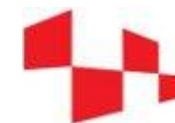


Potresi i Dubrovnik

Helena Latečki
hlatecki@gfz.hr

Geofizički odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta
Sveučilište u Zagrebu

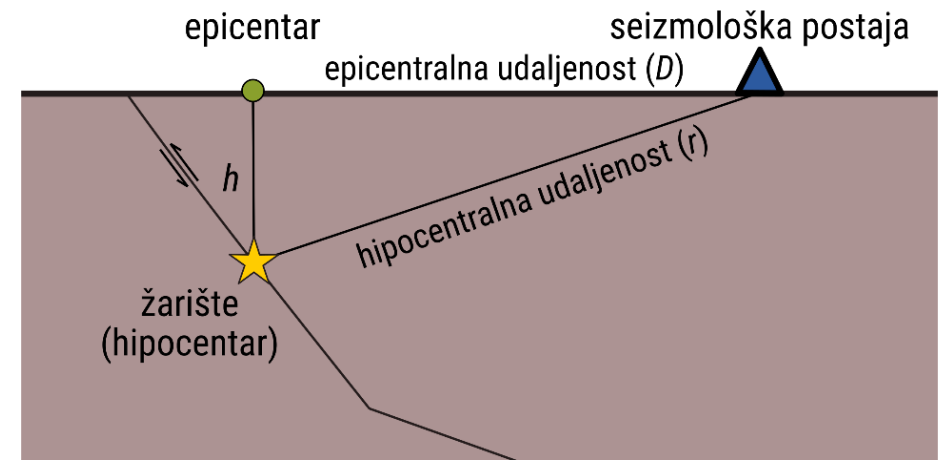
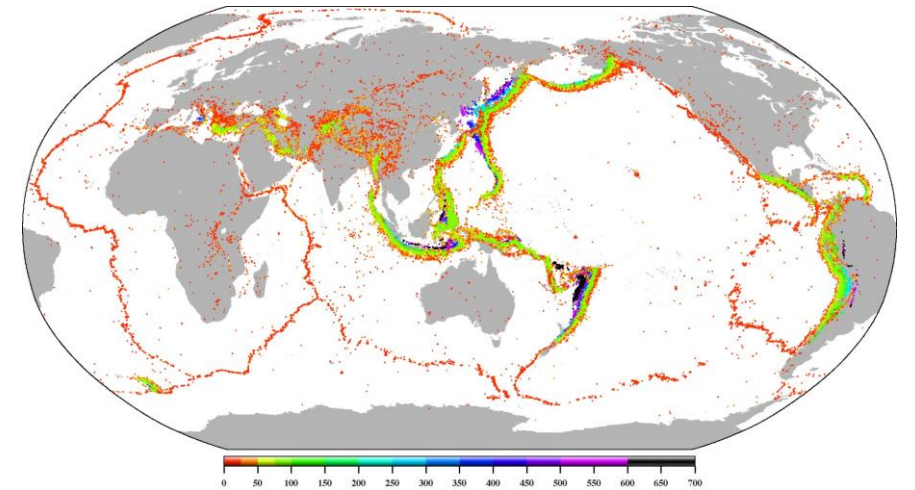


HRZZ
Hrvatska zaklada
za znanost



Ukratko o seizmologiji i potresima

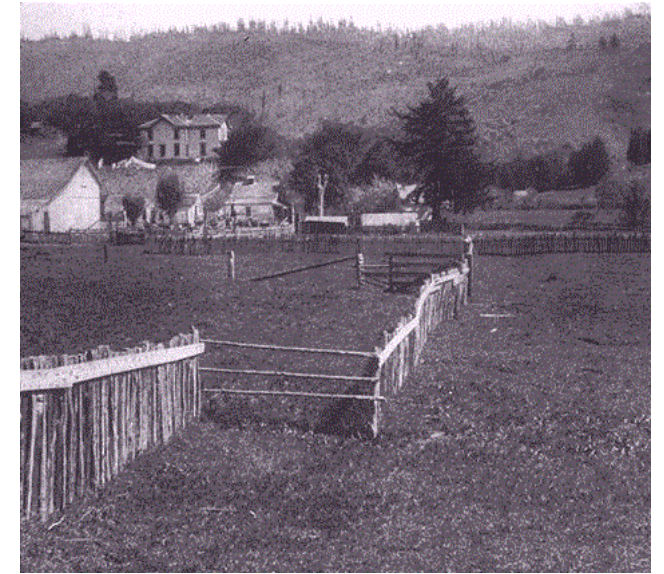
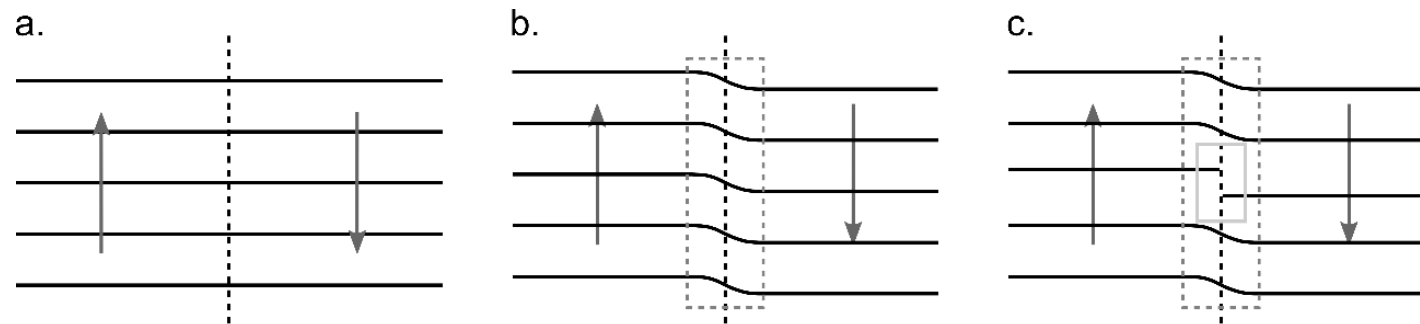
- **Seizmologija** je znanstvena disciplina koja **proučava nastajanje potresa, rasprostiranje seizmičkih valova, njihov učinak na površini Zemlje i samu građu Zemlje.**
- **Potres** je iznenadno otpuštanje nakupljene potencijalne elastičke energije u Zemljinoj unutrašnjosti (kori) u obliku elastičkih (seizmičkih) valova i topline.
- Najčešće se događaju na **rasjedima*** (tektonski potresi), a mogu još biti **vulkanski, urušni, impaktni i umjetni** (npr. eksplozije, inducirani potresi).
- Kvaziperiodični su, što znači da se **ponavljaju u nepravilnim razmacima.**



Kako nastaje potres?

- Harry F. Reid na temelju istraživanja snažnog **potresa** $M_W = 7.9$, koji se dogodio **18. travnja 1906. godine u San Franciscu, 1910. godine objavljuje teoriju elastičkog odraza:**

djelovanje sila suprotnog smjera → naprezanje i deformacija → pucanje i pomak → novo ravnotežno stanje → ...



* **Rasjed** definiramo kao posmične pukotine po kojim je ostvaren vidljiv pomak stijenskih blokova.

Što su seizmički valovi?

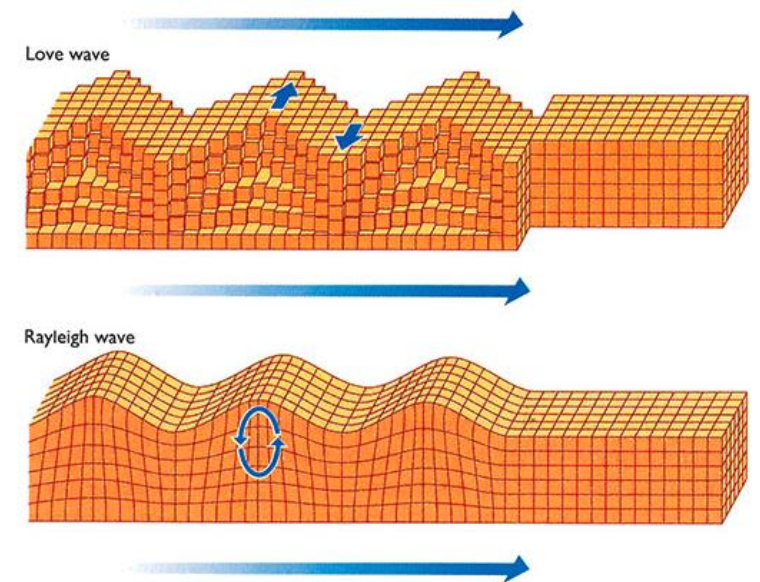
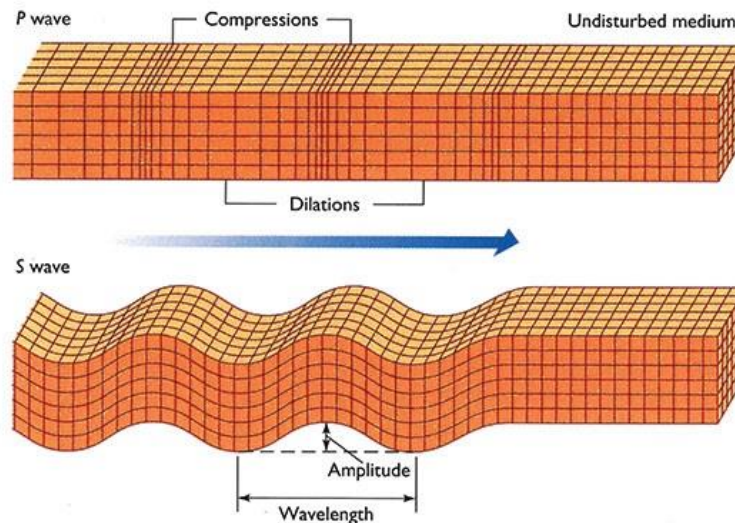
- **Pri pomaku rasjednih krila**, u samom žarištu, nastaje **valni poremećaj** koji putuje Zemljom na sve strane u obliku različitih vrsta valova.

- **Prostorni valovi:**

- Longitudinalni P-valovi
- Transverzalni S-valovi

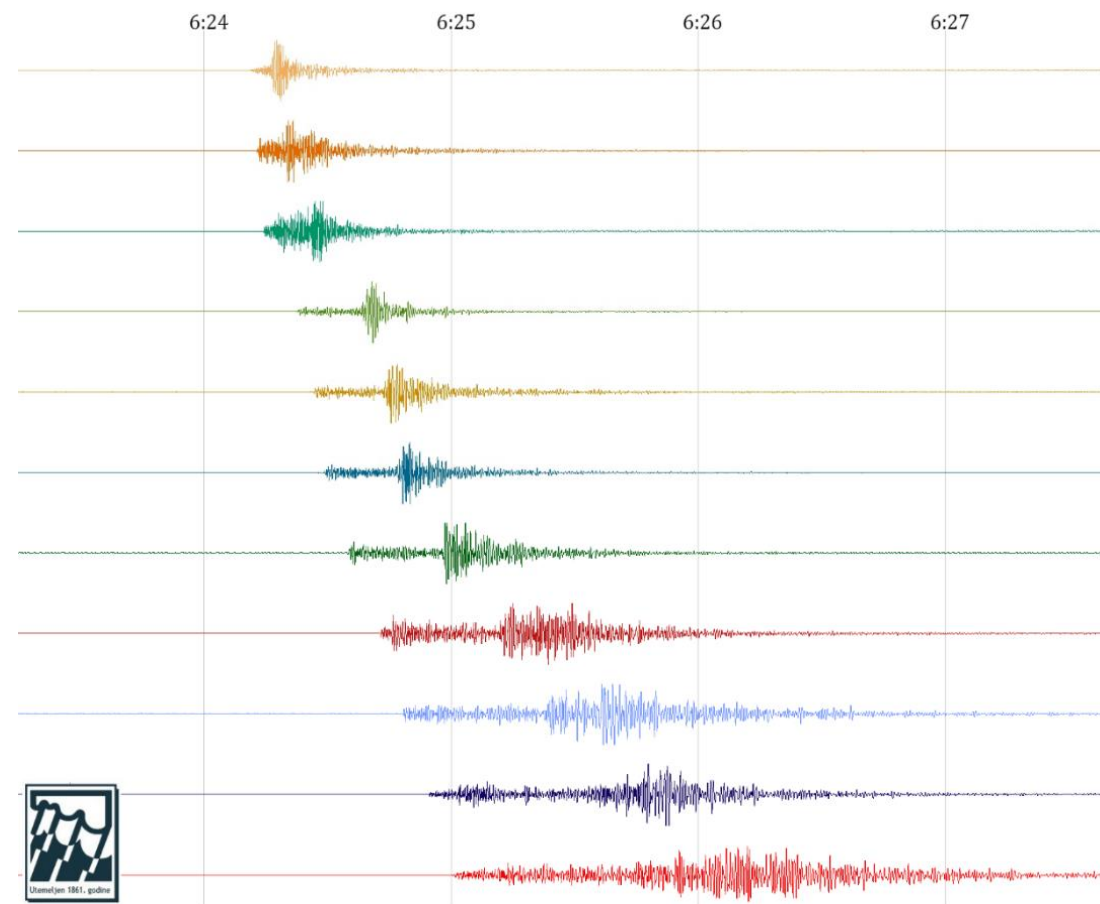
- **Površinski valovi:**

- Loveovi valovi
- Rayleighjevi valovi



Kako bilježimo i lociramo potrese?

- **Seizmograf** je uređaj koji konstantno bilježi gibanje Zemljine površine.
- **Seizmogram** je zapis gibanja tla, a može prikazivati seizmički nemir, eksploziju, urušavanje, potres...
- Za lociranje potresa potrebni su zapisi na **barem tri seizmološke postaje** (4 za određivanje i dubine), te je potrebno poznavati **brzine putovanja P- i S-valova valova**: (što realističniji) model brzina + inverzni problem (numerika i računalo).



Seizmogrami zagrebačkog potresa iz 2020. ML = 5.5 zabilježeni na 11 postaja.

Koliko je potres bio jak – Magnituda i intenzitet

- Magnituda M je broj koji opisuje relativnu veličinu ili količinu oslobođene seizmičke energije potresa.

- Lokalnu magnitudu M_L** definirao je Charles F. Richter 1935. god. →
(Prikladna je samo za $D < 1000$ km)

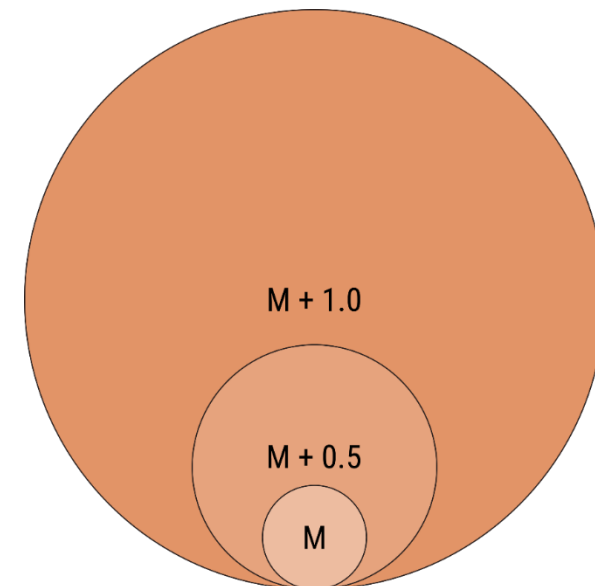
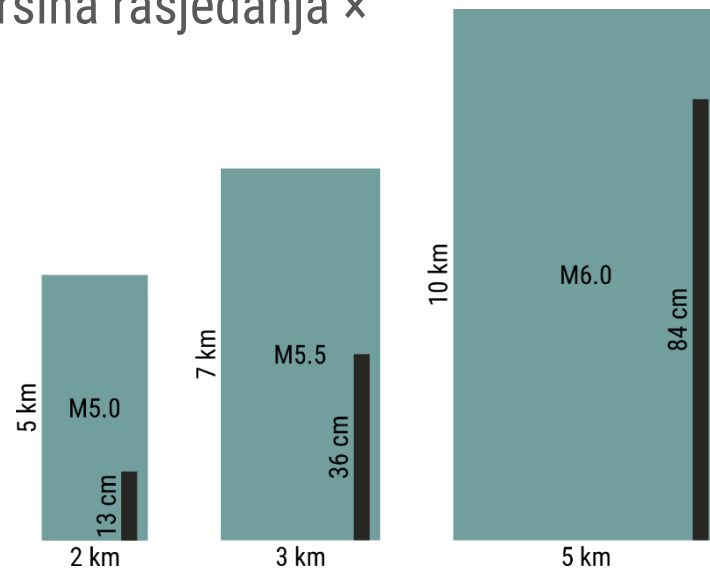
$$M_L = \log \frac{A}{T} + F(h, D) + C$$

najveća amplituda S-vala

kalibracijska funkcija svojstvena nekom području

- Momentna magnituda M_W** izravno je povezana sa seizmičkim momentom (\sim površina rasjedanja \times prosječni pomak po rasjedu).

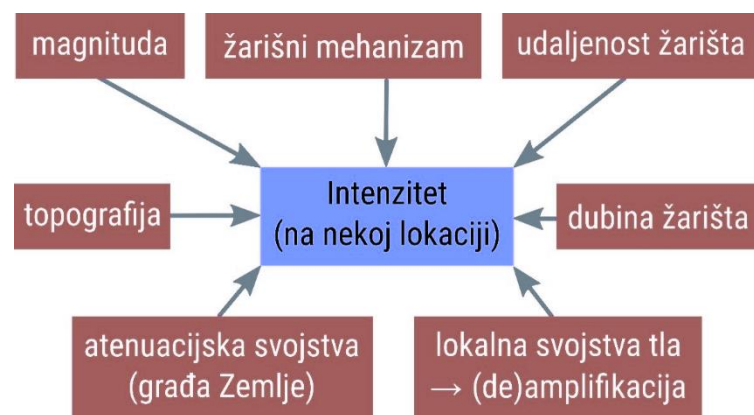
- Magnituda je jedinstveni broj za jedan potres, bez obzira na to odakle promatramo, ali ima svoju nepouzdanost!



Potres $M + 1$
→ 10 puta veća amplituda od potresa M
→ 32 puta veća energija od potresa M

Koliko je potres bio jak – Magnituda i intenzitet

- Jačina potresa na nekom mjestu može se opisati i (makroseizmičkim) **intenzitetom I** – ljestvicom koja opisuje učinak potresne trešnje na površini Zemlje.

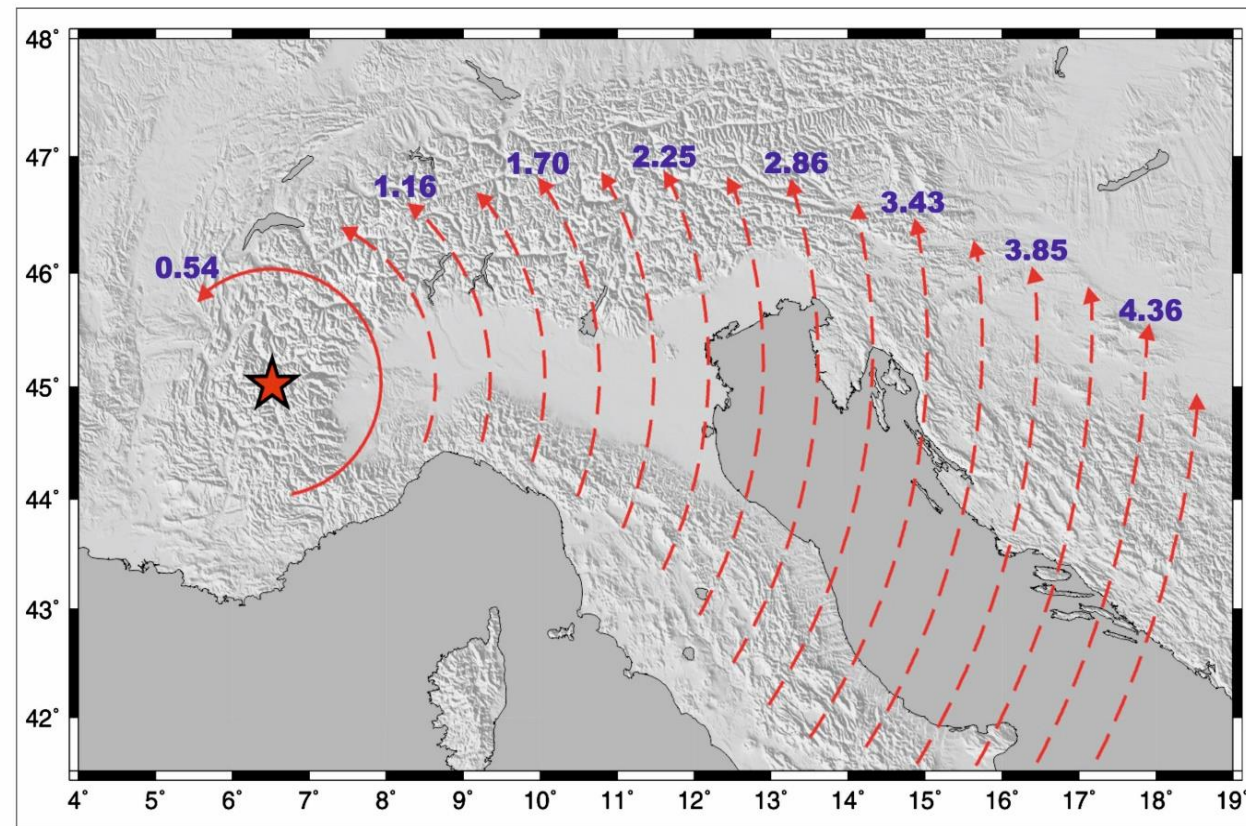


- Postoje različite ljestvice ovisno o području za koje se primjenjuju i načinu gradnje, pa su se razvile npr. **Mercalli-Cancani-Siebergova (MCS)**, **Medvedev-Sponheuer-Karnikova (MSK)** i **Europska makroseizmička ljestvica (EMS)**.

Stupanj	Naziv potresa	Kratki opis karakteristika ljestvice MCS
I °	Nezamjetljiv	Bilježe ga jedino seizmografi.
II °	Jedva osjetan	Osjeti se samo u gornjim katovima visokih zgrada.
III °	Lagan	Tlo podrhtava kao kad ulicom prođe automobil.
IV °	Umjeren	Prozorska okna i staklenina zveče kao da je prošao težak teretni automobil.
V °	Prilično jak	Njišu se slike na zidu. Samo pojedinci bježe na ulicu.
VI °	Jak	Slike padaju sa zida, ormari se pomiču i prevrću. Ljudi bježe na ulicu.
VII °	Vrlo jak	Ruše se dimnjaci, crjepovi padaju sa krova, kućni zidovi pucaju.
VIII °	Razoran	Slabije građene kuće se ruše, a jače građene oštećuju. Tlo puca.
IX °	Pustošni	Kuće se teško oštećuju i ruše. Nastaju velike pukotine, klizišta i odroni zemlje.
X °	Uništavajući	Većina se kuća ruši do temelja, ruše se mostovi i brane. Izbija podzemna voda.
XI °	Katastrofalan	Srušena je velika većina zgrada i drugih građevina. Kidaju se i ruše stijene.
XII °	Veliki katastrofalan	Do temelja se ruši sve što je čovjek izgradio. Mijenja se izgled krajolika, rijeke mijenjaju korito, jezera nestaju ili nastaju.

Potresi u Hrvatskoj

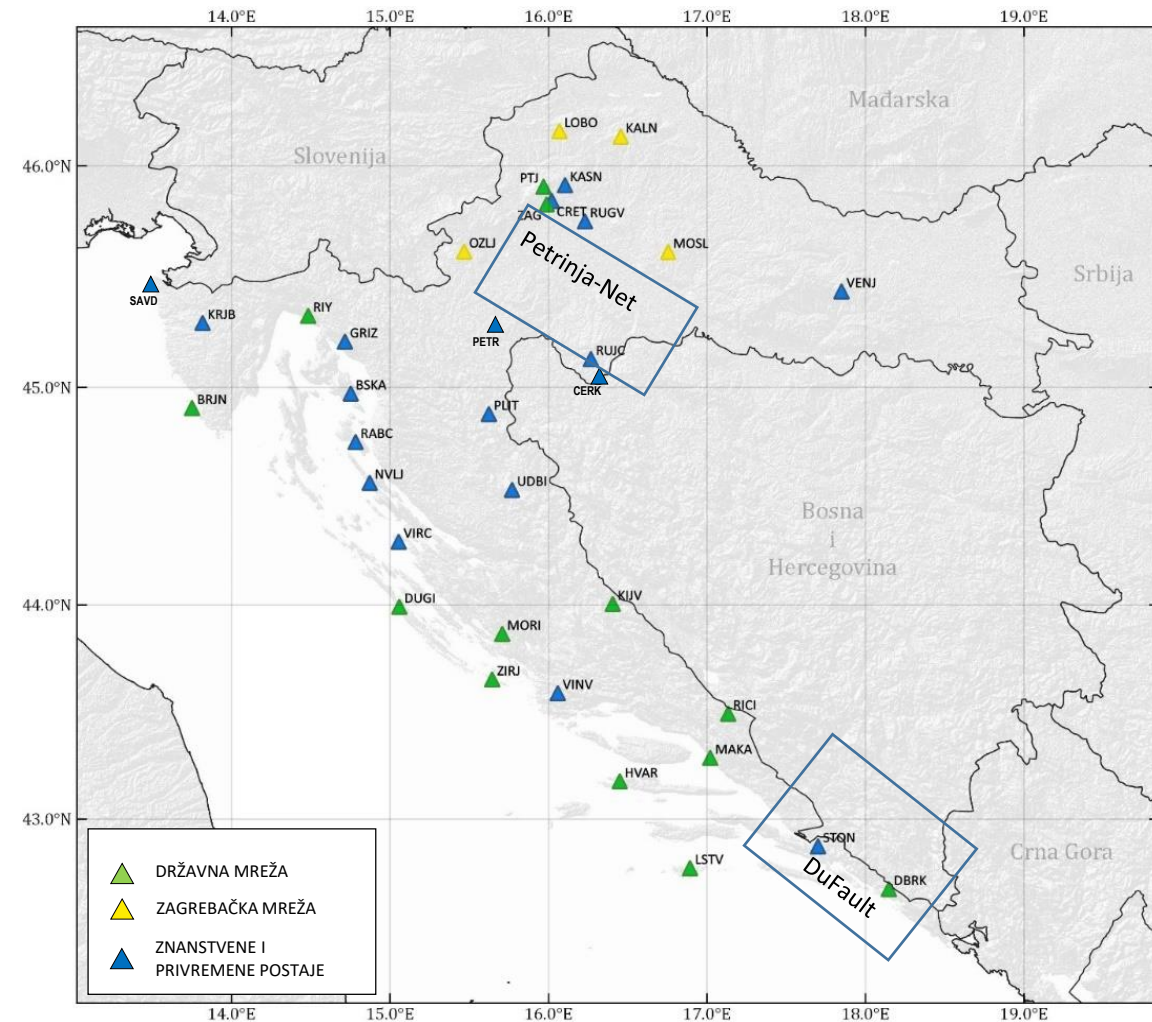
- Afrička ploča gura Jadransku ploču u Euroazijsku ploču zbog čega su se izdigli Dinaridi (i Alpe).



Raspored i brzina konvergentnih kretanja (mm/god.) u stabilnom dijelu Jadranske mikroploče i u okolnim planinskim lancima proračunati na temelju GPS-mjerenja.

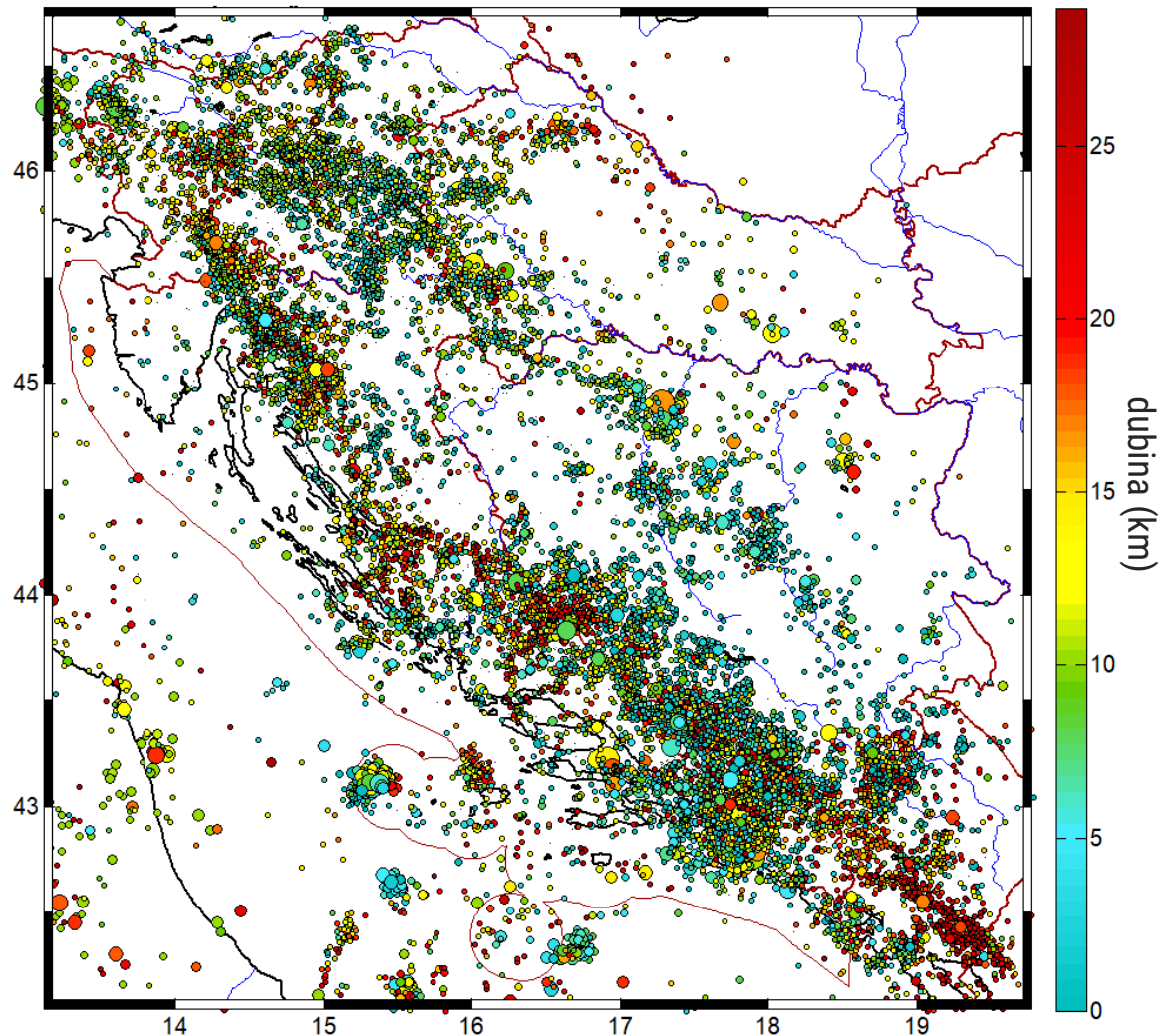
Seizmologija u Hrvatskoj

- Seizmolozi s **Geofizičkog odsjeka PMF-a** djeluju kroz **Seizmološku službu i Geofizički zavod Andrije Mohorovičića**, a bave se:
 - **lociranjem i kvantifikacijom potresa** (priprema Hrvatskog kataloga potresa)
 - analizom **povijesnih potresa** (< 1908. god.)
 - određivanjem **žarišnog mehanizma** potresa i određivanjem **režima napetosti** u području Hrvatske i okolice
 - istraživanjem **građe Zemlje** (struktura kore i gornjeg plašta te litosfere)
 - određivanjem **atenuacijskih i anizotropnih svojstava** stijena
 - računanjem **seizmičkog hazarda** i (seizmičkom) **mikrozonacijom**
 - istraživanjem **utjecaja potresa na zgrade**
 - **obrazovanjem** budućih **seizmologa** (geofizičara)

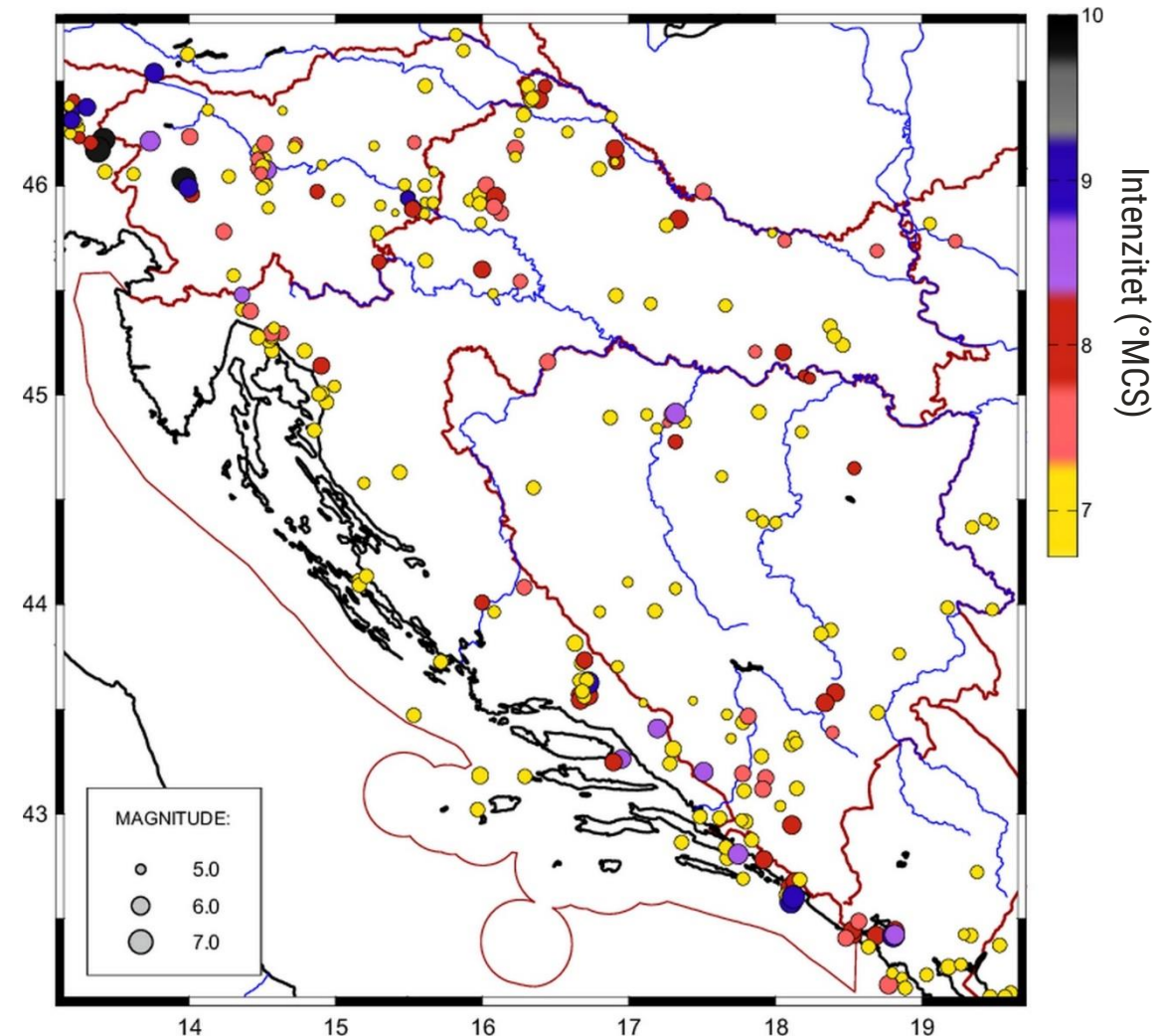


Hrvatska seizmografska mreža.

Potresi u Hrvatskoj

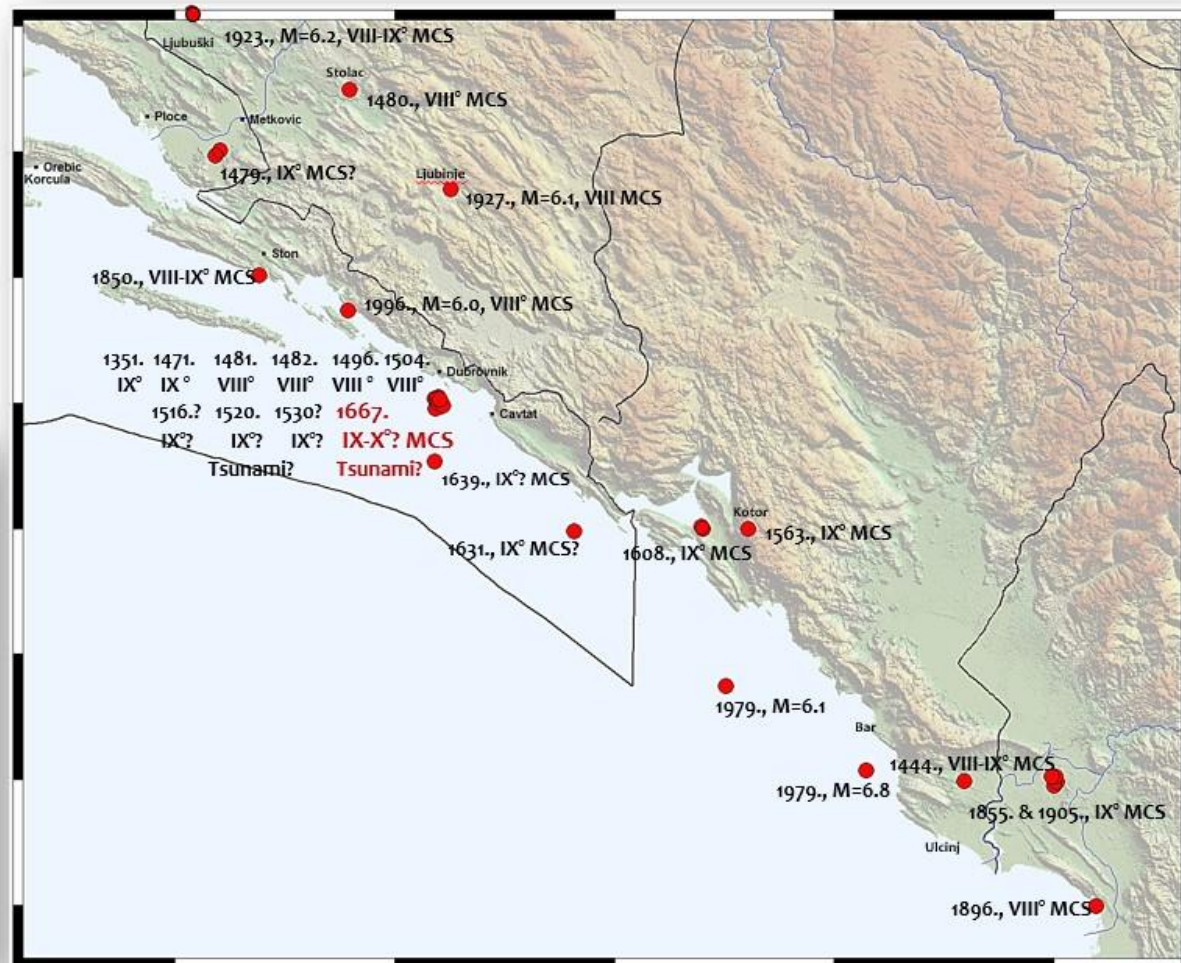
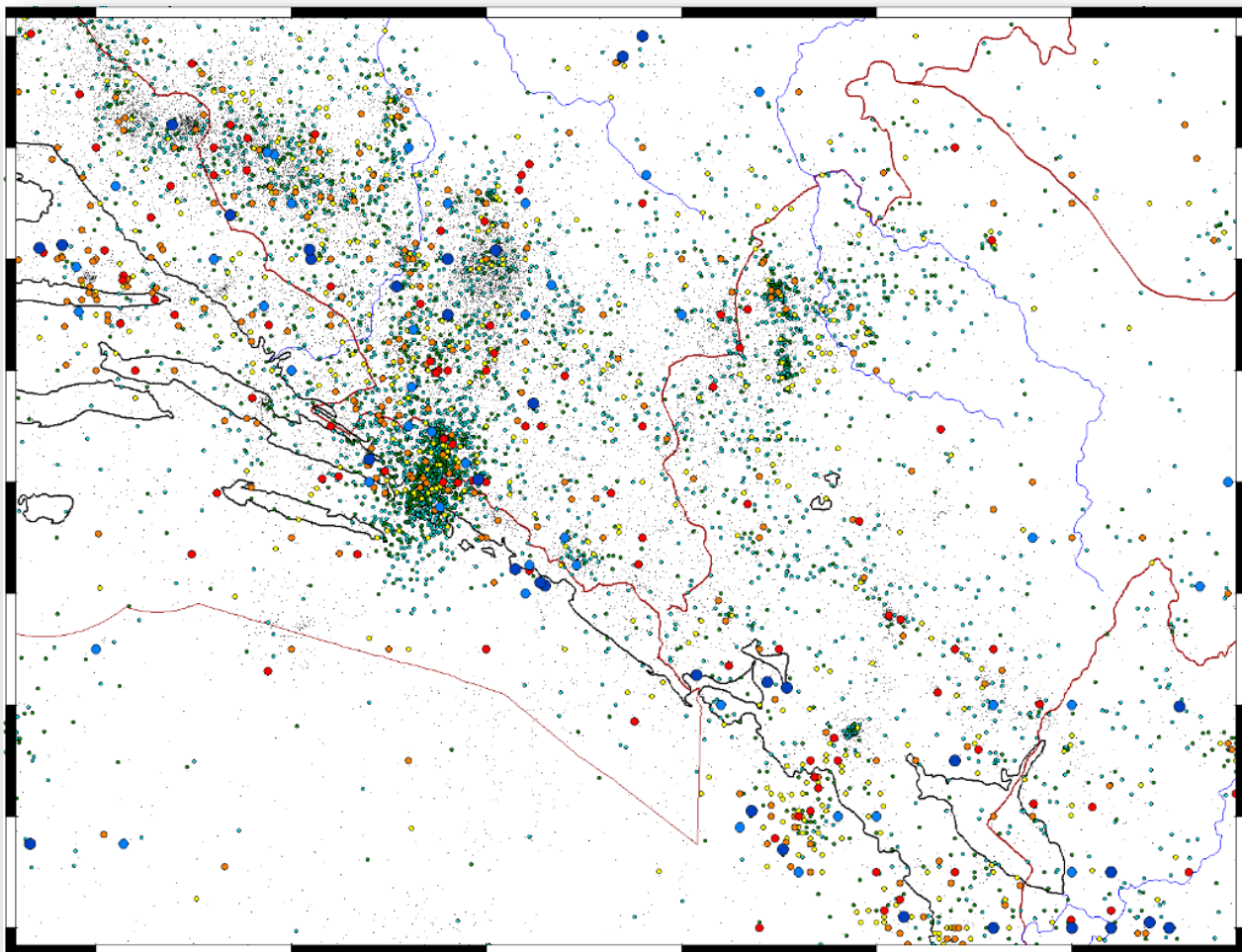


Epicentri potresa magnitude $M \geq 1.0$ za 1908. – 2019.



Epicentri glavnih potresa s intenzitetom u epicentru $I_0 \geq VII$ °MCS (pr. Kr. – 2019).

Potresi kod Dubrovnika

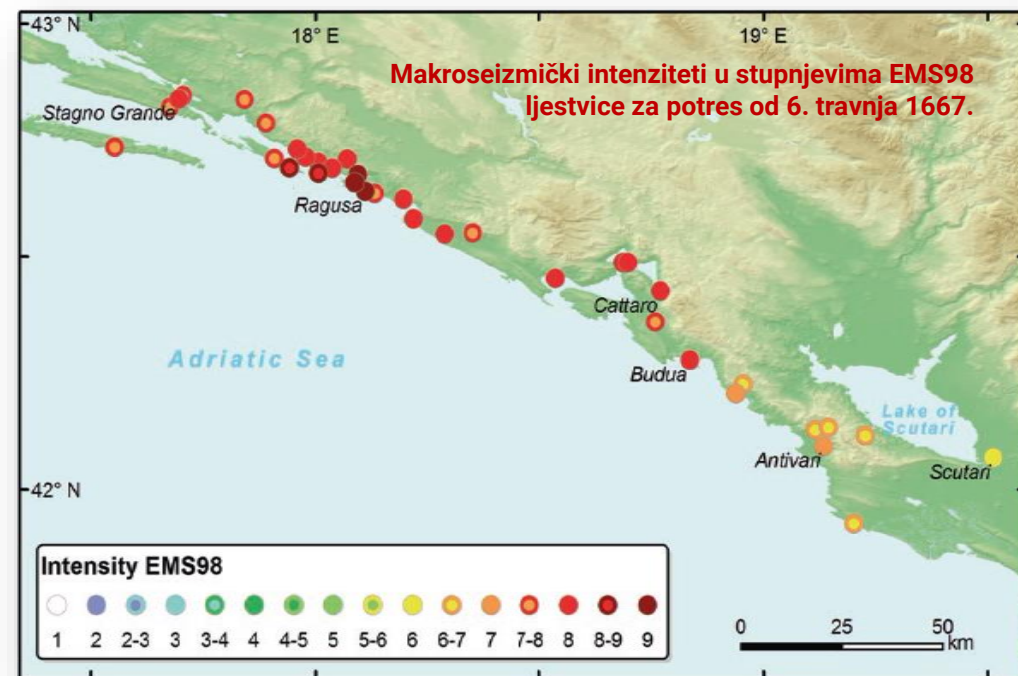


Epicentri potresa na širem dubrovačkom području (BCE – 2020. god).

Jaki potresi kod Dubrovnika.

Veliki dubrovački potres 1667.

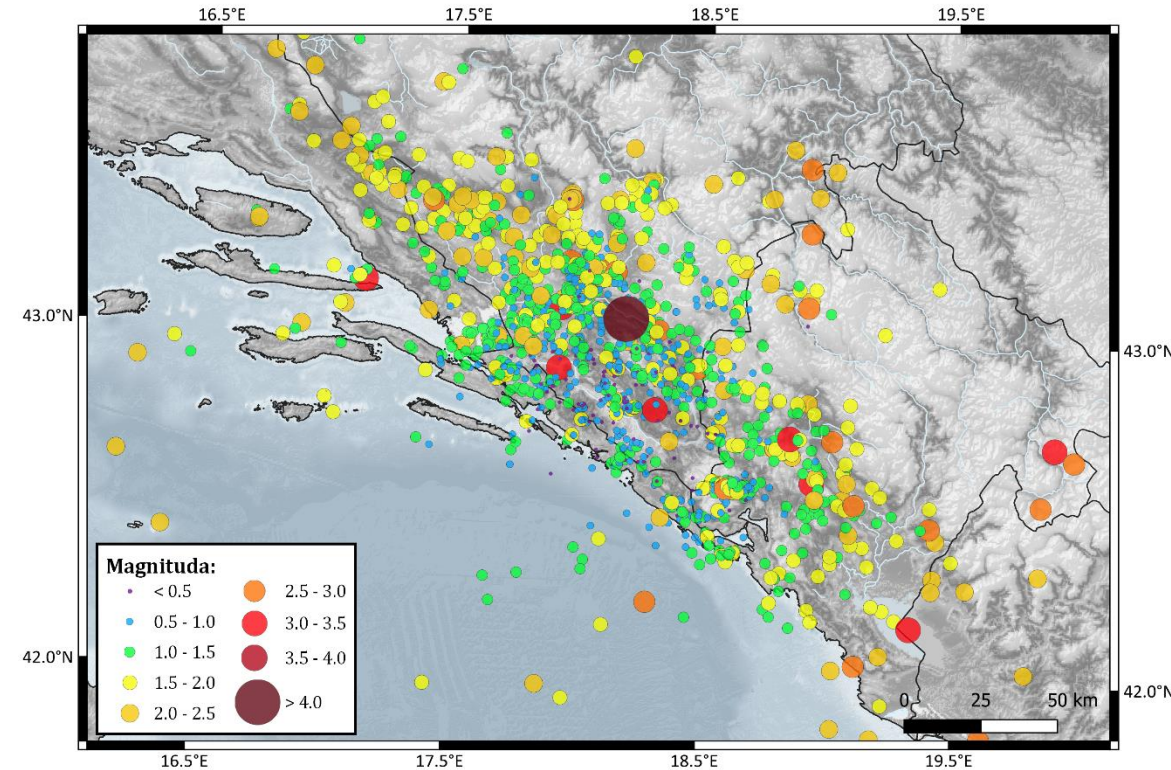
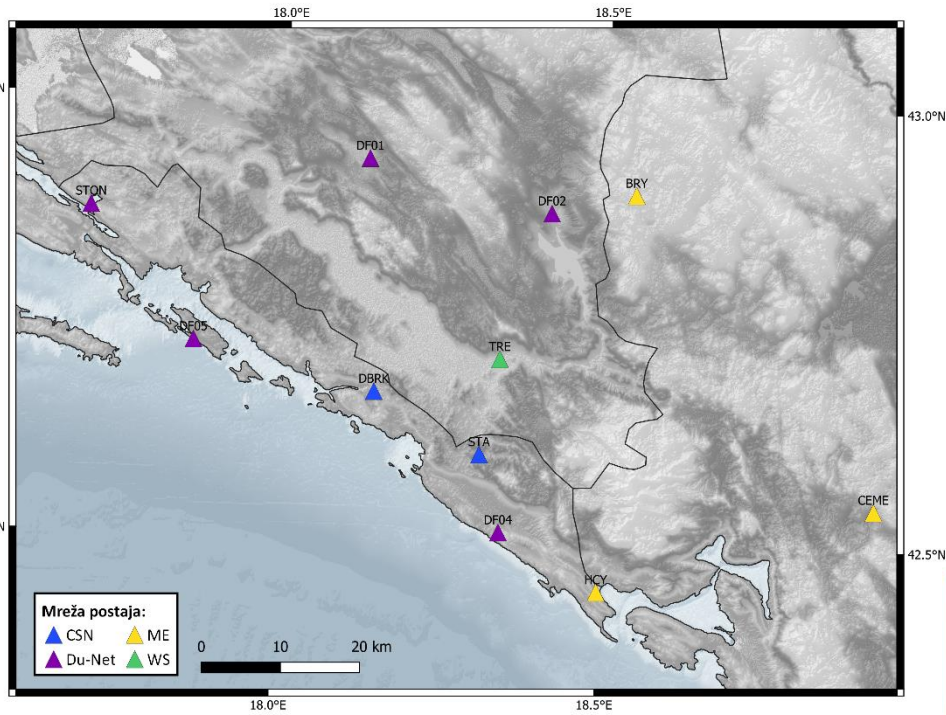
- Potres se dogodio **6. travnja 1667. godine, u 8:45.**
- **Trešnja** je trajala oko **15 s**, a **magnituda** se može procijeniti na **6.8-7.2** prema Richteru.
- U kratkoj trešnji pod ruševinama u Dubrovniku ostalo je nekoliko tisuća ljudi.



- Osjetio se **od Skadra do Šibenika** s najmanjim **intenzitetom od VI° MCS ljestvice.**
- Najviše oštećeni dijelovi Dubrovačke Republike bili su sam Grad, Gruž, Rijeka Dubrovačka, Mokošica i Rožat. **Makroseizmički intenzitet** u tim mjestima procjenjujemo na **IX°.**

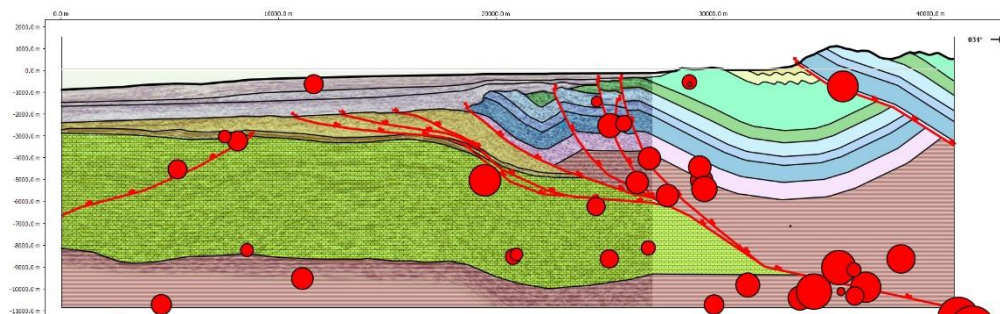
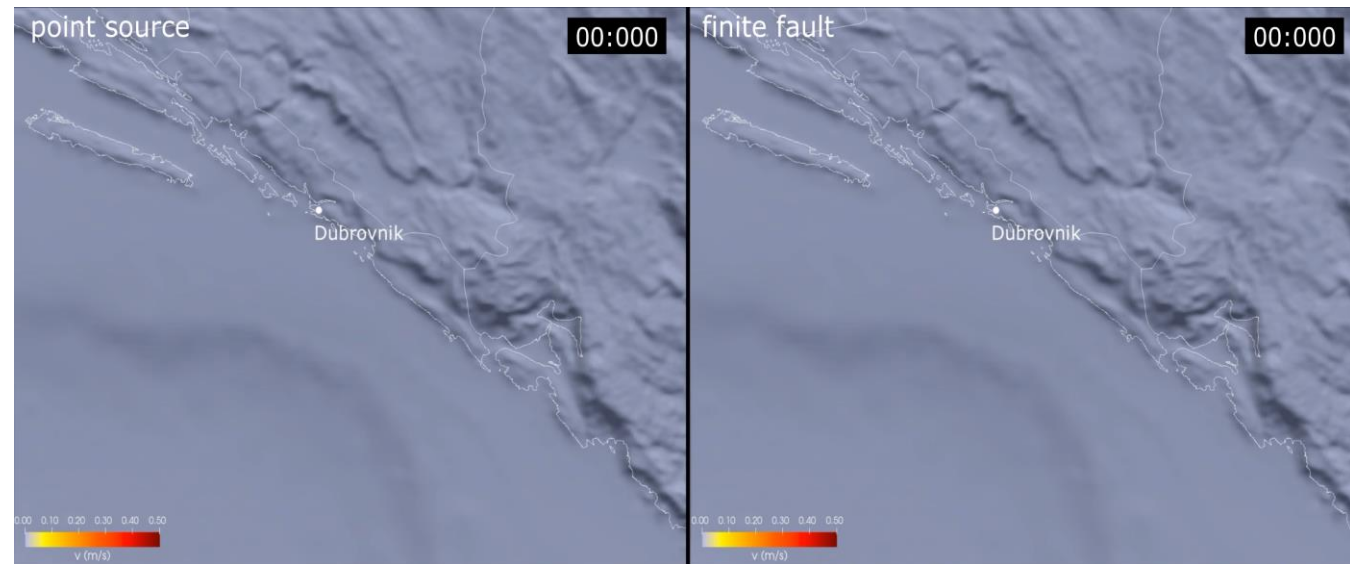
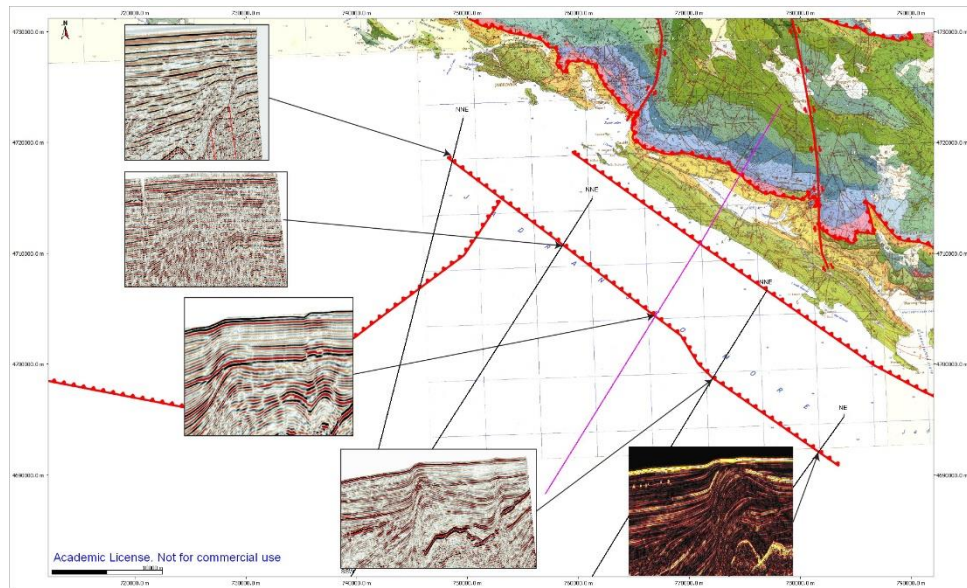
Projekt DuFAULT – čime se bavimo?

- 1. Prikupljanje podataka i uspostava lokalne seizmičke mreže.



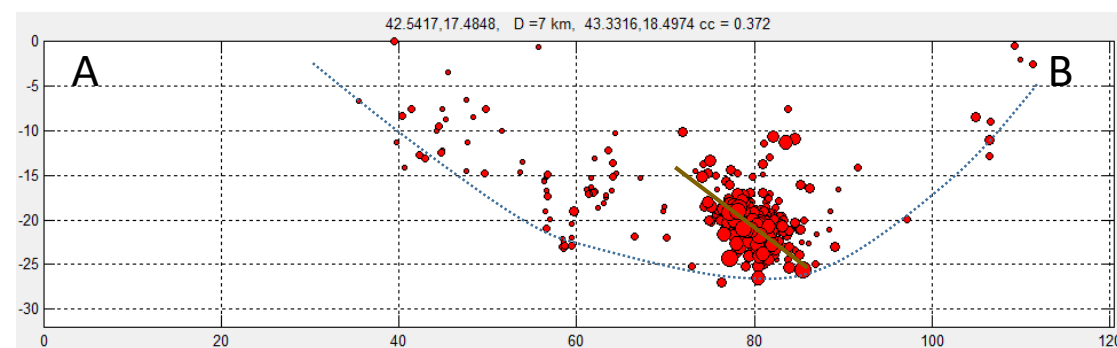
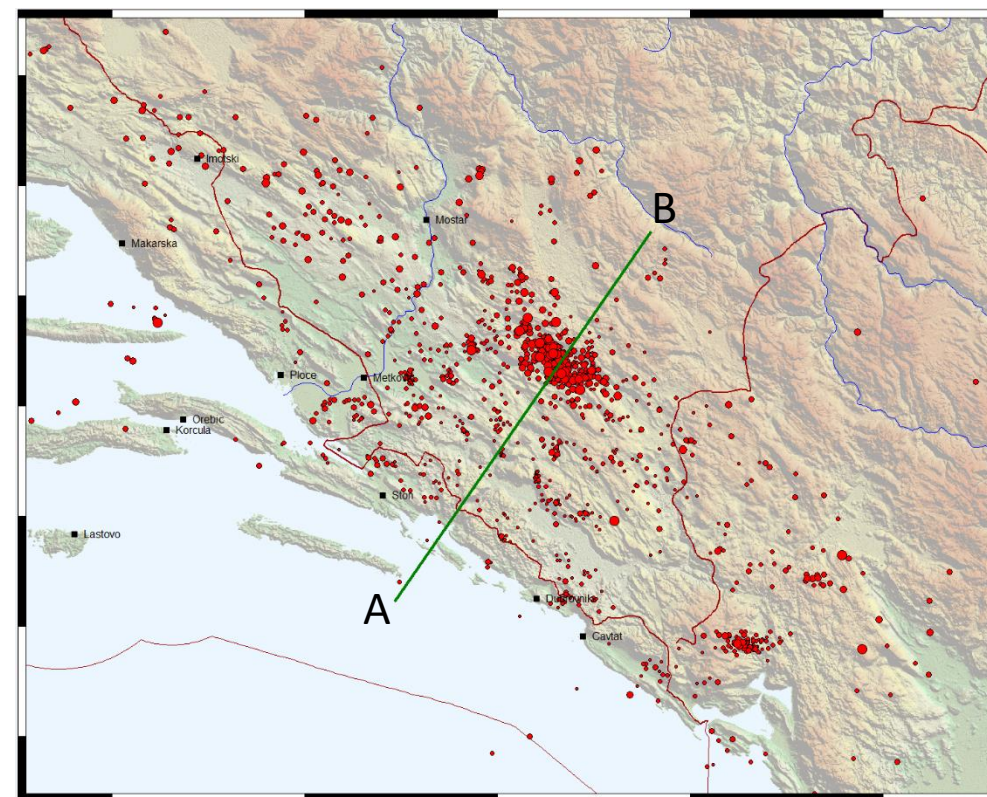
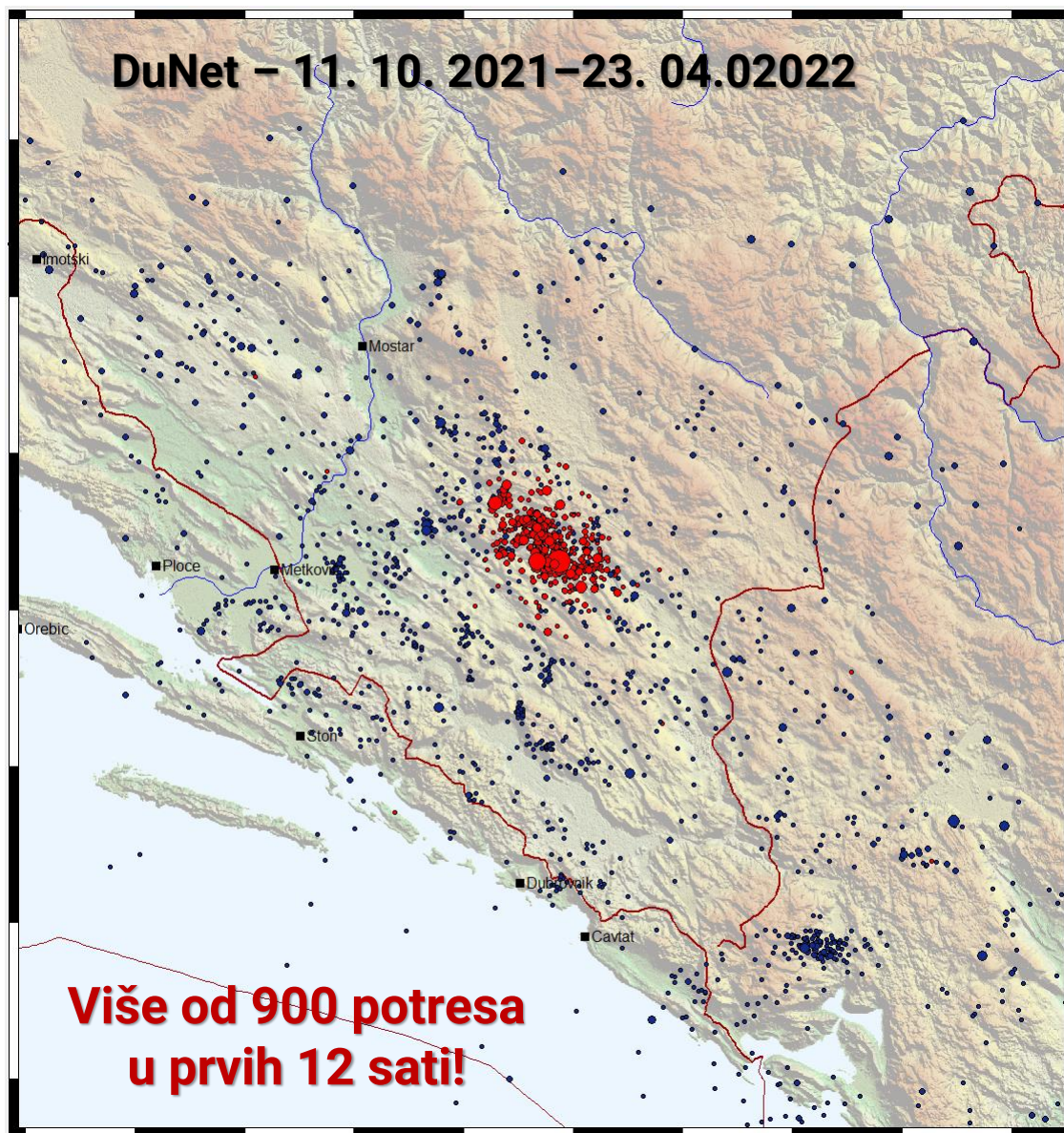
Projekt DuFAULT – čime se bavimo?

- 2. Definiranje novog strukturnog modela Zemljine kore dubrovačkog područja.
- 3. Primjena na scenarije potresne trešnje, potresnu opasnost i tektonsku interpretaciju.



- 4. Doprinos povećanju svijesnosti o seizmičkom riziku - javna predavanja i znanstvene publikacije.

Projekt DuFAULT – čime se bavimo?





Hvala na pažnji!