

Potresi u Hrvatskoj u suvremenom razdoblju - uzroci, posljedice i mehanizam nastanka

Laus, Franica

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Split / Sveučilište u Splitu, Filozofski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:172:713526>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-15**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of humanities and social sciences](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU
FILOZOFSKI FAKULTET**

DIPLOMSKI RAD

**POTRESI U HRVATSKOJ U SUVREMENOM
RAZDOBLJU – UZROCI, POSLJEDICE I
MEHANIZAM NASTANKA**

FRANICA LAUS

Split, 2023.

Odsjek: Odsjek za učiteljski studij

Studij: Diplomski sveučilišni studij, Učiteljski studij

Predmet: Geografija

**POTRESI U HRVATSKOJ U SUVREMENOM RAZDOBLJU –
UZROCI, POSLJEDICE I MEHANIZAM NASTANKA**

Studentica:

Franica Laus

Mentor:

prof. dr. sc. Nikola Glamuzina

Split, srpanj 2023.

Sadržaj

| | |
|--|----|
| 1. Uvod..... | 1 |
| 2. Građa i sastav Zemlje..... | 2 |
| 2.1. Seizmologija..... | 5 |
| 2.1.1. Unutarnji (endogeni) čimbenici reljefa..... | 6 |
| 3. Tektonika | 7 |
| 3.1. Tektonika ploča | 8 |
| 3.2. Najpoznatije riftne zone | 11 |
| 4. Potresi – mehanizam postanka..... | 14 |
| 4.1. Podjela potresa | 19 |
| 5. Seizmička aktivnost Hrvatske..... | 21 |
| 6. Značajniji potresi u Republici Hrvatskoj | 24 |
| 6.1. Potres u Makarskoj 1962. godine..... | 28 |
| 6.2. Potres u Zagrebu 2020. godine..... | 28 |
| 6.3. Potres na Banovini 2020. godine..... | 30 |
| 7. Povijesni potresi i tsunamiji u Jadranskom moru | 34 |
| 8. Okolišni i zdravstveni učinci potresa te zdravstvena skrb | 36 |
| 9. Zaključak..... | 38 |
| 10. Literatura..... | 39 |
| Sažetak | 42 |
| Abstract..... | 43 |
| Prilozi..... | 44 |

1. Uvod

U ovome će se radu detaljnije opisati potresi u Hrvatskoj u suvremenom razdoblju, uzroci, posljedice te mehanizam nastanka istog. Za Hrvatsku su oni iznimno zanimljiva tema, posebno u posljednje vrijeme kada se događaju iznimno jaki potresi sa velikim posljedicama. Nažalost, neki ljudi ostaju bez domova i svojih bližnjih nakon potresa te se susreću s velikim strahom od ponovnog pojavljivanja potresa koji mogu biti još jači od prethodnih, dok s druge strane, jak potres može biti popraćen nizom manjih naknadnih potresa. Iz tog se razloga manji potresi ne mogu koristiti za predviđanje jačih potresa. Neprimjetna podrhtavanja tla događaju se svakodnevno diljem svijeta. Iako se potresi ne mogu predvidjeti, velike se nade polažu da će se u nekoj skorijoj budućnosti oni ipak moći predvidjeti kako bi se izbjegle velike materijalne štete, ali i ono najbitnije – zaštititi ljudske živote. Neće svi potresi neke određene magnitude uzrokovati istu materijalnu štetu na nekim objektima - veliku ulogu u tome pridonosi čime su i kako građeni objekti.

Ne samo u Hrvatskoj, već se i u cijelome svijetu javljaju potresi. U nekim dijelovima svijeta potresi se javljaju rjeđe, dok se s druge strane, u nekim dijelovima svijeta oni javljaju neprestano. Zašto je to tako? Tko su glavni 'krivci' za javljanje potresa? Upravo će se u ovom diplomskom radu otkriti odgovori na ova postavljena pitanja.

Smatra se da neke od životinja mogu predvidjeti potrese zbog izoštranih osjetila kojima mogu osjetiti podrhtavanje i buku. Drevni su Grci još od davnina vjerovali da je Posejdon, bog mora, izazivao potrese kada bi se naljutio udarajući o tlo trozupcem. S druge strane, u hinduističkoj se mitologiji vjerovalo da slon i kornjača izazivaju potrese.

Glavni ciljevi istraživanja ovog diplomskog rada su što bolje razjasniti u što moguće kraćem pismenom obliku cijeli proces potresa, uzroke te mehanizme nastanka. Objekt istraživanja su potresi na prostoru Republike Hrvatske, a geografski obujam istraživanja obuhvaća teritorij Republike Hrvatske.

2. Građa i sastav Zemlje

Ljudi se, otkad znaju za sebe, suočavaju s podrhtavanjima Zemljine kore koji se na površini Zemlje manifestiraju u obliku potresa. Svake je godine registrirano najmanje 30 000 potresa koje čovjek osjeti, dok ih ukupno ima preko milijun (Herak, 1990., str. 98.). Većina potresa na Zemlji traje manje od jedne minute. Potres je jedna od najgorih prirodnih katastrofa koja se ne može predvidjeti. Iz tog su razloga potresi zanimljivi za proučavanje. Puno se ulaže u istraživanje potresa te se veliki broj znanstvenika širom svijeta bavi potresima i njegovim nastankom. Kada potres nastane, na njega se ne može se utjecati niti mijenjati njegov tijek. Potresi su iznimno šokantna iskustva te mnogo ljudi ne umire u potresu već od posljedica potresa. Da bi se shvatio sami mehanizam potresa, mora se krenuti od građe Zemlje.

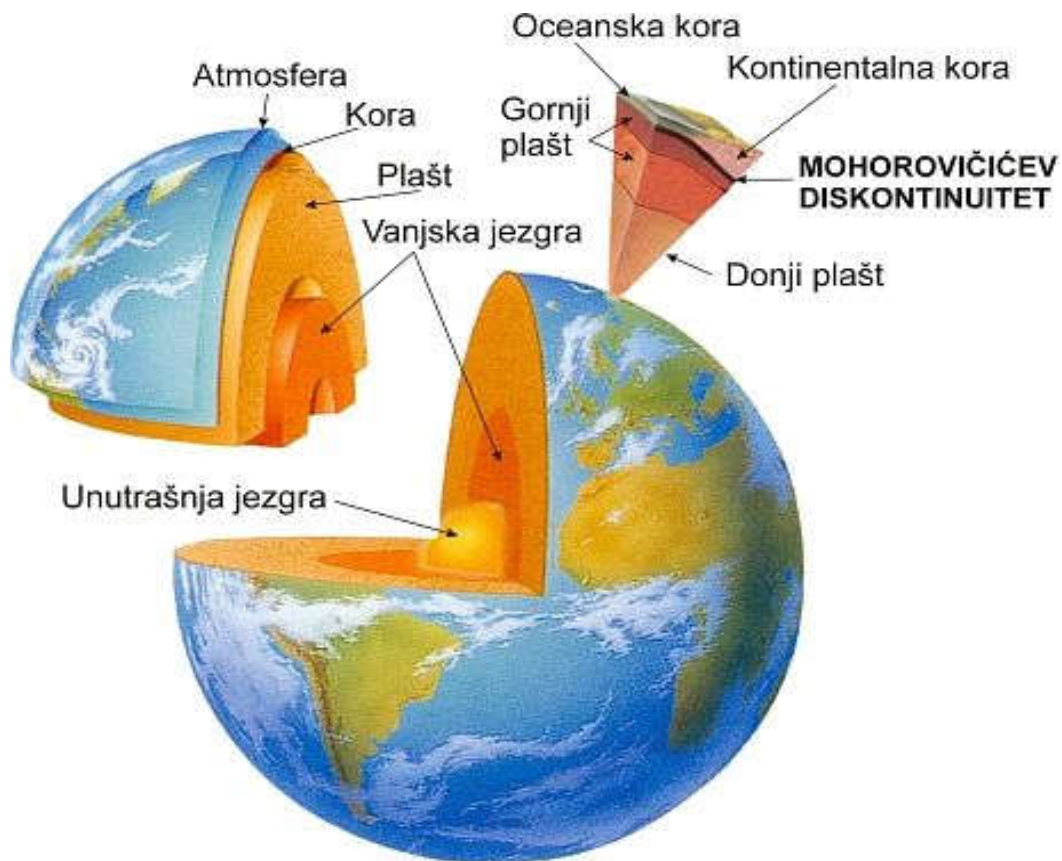
Prema Oluiću, planet je Zemlja bio u tekućem stanju kao užarena masa prije približno četiri i pol milijarde godina. Postupnim hlađenjem na užarenoj masi nastajali su dijelovi kore koji su se s vremenom spojili i povećavali. Na taj su način nastajali kontinenti i oceani (Oluić, 2015., str. 11).

Na različitim dubinama u Zemljinoj unutrašnjosti nalaze se plohe diskontinuiteta (isprekidanosti). One predstavljaju granice izrazitog mijenjanja brzine širenja potresnih valova u Zemljinoj unutrašnjosti. Prema mišljenju Heraka, utvrđeno je da se u Zemljinoj unutrašnjosti potresni valovi kreću različitom brzinom. Tako se na dubini od 30 do 40 km nalazi Mohorovičićev diskontinuitet. Wiechert-Oldham-Gutenbergov diskontinuitet nalazi se na dubini od 2 900 km te čini granicu između donjeg plašta i vanjske jezgre. Herak navodi kako postoji još niz takvih slojeva, no da su važniji ovi na dubini od 1 200 i 5 200 km (Herak, 1990., str. 14.-15.).

Još od davnina, čovjek je spoznao Zemljinu užarenost, najvećim dijelom pomoću vulkanske aktivnosti. Herak navodi kako je utvrđeno da Zemlja ima lupinastu građu – istraživanjem ploha diskontinuiteta i spoznaja o kretanju tvari te da se Zemlja sastoji od tri glavna dijela: jezgre, plašta i kore (*slika 1*). Prema središtu Zemlje temperatura i gustoća rastu. Utvrđeno je da je toplinska energija koja s dubinom raste usko povezana s gravitacijskim izdvajanjem tvari, radioaktivnim raspadanjem te usporavanjem Zemljine rotacije (Herak, 1990., str. 14.-15.).

Najdublju lupinu s temperaturom do oko 5 000°C predstavlja jezgra koja se dijeli na unutrašnji (krut) i vanjski dio (pokretna gusta tekućina) te je sastavljena pretežno od željeza (Fe) i nikla (Ni) (Herak, 1990., str. 14.-15.). Oluić navodi da temperatura u jezgri iznosi oko

7 200°C. Ona predstavlja središnji dio Zemlje. Pretpostavlja se da se zbog visoke temperature, ali i zbog porasta tlaka s dubinom, vanjska jezgra nalazi u tekućem, a unutarnja u krutom stanju (Oluić, 2015., str. 12.).



Slika 1. Građa Zemlje (izvor: geotech.hr)

Poviše jezgre nalazi se plašt (omotač) koji ju obavija, a između jezgre i plašta nalazi se prijelazni pojas koji se dijeli na donji (seže od granice s vanjskom jezgrom do dubine od 1000 km), srednji (seže od granice s donjim plaštom do dubine od oko 400 km) i gornji (smješten između astenosfere i kore) plašt. Donji plašt naziva se mezosfera te su tvari u krutom stanju. Srednji plašt naziva se još prijelazna zona, ali i astenosfera. Gornji plašt je stjenovit. Oni su odvojeni prijelaznim pojasom (Herak, 1990., str. 15.).

Lupinu litosfere ili površinsku Zemljinu sferu relativno male debljine čini kora. Prosječna debljina u području kontinenata iznosi 40 km, a ispod oceana od 10 do 100 km (Herak, 1990., str. 15.). Oluić (2015., str. 12.) navodi da se Zemljin omotač sastoji uglavnom od čvrstih stijena debljine od 5 do 90 km, od kojih su izdvojeni granit i bazalt. Prema Heraku, razlikuju se dva tipa kore – kontinentalna i oceanska kora. Kontinentski tip kore izgrađuje kontinentalne dijelove površine Zemlje. Još se naziva i granitna kora po glavnoj stijeni od

koje je izgrađena (Herak, 1990., str. 15.). Oluić (2015., str. 12.) navodi kako njena prosječna nadmorska visina iznosi oko 840 m. Oceanski tip kore izgrađuje čvrstu podlogu oceana koja je pokrivena vodom (Herak, 1990., str. 15.). Prema Oluiću, prosječna joj dubina iznosi oko 3 700 m. Izdvaja deblju (kontinentalnu) te tanju (oceansku) koru. Kontinentska kora debljine je 50 – 90 km, dok oceanska kora zauzima do 15 km debljine (Oluić, 2015., str. 11.-12.).

Prema Oluiću (2015., str. 11.), litosferu tvore Zemljina kora i gornji dio plašta. Litosfera se još naziva i tektosfera te predstavlja stjenovitu cjelinu koja je zajednički izložena tektonskim promjenama izazvanim dinamikom astenosfere (Herak, 1990., str. 15.).

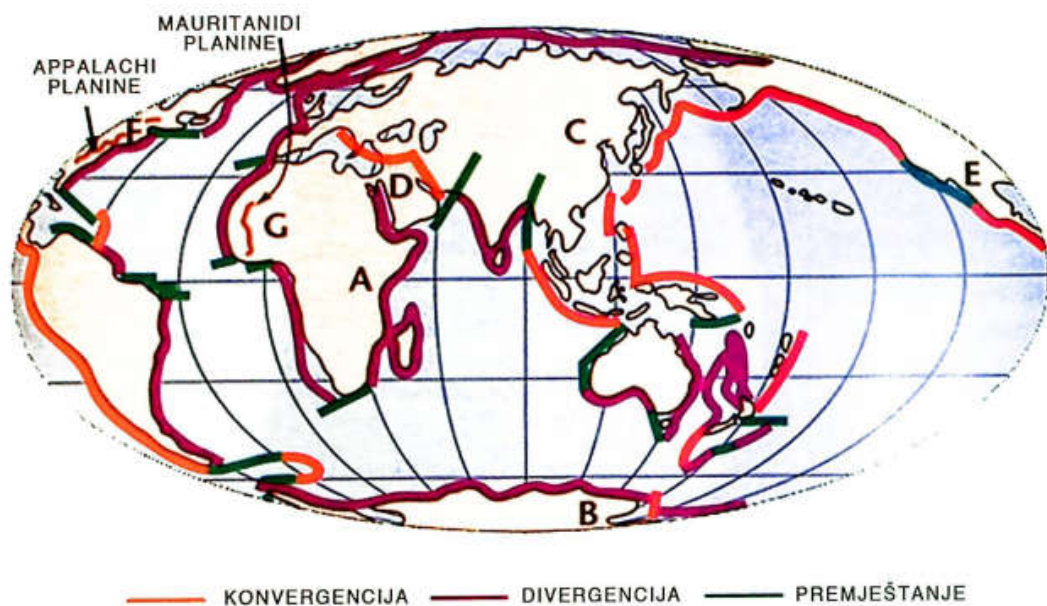
Astenosfera je područje koje se nalazi ispod litosfere te zauzima od 100 do 200 km debljine, a sastoji se od stijena koje izgrađuju oceansku i kontinentalnu koru (Oluić, 2015., str. 12.). Prema površini je sve žitkija, u polutekućem je stanju (Herak, 1990., str. 15.). Oluić (2015., str. 12.) navodi da se u astenosferi stvaraju konvekcijske struje upravo zbog polutekućeg stanja koje astenosferi daje plastična svojstva i prisutnih razlika u temperaturi na vrhu i dnu astenosfere.



Slika 2. Andrija Mohorovičić (preuzeto sa stranice: PMF.hr)

Geofizičar Andrija Mohorovičić (*slika 2*) prvi je primijetio prisutnost naglog prijelaza između kore i plašta te se njemu u čast taj prijelaz naziva Mohorovičićev diskontinuitet

(Moho-diskontinuitet). Moho-diskontinuitet predstavlja značajnu granicu između lakše kore i težeg i gušćeg plašta. Navodi da je to ploha na kojoj dolazi do nagle promjene fizičkih veličina, a neke od njih su gustoća, tlak i brzina seizmičkih valova. Naime, brzina seizmičkih valova je veća ispod Moho-diskontinuiteta, a iznad Moho-diskontinuiteta manja. Zemlju izgrađuju kontinenti koji su u stalnom pokretu. Prema Oluiću, postoje tri vrste kretanja-pomicanja s različitim svojstvima – konvergencije (približavanje), divergencije (razilaženje) te premještanje-translacija (Oluić, 2015., str. 12.-13.) (slika 3).



Slika 3. Globalna konvergencija, divergencija i premještanje kontinentalnih rubova: istočnoafrički sustav pukotina (rift) (A); zapadnoantarktički sustav pukotina (B); bajkalski sustav pukotina (C); sjeverni dio Crvenog mora (D); Kalifornijski zaljev (E), Appalachi planine (F) i Mauritanidi planine (G) (Oluić, 2015. prema Hutchinson, 1992./1993.)

2.1. Seizmologija

Seizmologija je grana geofizike koja se iscrpno i znanstveno bavi proučavanjem svih pojava u vezi s potresima (Herak, 1990., str. 100.). Prema Hrvatskoj enciklopediji, jedno od zadaća stručnih radova u seizmologiji uključuje bilježenje potresa, njihovo lociranje, katalogiziranje te razmjenu podataka s međunarodnim institucijama, kao i makroseizmičku obradu jačih potresa. Znanstveno se istraživanje u seizmologiji bavi proučavanjem pojedinosti procesa rasjedanja u hipocentru potresa, modeliranje rasprostiranja potresnih valova kroz Zemlju te određivanje građe njezine unutrašnjosti, proučavanje djelovanja potresnih valova na građevinske objekte te procjenu seizmičkih sila koje će na objekt

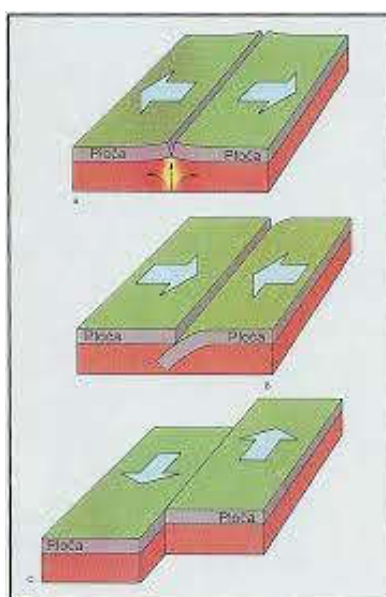
djelovati u budućnosti (potresna ugroženost i opasnost). Nakon velikog potresa u Zagrebu 1880. godine seizmologija se u Hrvatskoj počela brzo razvijati. Tada je JAZU (današnji HAZU) osnovala Potresni odbor. Andrija Mohorovičić isticao se u proučavanju potresa te se smatra utemeljiteljem suvremene seizmologije u Hrvatskoj. Mohorovičić je 1906. godine osnovao zagrebačku seizmološku postaju, nabavio najbolje seizmografe te osnovao zagrebačku seizmološku školu postavivši čvrste temelje za njezin uspješan razvoj.

2.1.1. Unutarnji (endogeni) čimbenici reljefa

Veliki oblici na površini Zemlje koje danas nazivamo tektonskim ili strukturnim jedinicama posljedice su djelovanja endogenih sila (Župan, Frangeš, Šantek, & Baričević, 2019.). Prema Tandariću, endogenim silama uzrokovani su endogeni procesi. Najznačajniji među endogenim procesima zasigurno su tektonika ploča i magmatizam. Toplinska energija glavni je pokretač endogenih sila. Ona se oslobađa prilikom izdizanja lakših elemenata u unutrašnjosti Zemlje, usporavanjem Zemljine rotacije te raspadanjem radioaktivnih elemenata (Plažanin, 2019., str. 2.).

3. Tektonika

Oluić navodi kako se danas velika važnost pridaje tektonici, u užem smislu seizmotektonici, pri proučavanju seizmičnosti nekog terena jer se polazi od činjenice da su danas u najvećoj mjeri za nastanak potresa odgovorna tektonska kretanja u unutrašnjosti Zemlje. Tektonika je znanost o prostornom oblikovanju ili građi Zemljine kore, dolazi od grčke riječi koja znači graditeljstvo. Tektonska su kretanja u unutrašnjosti Zemlje intenzivna na rubovima velikih tektonskih ploča. Razlog njihova velika intenziteta baš na rubovima velikih tektonskih ploča je pojavljivanje najjačih poremećaja u Zemljinoj kori. Oluić navodi kako postoje tri načina kretanja tektonskih ploča – jedna ploča tone i podvlači se pod drugu, razmicanje ploča (riftovi) te horizontalno razmicanje ploča jedne uz drugu u suprotnim smjerovima (*slika 4*). Kod ovih načina kretanja tektonskih ploča, oslobađa se velika količina energije te kao posljedica velike količine oslobođene energije pojavljuju se potresi. U nekim rjeđim slučajevima dolazi do vulkanskih erupcija (Oluić, 2015., str. 15., 16.).



Slika 4. Tri načina kretanja tektonskih ploča (izvor: Geologija mora)

No, nije nužno da se potresi pojavljuju samo u rubnim dijelovima ploča. Oluić navodi da se potresi mogu pojavljivati i unutar samih ploča, gdje su najčešće izazvani utiskivanjem žitke magme u oslabljene dijelove ploča koji su uglavnom krupni tektonski rasjedi. Stoga se potresi najčešće pojavljuju na mjestima uzduž jakih rasjeda te na sjecištima rasjeda različite orijentacije (Oluić, 2015., str. 15.).

Prema Oluiću (2015., str. 16.), pukotine duž kojih su se kretali blokovi paralelno s rasjednom plohom nazivaju se rasjedi, a neki od njih mogu biti vertikalni, horizontalni (transformni), kosi, reverzni, normalni i gravitacijski. Posmične pukotine u stijenama Zemljine kore nazivaju se rasjedi. Herak navodi kako rasjedi uvijek kompliciraju strukturu. Uzduž rasjeda pokretljivost terena je veća pa je, samim time, u tom pravcu jače i djelovanje potresa (Herak, 1990., str. 390.).

3.1. Tektonika ploča

Znanstvena teorija koja se temelji na tumačenju i opisivanju kretanja velikih dijelova litosfere ili tektonskih ploča naziva se tektonika ploča (Oluić, 2015., str. 16.). Tkalčić (2022., str. 18., 19.) tektoniku ploča definira kao fenomen koji je direktno odgovoran za postojanje života na Zemlji. Oluić navodi kako je modelsko rješenje kretanja tektonskih ploča, odnosno nastanka kontinenata, iznio njemački geofizičar i meteorolog Alfred Wegener 1912. godine koje se danas naziva neomobilističkom teorijom. Alfred Wegener smatrao je da se površina Zemlje sastoji od oceanskih i kontinentalnih čvrstih ploča koje se kreću po plastičnoj atmosferi (Oluić, 2015., str. 16., 17.). Prema Tkalčiću (2022., str. 19.), tektonske se ploče pomiču te plutaju u gornjem dijelu konvekcijske ćelije¹. Naravno, neki se stručnjaci i znanstvenici nisu slagali s njegovom teorijom već su smatrali da se sve to događa posredstvom gravitacije. Oluić (2015., str. 16., 17.) navodi kako je tu teoriju 1962. godine nadopunio geolog H. Hess pretpostavivši da su oceanski riftovi razlomi ili goleme pukotine po kojima dolazi do razmicanja i formiranja nove oceanske kore. Time nastaje teorija o tektonici ploča šezdesetih godina prošloga stoljeća, prihvaćena od većine geoistraživača. Tkalčić navodi da se litosfera, odnosno Zemljin gornji sloj, sastoji od desetak većih i dosta manjih fragmenata koji se nazivaju tektonske ploče te su u stalnom gibanju zbog topline u Zemljinoj unutrašnjosti. One se zaglave na rubovima zbog trenja između svojih ploha. Tkalčić iznosi objašnjenje zaglavljivanja tektonskih ploča na rubovima zbog trenja pomoću blokova spužve. Navodi da se blokovi spužve pritisnu jedan uz drugi te da se stisnu i pomiču laterarno u suprotnim smjerovima navodeći kako u početku to neće ići sve dok se ne primijeni dovoljno velika sila koja će prevladati trenje i pomaknuti ih. Ali, i tada će gibanje biti isprekidano, a već kasnije brže uspoređujući ga s proklizavanjem (Tkalčić, 2022., str. 19.). Oluić navodi da Zemljina kora puca i raspada se na veće i manje tektonske ploče,

¹ Konvekcijnska ćelija je sustav u kojem se zagrijava tekućina, gubi gustoća i forsira se područje veće gustoće (Science19).

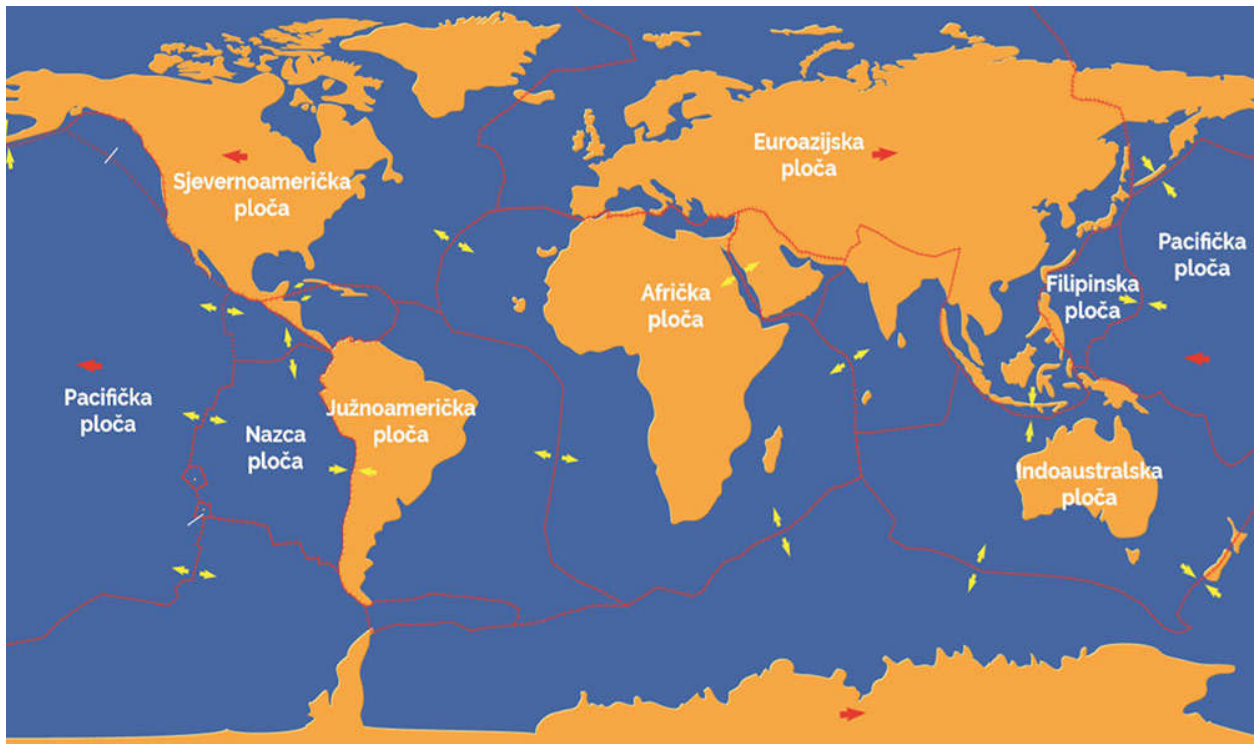
odijeljene regionalnim dislokacijama. Razlog tome je pokret ploča u astenosferi. Ploče se u astenosferi kreću različitim brzinama i smjerovima, jedna prema drugoj, ovisno o transformnim rasjedima. U prosjeku brzina kretanja ploča iznosi 2, 5 cm godišnje te se na taj način kontinenti spajaju i razdvajaju. Kada dođe do sudara ploča, nastaju veliki planinski lanci kao što je Himalaja (Oluić, 2015., str. 17.).

Prema Tkalčiću, pri podvlačenju tektonskih ploča, u Zemlju je počeo ulaziti ugljikov dioksid i to na mjestima gdje se, kako Tkalčić navodi, one počinju nagurivati jedna pod drugu. On navodi da se taj proces podvlačenja jedne tektonske jedinice pod drugu naziva subdukcija. Kao primjer može poslužiti Pacifička ploča koja se podvlači ispod Sjevernoameričke ploče, a na drugoj strani oceana ponire ispod zapadnoga ruba Južnoameričke ploče. Navodi stvaranje oceanske kore u području srednjooceanskih grebena izbijanjem ugljika na površinu. Također, tim procesom iz plašta Zemlje uzdiže se i probija vruć materijal do površine uz rubove ploče. Taj vruć materijal na nekim mjestima iz plašta izbija do površine te duboko u unutrašnjosti ploča manifestira se u vidu vulkanskih erupcija. Upravo se ta mjesta nazivaju „vrućim točkama“ gdje magma pronalazi put do površine te stvara nove otoke (Havajski arhipelag – osam većih i veliki broj manjih otočića). U području Mediterana Afrička se ploča podvlači pod Euroazijsku, dok novija istraživanja dolaze do zaključka kako će se u sljedećim milijunima godina promijeniti neke stvari – jugozapadni dio Europe mogao bi započeti subdukciju ispod Afrike. Za početak života na Zemlji ključnim se smatralo razdoblje u povijesti Zemlje kada je tektonika ploča počela (Tkalčić, 2022., str. 20., 21.).

Oluić navodi postojanje više vrsta granica među pločama – granice razmicanja ploča (riftovi/ brazde), granice tonjenja i podvlačenja (subdukcija) te transformni rasjedi i horizontalno razmicanje. Riftovi ili brazde nastaju kada u područjima napetosti u astenosferi tektonske ploče nadjačaju otpor stijenskih kora te dolazi do pucanja i rastezanja oceanske kore. Granice tonjenja i podvlačenja (subdukcija) nastaje kada na određenom mjestu ploča tone i podvlači se pod drugu, najčešće se oceanska kora s težim stijenama podvlači pod kontinentalnu koja je izgrađena od lakših stijena. Prema Oluiću, ovo je mjesto gdje se često pojavljuju potresi s najdubljim žarištima. Pri samom procesu subdukcije nastaje sužavanje prostora u dodiru ploča koje se naziva kompresija te se stvara depresija ili duboki rov. Kod transformnih rasjeda dolazi do horizontalnih smicanja dviju ploča koje su najčešće paralelno u suprotnim smjerovima (Oluić, 2015., str. 18.).

Oluić izdvaja sedam najvećih i najvažnijih tektonskih ploča, različitih dimenzija i oblika, debljine čak i do 100 km – Afrička, Antarktička, Indijsko-australska, Euroazijska,

Sjevernoamerička, Južnoamerička i Pacifička ploča (*slika 5*). Najveća među nabrojanima je Pacifička ploča koja se nalazi na prostoru današnjega Tihoga oceana. Vremenom im se veličina mijenja – ovisno o količini dodavanja magme se povećavaju, a procesom tonjenja i podvlačenja, odnosno subdukcijom, se smanjuju (Oluić, 2015., str. 18.).



Slika 5. Tektonske ploče (Euditorij e-škole)

Oluić navodi da u astenosferi zbog konvekcijskog strujanja dolazi do tonjenja hladnog i težeg materijala oceanske kore te kretanja lakšeg materijala prema površini u riftnim zonama. Upravo su tim strujanjima nastale moćne tektonske sile koje utječu na kretanje ploča te su zbog toga najintenzivnije promjene prisutne baš na njihovim rubovima te u tim izrazito složenim procesima najčešće dolazi do nastajanja potresa. Smatra se da je prije 500 milijuna godina bio početak dinamike kretanja ploča te da su kretanja bila najintenzivnija i najjača na azijskom području, kontinentu. To vodi pretpostavkama kako se današnje područje sjeverne Kine prije 500 milijuna godina sudarilo sa Sibiruom te prije 300 milijuna godina da se područje Sibira sudarilo s pločom Sjeverne Europe pri čemu su se ploče spojile izdignuvši planinski lanac, Uralsko gorje dugačko 2 000 km (Oluić, 2015., str. 18.).

Pri tektonskim pomacima vrlo često može doći do prenošenja potresnih valova kao posljedica oslobađanja goleme količine energije. Transformni rasjedi mogu biti unutar ploča

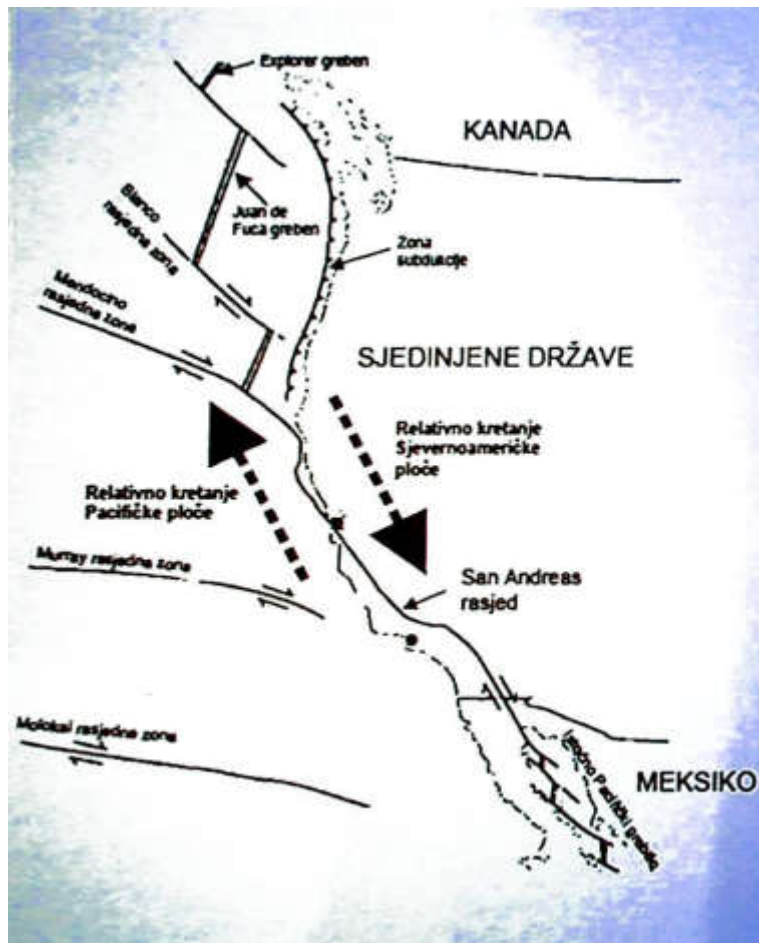
(Sjevernoanatolijski rasjed u Turskoj), ali i granice između velikih tektonskih ploča (San Andreas u Kaliforniji – SAD) (Oluić, 2015., str. 20.).

Može se zaključiti kako su tektonske ploče i njihovo neprestano gibanje velikim dijelom krivci za nastanak potresa. Prema Tkalčiću (2022., str. 22.), potresi su i „podzemni divovi“, ali i „putnici kroz vrijeme“ koji su prisutni još od prapočetka.

3.2. Najpoznatije riftne zone

U širokoj je javnosti poznat pojam „Vatreni prsten“. Riječ je o seizmotektonskom najopasnijem i najnestabilnijem dijelu planeta Zemlje na čijim su rubovima potresi svakidašnja pojava. Može se reći da je seizmički najaktivniji pojas na svijetu. Smješten je na rubu Pacifičke ploče oko Tihoga oceana te mu je procijenjena dužina oko 40 000 km. Njegovo točno i precizno pružanje možemo definirati kao zapadni rub Južne i Sjeverne Amerike, odnosno istočnom obalom Tihog oceana, preko Aljaske gdje se povija prema Aleutima i nastavlja prema Kurilskim, Japanskim i Filipinskim otocima gdje se nastavlja pružati dalje u Indonezijski arhipelag prema Melaneziji, povijajući se u južnom smjeru prema Novom Zelandu (Oluić, 2015., str. 20.-21.).

Kao što smo već spomenuli, San Andreas u Kaliforniji (SAD) primjer je transformnog rasjeda kao granica između velikih tektonskih ploča. Također, on je i najpoznatiji aktivni transformni rasjed na svijetu, smješten na zapadnoj obali SAD-a te predstavlja prijelaz, odnosno granicu Pacifičke i Sjevernoameričke ploče (*slika 6*). Duž rasjeda San Andreas na dnevnoj se bazi dogodi čak i do tisuću manjih potresa. Najjači potresi zabilježeni uzduž ovoga rasjeda bili su 1857. te 1906. godine u San Franciscu i Los Angelesu magnituda $M = 7,9$ te $M = 8,3$. Potres iz 1906. godine ostavio je iznimno velike posljedice do te mjere da je bio uništen gotovo cijeli San Francisco. Prema Oluiću, zapanjujuća je činjenica da se u samo deset godina razlike (od 2001. do 2011. godine), u Pacifičkom pojasu dogodilo više od 18 500 potresa magnituda $M = 5,0 - 9,3$ po Richteru. Nažalost, mnogi seizmolozi predviđaju (s vjerojatnošću više od 60 %) da će se ponoviti u idućih dvadesetak godina, barem jedan katastrofalan potres (Oluić, 2015., str. 20.,21.,23.).



Slika 6. Transformni rasjed San Francisco između Pacifičke ploče i Sjevernoameričke ploče (Oluić, 2015., str. 24.)

Prema Oluiću, godišnje pomicanje ploča iznosi od 2 do 5 cm gdje dolazi do struganja (trenja) ploča jedne o drugu. Samim time raste i napetost kada se stijenske mase zaglave. Smatra se da pomicanja duž ploča postoje još od prije 15 do 20 milijuna godina, a svjedoci smo da se oni još dan danas pomiču. Uspoređujući razlike u pomicanju, dolazi se do procjene u kojoj se Pacifička ploča pomakla za čak 560 km u odnosu prema istočnoj ploči (Oluić, 2015., str. 22.).

Godine 1906. izazvan je potres golemom snagom gdje je izazvao horizontalni pomak Pacifičke ploče za čak sedam metara prema sjeveru na potezu dugom 430 km. Tako je akumulirana napetost oslobođena u obliku potresa. Prema Oluiću, što je terasa rasjeda duža, veći je i potres. Campbell i sur. navode kako je uz potrese, iznimno česta pojava u tom pojasu i magmatska aktivnost – smatra se da je čak oko 70 % vulkanskih erupcija na Zemlji vezano za taj pojas, odnosno prsten. Otuda i sam naziv „vatreni“ (Oluić, 2015., str. 20.,21.,22.).

Općenito se najpoznatije riftne zone nalaze u Tihom i Atlantskom oceanu duž kojih dolazi do širenja oceanskog dna, odnosno razmicanja oceanske kore, kao posljedica konvekcijskog strujanja u plaštu (Oluić, 2015., str. 20.).

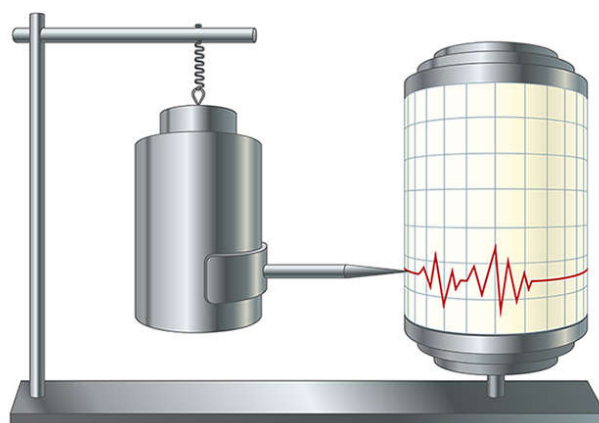
Prema Oluiću, uz zone širenja oceanske kore, postoje i zone sraščivanja kontinentalne i oceanske kore koje se javljaju zbog njihove lagane kolizije (dijelovi zapadne obale Južne Amerike). U prošlosti se Indija odvojila od Afrike te se sudarila s južnom Azijom prije oko 50 milijuna godina podvukavši se pod azijski kontinent. Prema Oluiću, tom se prilikom morsko dno izdiglo nekoliko kilometara u visinu, u tolikoj mjeri da je danas poznata kao najveća i najvažnija tektonska kolizija u novijem geološkom vremenu iz koje je izrastao najveći i najviši planinski lanac na Zemlji – Himalaja (najviši vrh na svijetu – Mount Everest, 8 848 m). Navodi kako se i dan danas sudaraju Australaska i Pacifička ploča s pločom na kojoj se nalazi azijski kontinent (Oluić, 2015., str. 24.,25.).

Prema Oluiću, danas se Australija smatra najstabilnijim kontinentom na Zemlji. Naime, današnja Azija, Australija i Antarktika bile su prije oko 150 milijuna godina sastavni dio superkontinenta Gondvane. Prema Oluiću, od Australije se tada otrgla Antarktika te je tektonskim silama gurana prema Južnom polu, dok se Australaska ploča kretala u smjeru sjevera prema Aziji. Australaska i Pacifička ploča sudarile su se te se kao posljedica sudara izdiglo gorje visoko 2 000 m. Posljedice toga sudara su podvlačenje Pacifičke ploče (sjeverno od Novoga Zelanda) pod Australsku, dok otoci Vanuatu (zapadno od Australije) Australaska ploča tone pod Pacifičku (Oluić, 2015., str. 24.).

4. Potresi – mehanizam postanka

Odgovor na pitanje što su potresi nije jednostavno dati. Odgovor je vrlo složen. Prema Humskoj, Franulović, Križić & Kujundžić-Lujan (2021., str. 57.), potres je kratkotrajno gibanje tla uzrokovano poremećajima i pokretima u Zemljinoj kori i litosferi nastalih zbog naglog i neočekivanog oslobađanja energije u Zemljinoj litosferi koje stvara seizmičke valove. Nola, Doko Jelinić, Žuškin & Kratohvil (2013., str. 327.) potrese definiraju kao prirodne katastrofe koje možemo očekivati u bilo kojem dijelu Zemlje u bilo kojem trenutku. Obradović & Šarko (2021., str. 194.) potres definiraju kao periodično gibanje tla uzrokovano prirodnim silama. Pevec (2001., str. 72.) potres definira kao kratko periodično gibanje tla uzrokovano prirodnim silama u unutrašnjosti zemlje, koje je dovoljno jako da ga osjete ljudi ili zabilježe seizmografi na širem području. Prema Tkalčiću (2022., str. 19.), oni nastaju naglim proklizavanjem na rasjednim plohama – graničnim plohama između cijelih ploča ili manjih fragmenata Zemljine kore. Potresi mogu varirati od onih slabijih koji se ne mogu ni osjetiti do pak onih koji svojom jačinom izazivaju razaranja u cijelim gradovima ili nekim područjima. Potresi se ne mogu predvidjeti niti zaustaviti. Količina i razina štete prouzročena potresom ovisi o dubini na kojoj on nastaje (Humski & sur., 2021., str. 57.). Prema Tkalčiću (2022., str. 19.), što su rasjedi veći, raste i mogućnost za veći potres. Potres je plitak ako mu je hipocentar iznad Mohorovičićeva diskontinuiteta, inače je dubokofokalan (Obradović & Šarko, 2021., str. 194.). Potresi se na površini Zemlje manifestiraju narušavanjem, pomicanjem ili potresanjem tla (Humski & sur., 2021., str. 57.), kratko traju te imaju nagli i silovit početak (Obradović & Šarko, 2021., str. 194.).

Kao što je spomenuto u posljednjoj definiciji potresa Eduarda Peveca, potrese bilježe seizmografi (*slika 7*). Često se uz pojam seizmograf koristi i pojam seizmometar. Prema Tkalčiću (2022., str. 15.), seizmograf osim seizmometra (senzora) uključuje i uređaj za pretvaranje u digitalne podatke gibanja tla koje detektira seizmometar – digitalizator. Seizmogram je zapis potresa.



Slika 7. Seizmograf (izvor: edutorij.e-skole.hr)

Jačina potresa prikazuje se magnitudom po Richteru, a intenzitet Mercalli-Cancani-Siebergovom ljestvicom (MCS). Magnituda po Richteru prikazuje amplitudu, odnosno količinu energije oslobođene u hipocentru (*tablica 1*), dok MCS ljestvica mjeri intenzitet potresa u epicentru (*tablica 2*) (Ros Kozarić, 2020., str. 10., 11.).

Tablica 1. Magnituda potresa po Richteru i učinci (izvor: Kozarić, 2020., str. 9)

| MAGNITUDA POTRESA | OPIS POTRESA | UČINCI DJELOVANJA POTRESA |
|----------------------|-----------------|--|
| < 2 | Mikropotres | Ne osjete se. |
| 2,0 – 2,9 | Manji | Općenito se ne osjete, ali ih bilježe seizmografi. |
| 3,0 – 3,9 | Manji | Često se osjete, ali rijetko uzrokuju štete. |
| 4,0 – 4,9 | Lagani | Pokućstvo se tresu, čuju se zvukovi trešnje. Znatnija oštećenja su malobrojna. |
| 5,0 – 5,9 | Umjereni | Uzrokuju štetu na slabijim građevinama u ruralnim područjima, moguća manja šteta na modernim zgradama. |
| 6,0 – 6,9 | Jaki | Mogu izazvati štetu u naseljenim područjima i do 160 km od epicentra. |
| 7,0 – 7,9 | Veliki | Uzrokuju ozbiljnu štetu na velikom području. |
| 8,0 – 8,9 | Razorni | Mogu izazvati golemu štetu i do 1000 km od epicentra. |
| 9,0 – 9,9 | Epski | Uništavaju većinu objekata u krugu od nekoliko tisuća kilometara. |

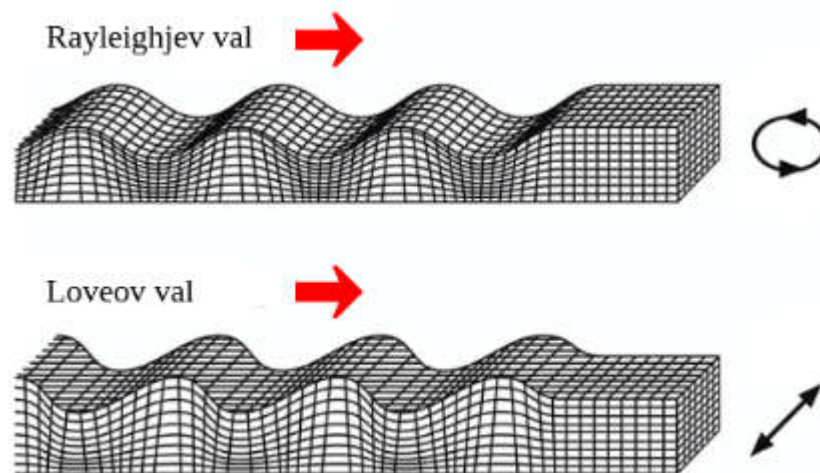
Tablica 2. MCS ljestvica intenziteta potresa (izvor: Kozarić, 2020., str. 10)

| | | |
|-----|-----------------------------|---|
| 1. | Nezamjetljiv potres | Bilježe ga samo seizmografi. |
| 2. | Vrlo lagan potres | U višim katovima zgrada osjete ga senzibilni ljudi. |
| 3. | Lagan potres | Podrhtavanje tla kao pri prolazu automobila. U unutrašnjosti zgrada osjeti ga više ljudi. |
| 4. | Umjeren potres | U zgradama ga osjeti više ljudi, a na otvorenom samo pojedinci. Budi neke spavače. Trese vrata i pokućstvo. Prozori, staklenina i posude zveče kao pri prolasku kamiona. |
| 5. | Prilično jak potres | Osjeti ga više ljudi na otvorenom prostoru. Budi spavače, pojedinci bježe iz kuća. Njišu se predmeti koji slobodno vise, zaustavljaju se ure njihalice. |
| 6. | Jak potres | Ljudi bježe iz zgrada. Sa zidova padaju slike, ruše se predmeti, razbija se posuđe, pomiče ili prevrće pokućstvo. Zvone manja crkvena zvona. Lagano se oštećuju pojedine dobro građene kuće. |
| 7. | Vrlo jak potres | Crijepovi se lome i kližu s krova, ruše se dimnjaci. Oštećuje se pokućstvo u zgradama. Ruše se slabije građene zgrade, a na jačima ostaju oštećenja. |
| 8. | Razoran potres | Znatno oštećuje 25 % zgrada. Pojedine se kuće ruše do temelja, a velik ih je broj neprikladan za stanovanje. U tlu nastaju pukotine, a na padinama klizišta. |
| 9. | Pustošni potres | Oštećuje 50 % zgrada. Mnoge se zgrade ruše, a većina ih je neupotrebljiva. U tlu se javljaju velike pukotine, a na padinama klizišta i odroni. |
| 10. | Uništavajući potres | Teško oštećuje 75 % zgrada. Velik broj dobro građanih kuća ruši se do temelja. Ruše se mostovi, pucaju brane, savijaju željezničke tračnice, oštećuju putovi. Pukotine u tlu široke su nekoliko decimetara. Urušavaju se špilje, pojavljuju se podzemne vode. |
| 11. | Katastrofalan potres | Gotovo sve zgrade ruše se do temelja. Iz širokih pukotina u tlu izbija podzemna voda noseći mulj i pijesak. Tlo se odronjava, stijene se otkidaju i ruše. |
| 12. | Veliki katastrofalan potres | Sve što je izgrađeno ljudskom rukom ruši se do temelja. Reljef mijenja izgled. Zatrpavaju se jezera. Rijeke mijenjaju korito. |

Herak (1990., str. 99.) definira hipocentar (žarište, fokus) kao mjesto u unutrašnjosti u kojem dolazi do poremećaja, u kojem se „rađa“ potres. Obradović & Šarko (2021., str. 194.) ga definiraju kao žarište potresa. Pevec (2001., str. 72.) navodi jedan od uzroka zašto potresi

uopće nastaju - odgovor leži u naglom oslobađanju energije koja je akumulirana u unutrašnjosti Zemlje, u žarištu potresa ili hipocentru. Hipocentri se potresa nalaze na dubini od 0 do više od 700 km (Obradović & Šarko, 2021., str. 194.). U trenutku oslobađanja te energije, odnosno u trenutku pucanja stijene, potresni se valovi šire na sve strane kružno od hipocentra, prostornim progresivnim valovima, odnosno elastičnim valovima (Pevac, 2001. , str. 72.).

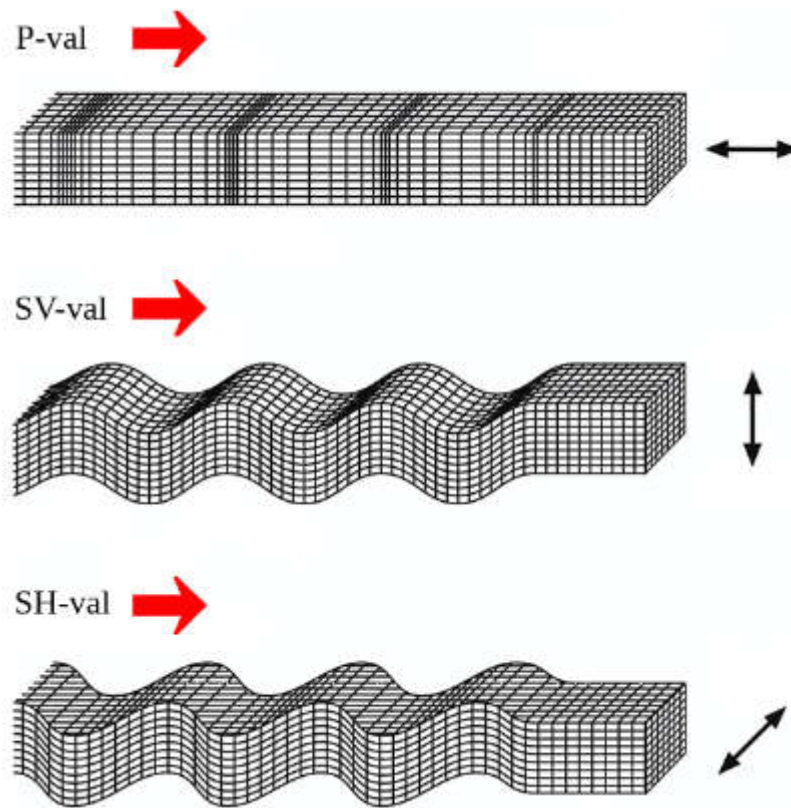
Možemo razlikovati nekoliko tipova valova koji se razlikuju po brzini i načinu širenja valova. Prvi od njih su longitudinalni ili primarni valovi (P-valovi) koji se šire najbrže te titraju u pravcu svojega širenja. Izazivaju stezanje i rastezanje tvari kroz koje prolaze te imaju mogućnost širenja kroz čvrstu, tekuću i plinovitu tvar. Nakon longitudinalnih valova dolaze drugi po brzini širenja, transverzalni ili sekundarni valovi (S-valovi). Transverzalni se valovi šire samo kroz čvrstu građu te im je titranje okomito na pravac širenja energije (Herak, 1990., str. 100.). Prema Geofizičkom odsjeku, oni se nazivaju još i posmičnim valovima, a razlog leži u uzrokovanju smicanja dijelova sredstva koja se šire. Također, Geofizički odsjek navodi razliku SH- i SV-valova. S jedne strane S-valovi koji su polarizirani u horizontalnoj ravnini su SH-valovi. S druge strane, S-valovi polarizirani u vertikalnoj ravnini su SV-valovi.



Slika 8. Shematski prikaz površinskih valova. Crne strelice pokazuju smjer gibanja čestica sredstva u slučaju kada se razmatrani valovi rasprostiru u smjeru naznačenom crvenim strelicama (izvor: Geofizički odsjek)

Od hipocentra se longitudinalni i transverzalni valovi rasprostiru na sve strane. Obradović & Šarko (2021., str. 194.) hodokronu krivolju definiraju kao vremenski period od početka potresa pa sve do dolaska vala do neke točke na površini Zemlje. Kada valovi dođu na površinu, šire se kao površinski valovi (Pevac, 2001. , str. 72.). Najsporiiji su, no to ne

znači da su manje razorni (*slika 8*). Oni pojačavaju učinak transverzalnih i longitudinalnih valova (Ros Kozarić, 2020., str. 8.). Prostorni valovi obilaze Zemlju i po nekoliko puta (*slika 9*) (Pevec, 2001., str. 72.)



Slika 9. Shematski prikaz prostornih valova. Crne strelice pokazuju smjer gibanja čestica sredstva u slučaju kada se razmatrani valovi rasprostiru u smjeru naznačenom crvenim strelicama (izvor: Geofizički odsjek)

Dugi valovi (L-valovi) su najsporiji, kružnog su širenja (Ros Kozarić, 2020., str. 8.). Potresni valovi šire se različitim brzinama kroz stijene, ovisno o čvrstoći stijena - što je stijena čvršća, potresni se valovi šire brže. Neposredno iznad hipocentra, odnosno njemu najbliža točka na površini je epicentar (Herak, 1990., str. 99., 100.). To je točka na površini gdje se potres najjače osjeti te gdje su posljedice potresa najizrazitije. Prema Pevecu, početak se potresa, u blizini epicentra čuje kao udarac, a nešto dalje od epicentra osjeti se nepravilno ljuljanje, odnosno longitudinalni i transverzalni valovi dok se potresni valovi rasprostiru po unutrašnjosti Zemlje (Pevec, 2001., str. 72.). Obradović & Šarko (2021., str. 194.) navode da je najjače djelovanje potresa u epicentru točka na površini Zemlje iznad hipocentra. Naziva se još i epicentralno područje. Mjera za energiju potresa, oslobođena u obliku elastičnih valova, a koja se određuje na osnovu seizmograma naziva se magnituda (Obradović & Šarko, 2021.,

str. 194.). Magnituda se mjeri u Richterovoj skali. Može se zaključiti kako snaga i razornost potresa najviše ovise o dubini hipocentra, ali i o udaljenosti epicentra.

4.1. Podjela potresa

Potresi se događaju često i to kao posljedica unutrašnje dinamike našeg planeta, a kao sam dokaz svjedoče katalozi seizmografa iz 2020. godine u kojima piše da je samo te godine diljem svijeta zabilježeno oko 350 000 potresa – od toga više od 200 000 potresa manjih od magnitude 2,0. Zasiurno postoji još manjih potresa koje seizmometri ne zabilježe ili pak ljudi ne osjete. Uzimajući u obzir potrese iz 2020. godine koji su zabilježeni seizmogramom, dolazimo do brojke od barem 1 000 potresa dnevno što je iznimno zastrašujuća brojka (Tkalčić, 2022., str. 14., 15., 22.). Najveća seizmička aktivnost na Zemlji je unutar dvaju uskih pojasa (Obradović & Šarko, 2021., str. 194.).

Postoje prirodni i umjetni potresi (Humski & sur., 2021., str. 57.). Prirodni su potresi tektonski (90 %), vulkanski (7 %) i urušni (3 %), dok se umjetni mogu izazvati na nekoliko načina, a neki od njih su pražnjenjem akumulacijskih jezera i eksplozijom prilikom miniranja (Pevec, 2001., str. 72.).

Prema Pevecu (2021., str. 72.), urušni potresi izazvani su udarcem urušenih svodova i bočnih zidova u podzemnim šupljinama. Prema Humskoj & sur. (2021., str. 57.), urušni se potresi javljaju prilikom urušavanja šupljina u Zemljinoj kori koje nastaju djelovanjem vode na materije topive u vodi. U Hrvatskoj se javljaju u krškim područjima. Vrlo su rijetki te im je hipocentar vrlo blizu površine. Oslobođena energija im je mala pa samim time i jakost (Pevec, 2001., str. 72.).

Vulkanski potresi uzrokovani su kretanjem magme prema površini Zemlje, lokalnog su učinka - samo mali dio ukupne energije pretvori se u mehaničku energiju seizmičkih valova (Humski & sur., 2021., str. 57.). Osim za vrijeme vulkanskih erupcija, vulkanski potresi nastaju i nakon njih (Obradović & Šarko, 2021., str. 195.). Obično su vrlo jaki.

Prema Humskoj & sur. (2021., str. 57.), tektonski su potresi najčešći, čine 85% svih potresa na planetu Zemlji te izazivaju najveća rušilačka djelovanja, nastajući uslijed tektonskih pokreta u litosferi. Prema Ros Kozarić (2020., str. 8.), tektonski potresi nastaju uz rasjedne pukotine i na granicama tektonskih ploča, uslijed tektonskih pokreta u litosferi te zahvaćaju golemo područja. Humski & sur. (2021., str. 57.) navode kako su izvor tektonskih potresa naprezanja u Zemljinoj kori te da nastaju kada naprezanja prijeđu granicu elastičnosti materije. Tada dolazi do naglog oslobađanja akumulirane energije. Obradović & Šarko

(2021., str. 195.) navode da prelaskom granice, napetost prelazi granicu elastičnosti napete stijene. Tako dolazi do pucanja stijene gdje se dio potencijalne energije pri urušavanju pretvara u kinetičku energiju elastičnih titraja. Oni uzrokuju potrese.

Zbog pokretanja blokova zemljine kore nastaju tektonski potresi. Oni su nastali njenim pucanjem u ranijim fazama razvoja Zemlje. Pevec navodi kako rasjedi nemaju glatke površine, već neravnine, ispupčenja i ulegnuća te da duž rasjeda naliježu blokovi jedan na drugi te se zbog toga javlja otpor koji utječe na mirovanje dvaju blokova koje traje jako dugo, sve dok ga ne svladaju sile iz unutrašnjosti Zemlje koje teže poremetiti tu ravnotežu. Kada se poremeti ravnoteža, blokovi velikih masa se pokreću te dolazi do pucanja i drobljenja stijena. On navodi da se pri tome oslobođena energija širi u svim smjerovima u obliku seizmičkih valova, a seizmički se valovi manifestiraju na površini Zemlje u obliku potresa (Pevec, 2001., str. 72.).

Prema Geofizičkom odsjeku, tektonski potres je potres koji nastaje uslijed oslobađanja energije elastične deformacije. Vezu između energije elastične deformacije i nastanka potresa daje tzv. teorija elastičnog odraza. Godine 1911. H. F. Reid postavio je teoriju proučavajući geodetska mjerenja duž San Andreas rasjeda prije i poslije velikog potresa u San Franciscu koji je bio 18. travnja 1906. godine. Navodi se da je lom stijene rezultat elastične napetosti (naprezanja) veće nego što je čvršća stijena može podnijeti.

Nažalost, potresi uvijek dolaze neočekivano te ih se ne može predvidjeti. Također, postoje i epicentri na morskome dnu koji izazivaju tsunamije koji mogu dosegnuti visinu i do 30 m (Nola & sur., 2013., str. 328.).

5. Seizmička aktivnost Hrvatske

Područje Republike Hrvatske smješteno je u dijelu Sredozemlja koje je tektonski i seizmički aktivno zbog kretanja Afričke ploče prema Euroazijskoj. Afrička i Euroazijska ploča međusobno djeluju kroz Sredozemno more. Ipak, postoje mali dijelovi koji su zaglavljani između tih dviju većih ploča – jedna od njih je Jadranska mikroploča smještena na području Jadranskoga mora. Humski & sur. spominju da Pavasović navodi da se Jadranska ploča smatra neovisnom od Afričke i Euroazijske. Jadranska se mikroploča pomiče pa se s obje njene strane nalazi materijal koji je napet. Upravo se taj napon nakuplja u kori koji se oslobađa u obliku potresa. Tim sudarom nastale su planine koje se nalaze na cijelom Jadranu – Alpe, Dinaridi i Apenini. Vulkani koji se nalaze na zapadnoj obali Italije također su nastali tim istim sudarom (Humski & sur., 2021., str. 59.).

Skoko & Prelogović Hrvatsku dijele u pet seizmotektonskih zona: južni i zapadni rub Panonske nizine, njezin unutrašnji dio, uzdignuti dijelovi Dinarida te područje Jadrana. S druge strane, Markušić i Herak teritorij Hrvatske zajedno s bližim okolnim područjima dijele u čak 17 zona (Gusić, Landeka, Lukić, Prša, & Vidić, 2016., str. 84.). Pomicanje ploča, sudaranje, klizanje i rastezanje na našem se području događa kroz dugo vremensko razdoblje. Kretanje ploča događa se još uvijek i time se javlja neaktivnost određenih linija rasjeda, dok su s druge strane, druge određene linije rasjeda i dalje aktivne (Humski & sur., 2021., str. 59.).

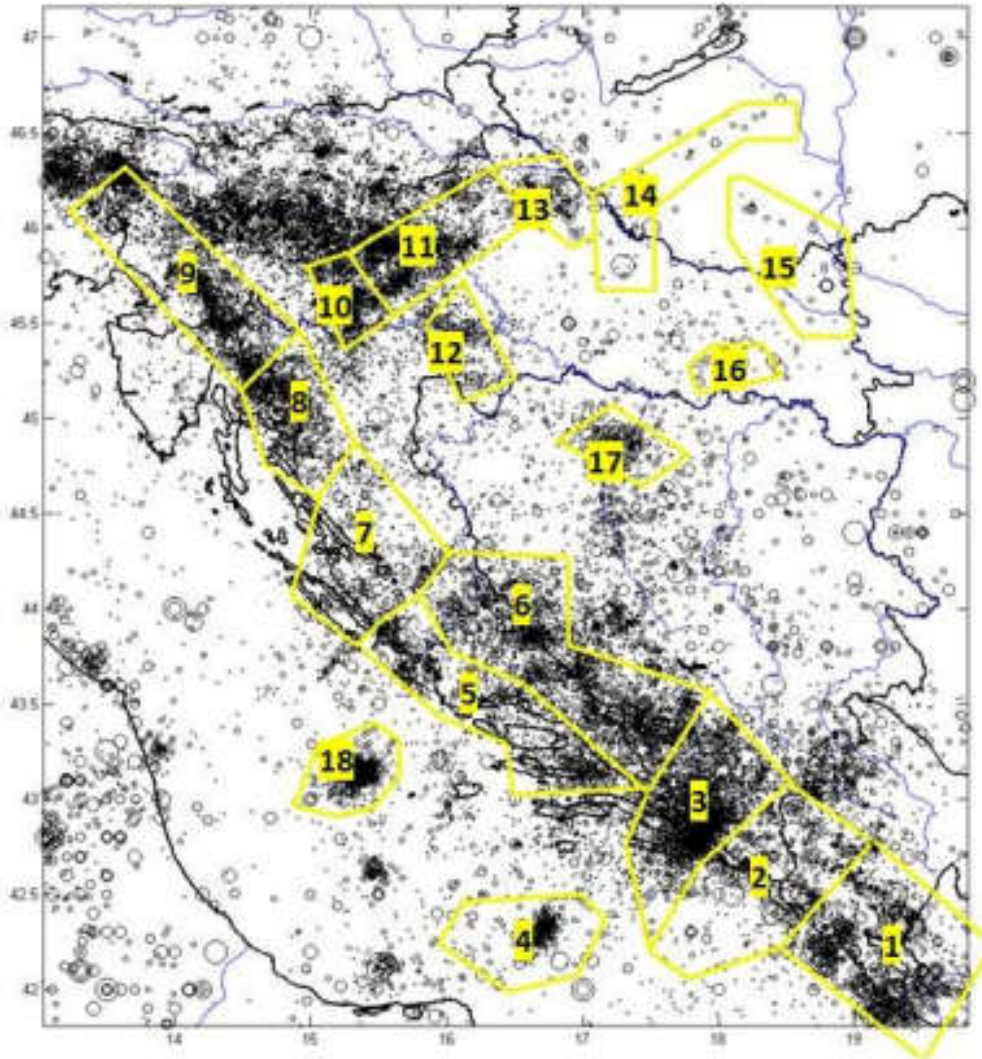
Na području Hrvatske, svi potresi ubrajaju se u red plitkih potresa. Na području Hrvatske nalazi se nekoliko zona veće seizmičke aktivnosti. Jedna od njih nalazi se u priobalnome dijelu gdje se proteže od slovensko-hrvatske granice do područja južno od Dubrovnika. Od slovenske granice zapadno od Karlovca preko Žumberačkog gorja i Medvednice do Bilogore proteže se druga zona. Zona od Pokuplja prema Banjoj Luci (BiH) seizmički je također aktivna. Manje su aktivna seizmička područja planina Psunj, Papuk, Krndija i Dilj. Još manje seizmički aktivna područja Hrvatske su središnji i istočni dijelovi Hrvatske (Humski & sur., 2021., str. 59.)

Iako je 1884. godine bio potres u okolici Đakova te 1964. godine na području Slavonije, područja Hrvatske s najmanjom seizmičkom aktivnošću su neki dijelovi Slavonije i Baranje te Istra. Prema Humskoj & sur., sjeverozapadni dio Hrvatske seizmički se može definirati kao umjeren s rijetkim pojavama jačih potresa dok je, s druge strane, seizmički najugroženiji dio Hrvatske južna Dalmacija. Tektonski aktivnom području pripadaju Medvednica te šira okolica Zagreba (Humski & sur., 2021., str. 59.). Prema Noli & sur.

(2013., str. 330.), Državna uprava za zaštitu i spašavanje Republike Hrvatske (DUZS) u Hrvatskoj procjenjuje kako postoji velika opasnost od potresa VIII. i IX. stupnjeva MCS na 36,42 % površine teritorija gdje živi gotovo dvije trećine hrvatskoga stanovništva (2 801 287, 2001. godine). S druge strane, opasnost od potresa VII. stupnjeva MSC postoji na više od polovine teritorija (56,22 %), što obuhvaća nešto više od trećine (1633 529, 2001. godine) stanovništva.

Što se tiče tektonske aktivnosti Zagreba, ona je uvjetovana pokretima u regionalnom strukturnom sklopu gdje vrlo važnu ulogu ima Jadranska mikroploča uzrokujući jaku kompresiju u području Alpa i sjevernog dijela Dinarida. Zagrebački rasjed sačinjen je od niza manjih rasjeda te presijeca područje samoga grada Zagreba. Manji rasjedi koji čine zagrebački rasjed su Kerestinec – Ilica – Maksimir – Sesvete te Podsused – Markuševac – Kašina – Zelina. Izdvajajući seizmički najaktivniji prostor Medvednice, može se izdvojiti dionica zagrebačkog rasjeda između Markuševca i Moravča u duljini od oko 20 km (Gusić, Landeka, Lukić, Prša, & Vidić, 2016., str. 87.).

Prema Markušiću i Heraku, seizmogene zone u Hrvatskoj i okolnim područjima su Južni Vanjski Dinaridi, Dubrovnik, Dolina Neretve, Južni Jadran, Dalmacija, Dinara, Južni Velebit – Ravni Kotari, Vinodol, Rijeka-Zapadna Slovenija-Udine, Bela Krajina, Jastrebarsko-Zagreb-Varaždin, Pokuplje, Podravina, Virovitica-Kaposvar, Baranja, Dilj gora, Banja Luka i Otok Jabuka (Markuš, 2011., str. 58.) (*slika 10*).

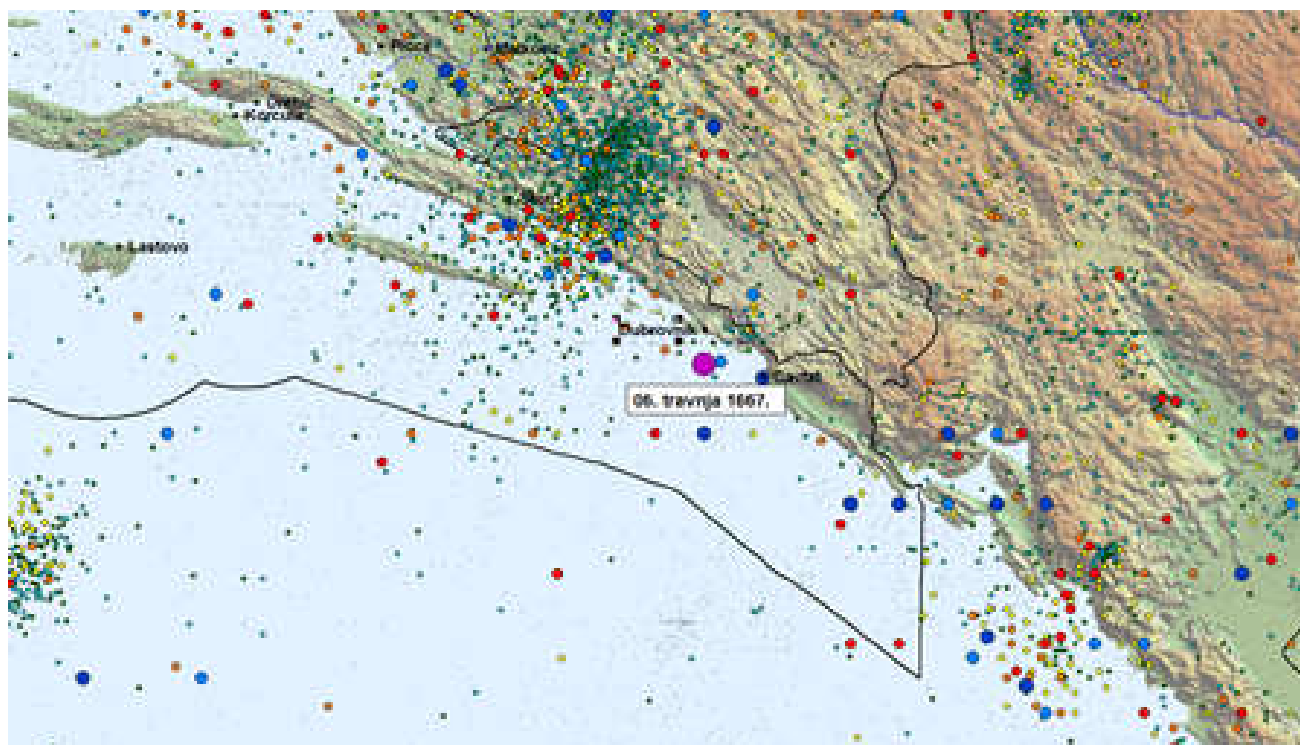


Slika 10. Seizmogene zone u Hrvatskoj i okolnim područjima - Južni Vanjski Dinaridi (1), Dubrovnik (2), Dolina Neretve (3), Južni Jadran (4), Dalmacija (5), Dinara (6), Južni Velebit – Ravni Kotari (7), Vinodol (8), Rijeka-Zapadna Slovenija-Udine (9), Bela Krajina (10), Jastrebarsko-Zagreb-Varaždin (11), Pokuplje (12), Podravina (13), Virovitica-Kaposvar (14), Baranja (15), Dilj gora (16), Banja Luka (17) i Otok Jabuka (18) (izvor: Markuš, 2011., str. 58)

6. Značajniji potresi u Republici Hrvatskoj

Prema Noli & sur., prvi veliki potres zabilježen u Hrvatskoj zbio se 361. godine, gdje je tim potresom u cijelosti u more propao grad Cissa na otoku Pagu. Sljedeći povijesno značajan potres zbio se 1667. godine koji je gotovo do temelja razorio grad Dubrovnik. Može se zaključiti kako su oba potresa bila intenziteta od oko X. stupnjeva MSC ljestvice (Nola & sur., 2013., str. 330., 331.).

Prema Geofizičkom odsjeku, 6. travnja 1667. godine oko 8:45 sati ujutro, Dubrovnik i okolice pogodio je pustošan potres koji se osjetio od Genovskog zaljeva, na istočnoj i zapadnoj obali Jadrana (Venecija), Albaniji pa sve do Smirne i Carigrada (*slika 11*). U potresu su oštećeni dijelovi grada Gruža, današnje Rijeke Dubrovačke, Mokošice, Rožata, Koločep i Lopud, a sa brda Srđa kotrljalo se kamenje. Odmah nakon potresa uslijedio je tsunami. Ne zna se točan broj ranjenih i poginulih, ali procijenjeno je oko 2 200 ljudi. Uzrok ovog potresa leži na istočnoj obali Jadranskoga mora u podvlačenju Jadranske mikroploče pod Vanjske Dinaride.



Slika 11. Epicentri potresa u široj okolici Dubrovnika (izvor: Geofizički odsjek)

Dana 5. rujna 1996. godine potres intenziteta IX. stupnjeva pogodio je Ston. U tom su potresu teško oštećene kuće u staroj gradskoj jezgri koja je izgrađena u 14. stoljeću. Srećom,

ljudskih žrtava nije bilo, a velike su štete zabilježene i u Dubrovačkom primorju. Nakon glavnog potresa uslijedila je serija naknadnih te je trajala više od dvije godine.

U periodu od 16. do 20. stoljeća zabilježeno je čak dvadesetak potresa šireg regionalnog područja grada Zagreba koji su prouzročili veću štetu. Najvažniji među njima zasigurno je potres koji se dogodio 9. studenoga 1880. godine u 7:33 sati s epicentralnom jačinom od oko IX. stupnjeva MCS, dok je žarišna dubina procijenjena između 10 i 15 km (Humski & sur., 2021., str. 60.). Prema Noli & sur. (2013., str. 331.), epicentar je bio područje Medvednice te je materijalna šteta bila velika. U tom je potresu razoren veliki dio grada, izgubljena su dva ljudska života. Prema Simoviću (2000., str. 640.), tlo je nakon glavnog potresa podrhtavalo još šest mjeseci. „Veliki potres“ zatekao je i hrvatskoga pisca Augusta Šenoa. Sudjelujući u obnovi tijekom hladnih zimskih dana, Šenoa se razbolio od upale pluća i umro 13. prosinca 1881. godine. Prije svoje smrti proglašen je počasnim građaninom grada Zagreba (Nola & sur., 2013., str. 331.).

U Zagrebu je bilo mnogo potresa – grad Zagreb i Zagrebačka županija nalaze se u seizmičkom području VIII. do IX. stupnjeva MCS koji se smatraju razornim potresima (Nola & sur., 2013., str. 331.). Za potrese koji su se dogodili prije 1880. godine postoje oskudni opisi te iz toga razloga nije moguće ni procijeniti jačinu potresa te se ne zna ni položaj epicentra. Prema Simoviću, najstariji potres u Zagrebu dogodio se 26. ožujka 1502. godine te je srušio toranj crkve sv. Marka. O tom potresu ne postoje drugi podaci. Jaki potres VIII. stupnja MCS ljestvice dogodio se 17. prosinca 1905. godine s epicentrom u Medvednici te je prouzročio mnogo štete u gradu Zagrebu, ali srećom, bez ljudskih žrtava. Dana 2. siječnja 1906. godine dogodio se još jedan potres s epicentrom u Medvednici, jačine VIII. stupnja MCS ljestvice, velike štete, ali bez ljudskih žrtava. Godine 1909., 8. listopada dogodio se potres jačine VII. – IX. stupnja MCS ljestvice s epicentrom u dolini rijeke Kupe te se osjetio jače i u Zagrebu – srušeni dimnjaci te popucani zidovi na zgradama (Simović, 2000., str. 638.). Prema Humskoj & sur. (2021., str. 60.), to je ujedno bio i najpoznatiji potres u Hrvatskoj u kojem je Andrija Mohorovičić 1910. godine na osnovu istoimenog potresa otkrio „Moho“ sloj. Nakon spomenutog potresa 1909. godine u Zagrebu i bližoj okolini nije bilo razornih potresa (Simović, 2000., str. 638.). Prema Humskoj & sur. (2021., str. 60.), Markušić i Herak navode da su se svi zabilježeni potresi dogodili u gornjem plaštu.

Prema Geofizičkom odsjeku, 2. srpnja 1898. godine u 5:17 sati dogodio se potres na području Sinjskog polja. Neke su kuće bile potpuno srušene i oštećene. U nekim je bunarima nestalo vode, dok se u mjestu Vedrine pojavio novi izvor vode. Srećom, za vrijeme potresa bilo je vrijeme žetve pa je većina stanovnika bila u poljima. Nažalost, stradale su tri odrasle

žene i troje djece. Prema Geofizičkom odsjeku, oko deset tisuća ljudi ostalo je bez domova. U prvom tjednu nakon potresa osjetilo se više od 120 naknadnih potresa na tom području, dok je ukupno zabilježeno 17 prethodnih potresa.

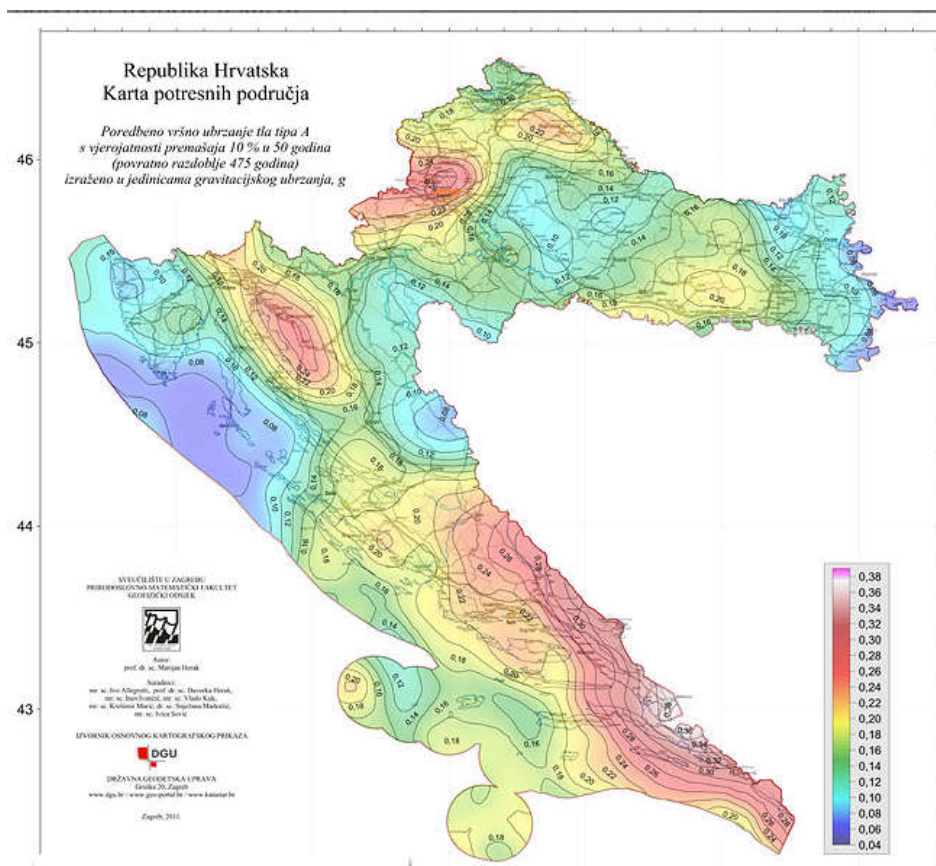
Između 1922. i 1924. godine, Baranja je bila seizmički najaktivnija s potresom jačine VII.-VIII. stupnjeva MCS s epicentrom sjeverno od Osijeka (Humski & sur., 2021., str. 60.).

Prema Geofizičkom odsjeku, područje je Vinodola doživjelo nekoliko vrlo snažnih potresa. Upravo se posljednji takav dogodio 12. ožujka 1916. godine u 4:23 sati. Epicentar se nalazio desetak kilometara istočno od Novog Vinodolskog intenziteta VIII stupnjeva MCS ljestvice, magnitude $M = 5,8$. Nakon toga snažnoga potresa, uslijedio je niz mnogo slabijih naknadnih potresa. Dana 14. srpnja 1916. godine u 21:27 sati, uslijedio je jedan od naknadnih, ali vrlo jak potres intenziteta VII. stupnja MCS ljestvice, magnitude $M = 5,4$. Prema Geofizičkom odsjeku, epicentar se nalazio 12 km sjeverozapadno od onog dana 12. ožujka. Mjesto s najvećom štetom prouzročenom od potresa bile su Grižane. Oštećeno je preko stotinu kuća, vodovodne cijevi, raspucana cesta u Blaškoviću (*slika 12*). Također, u nešto manjoj količini područje Bribira pamti štetu. Srećom, obnova je dovršena u nešto više od godinu dana. Potres se osjetio i u Sloveniji, Zagrebu, Istri, Primorju te Karlovcu.



Slika 12. Posljedice potresa 12. ožujka 1916. u Grižanama (izvor: Geofizički odsjek)

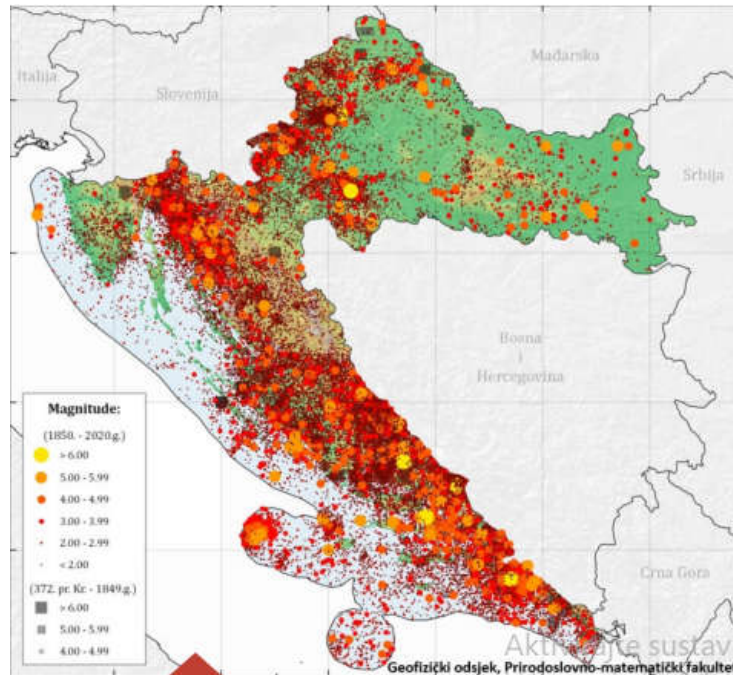
Zona izrazitih potresa jest područje južnog dijela Hrvatske (slika 13). Može se zaključiti kako se na slici vidi da su najveća ubrzanja tla (crvena i žuta boja na karti) na mjestima gdje je najveća koncentracija potresa na karti seizmičke aktivnosti (crvene točke). Također, vidljivo je kako je u posljednjih 47 godina Dinara tektonski najaktivnije područje. Za Dinarom slijedi okolica Dubrovnika, sjeverni Jadran te sjeverozapadni dio Hrvatske. Plavom i zelenom bojom na karti su označena područja koja karakterizira najmanja vrijednost ubrzanja tla – Panonski bazen, Istra i Lika (Humski & sur., 2021., str. 61.).



Slika 13. Karta potresnih područja (izvor: Humski & sur., 2021., str. 61.)

Prema Humskoj & sur. (2021., str. 60., 61.), na karti potresnih područja Hrvatske (slika 14) prikazani su epicentri od oko 30 000 potresa, gdje se, u prosjeku svake godine dogodi potres magnitude veće od 6,0 prema Richteru.

Posljednji jaki potres u Hrvatskoj dogodio se 29. prosinca 2020. godine o kojem će više riječi biti nešto kasnije.



Slika 14. Karta epicentra na području Hrvatske od 372.g. pr. Kr. do 2020. godine (izvor: Humski & sur., 2021., str. 61.)

6.1. Potres u Makarskoj 1962. godine

Dana 7. siječnja 1962. godine izdvojio se prvi potres u 11:03 sati magnitude $M = 5,9$ po Richteru na području grada Makarske. Prema Hrستیću, došlo je do pucanja makarske obale u dužini od oko 700 metara te je potres oštetiio veliki broj objekata. Seizmografi su u Zagrebu zabilježili čak 58 potresa s epicentrima na širem makarskom području u razdoblju od 7. do 22. siječnja 1962. godine. Područja na kojima su zabilježene štete nakon prvih potresa bili su prostori između Makarske, Imotskog, Čapljine i Ploča te obalni pojas do Dubrovnika s otocima Lastovom, Korčulom, Hvarom i poluotokom Pelješcem. Prema Hrستیću, uzrok potresa bio je podvlačenje Jadranske platforme pod Dinaride kao posljedica kretanja Afričke ploče pod Euroazijsku. Najveće su štete nanesene južno od Makarske. Nažalost, potres je uzrokovao i jednu ljudsku žrtvu. Već 11. siječnja u 6:05 sati, Primorje je zatresao drugi jaki potres magnitude $M = 6,1$ MCS ljestvice. Stanovnike Makarske drugi je potres pretežno zatekao u snu te su ubrzo spontano krenuli prema ravnijim predjelima u smjeru Baške Vode. Nažalost, i ovaj je potres odnio jedan ljudski život (Hrستیć, 2012., str. 279., 280., 281.).

6.2. Potres u Zagrebu 2020. godine

Dana 22. ožujka 2020. godine Zagreb je pogodio najsnažniji potres u posljednjih 140 godina. U rano nedjeljno jutro dok je većina stanovnika još spavala, u 6:24 sati Zagreb je

pogodio potres jačine 5,5 stupnjeva po Richteru. Prema Humskoj & sur., utvrđeno je da se epicentar nalazio sedam kilometara sjeverno od središta Zagreba – u naselju Markuševac na dubini od deset kilometara. Nakon što je u 6:24 sati stanovnike grada Zagreba probudio glavni udar, samo pola sata kasnije, u 7:01 sati uslijedio je novi potres jačine 5,0 stupnjeva po Richteru. U narednih 24 sata, na području je grada Zagreba zabilježeno 57 potresa. Najjači među njima bio je onaj prvi, glavni udar jačine 5,5 stupnjeva po Richteru, dok je najslabiji bio jačine 2,0 po Richteru. Humski & sur. navode kako je seizmološka služba objavila da je do 1. lipnja zabilježeno oko čak 613 potresa koje su osjetili građani magnitude iznad 1,3 stupnja po Richteru (*slika 15*). S druge strane, seizmografi su čak zabilježili još oko 1 037 potresa magnituda manjih od 1,3 stupnja po Richteru (Humski & sur., 2021., str. 62.).

| DATUM | VRIJEME (UTC) | MAGNITUDA |
|-------------|---------------|-----------|
| 22.03.2020. | 5:53:07 | 3,4 |
| 22.03.2020. | 6:24:02 | 5,5 |
| 22.03.2020. | 7:01:20 | 5 |
| 22.03.2020. | 7:41:05 | 3,7 |
| 22.03.2020. | 9:04:01 | 3,1 |
| 22.03.2020. | 10:11:57 | 3,3 |
| 23.03.2020. | 11:12:53 | 3,7 |
| 23.03.2020. | 20:49:54 | 3,2 |
| 24.03.2020. | 20:53:49 | 3,2 |
| 23.04.2020. | 9:52:34 | 3,5 |

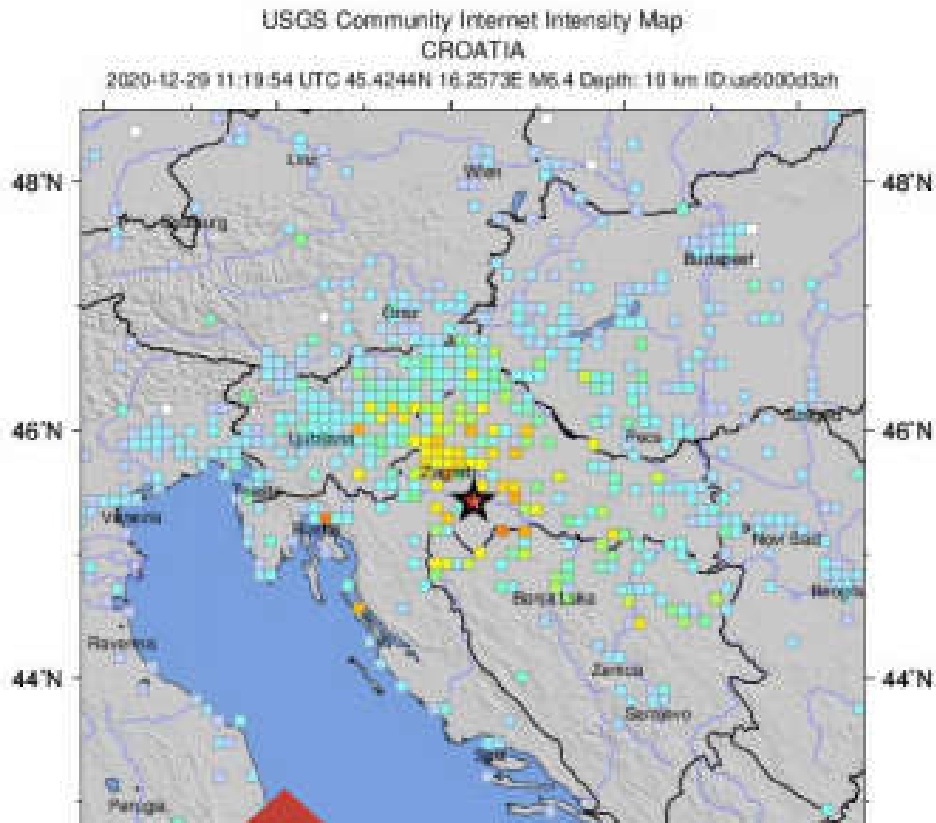
Slika 15. Deset najjačih potresa zagrebačke serije potresa do 1. lipnja 2020. godine (izvor: Humski & sur., 2021., str. 62.)

Prema Richterovoj ljestvici može se zaključiti kako je na području grada Zagreba 22. ožujka 2020. bila riječ o umjerenom potresu koji uzrokuje manju štetu na građevinama. No, sagledamo li poznate podatke o procjeni oštećenja građevina nakon potresa u Zagrebu 22. ožujka 2020. godine, može se zaključiti da je serija potresa ipak bila razorna. Prema Humskoj & sur., najviše prijava štete zaprimljeno je s područja gradske četvrti Maksimir, Gornja

Dubrava, Gornji grad, Medveščak te Donji grad. Vidljivo je prema prostornom rasporedu gradskih četvrti da su na sjevernom dijelu grada Zagreba pretrpjele najviše štete, dok su četvrti na jugu i zapadu grada Zagreba pretrpjele najmanje štete. S obzirom da je epicentar prvog, najjačeg potresa tog kobnog dana bio oko naselja Markuševac, takvi rezultati su i očekivani. Bolnice su također stradale u potresu – Kalnički bolnički centar Rebro, Klinika za ženske bolesti i porode u Petrovoj ulici, Klinika za traumatologiju u Draškovićevoj ulici, KBC sestre Milosrdnice, Zagrebačka katedrala, bazilika Srca Isusova u Palmotićevoj, palača Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti, glavna zgrada Pravnoga fakulteta, muzej za umjetnost i obrt, arheološki muzej te Hrvatsko narodno kazalište (Humski & sur., 2021., str. 63.).

6.3. Potres na Banovini 2020. godine

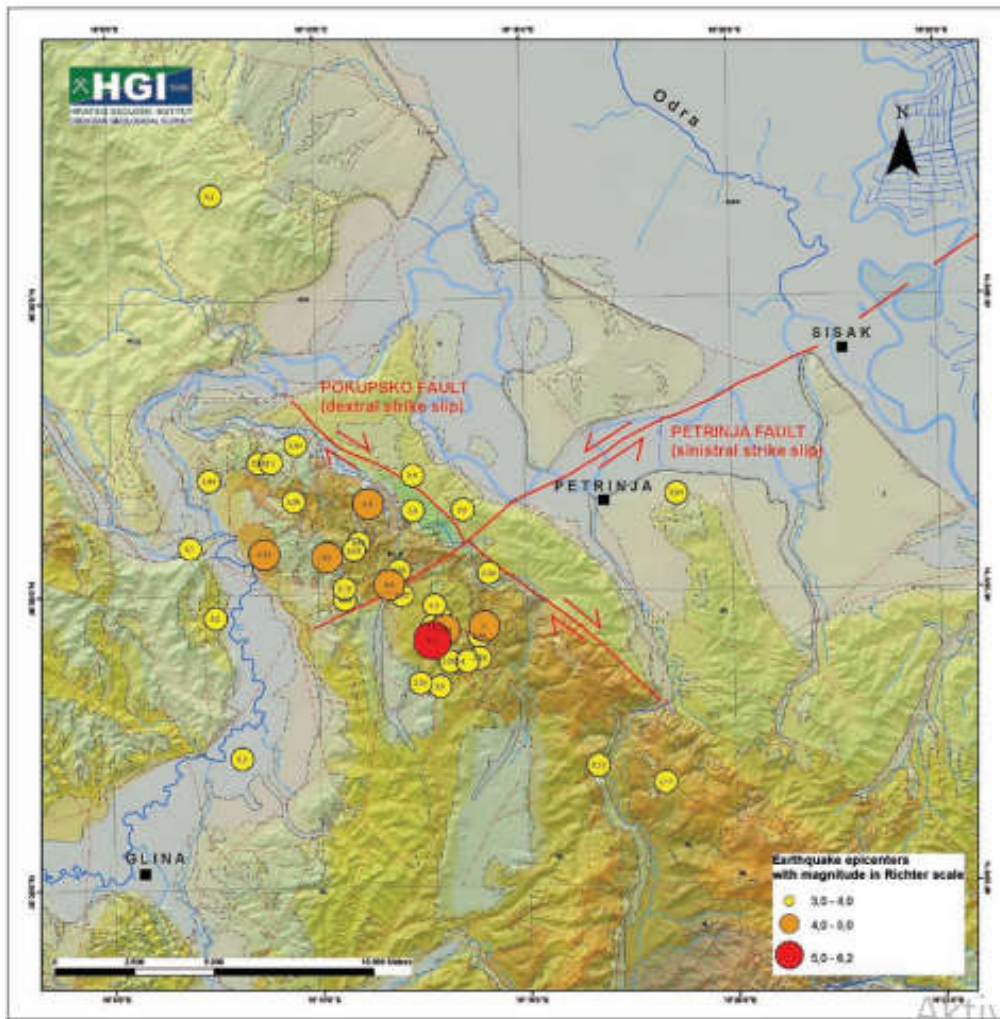
Dana 29. prosinca 2020. godine u 12:19 sati, potres magnitude 6,4 prema Richteru pogodio je Sisačko-moslavačku županiju. Epicentar je bio 3 km jugozapadno od grada Petrinje, dubine od 10 km te su mu prethodila tri velika potresa. Potres se, osim u cijeloj Hrvatskoj osjetio i u dijelovima BiH, Austrije, Crne Gore, Italije, Češke, Mađarske, Slovenije, Rumunjske, Slovačke, Srbije i Njemačke (*slika 16*) (Humski & sur., 2021., str. 66.).



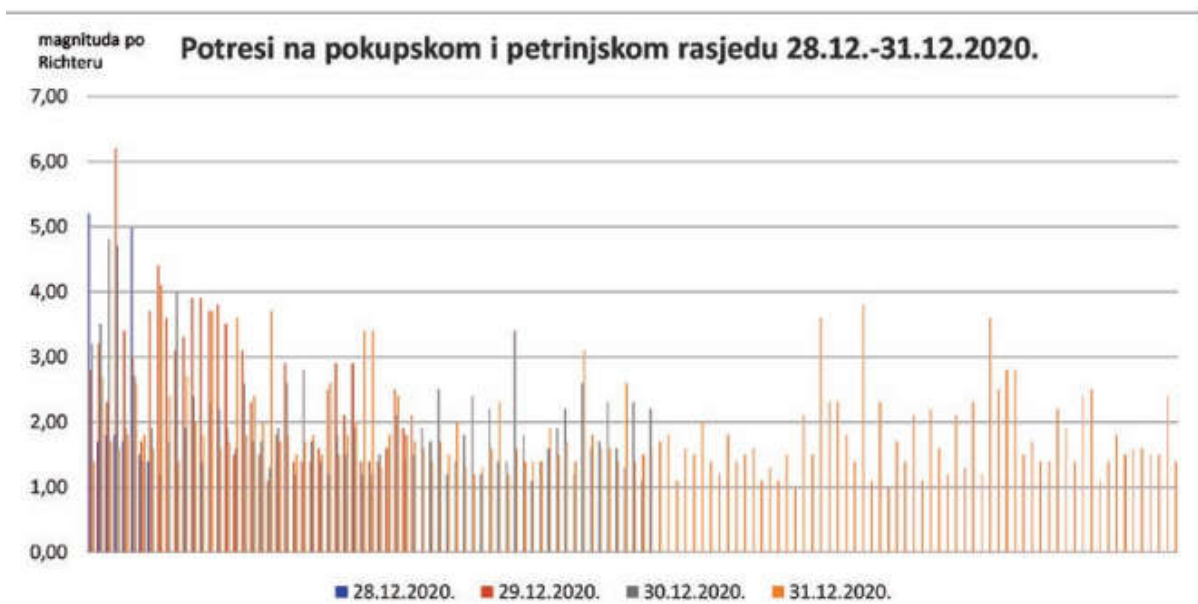
Slika 16. USGS karta intenziteta osjeta potresa - mjesto gdje se potres najjače osjetio – narančasta boja, mjesto gdje se potres jako osjetio – žuta boja, mjesto gdje se potres slabije osjetio – plava boja (izvor: Humski & sur., 2021., str. 66.)

Utvrđeno je da najveći pomak pokazuju točke na području Petrinje i to sa srednjim vrijednostima pomaka 45 cm u smjeru jugoistoka, dok srednja vrijednost pomaka za Glinu iznose 10 cm u smjeru sjeverozapada (10 cm u smjeru istoka za područje Siska). Javlja se i visinski pomak od 10 cm za područje grada Gline (Ros Kozarić, 2020., str. 12.).

Važno je naglasiti da, iako se u proljeće 2020. godine dogodio zagrebački potres, oni nisu izravno povezani jer se ne nalaze na istom rasjednom području. Uzrok nastanka potresa na Banovini bio je aktivacija dvaju međusobno okomita vertikalna rasjeda (strike – slip rasjedi). U zoni kontakta Dinarida i Panonskog bazena nalazi se rasjed. Pružanje rasjeda je SZ – JI koji prolazi Pokupljem, a dužina puknuća rasjeda iznosi 25 km. Potres se dogodio na rasjedu, ali je uzrok nastanka potresa daleko od Petrinje. Naime, već spomenuta Jadranska mikroploča koja se podvlači pod Euroazijsku litosfernu ploču te time uzrokuje sve tektonske pokrete na području zemalja s izlazom na Jadransko more. Posljedica toga je rasjedanje koje je dovelo do pucanja stijena, a time i do oslobađanja velike količine energije u obliku potresa (Ros Kozarić, 2020., str. 10., 11., 12.) (*slika 17*).



Slika 17. Petrinjski i pokupski rasjed (izvor: Ros Kozarić, 2020., str. 11.)



Slika 18. Potresi na Pokupskom i Petrinjskom rasjedu 28. 12. – 31. 12. 2020. (izvor: Ros Kozarić, 2020., str. 13.)

Zabilježena je golema materijalna šteta na području Siska i Petrinje – napuknuti zidovi, srušeni dimnjaci, otpala žbuka i fasada dok su okolica Petrinje i Gline teško stradale. Oštećenih stambenih objekata bilo je čak 38 000 (Ros Kozarić, 2020., str. 14.). Razlog toliko velikog broja oštećenih stambenih objekata leži u tome što je većina zgrada bila građena od nearmiranog zida i opeka koje su izgubile svojstva (Humski & sur., 2021., str. 67.). Nažalost, potres je odnio ono najvrjednije, čak sedmero života. Tlo i dalje podrhtava, što je i uobičajeno nakon razornih potresa (*slika 18*). Prema Ros Kozarić (2020., str. 12.), razlog se krije u energiji koja se iz unutrašnjosti i dalje oslobađa.

7. Povijesni potresi i tsunamiji u Jadranskom moru

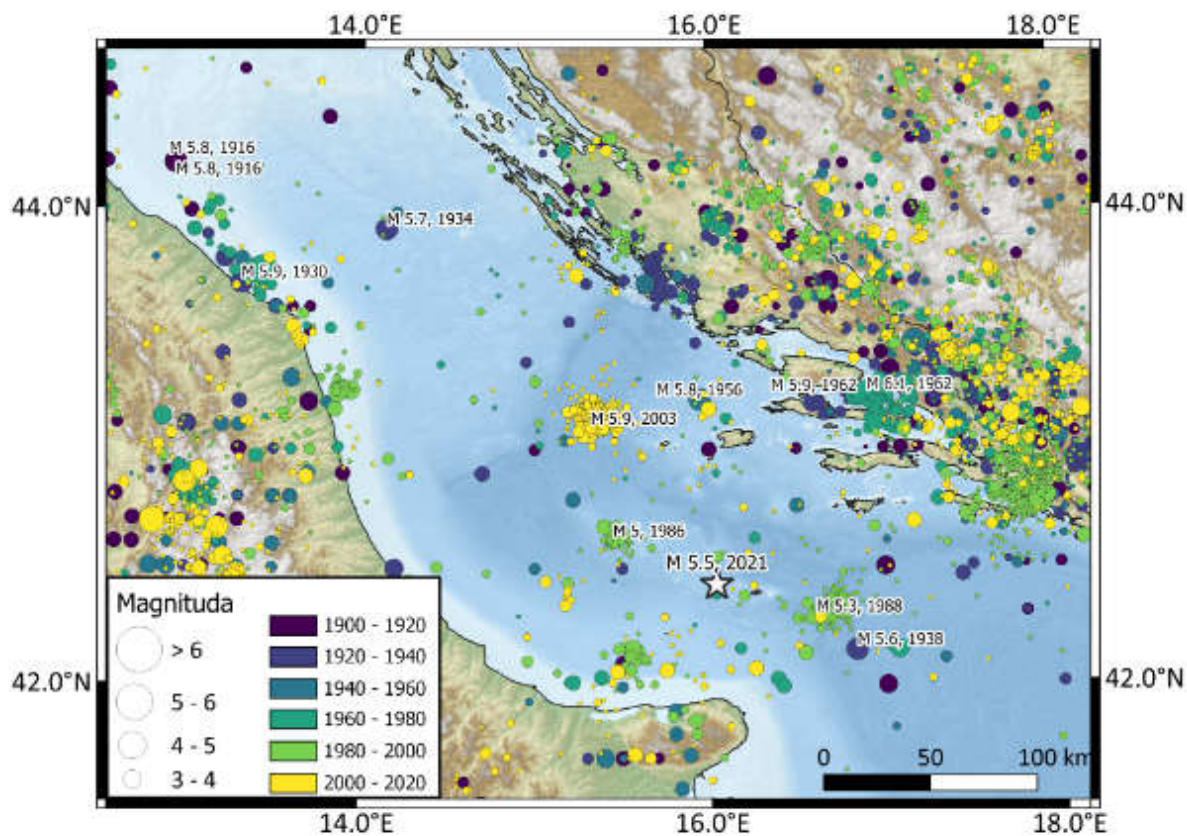
Geofizički odsjek spominje Console i sur. kako navode da se u posljednjih nekoliko desetljeća detektiralo i analiziralo niz potresa u središnjem Jadranu kod Palagruže. Razlog tome leži u sofisticiranim seizmografima koji ih mogu zabilježiti. Također, prema Geofizičkom odsjeku spominju se Herak i sur. koji navode kako se u središnjem Jadranu analiziraju serije potresa i kod Jabuke.

Zašto se događaju ovi potresi? Prema Geofizičkom odsjeku, potresi se ovoga područja javljaju kao posljedica na gibanje Jadranske mikroploče prema sjeveru, odnosno Euroazijskoj ploči. Također, još jedan bitan čimbenik jest i istodobna rotacija u smjeru obrnutom od kazaljke na satu oko točke u zapadnim Alpama brzinom od 0.5 do 4.5 mm/god. Potresi se događaju unutar Jadranske mikroploče te ukazuju na kompleksnost njene strukture. Pokazalo se da se najviše potresa događa u središnjem Jadranu (približno linija Ancona-Zadar i Gargano-Dubrovnik) (*slika 19*).

Geofizički odsjek navodi kako se u tom području, oko 25 km sjeverozapadno od Visa događaju dva potresa (17. svibnja i 16. kolovoza 1916. godine) magnitude $M = 5,8$ kod Riminija. Dana 30. listopada 1930. godine javljaju se potresi magnitude $M = 5,9$ kod Ancone, 30. studenoga 1934. godine na liniji Ancona-Zadar magnitude $M = 5,7$. Dana 27. svibnja 1938. godine na tom se području središnjega Jadrana dogodio najjači potres magnitude $M = 5,6$ prema Richteru. Oko 25 km sjeverozapadno od Visa potres magnitude $M = 5,8$ dogodio se ponovno kod Riminija 15. kolovoza 1956. godine. Nakon toga, 1962. godine javljaju se potresi u primorju kod Makarske te u ožujku 2003. godine kod Jabuke.

Geofizički odsjek navodi da se serija potresa dogodila 1986. godine oko 50 km zapadno od trenutno aktivnog područja. Dana 11. siječnja 1986. godine dogodio se najjači potres u toj seriji magnitude $M = 5,0$. Samo dvije godine kasnije (1988. godine), na liniji Gargano-Dubrovnik javljaju se serije potresa koje započinju potresom magnitude $M = 4,1$ (20. ožujka 1988.), a kulminira potresom magnitude $M = 5,3$ dana 26. travnja 1988. godine. Najjači potres koji se dogodio od linije Gargano-Dubrovnik u Jadranskom moru bio je potres koji se dogodio 11. siječnja 1962. godine, magnitude $M = 6,1$ u primorju kod Makarske.

Godine 2003. najbolje je zabilježena serija potresa do sad u hrvatskom dijelu Jadrana. Ta serija potresa dogodila se kod Jabuke. Prema Geofizičkom odsjeku, Herak & sur. navode kako je 150 potresa prethodilo glavnome, dok je glavnoga slijedilo više od 4 600 naknadnih potresa.



Slika 19. Epicentri potresa u središnjem Jadranu (izvor: Geofizički odsjek)

Prema Geofizičkom odsjeku, jaki tsunamiji zabilježeni su 1930. godine u Anconi te 1979. godine u Crnoj Gori. Nakon devet potresa na istočnoj obali Jadrana nastali su valovi tsunamija, ali nisu došli do zapadne obale Jadrana. S druge strane, čak je šest tsunamija opaženo na istočnoj obali – dva u dubrovačkom području (1667. i 1845. godine), dva (1780. i 1979. godine) u crnogorskom primorju, 1838. godine u riječkom području te 1962. godine u splitskom području.

8. Okolišni i zdravstveni učinci potresa te zdravstvena skrb

Okolišni se učinci potresa mogu definirati vremenom i prostorom u kojem se potres dogodio. To obuhvaća i različite čimbenike kao što su infrastruktura, seizmička otpornost, gustoća naseljenosti, blizina vodenih i obradivih površina i slično. Okolišni se učinci dijele na direktne i indirektne. Pod direktne se navodu trešnja, pomicanje, rastapanje te klizanje tla, lavine, blatni nanosi, tsunamiji, poplave, trajno premještanje tla te stvaranje novih krajobraza. Navedeni učinci ostavljaju posljedice u promjenama krajolika, a neke od njih su nestajanje jezera ili nastajanje novih. S druge strane, ako nastane tsunami uzrokovan potresom, učinci su razorniji, a samim time i saniranje zahtjevnije. Ako potres nastane u gradu, vrlo su česti požari koji su danas iznimno opasni zbog plinskih i električnih instalacija. Također, dogodi li se u gusto naseljenom području, iznimno je važna seizmička otpornost zgrada. To znači da će broj ozlijeđenih ili poginulih biti puno veći u slabijim zgradama. Velika razaranja ostavljaju traga na okolišu – zagađenje vode, tla i zraka. Potresi koji su uzrokovani vulkanskom erupcijom nose opasnosti od požara koji mogu biti uzrokovani devastacijom šumskog pokrova, lavom ili promjenom krajolika izlivanjem lave u more (Nola & sur., 2013., str. 331., 332.).

U indirektne učinke nabrajaju se zagađenje tla i voda uslijed oštećenih industrijskih postrojenja, razaranja brana te naknadna klizanja tla. Zagađenje voda i tla pojavljuje se kada se oštete industrijska postrojenja u blizini naselja. Opasnost od razaranja brana nastupa uslijed potresa, ali i zbog tsunamija. Naknadna klizanja tla su jedan od uzroka promjene krajolika. Svaka od spomenutih situacija ljudima će kao posljedica biti djelovanje u smislu zaštite od daljnjeg ponavljanja istog. Kao primjer navodi se podizanje zaštitnih zidova zbog spriječavanja prodora vodenoga vala nastalog nakon potresa koji je izazvan tsunamijem. Ovim činom ljudi gube postojeće plaže te se na ovaj način umjetno mijenja okoliš (Nola & sur., 2013., str. 332.).

Također, navodi se da u nekim situacijama može doći do promjena u sastavu vode koje dopiru do obradivih površina te samim time do promjena mikroorganizama u tlu što, nažalost, dovodi do slabijeg uroda te manjoj bioraznolikosti. Veliki problem koji se može pojaviti jest nakupljanje otpada te tako izazvati veliko zagađenje okoliša (Nola & sur., 2013., str. 332.).

Nakon potresa, javno zdravstvo je dužno poduzeti sve moguće potrebne mjere za normalno funkcioniranje osoba koje su preživjele potres te ostale bez svojih domova. Situacija postaje dvostruko složenija i otežanija u dijelovima gdje se očekuje tsunami. U takvim je situacijama potrebno suzbiti paniku točnim i jasnim informiranjem javnosti te uvođenjem snaga za održavanje reda i sigurnosti među građanima (Nola & sur., 2013., str. 332.).

Iznimno je bitno ostati priseban u tim katastrofalnim situacijama te pružiti prvu pomoć unesrećenima. Najvažnije je prikupiti osnovne zdravstvene podatke za pružanje brze i učinkovite medicinske pomoći. Potres povećava smrtnost i broj oboljelih od kroničnih i zaraznih bolesti. Potrebno je u takvim situacijama imati dobro pripremljene zdravstvene djelatnike. U prva 24 sata od potresa medicinsko je djelovanje najvažnije. Ono mora biti brzo i učinkovito. Nola & sur. navode da se pod zdravstvenim posljedicama podrazumijevaju ozljede nastale uslijed prijeloma kostiju, otrovanja, krvarenja, opekline, mišićnoskeletne ozljede te gušenja. Nažalost, vrlo su česta bolesna stanja vezana uz mentalno zdravlje, neurološke probleme, srčanožilni sustav, ozljede prsišta i slično. Uslijed onečišćenja voda često se javljaju i zarazne bolesti. Kod većine se preživjelih javljaju simptomi akutnog stresa, popraćenih strahom, nedostatkom sna te depresijom. Djeca i starije osobe posebno su ugrožene skupine. Odrasla osoba može preživjeti samo tri do sedam dana bez vode, ali i do tri tjedna bez hrane (Nola & sur., 2013., str. 332., 333., 334.).

9. Zaključak

Glavni uzroci mehanizma potresa su tektonske ploče koje čine litosferu, odnosno Zemljin gornji sloj. One su nastale zbog konvekcijskog strujanja u astenosferi.

Rasjedi tektonskih ploča jedni su od nekoliko navedenih vrsta granica među pločama. Bitni su zbog pojavljivanja potresa unutar samih ploča, a izazvani su utiskivanjem magme u oslabljene dijelove ploča koji su u većini slučajeva upravo tektonski rasjedi. Oni su bitni zbog zaglavljivanja tektonskih ploča na rubovima zbog trenja. Naime, što su rasjedi veći to je veća mogućnost većih potresa.

Republika Hrvatska nalazi se na području koje je tektonski i seizmički aktivno zbog kretanja Afričke ploče prema Euroazijskoj. Na području se Hrvatske svi potresi ubrajaju u red plitkih potresa. Nekoliko je zona veće seizmičke aktivnosti na području Hrvatske. Iako se potresi ne mogu predvidjeti, u budućnosti se mogu očekivati jaki potresi na području Republike Hrvatske, upravo zbog područja na kojemu se ona nalazi.

U posljednjih je nekoliko desetljeća istraživanje potresa postalo sve intenzivnije te se ulažu sve veća sredstva u istraživanja. Razlog se krije u izazivanju katastrofalnih posljedica uzrokovanih potresima – ljudske žrtve i materijalne posljedice. Postoje direktni i indirektni okolišni učinci. Iznimno je bitno u katastrofalnim situacijama ostati što prisebniji te pružiti prvu pomoć unesrećenima. Pripremljeni zdravstveni djelatnici u katastrofalnim situacijama imaju najvažniju ulogu – zaštititi ljudske živote te unesrećenima pružiti pomoć kako bi bilo što manje žrtava potresa. Požari su vrlo česta pojava kod gusto naseljenih područja koje je pogodio potres. Na tim područjima veliku ulogu ima seizmička otpornost zgrada. To bi značilo da će u boljim zgradama biti manje ozlijeđenih i poginulih.

Iako su potresi iznimno šokantna iskustva, valja ostati pribran u takvim situacijama te, ukoliko je potrebno, potražiti pomoć u što kraćem razdoblju.

10. Literatura

1. Edutorij e-škole. (n.d.). *Aktivnosti za samostalno učenje*. <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/00032329-8067-4561-8260-18f27db1731f/aktivnosti-za-samostalno-ucenje-1.html>. Pristupljeno 15. ožujka 2023.
2. Edutorij e-škole. (2020.). *Građa Zemlje*. <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/0f959e7d-cd12-413c-adce-29e1ac8a4596/grada-zemlje-1.html>. Pristupljeno: 6. veljače 2023.
3. Geofizički odsjek. (n.d.). *Crtice iz (geofizičke) povijesti*. https://www.pmf.unizg.hr/geof/popularizacija_geofizike/crtice_iz_povijesti. Pristupljeno: 25. veljače 2023.
4. Geofizički odsjek (n.d.). *Memorijalne prostorije Andrije Mohorovičića*. https://www.pmf.unizg.hr/geof/popularizacija_geofizike/mpam. Pristupljeno: 5. ožujka 2023.
5. Geofizički odsjek. (2021.). *Povijesni potresi i tsunamiji u Jadranskom moru*. https://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska_sluzba/o_potresima?@=1mbwk#news_97576. Pristupljeno: 9. travnja 2023.
6. Geofizički odsjek. (n.d.). *Seizmološki pojmovnik*. https://www.pmf.unizg.hr/geof/popularizacija_geofizike/seizmoloski_pojmovnik. Pristupljeno: 5. veljače 2023.
7. Geotech.hr. (n.d.). *Discovery of Mohorovičić's (Moho) Discontinuity*. <https://www.geotech.hr/en/discovery-of-mohorovicics-moho-discontinuity/>. Pristupljeno: 25. travnja 2023.
8. Gusić, D., Landeka, J., Lukić, A., Prša, M., Vidić, I. (2016.). *Seizmička aktivnost na području Republike Hrvatske*. *Ekscentar*, (19), 84-90. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/226845>.
9. Herak, M. (1990.). *Geologija: postanak, tektonika i dinamika Zemlje, razvojni put Zemlje i života, geološka građa kontinenata i oceana*. Zagreb: Školska knjiga.
10. Hrستیć, I. (2012.). *Zbivanja na Makarskom primorju tijekom i nakon potresa 1962. godine*. U: Mustapić, M. & Hrستیć, I. (ur.) *Makarsko primorje danas: Makarsko primorje do kraja drugog svjetskog rata do 2011.* (277-298). Makarska: Institut društvenih znanosti Ivo Pilar.
11. Hrvatska enciklopedija. (n.d.). *Litosfera*. <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=36831>. Pristupljeno: 30. siječnja 2023.
12. Hrvatska enciklopedija. (n.d.). *Potres*. <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=49792>. Pristupljeno: 30. ožujka 2023.

13. Hrvatska enciklopedija. (n.d.) *Potresni valovi*.
<https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=63782>. Pristupljeno: 16. veljače 2023.
14. Hrvatska enciklopedija. (n.d.) *Seizmologija*.
<https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=55209>. Pristupljeno: 30. Siječnja 2023.
15. Hrvatska enciklopedija. (n.d.) *Tektonika*.
<https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=60699>. Pristupljeno: 8. veljače 2023.
16. Hrvatska enciklopedija. (n.d.) *Tektonika ploča*.
<https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=60700>. Pristupljeno 11. veljače 2023.
17. Humski, J., Franulović, K., Križić, M., Kujundžić-Lujan, A. (2021.). *Potresi u Hrvatskoj*. Hrčak, 266200, 56.-72..
18. Markuš, D. (2011.). *Potresi i analiza seizmičnosti*. Diplomski rad. Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.
19. Nola, I. A., Doko Jelinić, J., Žuškin, E., Kratochvil, M. (2013.). *Potresi – povijesni pregled, okolišni i zdravstveni učinci i mjere zdravstvene skrbi*. Arhiv za higijenu rada i toksikologiju, 64 (2), str. 327-337.
20. Obradović, M., & Šarko, D. (2021.). *Potres*. *Bjelovarski učitelj: časopis za odgoj i obrazovanje*. 26 (1-3), str.194-196. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/272725>.
21. Oluić, M. (2015.) *Potresi - uzroci nastanka i posljedice s posebnim osvrtom na Hrvatsku i susjedna područja*. Zagreb: PROSVJETA d.o.o. i GEOSAT d.o.o. za istraživačko razvojne usluge.
22. Pevec, E. (2001.). *Potresi*. Ekscentar (4), str. 72-75.
23. Plažanin, F. (2019.). *Suvremeni endogeni potresi i uloga inženjerske geologije*. Završni rad. Zagreb: Geotehnički fakultet.
24. pmf.hr. (n.d.). *Geologija mora*.
<http://geol.pmf.hr/~mjuracic/predavanja/Geol%20mora%2003%20morfogeneza.pdf>. Pristupljeno: 15. svibnja 2023.
25. Ros Kozarić, M. (2020.). *Potresi na Banovini*. Geografski horizont, 66. (2.), str. 7-20. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/254274>.
26. Science19. (n.d.). *Definicija konvekcijske ćelije*. <<https://hr.science19.com/definition-of-convection-cell-3007>> Pristupljeno: 17. veljače 2023.
27. Simović, V. (2000.), *Potresi na zagrebačkom području*. Građevinar, 52. (11.), str. 637-645. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/13067>.
28. Tkalčić, H. (2022.). *Potresi – divovi koji se ponekad bude*. Zagreb: Naklada Ljevak.

29. Župan, R., Frangeš, S., Šantek, D. i Baričević, V. (2019). Analiza i kritički osvrt prikaza stjenovitih područja na kartama. *Geodetski list*, 73 (96) (3), 277-298. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/227004>.

Sažetak

Potresi su iznimno stresni i teški trenutci u životu s kojima se ljudi nažalost susreću te jedna od najgorih prirodnih katastrofa. Zanimljivi su za istraživanje inženjerima i svima koji se bave zaštitom objekata i ljudi od elementarnih nepogoda. Građa Zemlje sastoji se od tri glavna dijela – jezgre, plašta i kore. Litosferu tvore Zemljina kora i gornji dio plašta. Geofizičar Andrija Mohorovičić prvi je primijetio nagli prijelaz između kore i plašta. Njemu u čast taj je prijelaz nazvan Mohorovičićev diskontinuitet. Kontinenti izgrađuju Zemlju te su stalno u pokretu. Grana geofizike koja proučava potrese i njihove pojave je seizmologija. Glavni uzrok potresa leži u tektonskim pločama koje su u stalnom gibanju zbog topline u Zemljinoj unutrašnjosti. U unutrašnjosti Zemlje njihova su kretanja intenzivna na rubovima velikih tektonskih ploča. Također, potresi se mogu javljati i unutar samih ploča. Izdvajaju se tri načina kretanja tektonskih ploča. Potresi se najčešće javljaju na mjestima uzduž jakih rasjeda, ali i na sjecištima rasjeda različite orijentacije. Što su rasjedi veći, veća je i mogućnost jačeg potresa.

Plitki potresi su potresi kojima je hipocentar iznad Mohorovičićeva diskontinuiteta. Upravo se na području Hrvatske svi potresi ubrajaju u plitke potrese. Prostor Hrvatske obuhvaća nekoliko zona veće seizmičke aktivnosti. Prvi veliki potres zabilježen u Hrvatskoj bio je 361. godine. Neki jači potresi u Hrvatskoj zbili su se u Dubrovniku, Stonu, Makarskoj, Zagrebu, Sinjskom polju, Vinodolu te na području Banovine. Nažalost, u posljedicama nekih potresa izgubljeni su ljudski životi, a materijalna šteta bila je ogromna. Iako ih ne možemo predvidjeti, u budućnosti se na području Hrvatske mogu očekivati jaki potresi.

Iznimno je važno ostati priseban u tim katastrofalnim situacijama te pružiti prvu pomoć unesrećenima. Kako bi se prva pomoć pružila na najbolji mogući način, potrebno je prikupiti osnovne zdravstvene podatke o unesrećenoj osobi.

Ključne riječi: građa Zemlje, mehanizam potresa, seizmologija, tektonske ploče, rasjedi

Earthquakes in Croatia in the modern period – causes, consequences and mechanism of occurrence

Abstract

Earthquakes are extremely stressful and difficult moments in life that people unfortunately encounter and one of the worst natural disasters. They are interesting for research by engineers and everyone involved in the protection of buildings and people from natural disasters. The structure of the Earth consists of three main parts - core, mantle and crust. The lithosphere is formed by the Earth's crust and the upper part of the mantle. Geophysicist Andrija Mohorovičić was the first to notice the sudden transition between the crust and the mantle. In his honor, this transition was named Mohorovičić's discontinuity. Continents make up the Earth and are constantly in motion. The branch of geophysics that studies earthquakes and their occurrence is seismology. The main cause of earthquakes lies in the tectonic plates, which are in constant motion due to the heat in the Earth's interior. In the interior of the Earth, their movements are intense at the edges of large tectonic plates. Also, earthquakes can occur within the slabs themselves. There are three ways of movement of tectonic plates. Earthquakes most often occur in places along strong faults, but also at the intersections of faults with different orientations. The larger the faults, the greater the possibility of a stronger earthquake.

Shallow earthquakes are earthquakes whose hypocenter is above the Mohorovičić discontinuity. Precisely in the territory of Croatia, all earthquakes are considered shallow earthquakes. The territory of Croatia includes several zones of greater seismic activity. The first major earthquake recorded in Croatia was in 361. Some of the strongest earthquakes in Croatia occurred in Dubrovnik, Ston, Makarska, Zagreb, Sinjsko polje, Vinodol and in the Banovina area. Unfortunately, as a result of some earthquakes, human lives were lost, and material damage was enormous. Although we cannot predict them, strong earthquakes can be expected in Croatia in the future.

It is extremely important to remain calm in these catastrophic situations and provide first aid to the victims. In order to provide first aid in the best possible way, it is necessary to collect basic health data about the injured person.

Keywords: structure of the Earth, mechanism of earthquakes, seismology, tectonic plates, faults

Prilozi

Popis slika

| | |
|---|----|
| <i>Slika 1.</i> Građa Zemlje (izvor: geotech.hr)..... | 3 |
| <i>Slika 2.</i> Andrija Mohorovičić(preuzeto sa stranice: PMF.hr)..... | 4 |
| <i>Slika 3.</i> Globalna konvergencija, divergencija i premještanje kontinentalnih rubova: istočnoafrički sustav pukotina (rift) (A); zapadnoantarktički sustav pukotina (B); bajkalski sustav pukotina (C); sjeverni dio Crvenog mora (D); Kalifornijski zaljev (E), Appalachi planine (F) i Mauritanidi planine (G) (Oluić, 2015. prema Hutchinson, 1992./1993.) | 5 |
| <i>Slika 4.</i> Tri načina kretanja tektonskih ploča (izvor: Geologija mora)..... | 7 |
| <i>Slika 5.</i> Tektonske ploče (Euditorij e-škole)..... | 10 |
| <i>Slika 6.</i> Transformni rasjed San Francisco između Pacifičke ploče i Sjevernoameričke ploče (Oluić, 2015., str. 24.)..... | 12 |
| <i>Slika 7.</i> Seizmograf (izvor: edutorij.e-škole.hr)..... | 15 |
| <i>Slika 8.</i> Shematski prikaz površinskih valova. Crne strelice pokazuju smjer gibanja čestica sredstva u slučaju kada se razmatrani valovi rasprostiru u smjeru naznačenom crvenim strelicama (izvor: Geofizički odsjek)..... | 17 |
| <i>Slika 9.</i> Shematski prikaz prostornih valova. Crne strelice pokazuju smjer gibanja čestica sredstva u slučaju kada se razmatrani valovi rasprostiru u smjeru naznačenom crvenim strelicama (izvor: Geofizički odsjek)..... | 18 |
| <i>Slika 10.</i> Seizmogene zone u Hrvatskoj i okolnim područjima - Južni Vanjski Dinaridi (1), Dubrovnik (2), Dolina Neretve (3), Južni Jadran (4), Dalmacija (5), Dinara (6), Južni Velebit – Ravni Kotari (7), Vinodol (8), Rijeka-Zapadna Slovenija-Udine (9), Bela Krajina (10), Jastrebarsko-Zagreb-Varaždin (11), Pokuplje (12), Podravina (13), Virovitica-Kaposvar (14), Baranja (15), Dilj gora (16), Banja Luka (17) i Otok Jabuka (18) (izvor: Markuš, 2011., str. 58)..... | 23 |
| <i>Slika 11.</i> Epicentri potresa u široj okolini Dubrovnika (izvor: Geofizički odsjek)..... | 24 |
| <i>Slika 12.</i> Posljedice potresa 12. ožujka 1916. u Grižanima (izvor: Geofizički odsjek)..... | 26 |
| <i>Slika 13.</i> Karta potresnih područja (izvor: Humski & sur., 2021., str. 61.)..... | 27 |
| <i>Slika 14.</i> Karta epicentra na području Hrvatske od 372.g. pr. Kr. do 2020. godine (izvor: Humski & sur., 2021., str. 61.)..... | 28 |
| <i>Slika 15.</i> Deset najjačih potresa zagrebačke serije potresa do 1. lipnja 2020. godine (izvor: Humski & sur., 2021., str. 62.)..... | 29 |

| | |
|---|----|
| <i>Slika 16.</i> USGS karta intenziteta osjeta potresa - mjesto gdje se potres najjače osjetio – narančasta boja, mjesto gdje se potres jako osjetio – žuta boja, mjesto gdje se potres slabije osjetio – plava boja (izvor: Humski & sur., 2021., str. 66.)..... | 31 |
| <i>Slika 17.</i> Petrinjski i pokupski rasjed (izvor: Ros Kozarić, 2020., str. 11.)..... | 32 |
| <i>Slika 18.</i> Potresi na Pokupskom i Petrinjskom rasjedu 28. 12. – 31. 12. 2020. (izvor: Ros Kozarić, 2020., str. 13.)..... | 32 |
| <i>Slika 19.</i> Epicentri potresa u središnjem Jadranu (izvor: Geofizički odsjek) | 35 |
| Sadržaj tablica | |
| <i>Tablica 1.</i> Magnituda potresa po Richteru i učinci (izvor: Kozarić, 2020., str. 9)..... | 15 |
| <i>Tablica 2.</i> MCS ljestvica intenziteta potresa (izvor: Kozarić, 2020., str. 10)..... | 16 |

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FILOZOFSKI FAKULTET

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Obrazac A.Č.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FILOZOFSKI FAKULTET

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

kojom ja Franica Klaus, kao pristupnik/pristupnica za stjecanje zvanja magistra/magistrice primarnog obrazovanja, izjavljujem da je ovaj diplomski rad rezultat isključivo mogega vlastitoga rada, da se temelji na mojim istraživanjima i oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio diplomskoga rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da nije prepisan iz necitiranoga rada, pa tako ne krši ničija autorska prava. Također izjavljujem da nijedan dio ovoga diplomskoga rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

Split, lipanj 2023.

Potpis

Klaus

IZJAVA O POHRANI ZAVRŠNOGA/DIPLOMSKOGA RADA U DIGITALNI REPOZITORIJ FILOZOFSKOGA FAKULTETA U SPLITU

Izjava o pohrani i objavi ocjenskog rada
(završnog/diplomskog/specijalističkog/doktorskog rada - podcrtajte odgovarajuće)

Student/ica: Franića Lauš
Naslov rada: Potresi u Hrvatskoj u suvremenom razdoblju -
uzroci, posljedice i mehanizam nastanka
Znanstveno područje i polje: Prirodne znanosti, Geologija
Vrsta rada: Diplomski rad
Mentor/ica rada (ime i prezime, akad. stupanj i zvanje):
prof. dr. sc. Nikola Glamuzina
Komentor/ica rada (ime i prezime, akad. stupanj i zvanje):

Članovi povjerenstva (ime i prezime, akad. stupanj i zvanje):

prof. dr. sc. Snježana Dobrota
pred. dr. sc. Marija Krnić

Ovom izjavom potvrđujem da sam autor/autorica predanog ocjenskog rada (završnog/diplomskog/specijalističkog/doktorskog rada - zaokružite odgovarajuće) i da sadržaj njegove elektroničke inačice u potpunosti odgovara sadržaju obranjenog i nakon obrane urednog rada.

Kao autor izjavljujem da se slažem da se moj ocjenski rad, bez naknade, trajno javno objavi u otvorenom pristupu u Digitalnom repozitoriju Filozofskoga fakulteta Sveučilišta u Splitu i repozitoriju Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu (u skladu s odredbama Zakona o visokom obrazovanju i znanstvenoj djelatnosti (NN br. 119/22).

Split, lipanj 2023.

Potpis studenta/studentice: Lauš

Napomena:

U slučaju potrebe ograničavanja pristupa ocjenskom radu sukladno odredbama Zakona o autorskom pravu i srodnim pravima (111/21), podnosi se obrazloženi zahtjev dekanici Filozofskog fakulteta u Splitu.