asemenea unei bucăți de cauciuc de care se trage. Ca și în cazul precedent, rocile își revin la forma inițială după dispariția tensiunii de extensie, eliberând energie.

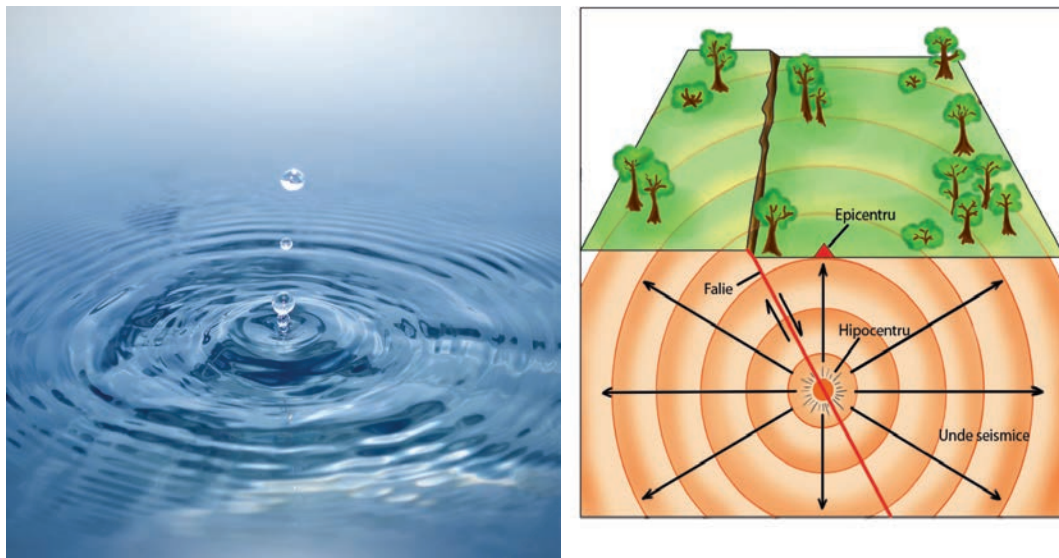
Atunci când tensiunea depășește limitele suportate de materialul asupra căruia se acționează (rezistența), acesta suferă o rupere. (Dacă tragem destul de tare de marginile buretelui, acesta se va rupe). Rocile au un comportament asemănător, datorită tensiunilor foarte mari sau îndelungate la care sunt supuse. Procesul de rupere prin care energia înmagazinată în rocile din litosferă este eliberată brusc reprezintă un cutremur.

PRODUCEREA CUTREMURULUI ȘI GENERAREA UNDELOR SEISMICE

Așa cum a fost menționat anterior, în urma producerii unui cutremur are loc o degajare de energie. O mare parte din energia produsă se propagă, prin Pământ, sub formă de **unde seismice**.

Generarea acestora este asemănătoare undelor care se formează atunci când picăturile de ploaie cad într-un lac (fig. III.1). Fiecare picătură formează cercuri în apă, care se propagă de la centru în toate direcțiile. Undele seismice se transmit asemănător, din focar, în toate direcțiile.

Fig.
III.1

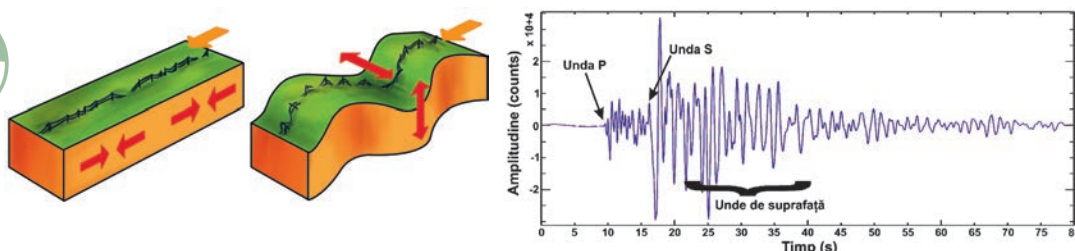


Generarea undelor seismice la producerea cutremurului

În esență, există două tipuri de unde seismice: **undele de volum**, care se propagă prin interiorul Pământului, începând de la crustă până la nucleul intern și **undele de suprafață**, care se propagă doar prin stratul de la suprafața Pământului.

Undele de volum generate în urma producerii cutremurului se propagă din focar în toate direcțiile. Propagarea lor este mai rapidă comparativ cu cea a undelor suprafață. Undele de volum sunt de două tipuri: longitudinale și transversale (fig. III.2).

Fig.
III.2



Identificarea undelor de volum și de suprafață pe seismogramă și reprezentarea modului de propagare prin Pământ a undelor P și S

Undele longitudinale sunt de 1,7 ori mai rapide decât undele transversale, fiind numite, deseori, unde P sau unde primar, nume care provine din limba latină (*undae primare*). Undele transversale se mai numesc și unde S sau secundare (*undae secundae*).

Undele de suprafață se propagă de-a lungul suprafeței Pământului sau în stratele de grosime variabilă, situate în vecinătatea suprafeței Pământului. Acestea înmagazinează o mare parte a energiei de la cutremurele de suprafață și sunt, de obicei, cauza primară a distrugerilor produse de cutremure, afectând regiuni dens populate.

Mișcarea solului produsă de undele seismice este detectată de instrumente specifice, cu ajutorul cărora putem înregistra semnalele seismice. Înregistrarea astfel obținută se numește **seismogramă**. Pe seismograme se pot identifica cu ușurință timpii de sosire pentru diversele tipuri de unde seismice.

LOCALIZAREA CUTREMURELOR

Seismografele amplasate în diferite regiuni ale Pământului înregistrează, în mod continuu, date seismice (vibrații ale terenului), pentru a monitoriza activitatea seismică, pentru a detecta și a înregistra semnale de la explozii. Acestea înregistrează, de asemenea, semnale seismice provenite de la diverse surse de zgomot, cum ar fi: valurile oceanelor care lovesc țărmurile (surse primare de microseisme), vântul, traficul din apropiere, explozii sonice, tunete și alte surse care produc vibrații ale solului. Când se produce un cutremur semnificativ, undele seismice care se propagă prin interiorul Pământului pot fi înregistrate de stațiile seismice aflate la distanță.

Fig.
III.3



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

O stație seismică modernă (fig. III.3) este compusă dintr-un seismograf care înregistrează semnalul seismic, după care acesta este transmis unui digitizor care convertește aceste înregistrări în date digitale (seismograme digitale). La digitizor este conectată antena GPS, care ajută la determinarea coordonatelor geografice ale stației, și un disc magnetic pentru stocarea datelor pentru colectarea datelor sau o legătură de internet pentru transmiterea lor directă. 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 doar unor țări (Rețele Seismice Naționale – fig. III.4), cât și rețele seismice globale (aparținând diverselor organizații care se ocupă cu monitorizarea cutremurelor sau/și a exploziilor – fig. III.5).

Pentru a determina distanța dintre stație și epicentru (distanța epicentrală), oamenii de știință folosesc diferența timpilor de sosire ai undelor P și S citiți pe înregistrările seismice. Tabelele timpilor de parcurs ai undelor de volum sau diferite aplicații ce rulează

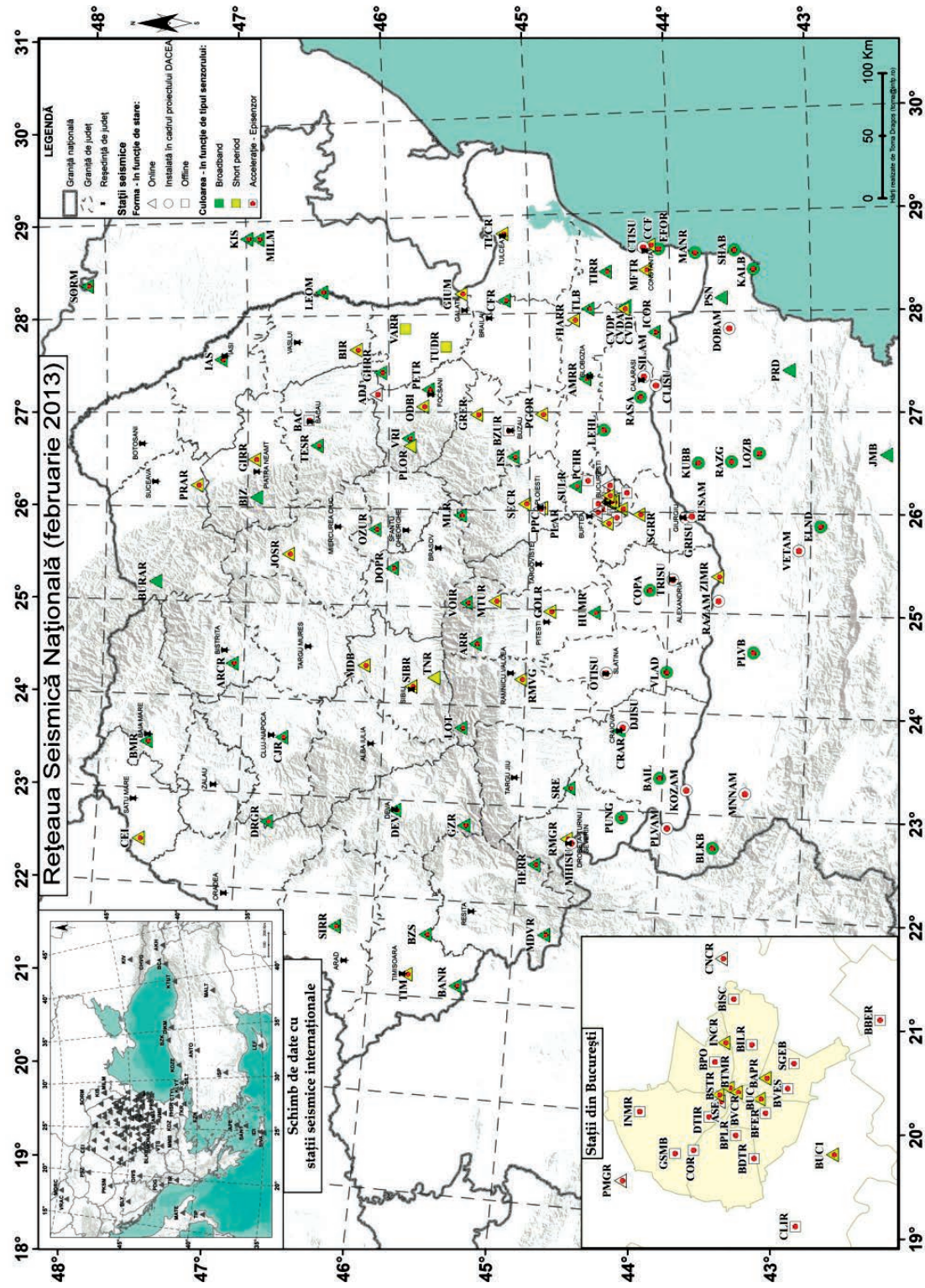


Fig. III.4

Harta cu distribuția stațiilor aparținând Rețelei Seismice Naționale



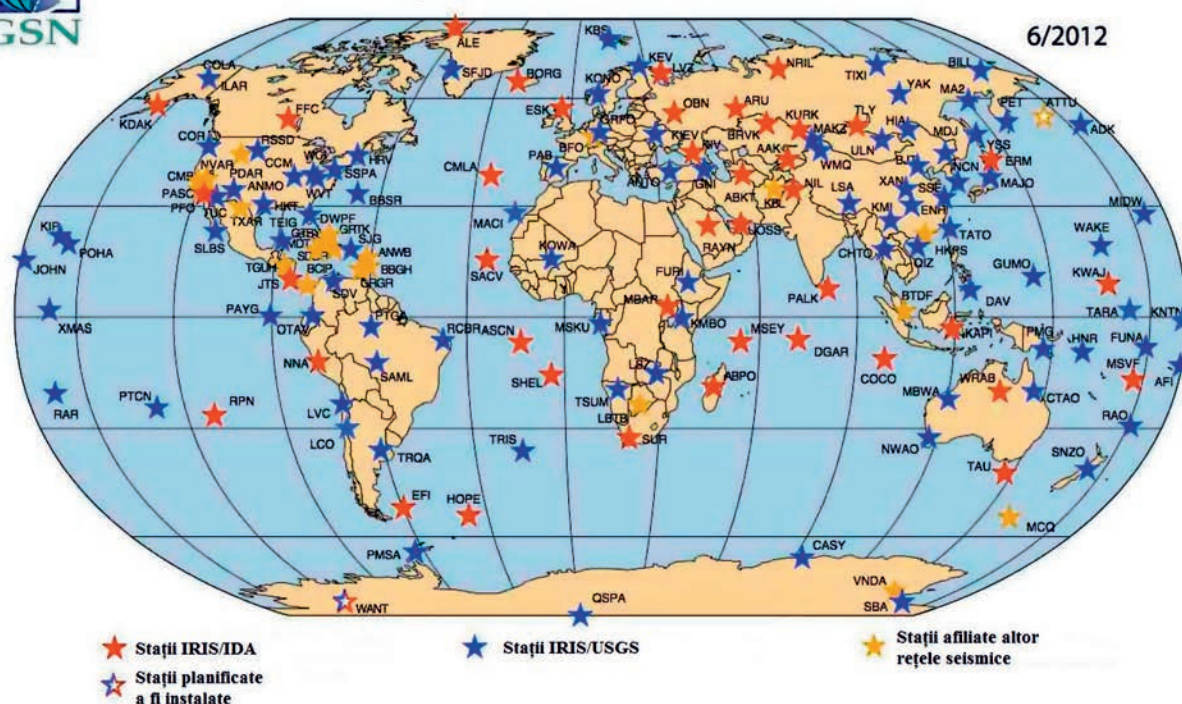
pe calculatoare ajută la determinarea acestor distanțe. Cu ajutorul seismogramelor de la cel puțin trei stații poate fi determinată o localizare preliminară a epicentrului. Pentru aceasta, este utilizată *metoda triangulației*. Acest nume provine de la faptul că avem nevoie de trei stații, care formează un triunghi imaginar. Desenăm pe hartă câte un cerc în jurul fiecărei stații, cu raza egală cu distanța dintre stație și epicentru (epicentrală); punctul obținut la intersecția cercurilor reprezintă epicentrul cutremurului (fig. III.6).

Pentru determinarea hipocentrului, este nevoie de patru seismograme (este necesară încă o seismogramă pentru a determina un parametru suplimentar, și anume adâncimea la care s-a produs cutremurul). În acest scop, va trebui să desenăm câte o sferă în jurul celor patru stații. Punctul de intersecție al celor patru sfere se reprezintă **hipocentrul cutremurului**.



Rețea Seismică Globală

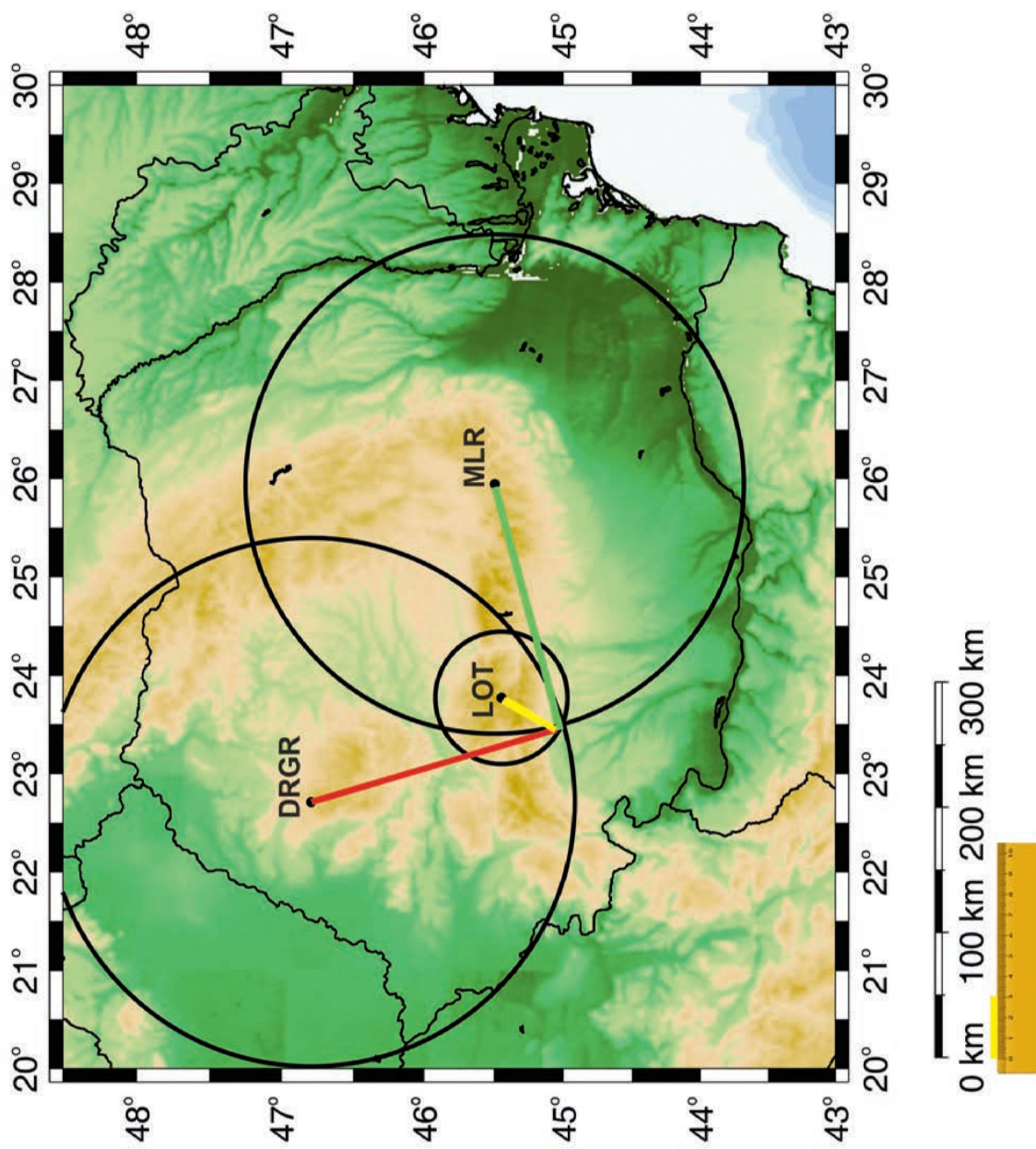
Fig.
III.5



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



Fig.
III.6



Reprezentarea metodei triangulației (MLR – stația seismică Muntele Roșu, LOT – stația seismică Lotru, DRGR – stația seismică Drăgan)

MODURILE DE MĂSURARE A CUTREMURELOR

Pentru a determina mărimea unui cutremur este utilizat seismograful (fig. III.7). Acesta înregistrează momentul, durata și amplitudinea mișcărilor seismice.

Seismograful se bazează pe un principiu simplu din fizică, și anume principiul inerției (proprietatea corpurilor de a-și păstra starea de repaus sau de mișcare): o greutate mare care este lăsată liberă va avea tendința să rămână în poziția inițială atunci când terenul de sub ea începe să se miște ca răspuns la deplasarea undelor seismice.

Mișcarea Pământului este detectată de seismograf, care trimite un semnal mecanic sau electric unei penițe atașate unui tambur acoperit de hârtie (fig. III.7). Tamburul se rotește, iar penița reproduce amplificat mișcarea terenului. Înregistrarea astfel obținută se numește **seismogramă**. Seismogramele pot fi înregistrate analog (pe hârtie) sau digital (urmând a fi vizualizate pe monitoarele calculatoarelor).

De asemenea, seismogramele pot înregistra mișcarea pe verticală a solului pe componenta verticală a senzorului seismic (Z), cât și cea pe orizontală, pe cele două componente orizontale (N-S; E-V).

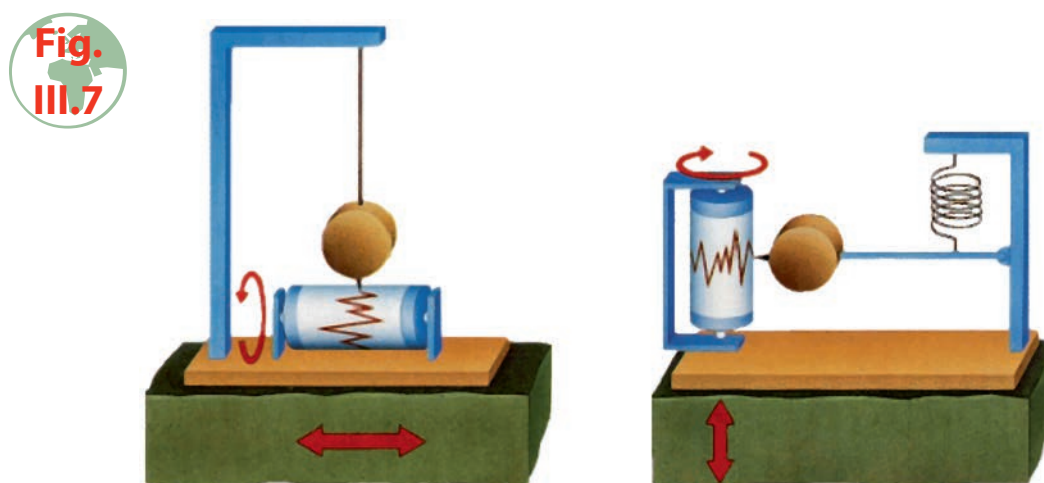


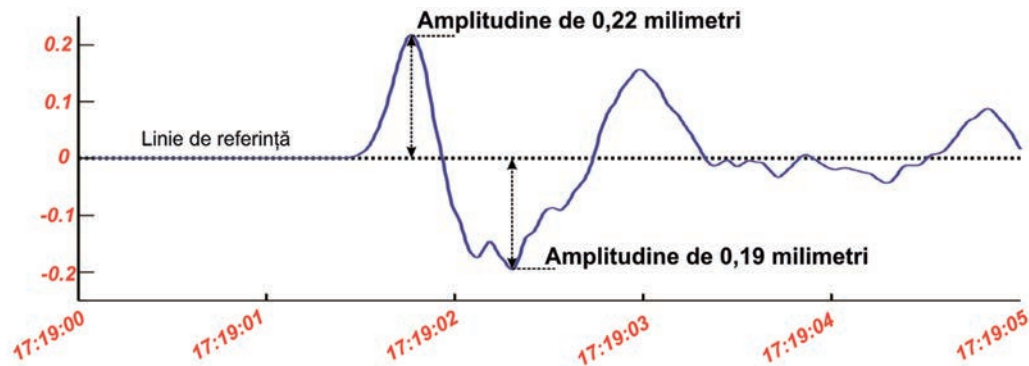
Fig. III.7
Reprezentarea seismografului și a seismogramelor înregistrate pe componentele orizontală (stânga), respectiv verticală (dreapta)
(Sursa: http://library.thinkquest.org/03oct/00904/eng/attek_figy.htm)

Scara de magnitudine – măsură a mărimii cutremurelor

Cu cât cutremurul este mai puternic, amplitudinea și durata înregistrării acestuia pe seismogramă vor fi mai mari. **Amplitudinea** reprezintă o măsură a energiei unde. Pe măsură ce se propagă, amplitudinea unei seismice se micșorează, datorită procesului de atenuare. De aceea, pentru determinarea amplitudinii la stațiile aflate la distanțe mari față de epicentru, se introduc corecții. Amplitudinea maximă reprezintă deplasarea solului de la un punct de referință la cel mai mare vârf al unde (fig. III.8). Aceasta caracterizează, de asemenea, mărimea cutremurului și a fost folosită ca parametru de bază pentru estimarea magnitudinii cutremurului. Prima scară a magnitudinilor a fost inventată de seismologul american *Charles Richter*, în anul 1935, la care acesta a folosit numai cifre arabe. În cazul în care cutremurul este mic (magnitudine mică,

amplitudine redusă, durată de înregistrare scăzută), acesta nu este simțit de oameni și nu produce pagube, fiind detectat doar de seismografe (de stațiile seismice). Atunci când cutremurul este puternic (magnitudine mare, amplitudine mare, durată de înregistrare mare), acesta este simțit de populație chiar și la distanțe mari, cauzând diferite pagube.

Fig.
III.8



Reprezentarea modului în care se măsoară amplitudinea unei unde

Intensitatea cutremurului reprezintă măsura efectelor unui cutremur într-un anumit loc. Ea este determinată pe baza observațiilor efectelor cutremurelor asupra oamenilor, a structurilor sau a suprafeței Pământului. În anul 1902, seismologul italian *Giuseppe Mercalli* a modificat scara intensităților care era formată, inițial, din 10 valori. În zilele noastre, se folosește scara Mercalli cu 12 valori, modificată în anul 1931, de cercetătorii americani *H.O. Wood* și *Frank Newman*.

Spre deosebire de scara magnitudinii, la scara intensităților se folosesc numere romane, de la I la XII, pentru clasificarea nivelului relativ al distrugerilor, al mișcării solului și pentru aprecierea impactului cutremurului asupra oamenilor (tabelul III.1).

Intensitatea poate varia în funcție de mai mulți factori, precum magnitudinea, adâncimea cutremurului, distanța epicentrală, condițiile geologice locale și felul construcțiilor dintr-o anumită regiune. Un singur cutremur va produce o gamă de intensități care, în mod normal, descresc cu creșterea distanței epicentrale. Liniile care unesc intensitățile egale produse în timpul unui cutremur se numesc **izoseiste**.


Tabelul III.1. Scara de intensități Mercalli modificată

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