

# **Instrucțiuni utilizare aplicație jAmaseis**



## Rețeaua Seismică Educațională din România

ROmanian EDUcational SEISmic-network

*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.*



## Cuprins

Configurare aplicației jAmaseis și a surselor de date.....	5
Extragerea și salvarea formelor de undă.....	11
Localizarea unui cutremur .....	13
Aspecte teoretice.....	13
Metoda triangulației în jAmaseis.....	17



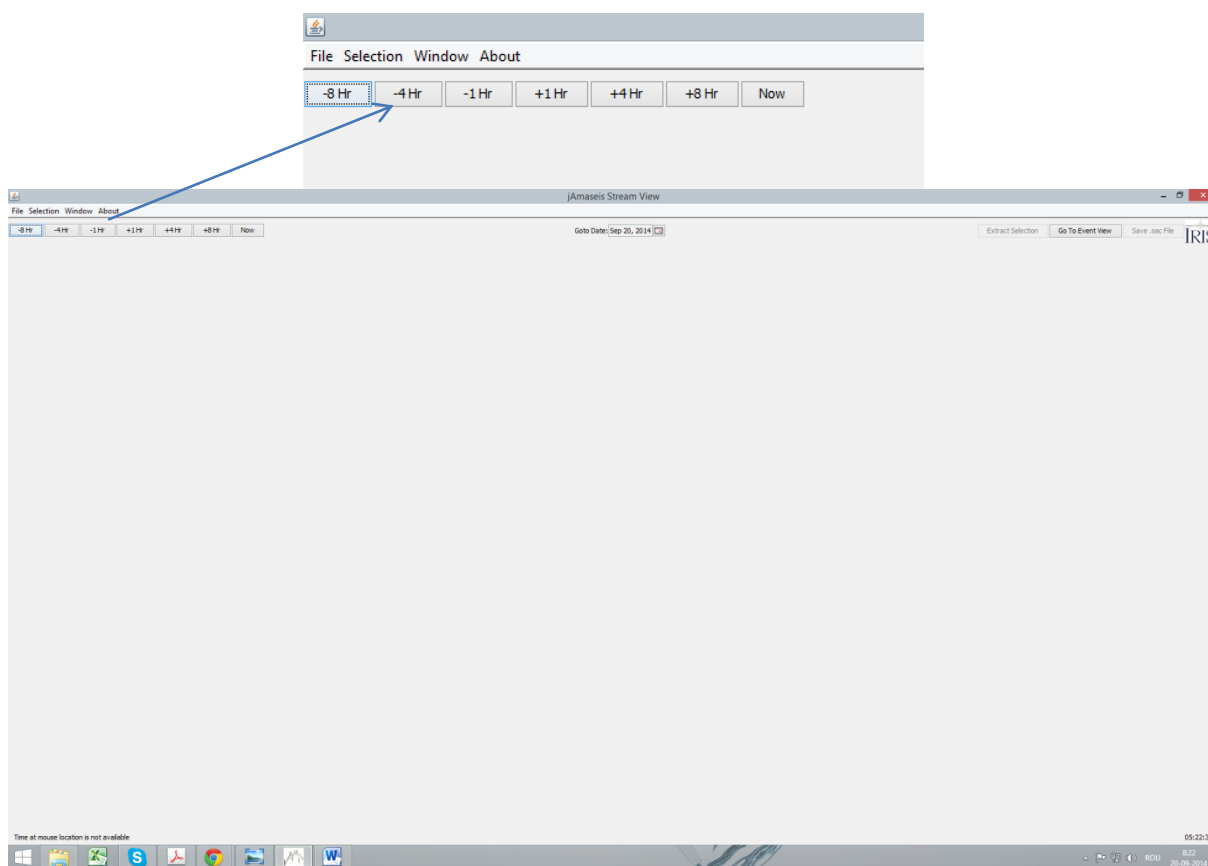
# Rețeaua Seismică Educațională din România

ROmanian EDUcational SEISmic-network

Aplicația jAmaseis permite vizualizarea, salvarea și prelucrarea formelor de undă înregistrate de seismometrul educativ SEP. Interfața grafică a aplicației este prietenoasă fiind dedicată în special elevilor și profesorilor. Datele înregistrate de seismometrele educaționale permit realizarea unor activități din domeniul seismologiei în sala de clasă, precum determinarea caracteristicile seismogramelor, a momentului producerii unui cutremur, a distanței epicentrale și localizarea cutremurului folosind metoda triangulației. Aplicația poate fi utilizată chiar și în lipsa unui seismometru, fiind necesară doar o conexiune la internet pentru a putea descărca forme de undă înregistrate de alte seismometre.

## Configurare aplicației jAmaseis și a surselor de date

Aplicația jAmaseis se deschide afișând interfață grafică principală:

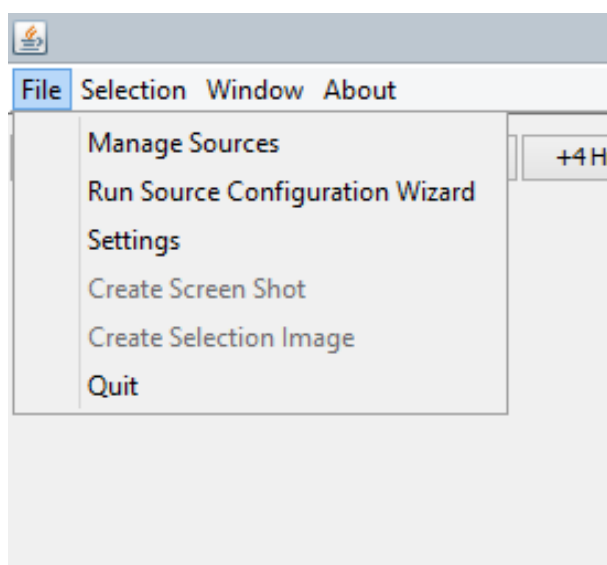


Din interfața principală se poate vizualiza fluxul de date în timp real apăsând butonul *Now*, sau se pot vizualiza înregistrări anterioare navigând înapoi în timp cu ajutorul butoanelor **-8Hr** (**-4Hr**, **-1Hr**) care reprezintă totdata pasul de timp cu care se derulează fereastra.

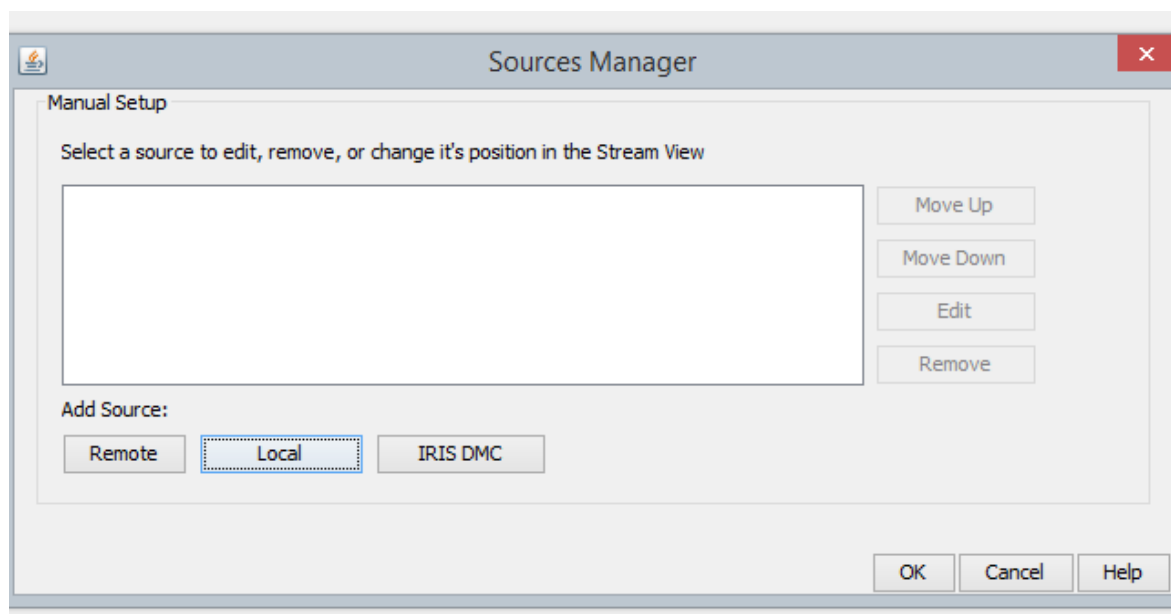
## Explicarea meniurilor aplicației

- **File**;
- **Selection**;
- **Window**;
- **About**.

## Meniul File

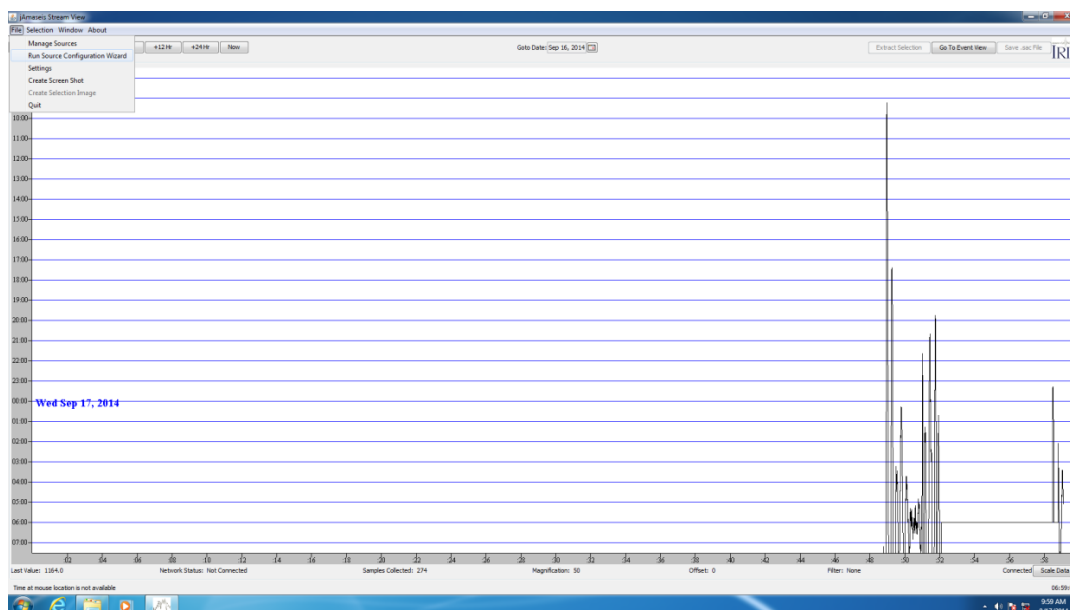


## Manage sources

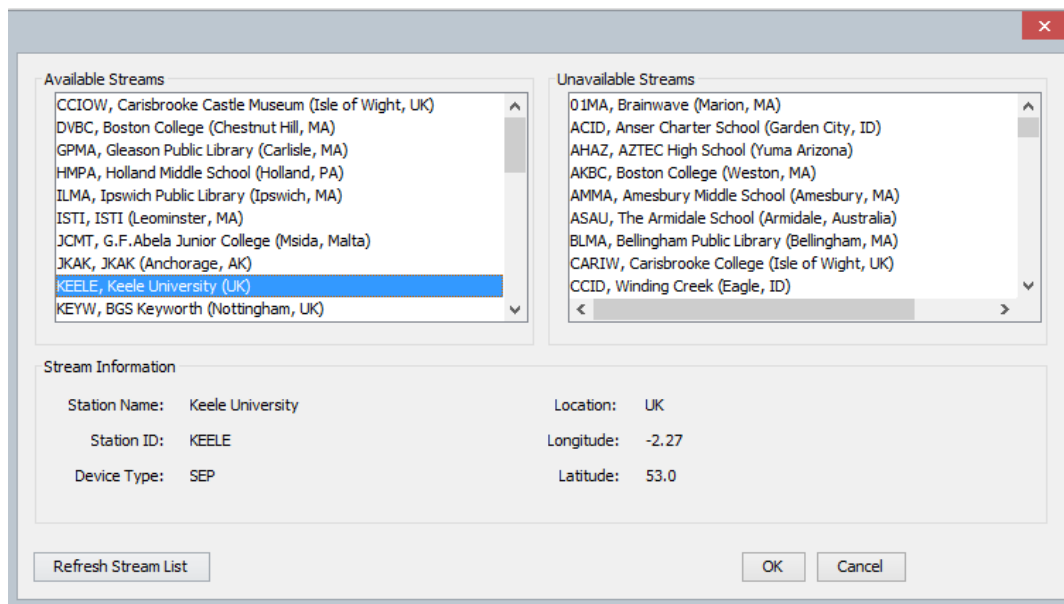


De aici se selectează sursele de date. Se pot prelua date astfel:

1. De la seismometrul propriu (dacă este instalat) accesând butonul **Local**;



2. Date de la alte seismometre educaționale care trimit datele spre serverul IRIS accesând butonul **Remote** și selectând stația (sursa) care ne interesează;

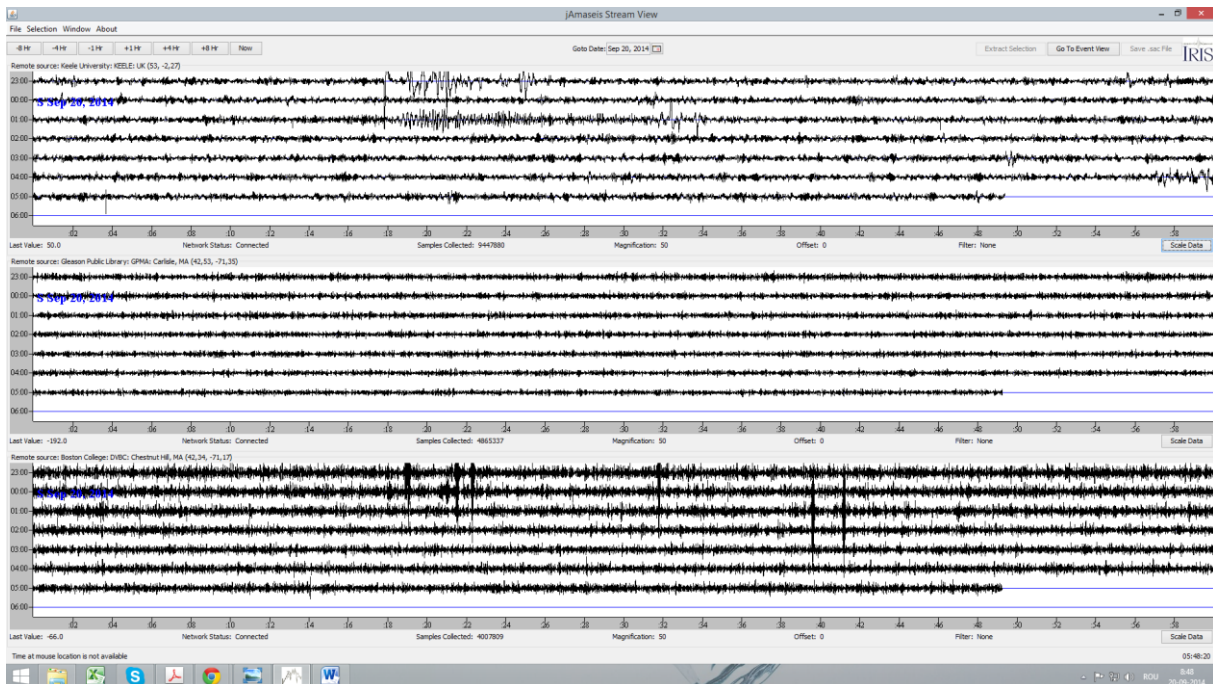
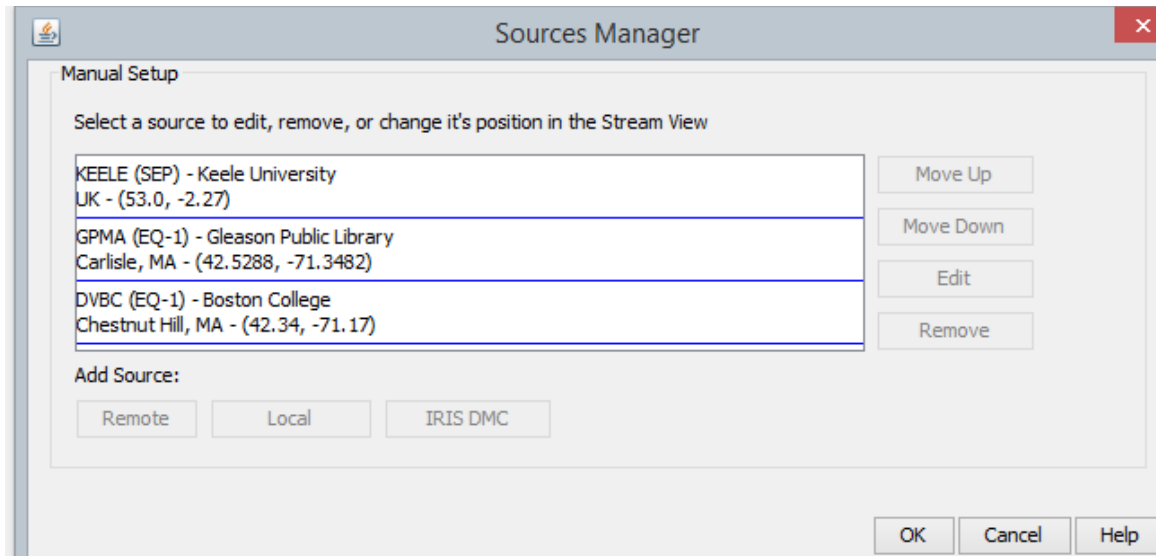


Fereastra afișează care stații seismice au date disponibile (în partea din stânga) și care nu pot fi accesate (în partea din dreapta). După selectarea unei stații se pot vizualiza informații precum: nume, ID, modelul de seismometru, locație, coordonate geografice. Se pot selecta pentru vizualizare maxim 3 stații simultan:

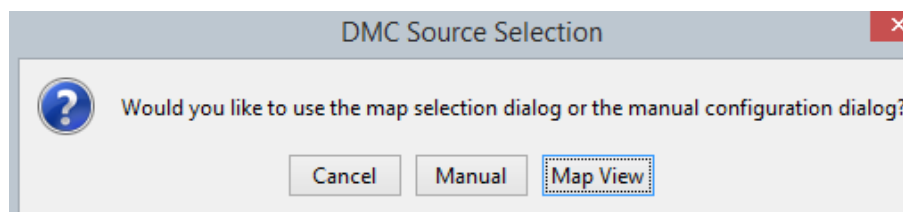


# Rețeaua Seismică Educațională din România

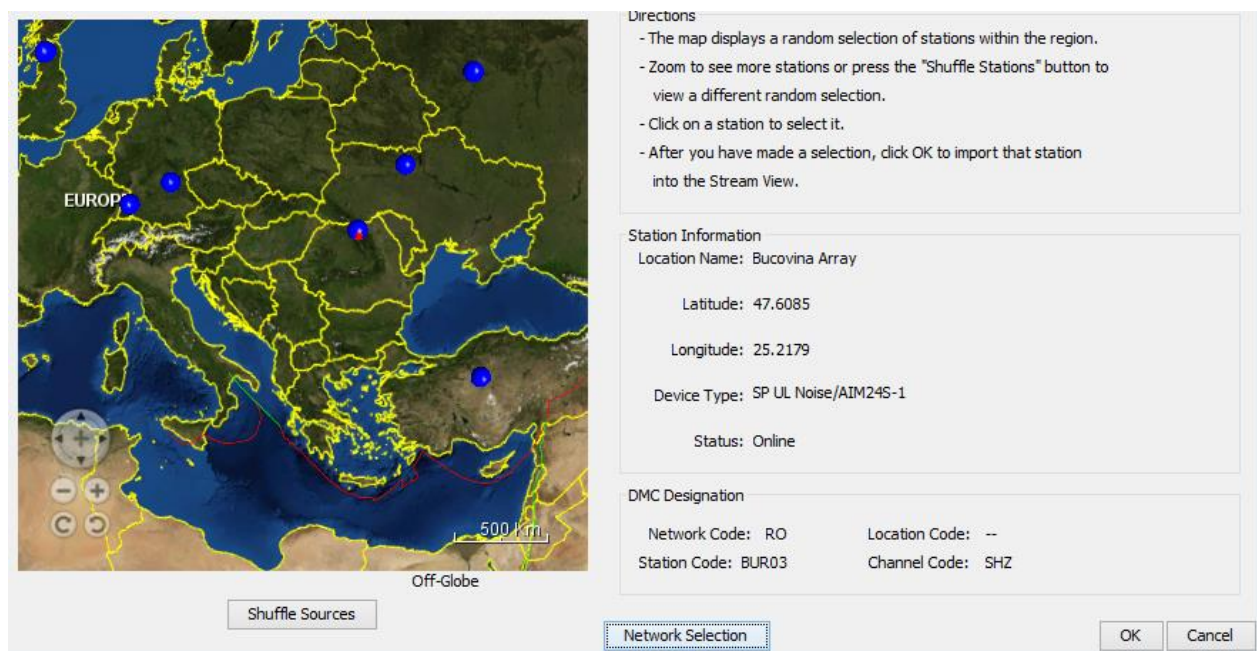
ROmanian EDUcational SEISmic-network



3. Date de la seismometrele unor rețele seismice naționale și internaționale care au protocoale încheiate cu IRIS, accesând butonul *IRIS DMC*. De aici putem alege stațiile manual (dacă cunoaștem informații despre coduri de țări sau rețele seismice) sau folosind o interfață grafică cu hartă (*Map View*)

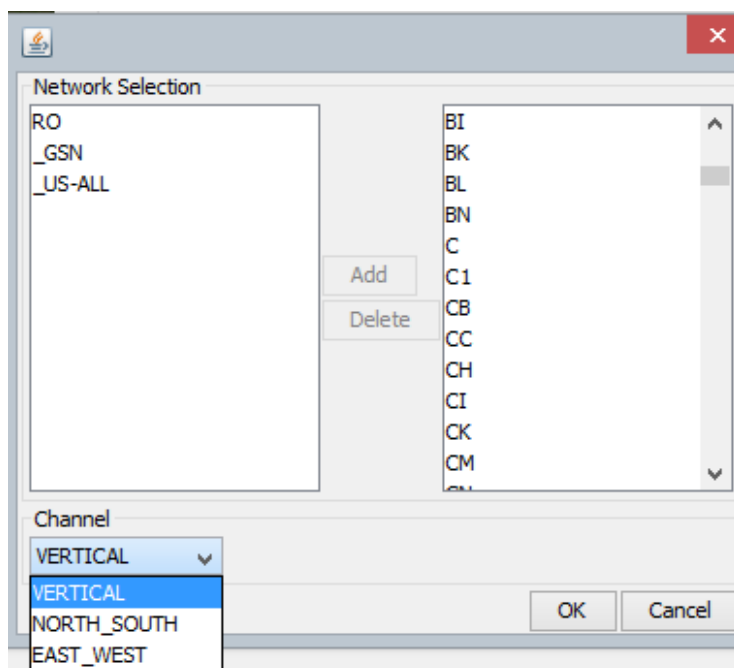






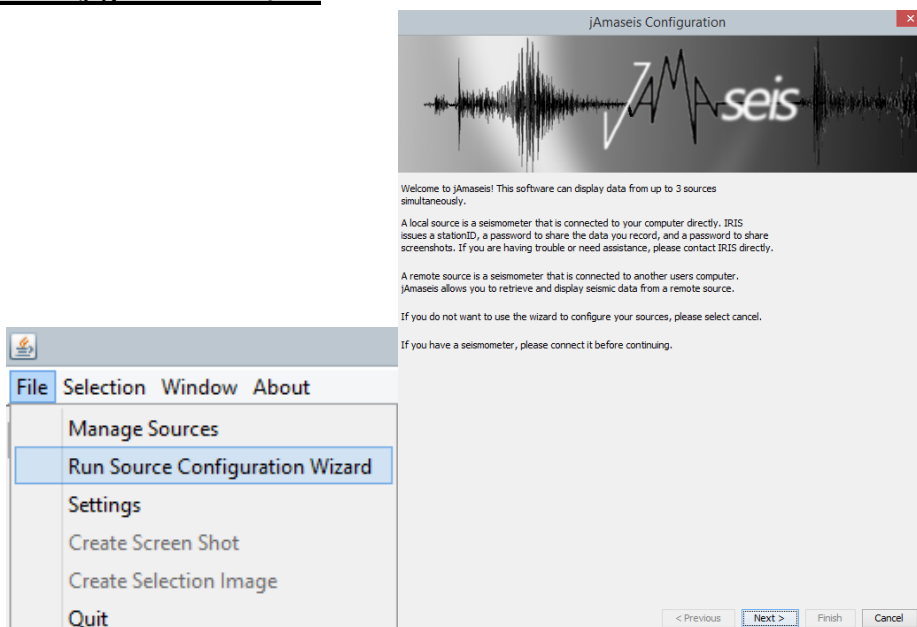
Pe hartă se pot observa câteva stații seismice (simbol albastru). Dându-se click pe fiecare stație se obțin informații despre: locație, coordonate geografice, model de seismometru, codul rețelei, codul stație, etc. Butonul **Shuffle Sources** arată alte stații aleator.

Butonul **Network Selection** permite selectarea stațiilor după coduri:



În coloana din partea dreaptă sunt trecute codurile rețelelor seismice. Se alege un cod de rețea (ex: RO – România) și se adăugă cu butonul **Add** selecția rețelei. În același timp se poate alege ce canal ne interesează (vertical sau orizontal N-S, E-V).

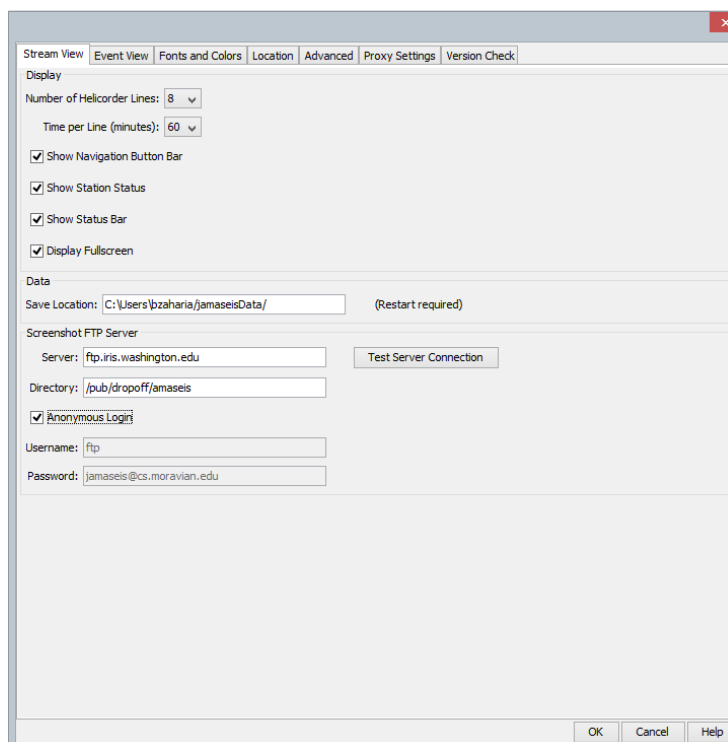
### Run Source Configuration Wizard



Acest meniu permite configurarea seismometrului educațional SEP și este explicat în Instrucțiunile de instalare a aplicației jAmaseis.

### Settings

Meniul permite configurarea aplicației.



**Stream View** permite:

- selectarea numărului de trase seismice (forme de undă) și cât timp să aibă o trasă,
- alegerea locației și numelui dosarului în care se salvează datele,
- verificarea conexiunii la serverul IRIS.

**Event View:**

- permite afișarea evenimentului pe harta Google.

**Font and Colors:**

- permite selectarea fonturilor și culorilor.

## Extragerea și salvarea formelor de undă

Pentru a selecta fereastra ce conține înregistrarea unui cutremur, se apasă și se ține apăsat butonul stânga al mouse-ului și se trage cursorul peste segmentul dorit astfel încât zona selectată să fie evidențiată cu galben (Figura 1); apoi se apasă butonul **Extract Selection** ce va deschide o nouă fereastră, **Selection View** (Figura 2). Această fereastră este împărțită în două zone: prima zonă afișează forma de undă selectată, iar cea de a doua zonă conține parametrii de ajustare ai selecției (Offset – aducerea formei de undă la linia de 0, Zoom Horizontal/Vertical – permite mărirea/micșorarea formei de undă pe orizontală/verticală). Deplasarea pe orizontală (stânga-dreapta) a celor două triunghiuri roșii din prima zonă permite stabilirea ferestrei semnalului care urmează a fi salvat. Apăsând butonul OK forma de undă selectată este importată automat într-o nouă fereastră **Event view** (Figura 3). Aceasta permite analiza cutremurului selectat (localizarea cutremurului și determinarea mărimii cutremurului). Informații suplimentare sunt prezentate în secțiunea **Localizarea unui cutremur**.

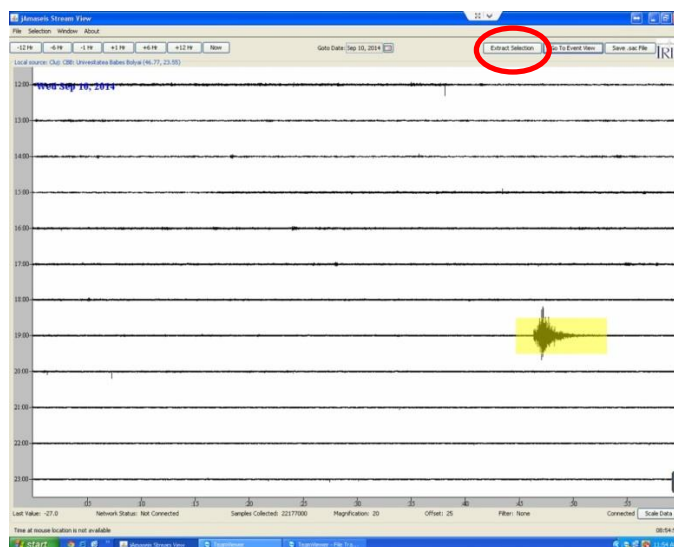


Figura 1. Marcarea intervalului dorit pentru extragerea formei de undă

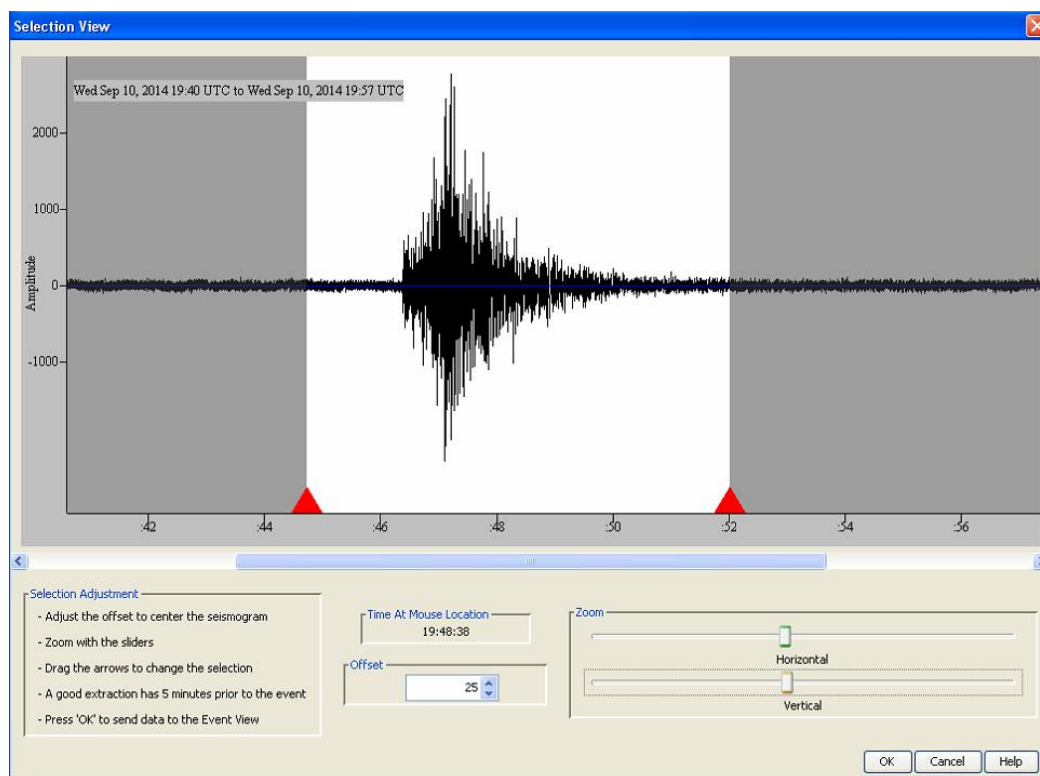


Figura 2. Fereastra *Selection View*

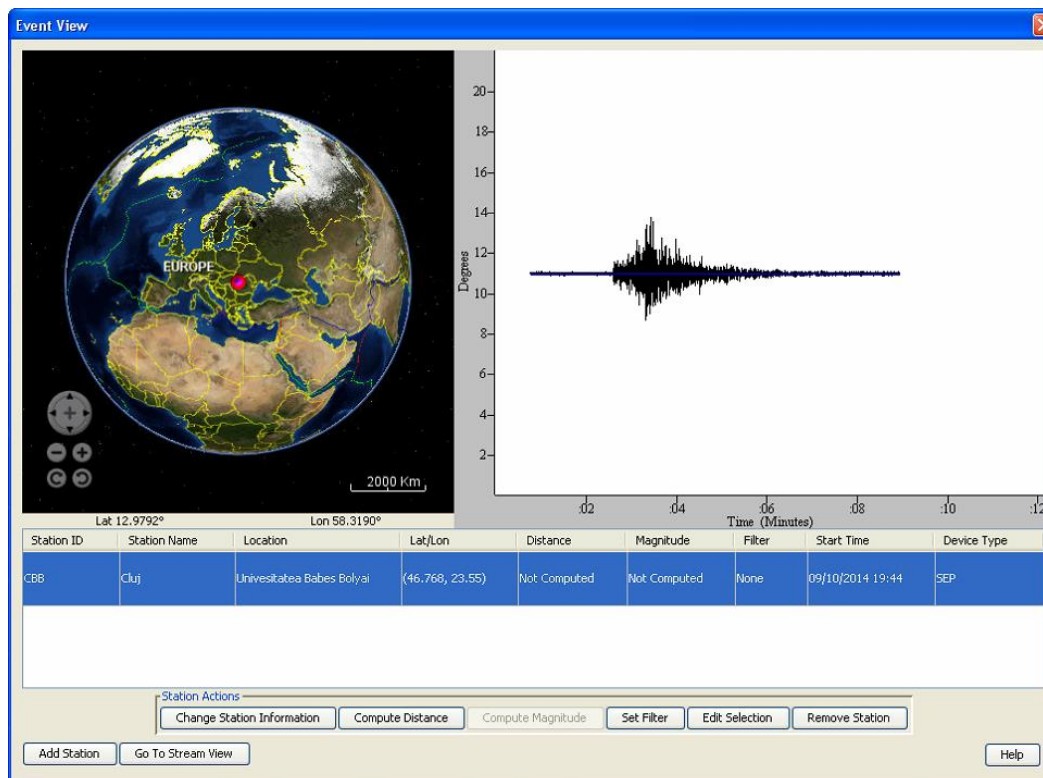


Figura 3. Fereastra *Event View*

În caz că se dorește salvarea seismogramei selectate se apasă butonul **Save .sac file** și se completează în fereastra de dialog nou deschisă **Save selection as .sac** (Figura 4) directorul unde se va salva fișierul și numele fișierului.

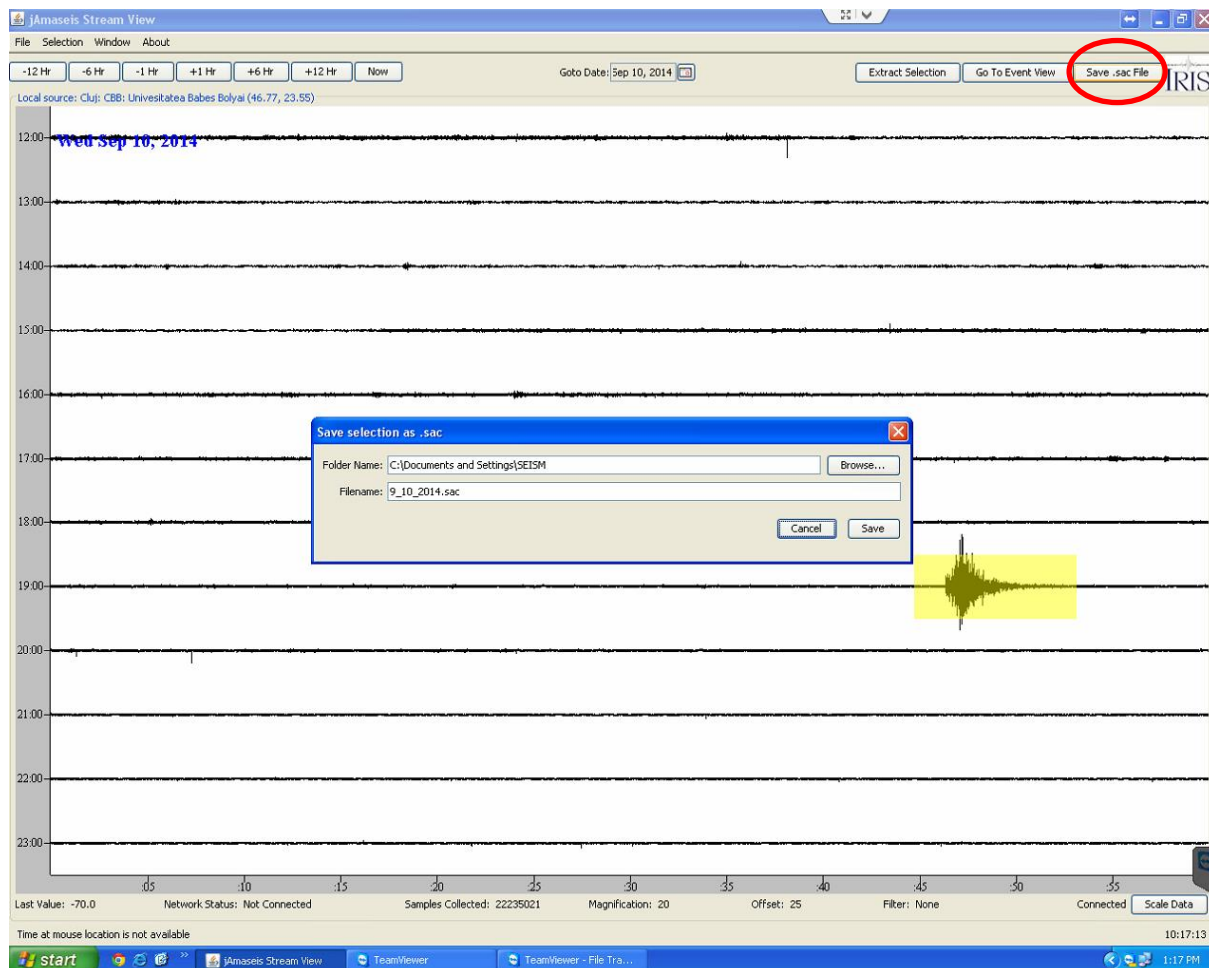


Figura 4. Salvarea unui fișier în format sac.

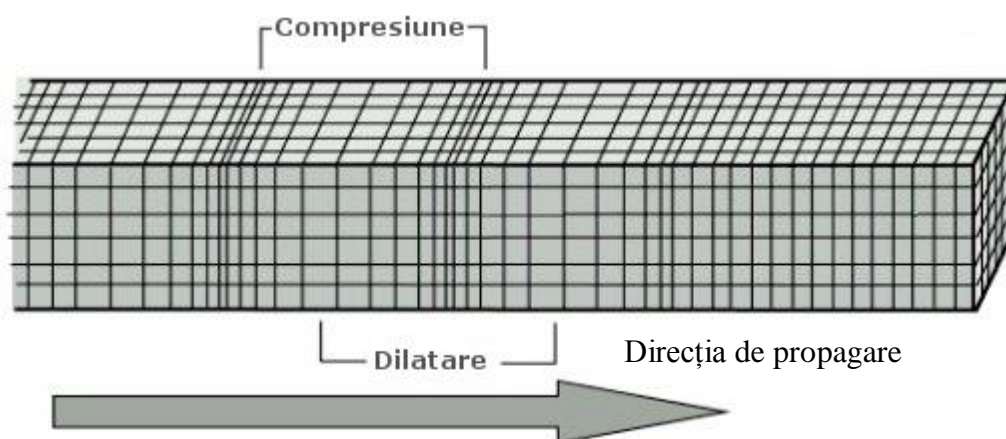
## Localizarea unui cutremur

### Aspecte teoretice

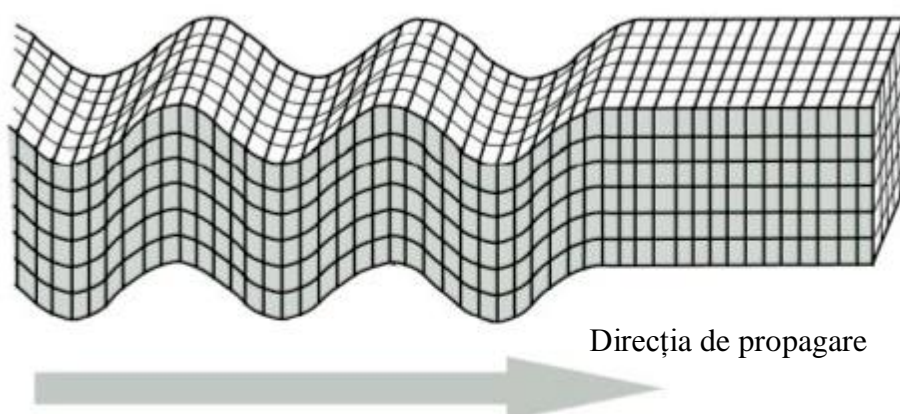
Undele seismice sunt unde elastice generate prin eliberarea bruscă a energiei în focar în momentul producerii unui cutremur. Undele seismice pot fi identificate printr-o serie de parametrii, cum ar fi: viteza lor de propagare, direcția pe care se mișcă particulele mediului la trecerea undei, mediul prin care se propagă. Astfel, există două tipuri principale de unde: **unde de volum** și **unde de suprafață**.

**Unde de volum** - sunt generate în focar și se propagă prin interiorul Pământului în toate direcțiile. Undele de volum includ undele P și S și sunt utilizate pentru a localiza cutremurele și pentru determinarea structurii interne a Pământului.

**UNDE P** - sunt denumite și **PRIMARE** deoarece se propagă cu vitezele cele mai mari și sunt înregistrate primele la o stație seismică. Pot traversa medii atât solide cât și lichide. Aceste unde sunt denumite unde longitudinale sau de compresiune datorită comprimării și dilatării (întinderii) materialului străbătut pe direcția lor de propagare. Vitezele undelor P variază între 1 și 14 km/s. Vitezele mici corespund unor unde P ce se propagă prin apă, iar valorile mari reprezintă viteza undelor P la baza mantalei Pământului.

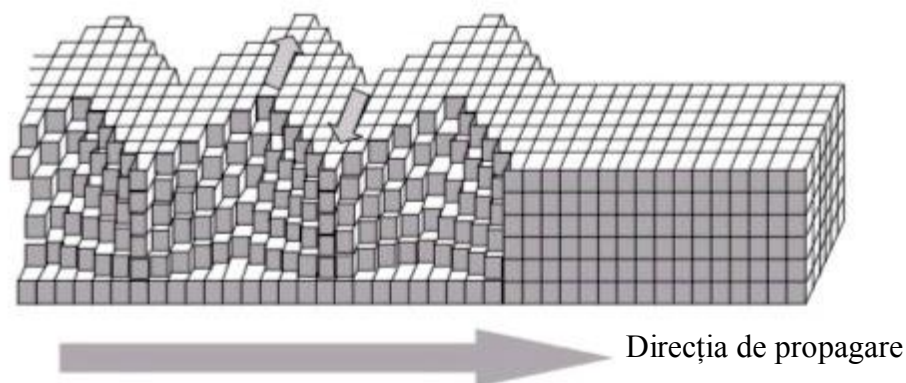


**UNDE S** - sunt denumite și **SECUNDARE** deoarece se propagă cu viteze mai mici decât undele P și apar după acestea pe seismograme. Spre deosebire de undele P, undele S se propagă doar prin medii solide, nu și prin cele lichide. Această caracteristică i-a ajutat pe seismologi să ajungă la concluzia că nucleul extern al Pământului este în stare lichidă. Undele S sunt unde transversale deoarece ele mișcă pământul pe direcție transversală sau perpendiculară fata de direcția lor de propagare. Vitezele undelor S pot varia între 1 și 8 km/s.

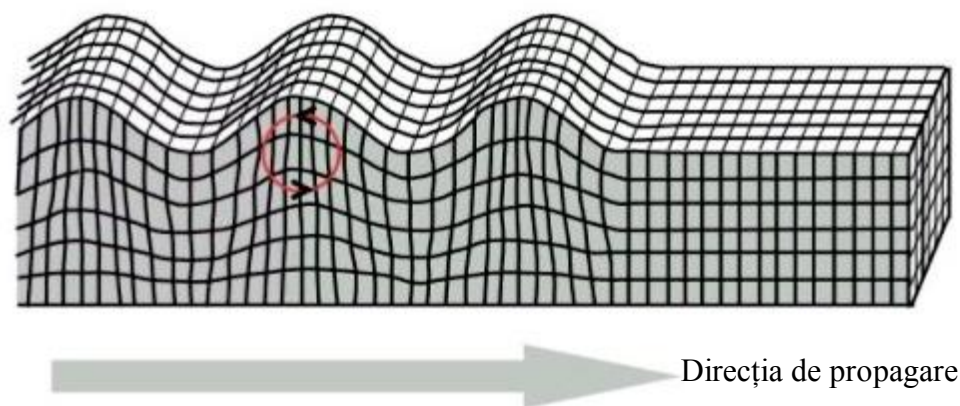


**Unde de suprafață** - sunt generate în urma interacției dintre undele P și S cu suprafața Pământului. Aceste unde se propagă de-a lungul suprafeței Pământului cu viteze mai mici decât undele de volum și sunt considerate răspunzătoare pentru distrugerile provocare de cutremure.

**UNDE Love** - au fost descoperite de matematicianul englez A. E. H. Love (1911), după care au fost și denumite. Sunt cele mai rapide unde de suprafață și sunt înregistrate după undele S. Sunt unde transversale care conduc la o mișcare a terenului orizontală (stânga - dreapta), perpendiculară pe direcția de propagare. Aceste unde pot fi înregistrate numai de aparatele seismice (seismografe) care înregistrează mișcarea orizontală a terenului.



**UNDE Rayleigh** - au fost descoperite (matematic) în 1885 de către John William Strutt (Lord Rayleigh). Au vitezele de propagare cele mai mici și sunt înregistrate pe seismograme după undele Love. Aceste unde sunt similare cu valurile oceanelor și mărilor înainte de a se sparge pe linia țărmului. La trecerea unei unde Rayleigh, pământul se mișcă pe o traiectorie eliptică (în plan vertical) în sens invers acelor de ceasornic (dacă direcția de propagare este către dreapta).



Un cutremur poate fi localizat pornind de la diferențele de timp dintre sosirea undei P și a undei S prin metoda triangulației. Acest nume provine de la faptul că pentru localizare este nevoie de minim trei stații seismice care formează un triunghi imaginar.

Având la dispoziție înregistrarea seismogramei unei singure stații seismice, se poate măsura diferența timpilor de propagare (S-P) și apoi, afla distanța epicentrală. Aceasta poate fi estimată în două moduri:

i)  $D = (T_S - T_P) * 8$ , unde  $D$  – distanța epicentrală exprimată în km,  $T_S$  – timpul de parcurs al undei S din epicentru la stație,  $T_P$  – timpul de parcurs al undei P din epicentru la stație. Cum se ajunge la această ecuație? Pornind de la formula **distanța = viteză \* timp**. Astfel, se poate scrie:

$D = V_P * T_P$  și  $D = V_S * T_S$  unde  $V_P$  și  $V_S$  sunt vitezele de propagare ale undelor P, respectiv S, de unde:

$$T_P = D / V_P \text{ și } T_S = D / V_S$$

$$T_S - T_P = D / V_P - D / V_S = D * (1 / V_P - 1 / V_S) \text{ de unde } D = (T_S - T_P) / (1 / V_P - 1 / V_S) \quad (1)$$

În interiorul Pământului, viteza undei S poate fi aproximată prin relația  $V_S = V_P / \sqrt{3}$  (2)

$$\text{Înlocuind (2) în (1) se obține în final } D = (T_S - T_P) * V_P / (\sqrt{3} - 1) \quad (3)$$

Știind că viteza de propagare a undei P în partea superioară a Pământului poate fi aproximată cu  $5,7 - 6,0$  km/s și înlocuind în (3) se obține  $D = (T_S - T_P) * 8$

ii) Folosind graficul curbelor timpilor de parcurs (Figura 5). Acesta este o reprezentare a timpilor de parcurs, în mod uzual ai undelor P și S, înregistrați în diferite puncte în funcție de distanța față de sursă. Cu alte cuvinte, graficul timpilor de parcurs indică timpul necesar unei unde seismice să parcurgă distanța dintre sursă (timp și distanță = 0) și diferite stații seismice aflate la distanțe variabile. În Figura 5 este important de remarcat faptul că diferența de timp dintre S și P crește cu distanța. Astfel, o seismogramă cu un anumit S-P determinat se va potrivi cu graficul timpilor de parcurs numai pentru o anumită distanță epicentrală.

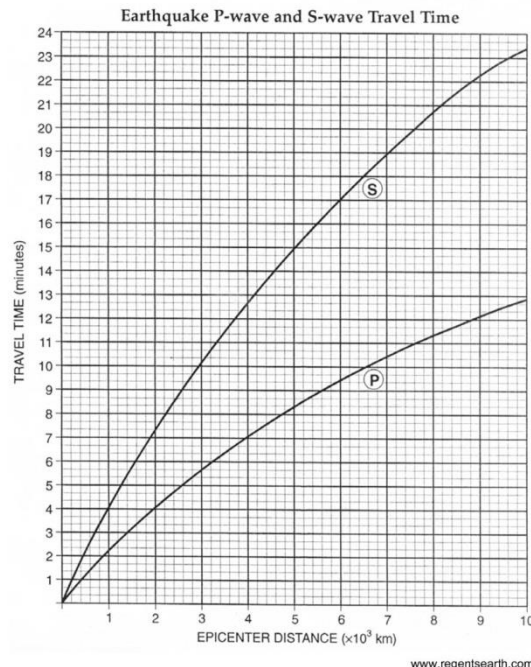


Figura 5 . Exemplu simplificat pentru curbele timpilor de parcurs ai undelor P și S pentru diferite distanțe epicentrale.

Odată determinată distanța epicentrală (distanța dintre stație și eveniment exprimată în km), prin desenarea unui cerc pe o hartă în jurul stației, cu raza egală cu distanța epicentrală,



se vor găsi toate locațiile posibile pentru eveniment. Repetând același procedeu pentru o nouă stație, se va reduce posibila localizare a evenimentului la numai două puncte (punctele în care se intersectează cele două cercuri). Adăugând o nouă stație și repetând procedeu descris mai sus, al treilea cerc va intersecta unul dintre cele două puncte determinate anterior, stabilind astfel epicentrul evenimentului.

Programul jAmaseis folosește metoda triangulației pentru localizarea unui cutremur, metodă ce va fi exemplificată pe date reale în secțiunea *Metoda triangulației în jAmaseis*

### Metoda triangulației în jAmaseis

Fereastra principală utilizată pentru localizarea unui cutremur este **Event View** (Figura 6) și care poate fi deschisă fie urmând pașii descriși în secțiunea *Extragerea și salvarea formelor de undă din fereastra jAmaseis StreamView* fie apăsând butonul **Go to Event View** din fereastra principală (**jAmaseis Stream View**). Fereastra **Event View** este împărțită în 4 secțiuni:

- i) prima secțiune prezintă o imagine a globului terestru pe care sunt marcate stațiile seismice utilizate în localizare
- ii) a doua secțiune prezintă forma de undă încărcată
- iii) a treia secțiune afișează informațiile despre fiecare stație (cod, nume, localizare, latitudine/longitudine, distanța epicentrală, magnitudine, filtru, timpul de început, tipul instrumentului) și iv) a patra secțiune conține 8 butoane care au următoarele funcții: modificarea informației unei stații (**Change Station Information**), calcularea distanței epicentrale (**Compute Distance**), calcularea magnitudinii (**Compute Magnitude**), filtrarea datelor (**Set Filter**), modificarea modului de vizualizare a formei de unda (**Edit Selection**), înlăturarea unei stații (**Remove Station**), adăugarea unei stații (**Add Station**) și revenirea la modul de vizualizare în timp real (**Go To Stream View**).

Pentru a exemplifica localizarea unui cutremur folosind jAmaseis se vor utiliza seismogramele reale înregistrate la 3 stații seismice românești (Carcaliu – CFR, Gura Zlata – R și Surlari – SULR) în timpul cutremurului vrîncean din 6 octombrie 2013 de magnitudine  $M_L = 5,5$  și adâncime  $H = 135$  km.

Din fereastra **Event View** se adaugă forma de undă de la prima stație apăsând butonul **Add Station**. Forma de undă se găsește în directorul de date creat de programul jAmaseis (jamaseisData). Calea către acest director e diferită de la calculator la calculator. În acest exemplu calea către forma de undă este: `c:\Users\roeduseis1\jamaseisData\date_RO_network\cutremur_6octombrie2013_MI5.5`. Se selectează fișierul CFR.HHN.279.sac și cu ajutorul butonului **Open** din fereastra de dialog deschisă se încarcă fișierul în jAmaseis. La fel se procedează și pentru celelalte două stații, GZR și SULR.

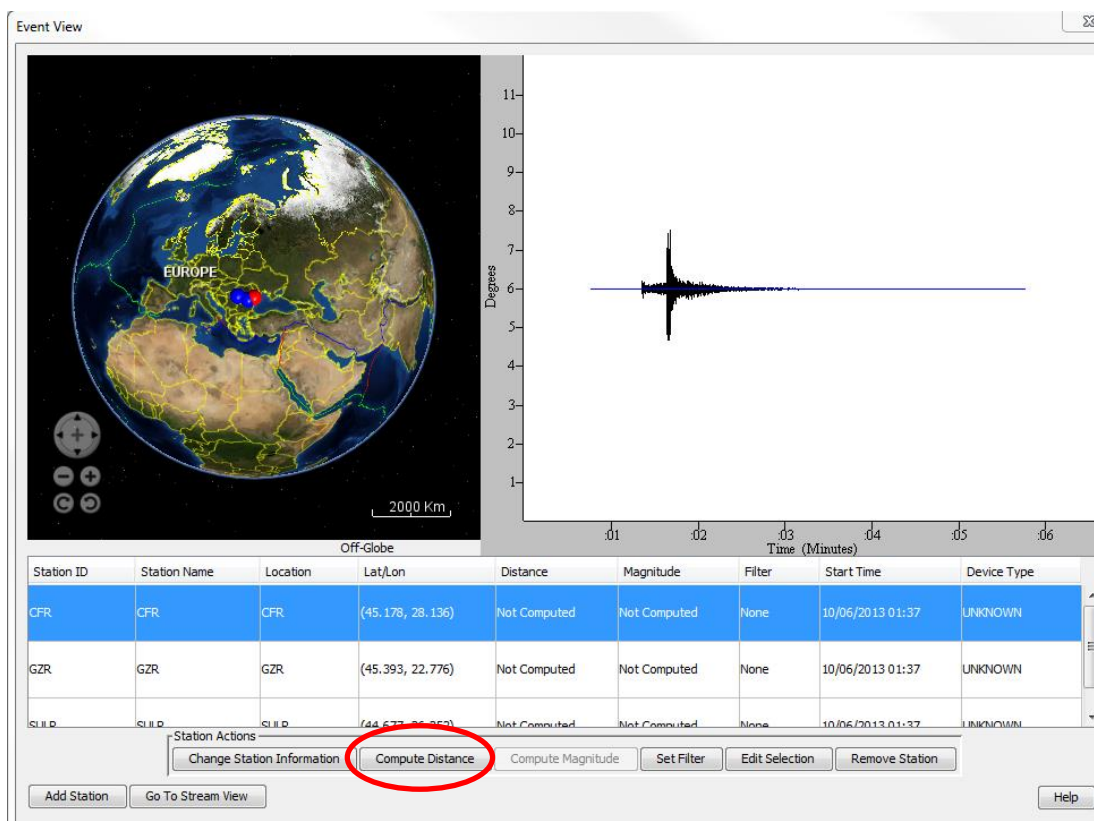
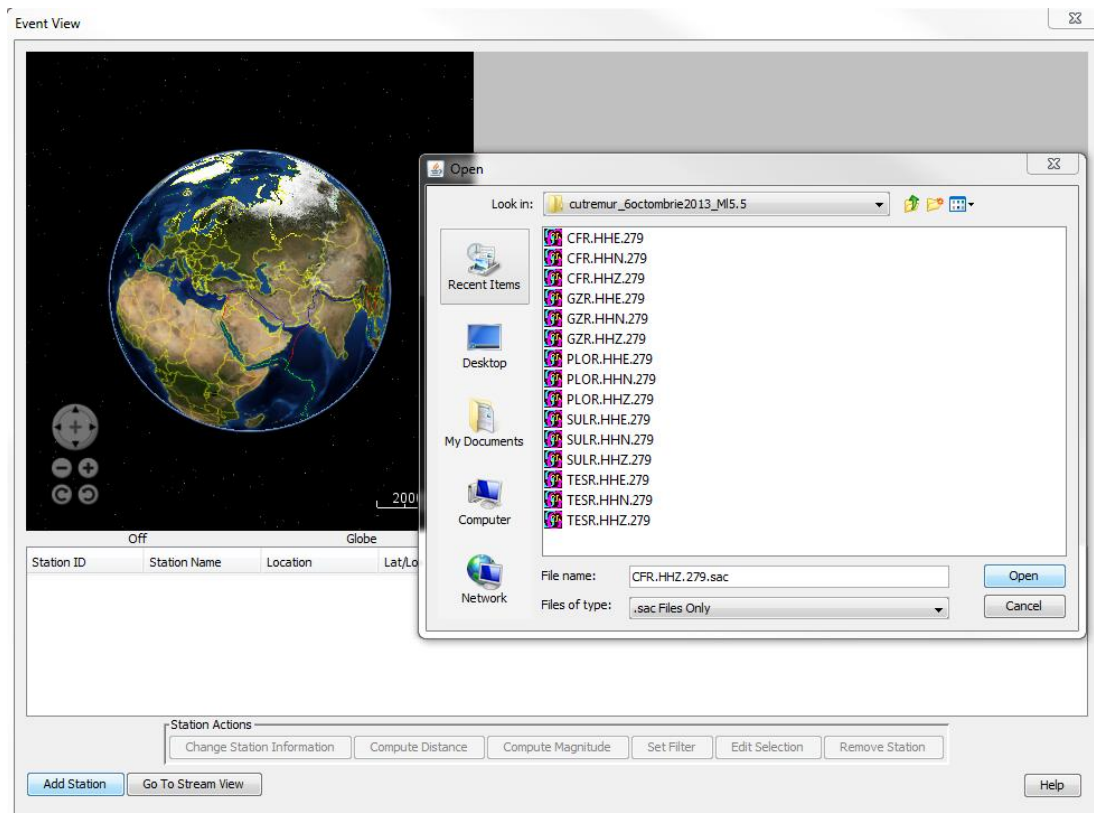


Figura 7. Fereastra *Event View*

Odată încărcate stațiile, se poate trece la următoarea etapă, calcularea distanței epicentrale pentru fiecare stație. Acest lucru se face apăsând butonul **Compute Distance** (Figura 7), operație care are ca rezultat deschiderea unei noi ferestre **Travel Time Computation** (Figura 8). Aceasta este împărțită în trei zone: prima și cea mai mare zonă permite afișare formei de undă și deplasarea acesteia atât pe orizontală (axa timpului) cât și pe verticală (axa distanței epicentrale exprimată în grade geografice –  $1^\circ = \sim 111$  km); în partea din stânga există o zonă în care este afișat globul terestru și pe care este marcată poziția stației selectate și o zonă care permite afișarea curbelor timpilor de parcurs pentru diferite tipuri de unde (P, S, pP, SS, PP, Love sau Rayleigh), stabilirea adâncimii cutremurului, mărirea/micșorarea (zoom) și filtrarea formei de undă (Figura 8)

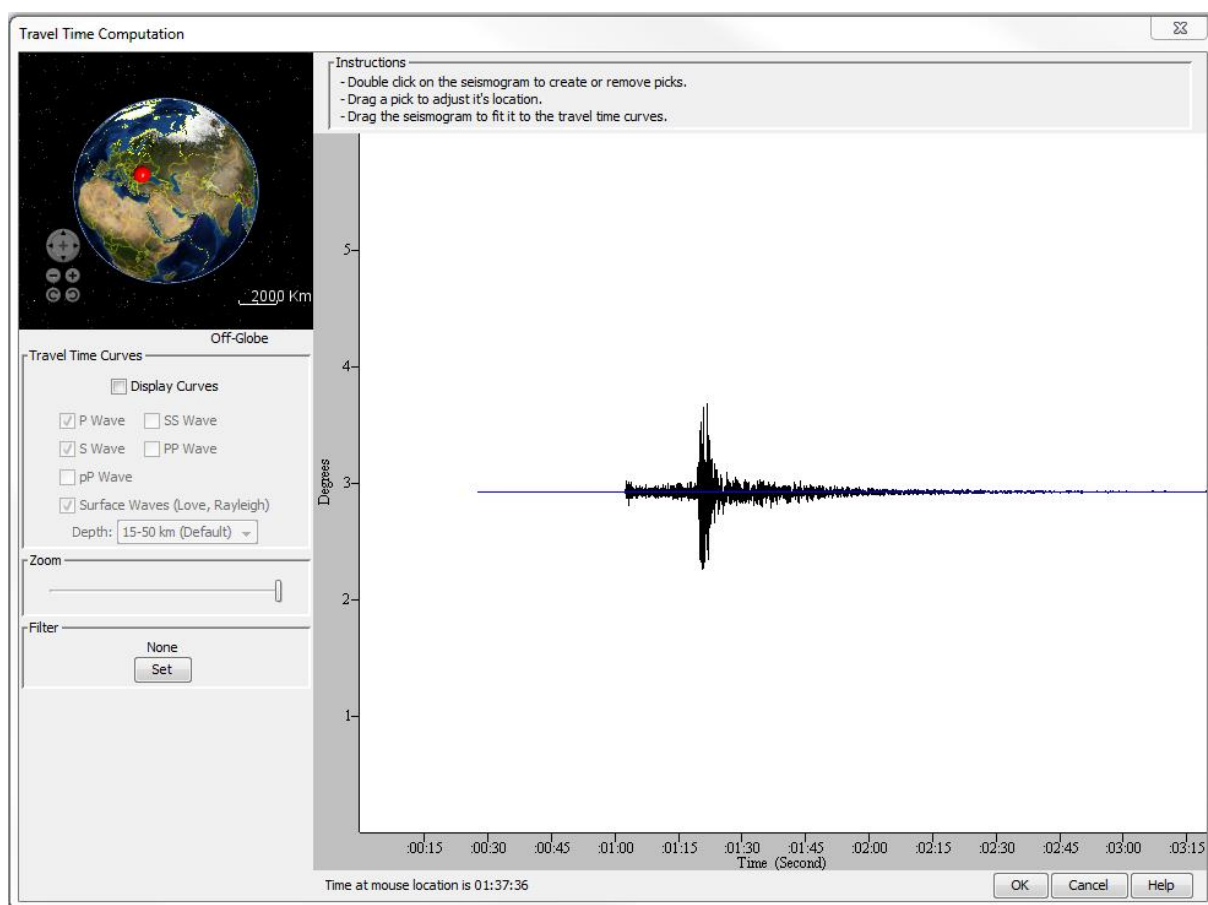


Figura 8. Fereastra **Travel Time Computation**

Pașii care trebuie urmați pentru calcularea distanței epicentrale sunt următorii:

1. Filtrarea formei de undă pentru o mai bună vizualizare a sosirilor undelor P, S, etc. (aceasta operație este opțională; este recomandată în cazul în care forma de undă este zgomotoasă)
2. Deplasarea pe verticală a formei de undă la o distanță epicentrală mică, efectuarea unui zoom care să permită citirea undelor P și S și marcarea timpilor de sosire. Marcarea acestor timpi se face executând dublu-click pe seismogramă la momentul sosirii unde

- P și la momentul sosirii undei S. Pe grafic vor apărea două linii roșii verticale, una în dreptul undei P și una în dreptul undei S.
- Afișarea curbelor timpilor de parcurs prin bifarea căsuței **Display Curves** și selectarea numai a undelor P și S.
  - Selectarea adâncimii cutremurului. În exemplul nostru, adâncimea reală a cutremurului este 135 km, astfel că se alege intervalul 50 – 150 km. Se poate observa cum se modifică curbele timpilor de parcurs în funcție de adâncimea selectată.
  - Deplasarea formei de undă pe orizontală și verticală astfel încât liniile roșii verticale să intersecteze curbele timpilor de parcurs (linia verticală corespunzătoare sosirii undei P trebuie să intersecteze curba timpilor de parcurs ai undei P, iar linia verticală corespunzătoare sosirii undei S trebuie să intersecteze curba timpilor de parcurs ai undei S. Distanța epicentrală este estimată automat, afișată în colțul din dreapta jos și exprimată atât în grade cât și în km. Pentru stația CFR distanța epicentrală estimată este 127 km (Figura 9).

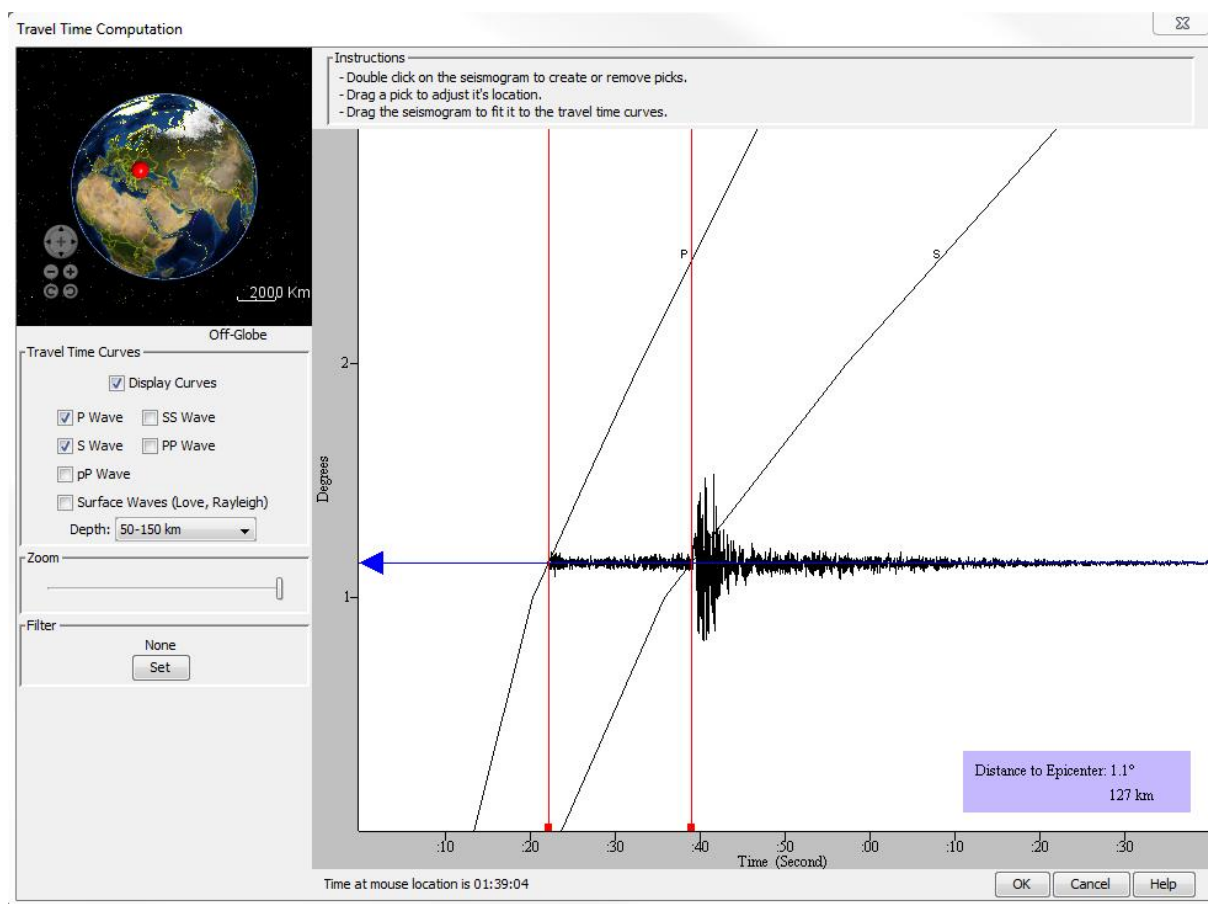


Figura 9. Estimarea distanței epicentrale pentru stația CFR

- Se repetă punctele 1, 2, 3, 4, 5 și pentru stațiile GZR și SULR și se obțin distanțele epicentrale 302,38 km, respectiv 116, 47km (Figurile 10, 11 )

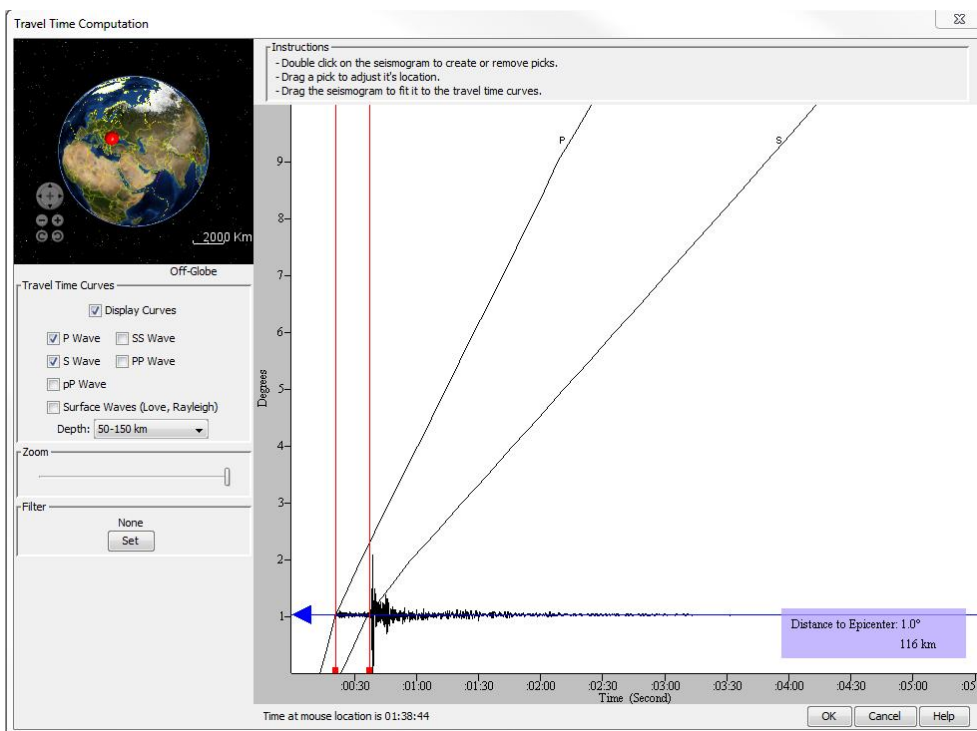
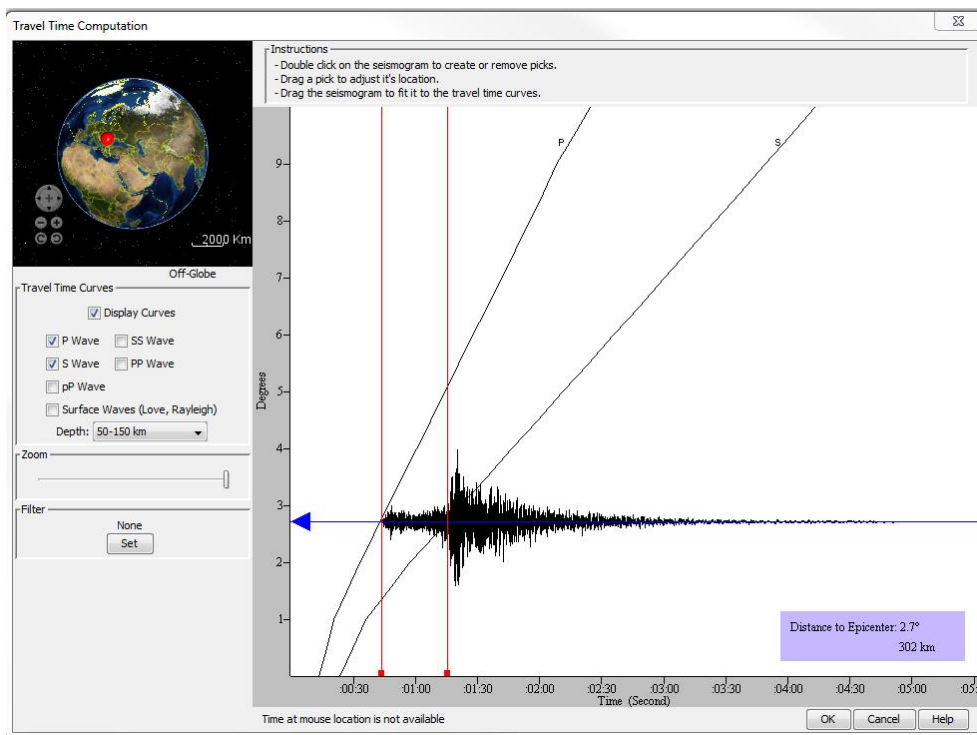


Figura 10. Estimarea distanței epicentrale pentru stația SULR

- În Figura 11 se poate observa că cele trei cercuri trasate pe baza distanțelor epicentrale determinate se intersectează într-un punct. Acesta reprezintă epicentrul cutremurului.

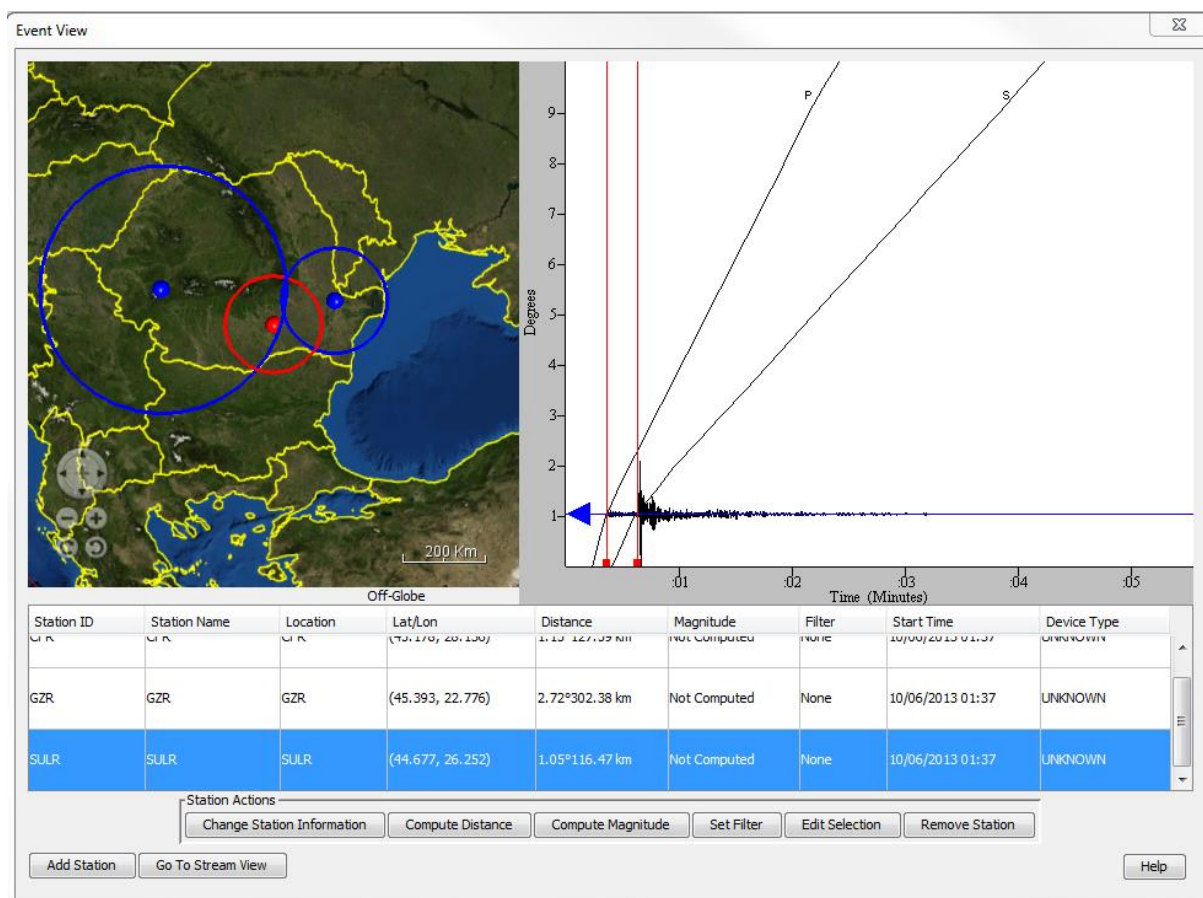


Figura 11. Epicentrul cutremurului din 6 octombrie 2013 localizat prin metoda triangulației în jAmaseis