

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ФАКУЛТЕТ БЕЗБЕДНОСТИ



Историјска учесталост земљотреса и трусне области у
Србији

ДИПЛОМСКИ РАД

МЕНТОР:
др Јасмина Гачић
редовни професор

СТУДЕНТ:
Јована Ристић
број индекса 295/12

у Београду, 2021.године

САДРЖАЈ

САДРЖАЈ	2
УВОД	3
1. ПОЈАМ ЗЕМЉОТРЕСА	4
1.1 Последице земљотреса	6
1.2 Узроци настанка земљотреса	7
1.3 Врсте земљотреса	10
1.4 Основни елементи земљотреса	11
2. ПОЈМОВНО ДЕФИНИСАЊЕ СЕИЗМОЛОШКИХ ХАЗАРДА	12
2.1 Мерење јачине земљотреса	13
2.1.1 Карте сеизмичког хазарда Републике Србије	16
2.2 Сеизмички ризик	18
3. ГЕОГРАФСКИ РАСПОРЕД ТРУСЕВА НА ЗЕМЉИ	19
4. ИСТОРИЈАТ СЕИЗМОЛОГИЈЕ У СРБИЈИ	20
4.1 Сеизмолошке станице	21
4.1.1 Аутоматска обрада података	22
5. ТРУСНЕ ОБЛАСТИ У СРБИЈИ	23
5.1 Земљотрес на Копаонику 1980.године	24
5.2 Земљотрес у Краљеву 2010.године	25
5.2.1 Дефинисање макросеизмичког интензитета	27
5.2.2 Извештавање о параметрима и ефектима земљотреса	27
5.2.3 Последице земљотреса	28
6. УПРАВЉАЊЕ У ВАНРЕДНИМ СИТУАЦИЈАМА НАКОН ИСПОЉАВАЊА РИЗИКА ЗЕМЉОТРЕСА	30
ЗАКЉУЧАК	32
ЛИТЕРАТУРА	34

УВОД

Земљотреси спадају у најстрашније природне силе који доводе до великих материјалних штета и људских жртава на подручјима која су изложена. Они настају изненада и изазивају велике катастрофе. Самим тим, питање о уроцима земљотреса је одавно занимало људе, како би се евентуално мањиле последице изазване истим. У данашње време се гради тако да објекти који се налазе у земљотресима угроженим подручјима, одолевају силама које их угрожавају, тако да страдају само они објекти који су неподесно изграђени.

Познато је да су се земљотреси дешавали током читаве историје развитка Земљине коре. Археолошки докази на грађевинама и инфраструктури могу на најбољи начин да помогну у прецизирању временских граница прошлих сеизмичких догађаја.

Кроз историју, поједини народи су имали разне легенде и тумачења настанка земљотреса. Тако, код старих Јапанаца се сматрало да Земља стоји на китовима и дрхти онда када се китови провлаче испод ње. Стари Грци су веровали да је за земљотресе крив бог Нептун, који је дрмао Земљу када би га верници наљутили. Затим, Ескимима су сматрали да се Земља наслања на стубове који труну од старости и зато често пуцају. Међутим, можда би најисправније била тврдња римског песника Лукреција, који је рекао: “Природа све чини по својој вољи без икаквих богова.”

Изненадни поремећаји у Земљи, који се манифестују као потреси и вибрације у литосфери и на њеној површини, познати су под општим именом – трусови. Како се при тим потресима и вибрацијама Земља „тресе“, трусови се чешће у народу називају – земљотреси.

Интерес за сталним праћењем и проучавањем земљотреса има велики хумани значај, пошто земљотреси спадају у ред најопаснијих природних појава. Наука која проучава земљотресе назива се сеизмологија и о истој ће бити више речи у наставку рада.

1. ПОЈАМ ЗЕМЉОТРЕСА

Земљотреси (потреси или трусови) су природни процеси и нагли покрети земљишта услед неких поремећаја и удара у дубини. Они су врло различити по јачини, по трајању, по обиму, по узроцима и последицама.¹

Земљотреси су подземни удари и колебања површине Земље, изазвана углавном тектонским процесима. Једноставно се може рећи да су земљотреси изненадна експлозивна ослобађања огромних притисака који се накупљају у земљиној кори.²

Спољни део земље се састоји од два слоја: спољне љуске (литосфере) која обухвата кору и крути горњи део омотача, испод које се налази астеносфера. Астеносфера се понаша као суперзагрејана и екстремно висока течност. Литосфера представља чврсти омотач Земље и потиче од грчке речи –*lito* која значи каменит и *sfera*- омотач. Литосфера је разломљена односно издељена на тзв. литосферне плоче- тектонске плоче.



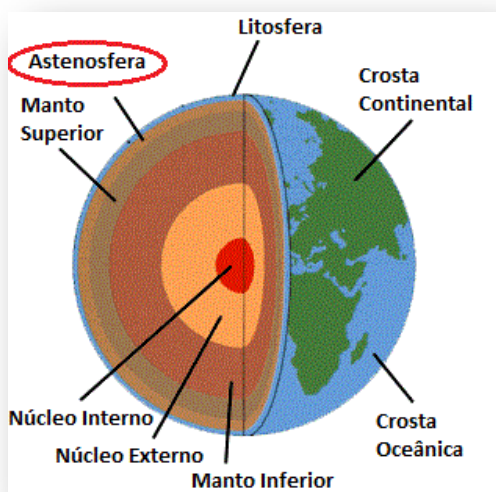
Слика 1. Изглед литосфере

Извор:

https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fslidetodoc.com%2Fpresentation_image_h%2F1c1348554824039d616a1cdfef1fa49bb%2Fimage, приступљено 15.04.2021.године

¹ Жујовић М.Јован и др Петковић К. Владимир, књига прва Општа геологија и књига друга Историјска геологија. Универзитет у Београду, Геологија, Београд 1923, страна 28

² Ђорђевић Амелија, Стевановић Владица, Еколошки ризик, Универзитет у Нишу, Ниш 2020, извор <https://www.znrfak.ni.ac.rs/SERBIAN/010-STUDIJE/OAS-4-1/IV%20GODINA/PREDMETI/ZZS-423-EKOLOSKI%20RIZIK/PREDAVANJA/2019-20/ZEMLJOTRESI.pdf>, приступљено 15.04.2021.године



Слика 2. Изглед астеносфере

Извор: <https://www.google.com/search?q=%D0%B0stenosfera&tbm=isch&ved=2ahUKEwi1w7rouoDwAhWHiqQKHjlAJYQ2> , приступљено 15.04.2021.године

Обзиром на то да литосфера плута по астеносфери и да је разломљена на тектонске плоче, постоје две врсте плоча: океанске (нпр. Тихоокеанска) и континенталне (нпр. Евроазијска). Континенти су се формирали и нестајали, мигрирали и повремено се спајали и формирали суперконтинент. Пре око 750 милиона година најстарији познати суперконтинент *Rodina* почео је да се дели на континенте, који су се опет пре око 600-540 милиона година прекомбиновали и спојили у други суперконтинент *Patoniju*, да би коначно формирали *Pangeu* која се распапа пре око 180 милиона година на континентне у облику који данас познајемо.



Слика 3. Изглед суперконтинента Pangea

Извор: <https://www.svetnauke.org/8472-tektonske-ploce-1-deo>, приступљено 15.04.2021.године

1.1 Последице земљотреса

Земљотреси су најстрашније природне опасности које доводе до огромних разарања и великог броја људских жртава. Земљотреси могу у року од неколико минута да преобразе лице Земљине површине, да затрпају читаве градове, да затрпају постојећа језера и да направе нова, да руше брда и створе нова, да промене ток река и створе водопаде и зато често кажемо да изазивају стање катастрофа. Колико је страшно дејство земљотреса и какве су њихове последице може најбоље илустровати пример земљотреса у Риомамби (Еквадор). Поред великог рушења, пожара и поплава које су биле последица земљотреса, под вертикуларним ударима турских таласа подизале су се плоче на гробовима и лешевима са сандуцима су узлетали увис. То је тешко психички утицало на људе и појачавало страх.³

Сем људских погубија, земљотреси причињавају и огромне штете, руше домове, водоводе, мостове, железнице, рудна окна, пристаништа и поткопе. Проучавањем делимичних или потпуних разарања грађевина, уочила се по нека правилност, те се на основу тих сазнања, данас дају упутства за подизање нових грађевина у земљама где се трусови јављају врло често и силовито.⁴

У геолошке последице трусова се убрајају:

- Прслине
- Пукотине
- Раседи са вертикалним и хоризонталним померањем земљишта

Прслине су једва приметне, али могу да буду веома дугачке и многобројне, тако да је међу њима земљиште сасвим искомадано.

Пукотине могу бити више метара широке и више километара дугачке. Пукотине се или убрзо заклапају, или остану дуже време да јаве. Кроз историју се дешавало да из неких пукотина шикљају довоскоци са песком и муљем, па вода, повраћајући се у земљу гради од избаченог песка мале купе и левке са гротлом. Такође, дешавало се да ако је велика маса те воде она може над пукотином да ижљеби праве вртаче. Ово се видело у Свилајинцу приликом великог труса на Велику Суботу 1893.године и код Врања 1904. године. Пукотине и прслине су обично праве, али има и савијених, По некада полазе од једне тачке зрачно на све стране. Трусне пукотине постају услед таласавог кретања слојева.

³ Извор <http://www.dgt.uns.ac.rs/dokumentacija/zbornik/38/03.pdf> , страна 47-48, приступљено 15.04.2021.године

⁴ Жујовић М.Јован и др Петковић К. Владимир, књига прва Општа геологија и књига друга Историјска геологија. Универзитет у Београду, Геологија, Београд 1923, страна 29-31

Раселине су померања делова земљишта поред прслина, једног мимо других, било у вертикалном било у хоризонталном правцу, обично у вертикуларном. Мале су раселине само од неколико метара дубине.

Улегања земљишта су врло честа услед земљотреса. Тиме се тумачи да је вода у неким пристаништима постала дубља и што су се покидале подморске телеграфске жице.

1.2 Узроци настанка земљотреса

Узроци земљотреса нису сасвим разјашњени. Јасно је да се највећи број земљотреса јавља на разломним тектонским линијама, на местима где се дуж разлома сучељавају, потискују и међусобно разилазе блокови покидане Земљине коре. На овим местима, где је пут магми отворен или олакшан за њихово кретање ка површини Земље, јављају се, вулкани, било изливањем лавичне масе, било у виду снажних експлозија и ерупција, понекад и понегде са истовременим видом активности. На таквим местима су честа напрезања Земље, па и механичка кретања, која се претварају у подрхватања, која се таласима преносе на разне стране Земље.⁵

Земљотрес представља осциловање честица тла изазвано природним или вештачким узроцима. Последица су ослобођене Земљине унутрашње енергије. Земљотрес, као природна катастрофа, често се идентификује са самом појавом потресања тла, односно осциловањем тла и свега што је на том тлу, које је условљено наглим емитовањем сеизмичких таласа из њиховог жаришта, које најчешће настаје у неком од тектонских процеса лома стеновите масе.

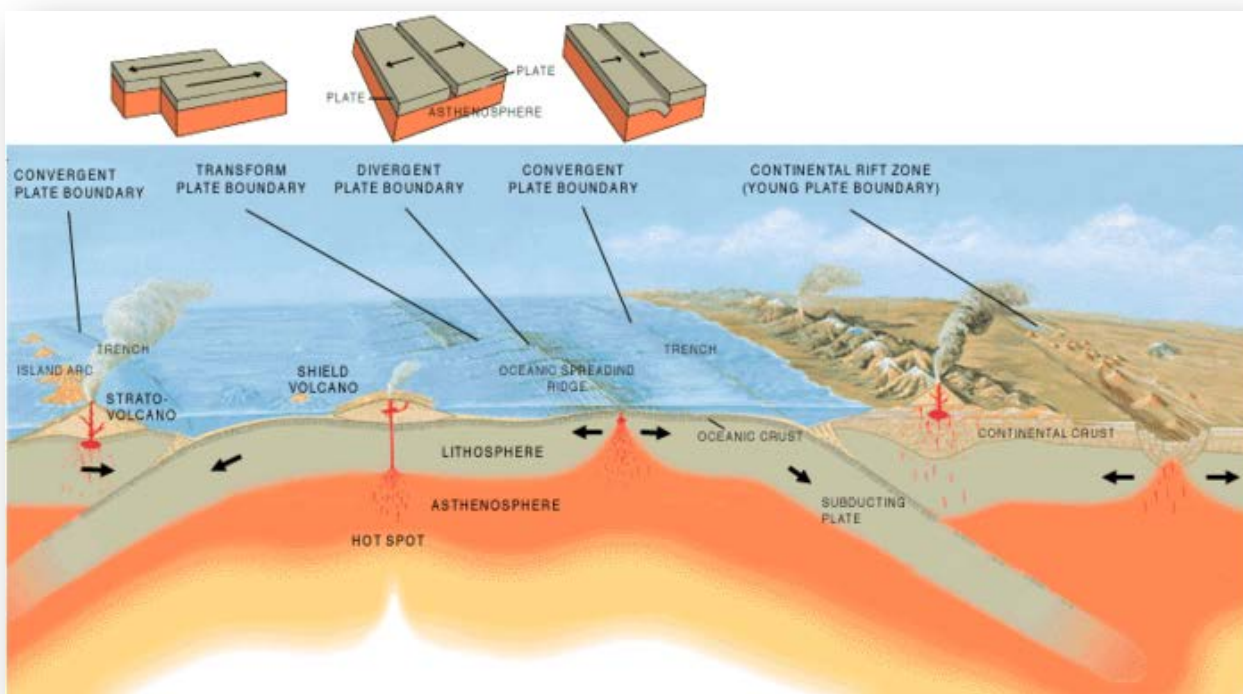
Основни узроци земљотреса су везани за тектонске, односно геодинамичке процесе сударања континената. На ширем простору Медитерана манифестује се ефекат сучељавања Европске и Афричке мегаплоче, односно континента. Као последица ових процеса, у зони сучељавања настају енормно велика напонска поља у стенама, која условљавају лом стене у ослабљеним зонама, у моменту када достигнути ниво напона превазиђе чврстоћу стенске масе. Пуцањем стена ослобађа се огромна количина сеизмичке енергије у облику сеизмичких таласа, настају пукотине у стени, као и пропратни ефекти на земљиној површини – активирање клизишта у тлу, рушење објеката, одрона стена на падинама, цунами таласа на мору и сл.

Већина разорних земљотреса настаје међусобно додиром тектонских маса. Постоје три врсте додиром тектонских плоча, зависно од начина на који се једна маса креће у односу на другу, као и од разних површинских феномена. Тектонске плоче су сегменти

⁵ Извор http://www.vojnodeo.mod.gov.rs/pdf_clanci/vojnodelo403/vd-403-2018-70-7-07-Tomic.pdf, страна 66-67, приступљено 15.04.2021.године

који се крећу један у односу на други и при томе могу формирати неку од следећих граница:⁶

1. Границу размицања (дивергентну)
2. Границу примицања (конвергентну) и
3. Границу клизања (трансформу).



Слика 4. Три врсте додира тектонских плоча

Извор:

<https://www.wikiwand.com/sr/%D0%97%D0%B5%D0%BC%D1%99%D0%BE%D1%82%D1%80%D0%B5%D1%81> , приступљено 15.04.2021.године

Дивергентни додир настаје на местима међусобног разилажења две плоче. Средњеокеанске бразде као нпр. Средњоатлантска, те активни тектонски роводи као нпр. *Great Rift* долина у Африци, су примери дивергентних додира.

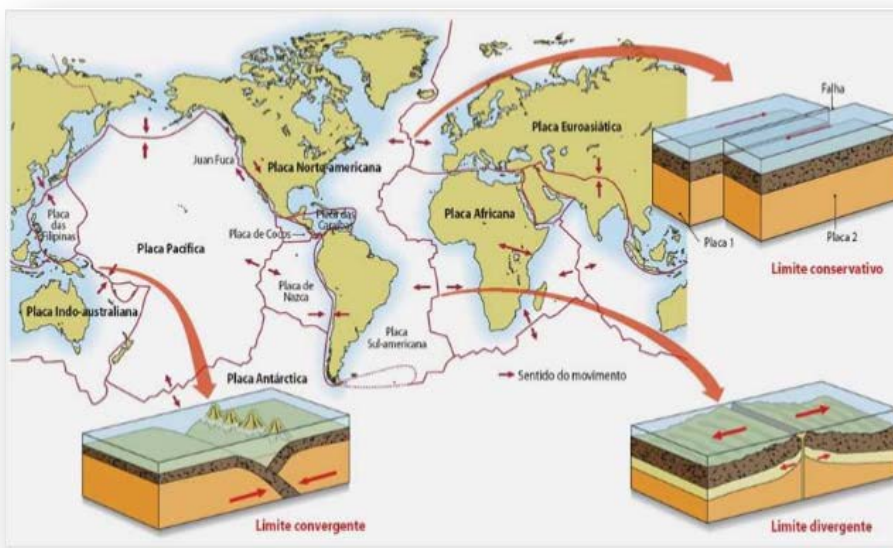
Конвергентни додир, зван и активни обод, настаје на местима где се две плоче сударају обично правећи субдуктивну зону (ако једна плоча подрања под другу) или континенталну колизију (ако обе плоче садрже континенталне стене). Дубоки подморски

⁶ Извор <https://www.znrfak.ni.ac.rs/SERBIAN/010-STUDIJE/OAS-4-1/IV%20GODINA/PREDMETI/ZZS-423-EKOLOSKI%20RIZIK/PREDAVANJA/2019-20/ZEMLJOTRESI.pdf> , приступљено 15.04.2021.године

ровови су обично повезани са субдуктивним зонама. Субдуктивна маса садржи многе хидратне минерале. При загревању ови минерали ослобађају своју воду која онда узрокује топљење омотача. Тако настаје вулканизам, нпр. планински венац Анди у Јужној Америци, и јапански острвски лук.

Трансформни додир (конзервацијски) настаје на местима међусобног проклизавања плоча дуж трансформних раседа. Релативно кретање две плоче може бити синистрално (лева страна према посматрачу) или декстрално (десна страна према посматрачу).

Такође, постоји још много других мањих плоча које су настале интеракцијом већих, мање и микро плоче се налазе на спојевима већих плоча и предео чине труснијим него иначе. Сваки континент има своје тектонске плоче и мање плоче које улазе у састав већих. Тектонске плоче се деле на примарне, секундарне и терцијалне. Тектонске плоче се стално, али врло полако помичу за око 5 цм годишње због процеса који се одвијају у самом омотачу. Помицање плоча ствара велики притисак дуж њихових рубних делова и свако место на којима се састају плоче, представља центар потреса. Познато је 12 главних центара потреса на површини земље. С временом рубови где се тектонске плоче сударају деформишу се и пуцају стварајући пукотине – прекиде слоја.⁷



Слика 5. Места за Земљи где се тектонске плоче најчешће сударају

⁷ Извор <https://www.znrfak.ni.ac.rs/serbian/010-STUDIJE/OAS-4-1/IV%20GODINA/PREDMETI/ZZS-423-EKOLOSKI%20RIZIK/PREDAVANJA/2019-20/Prirodni%20izvor%20opasnosti-Zemljotres%20i%20Cunami.pdf>, приступљено 16.04.2021. године

Извор: <https://www.znrfak.ni.ac.rs/serbian/010-STUDIJE/OAS-4-1/IV%20GODINA/PREDMETI/ZZS-423-EKOLOSKI%20RIZIK/PREDAVANJA/2019-20/Priodni%20izvor%20opasnosti-Zemljotres%20i%20Cunami.pdf>, приступљено 16.04.2021.године

1.3 Врсте земљотреса

Према начину настанка, разликујемо две основне врсте земљотреса: **природне и вештачке**. Од **природних земљотреса** издвајамо три типа:⁸

1. Тектонски
2. Урвински
3. Вулкански

Тектонски земљотреси представљају најзначајнију и апсолутно доминантну врсту земљотреса, како по броју, тако и по снази. Ови земљотреси настају у процесу изненадног слома стенске масе, под дејством великих притисака у стенама, који су обично дуготрајно акумулирани у широј зони жаришта земљотреса.

Под жариштем земљотреса сматра се место максималне концентрације напона у стенама, непосредно пре лома стене, односно њеног раседања – односно место на којем започиње тај лом. Жариште земљотреса се често назива и хипоцентар или фокус. Епицентар је ортогонална пројекција хипоцентра на површини Земље, односно то је место на површини Земље на коме се земљотрес највише осећа.

Урвински земљотреси настају зарушавањем подземних пећина у стенским масама површинских делова Земљине коре, који су изложени ерозијским процесима подземних вода, карактеристични су за крашке терене.

Вулкански земљотреси се стварају у вулканским зонама, као последица механичког дејства магме у њеном кретању кроз вулканске канале, као и при самој ерупцији. У процесу настанка земљотреса, врши се трансформисање механичког рада у сеизмичку енергију или енергију сеизмичких таласа, који се затим распростиру у свим правцима кроз земљину кору и унутрашњост, изазивајући одговарајуће ефекте, а често и разарања на вештачким објектима и деформисање природних теренских облика.

Такође, разликујемо и **вештачки земљотрес**, а који настају као последица човековог дејстава на природу. Тако се, на пример, у зони вештачких акумулационих језера јављају тзв. индуковани земљотреси, као последица промене напонског стања на дну и боковима акумулације услед повећања и учестале промене хидростатичког притиска

⁸ Извор http://www.vojnodelo.mod.gov.rs/pdf_clanci/vojnodelo403/vd-403-2018-70-7-07-Tomic.pdf, старана 68, приступљено 15.04.2021.године

воденог стуба на стенске масе, али и као последица смањења механичке отпорности стене услед повећања порног притиска воде присутне у порама.

1.4 Основни елементи земљотреса

Како би се лакше сналазили у терминологији која се користи у сеизмологији, потребно је да упознамо основне елементе земљотреса.⁹

Хипоцентар је управо она тачка у дубини земље у којој настаје потрес. Према дубини хипоцентра могуће је извршити поделу земљотреса према дубини на дубоке (са хипоцентром на дубини преко 700 км), средње дубоке (70-700 км) и плитке (са хипоцентром плићим од 70 км).

Епицентар представља вертикалну пројекцију хипоцентра на површини Земље.

За лакше анализирање простирања земљотреса конструишу се изолиније које спајају тачке у којима се осетио потрес исте јачин- изосеисте, односно тачке у којима се земљотрес осетио истовремено- хомосеисте.

Земљотресни таласи простиру се у свим правцима од хипоцентра. Њихова брзина зависи од густине стена кроз које пролазе и од механичке природе самих таласа. **Разликујемо три врсте таласа:**

Лонгитудинални- дуги или Р талас. Код њиховог простирања честице материје вибрирају у правцу кретања таласа. Ово су таласи највећих брзина и сеизмограм ће прво регистровати њихов долазак.

Трансверзални- S таласи, код којих честице вибрирају управо на правац простирања. Трансверзални таласи су спорији и на основу њиховог временског кашњења може се одредити удаљеност епицентралне области од сеизмолошке станице.

Површински – L таласи представљају рефлексију лонгитудиналних и трансверзалних на површини Земље. Најспорији су, али су и најразорнији.

⁹ Извор <http://www.gef.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2.geotekt.teorije-vulkanizam-tekt.-pokreti-zemljotresi.pdf> , приступљено 16.04.2021.године

2. ПОЈМОВНО ДЕФИНИСАЊЕ СЕИЗМОЛОШКИХ ХАЗАРДА

Сеизмологија, као релативно млада научна област геофизике, проучава процесе који условљавају настанак земљотреса, кретање тако створених сеизмичких таласа кроз Земљину кору и њену дубљу унутрашњост, као и деструктивне ефекте дејства сеизмичких таласа на објектима и тлу. Назив сеизмологија потиче од грчких речи *seismos*- потрес и *logija*- наука, дакле, наука о земљотресима.

Изненадни поремећаји у Земљи, који се манифестују као потреси и вибрације у литосфери и на њеној површини, познати су под општим именом – трусеви.¹⁰

Земљотреси представљају опасност у многим деловима света, а смањење ризика од земљотреса подразумева коришћење знања, метода и података из различитих области, укључујући геонауку, инжењеринг, одговор на катастрофе, осигурање, планирање за ванредне ситуације и економију. Опасност од земљотреса је квантификација различитих ефеката терена, на одређеном месту изазваних земљотресом и вероватноћа да ће ови ефекти премашити одређени ниво.

Земљотрес као природни хазард је изузетно повезан са осталим природним хазардима.¹¹ Тачније, неки природни хазарди су директно повезани, што значи да настанак једног догађаја може да услови настанак другог. Такви хазарди се називају секундарни. Такође, неки природни процеси који се свакодневно дешавају на планети могу условити настанак катастрофалних догађаја. На пример, споро кретање великих плоча испод површине земље, као и њихово сударање или клизање јасно објашњава настанак вулканских ерупција и земљотреса. Прошли догађаји могу створити непредвиђене утицаје на будуће догађаје. Ова теза је потврђена са примером кретања раседа и настанком земљотреса. Затим, тај расед мења и изазива напрезања на другим деловима Земљине коре, док они вероватно мењају понашање других раседа у региону и из тог разлоге се сваки следећи земљотрес разликује. Ова повезаност може да се пренесе и на примере других природних хазарда, ближе објашњено у табели број 1.

¹⁰ Извор http://www.vojnodelo.mod.gov.rs/pdf_clanci/vojnodelo403/vd-403-2018-70-7-07-Tomic.pdf, приступљено 16.04.2021.године

¹¹ Извор <http://ftn.uns.ac.rs/n1432256891/disertacija>, страна 29-31, приступљено 07.05.2021.године

ПРИМАРНИ ХАЗАРДИ	СЕКУНДАРНИ ХАЗАРДИ
Земљотреси	Клизишта Цунами Снежне лавине Пожари Поплаве
Вулканске ерупције	Земљотреси Цунами Поплаве Клизишта Урагани (временске нестабилности)
Клизишта	Цунами
Урагани (временске нестабилност)	Поплаве Клизишта
Поплаве	Клизишта

Табела 1. *Интеракције међу природним хазардима*

Извор: <http://ftn.uns.ac.rs/n1432256891/disertacija> , приступљено 07.05.2021.године

2.1 Мерење јачине земљотреса

Праћење земљотреса врше сеизмолошке станице и опсерваторије. Њихов задатак је да инструментално сниме и утврде координате хипоцентра, епицентра и других тачака на којима се манифестује земљотрес, ради утврђивања механизма потреса и деформација у литосфери.

Први познати инструмент за регистровање потреса су измислили Кинези. Конструисао га је кинески математичар, астроном и географ Чанг Хенг (78 – 139), и познат је као Хенгов сеизмоскоп. Састојао се од металног клатна које је висило са врха великог бронзаног ћупа. У пренутку потреса лоптице из уста змајева пале би у уста жаба у зависности од смера сеизмичког таласа, а неки од ових модела сеизмоскопа били су високи и до 2 м.¹²

¹² Зборник радова Департмана за географију, туризам и хотелијерство 38/2009 , страна 42



Слика 6. Хенгов сеизмоскоп

Извор: <https://www.krstarica.com/zabava/zanimljivosti/zmaj-koji-bljuje-loptice/>,
приступљено 16.04.2021.године

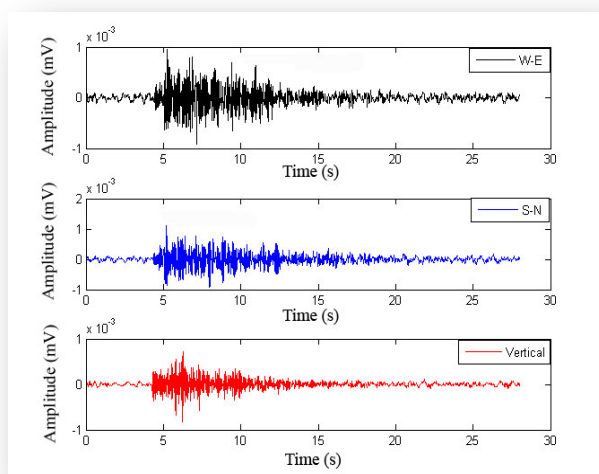
Вибрације које проузрокују земљотреси се детектују, бележе инструментима који се називају сеизмографи. Цик – цак линије, које добијамо као резултат мерења назива се сеизмограм (слика 7.), а он представља промене интензитета вибрација које настају услед кретања површине тла која се налази испод инструмента за мерење.¹³

Из добијених и обрађених података, добијених из сеимограма, научници могу да одреде време, епицентар и фокусну дубину, као и тип прекида у којем настаје земљотрес, а исто тако могу да одреде количину енергије која је произведена.

Јачина земљотреса се може изразити на више начина. Магнитуда земљотреса, која се обично изражава по *Rihterovoj*¹⁴ скали која је добила име у част сеизмолога Рихтера (*Charles Richter*), који је 1935.године математички дефинисао магнитуду као енергетску меру догођеног земљотреса. Рихтерова скала је мера за амплитуду сеизмички таласа. Магнитуда момента земљотреса је мера којом се означава количина енергије која је ослобођена у току земљотреса и може бити изражена преко резултата добијених из читавања сеизмографа.

¹³ Извор http://www.vojnodeo.mod.gov.rs/pdf_clanci/vojnodelo403/vd-403-2018-70-7-07-Tomic.pdf,
приступљено 16.04.2021.године

¹⁴ *Rihterova* скала магнитуде потреса, користи се као мера количине ослобођене енергије у хипоцентру, приликом настанка земљотреса. То је логаритамска скала, одређена на основу рачунања логаритма хоризонталне амплитуде највећег промера и нулте амплитуде, на хоризонталном торзионом сеизмометру типа Вуд – Андерсон. Граница одређивања локалне магнитуде је око 6.8. Рихтерова скала је развијена 1930-их.



Слика 7. Приказ земљотреса на сеизмограму

Извор: <https://www.wikiwand.com/sh/Potres>, приступљено 16.04.2021.године

Интензитет, који се може мерити модификованом Меркалијевом скалом, је субјективна мера којом се изражава колико је јак био сам потрес на некој одређеној локацији. Међународна скала јачине потреса (Меркалијева) се креће од I до XII степени, према јачини удара и потреса.

MERKALIJEVA SKALA		
Stepen	Naziv	Kratki opis karakteristika
1	Nezamjetljiv potres	Bilježe ga jedino seizmografi.
2	Jedva osjetan potres	Osjeti se samo u gornjim katovima visokih zgrada.
3	Lagan potres	Tlo podrhtava kao kad ulicom prođe automobil.
4	Umjeren potres	Prozorska okna i staklenina zveče kao da je prošao težak teretni automobil.
5	Prilično jak potres	Njšu se slike na zidu. Samo pojedinci bježe na ulicu.
6	Jak potres	Slike padaju sa zida, ormari se pomiču i prevrću. Ljudi bježe na ulicu.
7	Vrlo jak potres	Ruše se dimnjaci, crijevovi padaju sa krova, kućni zidovi pucaju.
8	Razoran potres	Slabije građene kuće se ruše, a jače građene oštećuju. Tlo puca.
9	Pustošni potres	Kuće se teško oštećuju i ruše. Nastaju velike pukotine, klizišta i odroni zemlje.
10	Uništavajući potres	Većina se kuća ruši do temelja, ruše se mostovi i brane. Izbija podzemna voda.
11	Katastrofalan potres	Srušena je velika većina zgrada i drugih građevina. Kidaju se i ruše stijene.
12	Veliki katastrofalan potres	Do temelja se ruši sve što je čovjek izgradio. Mijenja se izgled krajolika, rijeke mijenjaju korito, jezera nestaju ili nastaju.

Табела 2. Приказ Меркалијеве скале

Извор: <http://www.radiotesanj.ba/contents/2179-Upozorenje-za-stanovnistvo?s=88> ,
приступљено 16.04.2021.године

Предвиђање потреса је посебна проблематика. Могуће је само одредити области у којима постоје предиспозиције за генерисање потреса, али не и време када ће се они догодити. На основу проучавања густине стенских маса (брзина простирања сеизмичких таласа повећава се са порастом густине) и близине сеизмички активних зона, као и података о ранијим потресима, могуће је прогнозировать максималну јачину потреса на неком подручју. На бази ових података израђују се прогнозне сеизмолошке карте за временске периоде од 50, 100, 200, 500 и 1000 година. Ове карте су нарочито корисне за одређивање технологије изградње објеката, како би се њиховим одговарајућим квалитетом предупредиле могуће штете од земљотреса.¹⁵

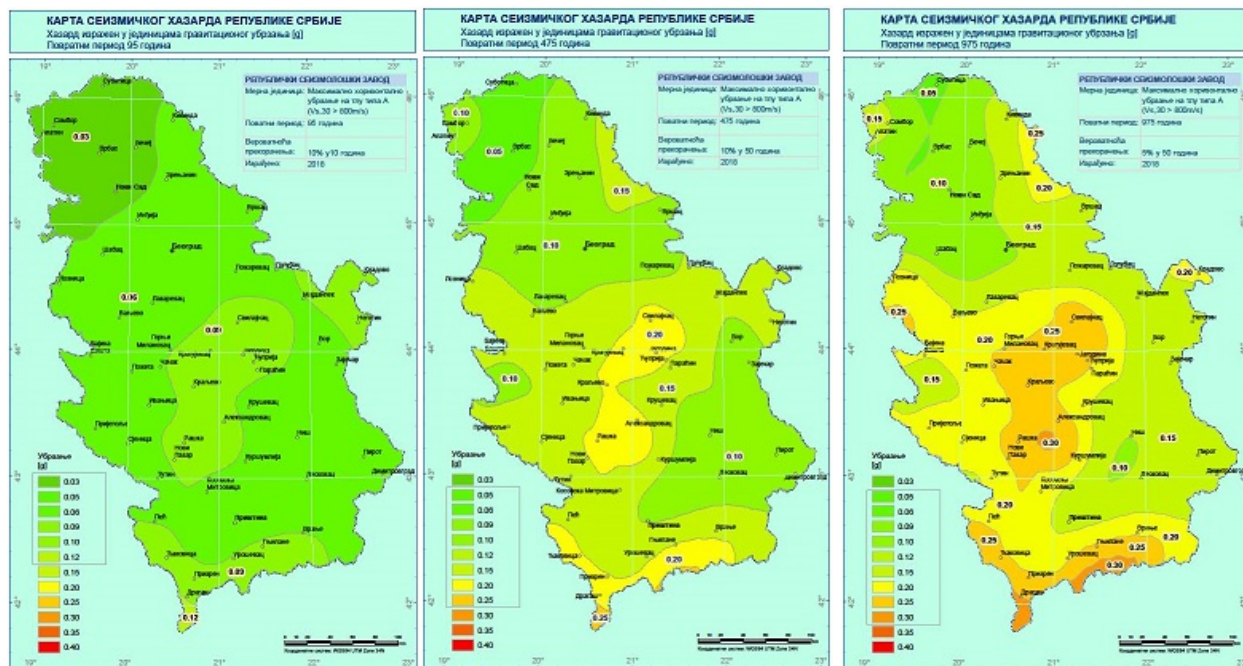
2.1.1 Карте сеизмичког хазарда Републике Србије

На картама је сеизмички хазард представљен путем једног параметра – убрзања (за карте максималног хоризонталног убрзања на тлу типа А у складу са EN 1998 – 1), односно степенима макросеизмичког интензитета. Карте су израђене за повратне периоде од 95,475 и 975 година.¹⁶

Карте су приказане на веб сајту Републичког сеизмолошког завода и исте су информативног карактера. За пројектовање и планирање могу се користити искључиво карте важећих стандарда и прописа.

¹⁵ Извор <http://www.gef.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2.geotekt.teorije-vulkanizam-tekt.-pokreti-zemljotresi.pdf> ,
приступљено 16.04.2021.године

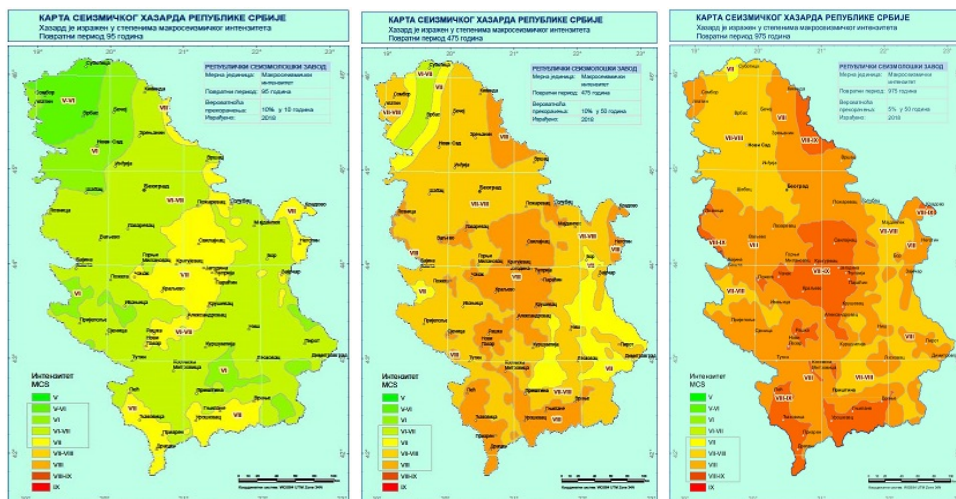
¹⁶ Извор http://www.seismo.gov.rs/Seizmicnost/Karta_hazarda-izvod_iz_tumaca_lat.pdf ,
приступљено 16.04.2021.године



Карта 1. Приказ карти сеизмичког хазарда Р.Србије – по параметру убрзања за повратни период од 95 година, 475 година и 974 година

Извор : http://www.seismo.gov.rs/Seizmicnost/Karte_hazarda_1.htm , приступљено 16.04.2021.године

Карте макросеизмичког интензитета су израђене на основу израчунатих вредности убрзања за тло типа А које су помножене фактором тла за одговарајућу прорачунску тачку како би се обухватило дејство на локалном тлу. За факторе тла су усвојене вредности које прописује *Evrokod 8*. Типови тла су категорисани према нагибу терена израчунатог на основу дијагоналног елевационог модела терена са резолуцијом од 30 м. За сваку прорачунату тачку су усвојене максималне вредности фактора тла у одговарајућем прорачунском квадранту. Овако добијени резултати су кориговани (велике водене површине, висоравни и др.), користећи Инжењерско- геолошку карту СРЈ и Прелиминарну карту сеизмичке рејонизације територије Србије.



Карта 2. Приказ карти сеизмичког хазарда Р.Србије – по параметру макросеизмичког интензитета за повратни период од 95 година, 475 година и 974 година

Извор : http://www.seismo.gov.rs/Seizmicnost/Karte_hazarda_1.htm , приступљено 16.04.2021.године

2.2 Сеизмички ризик

Ризик од природних хазарда уопште представља ниво очекиваних губитака или штета, који се предвиђа као последица реализације неког природног хазарда на одређеном месту и у одређено време. Важни фактори у процени и разумевању ризика су:¹⁷

- Процена нивоа очекиваног хазарда,
- Оцена свих елемената људске вредности у односу на хазард: док хазард постоји и у ненасељеним подручјима исто се не може рећи и за ризик кога обавезно повезујемо са регионима где постоји друштвена заједница са својим вредностима и
- Процена повредљивости друштвене заједнице и то: физичка, социјална и економска.

У ужем смислу, под појмом сеизмички ризик обично се подразумева ниво могућих губитака материјалних добара у случају појаве земљотреса одређеног интензитета на одређеном подручју. Обично се изражава релативним бројевима (у односу на максимално могући губитак. Сеизмички ризик (R) се математички дефинише као конволуција сеизмичког хазарда (H) и функције повредљивости објекта (V) при дејству земљотреса:

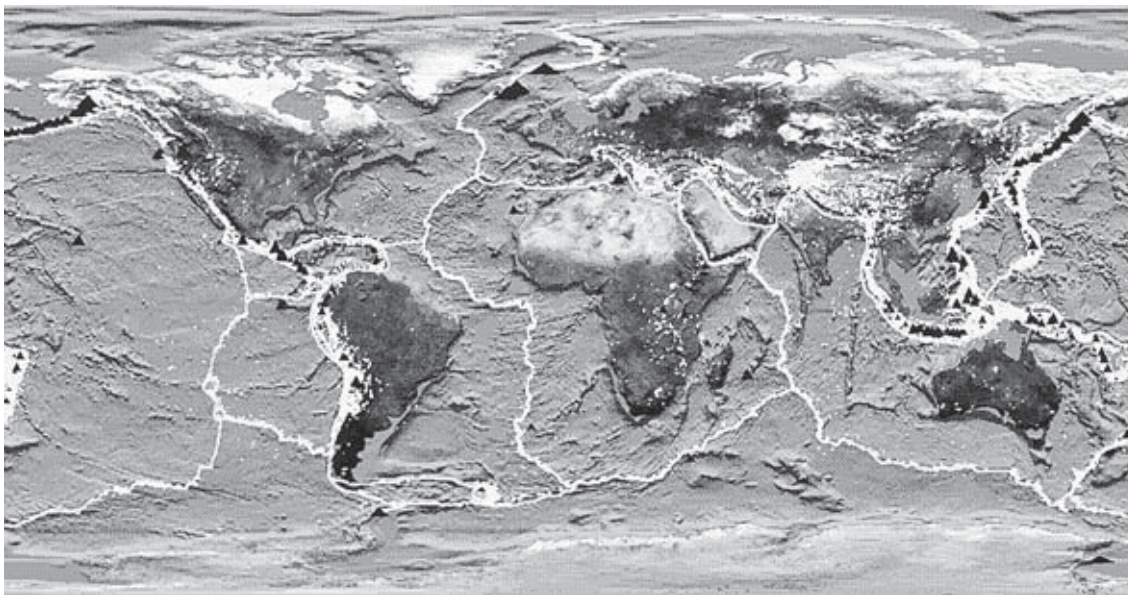
$$R=H \cdot V$$

¹⁷ Извор <https://www.znrfak.ni.ac.rs/serbian/010-STUDIJE/OAS-4-1/IV%20GODINA/PREDMETI/ZZS-423-EKOLOSKI%20RIZIK/PREDAVANJA/2019-20/Prirodni%20izvor%20opasnosti-Zemljotres%20i%20Cunami.pdf> , страна 173, приступљено 16.04.2021.године

3. ГЕОГРАФСКИ РАСПОРЕД ТРУСЕВА НА ЗЕМЉИ

Сеизмичке активне области се поклапају са правцем пружања лабилних зона у Земљиној кори. Та узајамна повезаност није случајност, из разлога што она показује да се највећи број земљотреса јавља у областима најмлађих орогених покрета издизања планина. Потреси су на земљи распоређени по областима, тзв. трусне области. Сеизмичке области са честим и јаким потресима су у простору Тихог океана и дуж његове западне обале и источне обале, затим у простору Средоземног мора и дуж алпских и хималајских планина. Сеизмичке области се пружају на Земљиној површини у виду два релативно узана појаса. То су Медитерански и Циркумпацифички појас. У Медитеранском појасу се јавља 30 % свих земљотреса на Земљиној површини. Овај појас се поклапа са Средоземном зоном венчаних планина и пружа се од Канарских острва на западу до Сундских острва на истоку. Он обухвата Средоземно море, Северну Африку и Малу Азију, Иран, Кавказ, велики део Средње Азије, Квен Лун, Хиндукуш и Хималаје.¹⁸

У Циркумпацифичком појасу се јавља 43 % свих земљотреса на Земљиној површини. Овај појас обухвата Пацифичку зону венчаних планина, углавном дуж источног и западног обода Тихог океана.



Карта 3. Географски приказ трусних области

Извор: Зборник радова Департмана за географију, туризам и хотелијерство 38/2009

¹⁸ Зборник радова Департмана за географију, туризам и хотелијерство 38/2009 , страна 46

4. ИСТОРИЈАТ СЕИЗМОЛОГИЈЕ У СРБИЈИ

Први корак у развоју сеизмологије у Србији је учињен после рушилачког земљотреса 7. априла 1893. године са епицентром код Свилајнца. Геолошки завод Велике школе у Београду је тада на иницијативу академика Јована Жујовића, управника и професора Светолика Радовановића започео прикупљање података о земљотресима. Ова прва организација сеизмолошке службе функционисала је само неколико година. Филозофски факултет Универзитета у Београду је 1906. године донео одлуку о изградњи објекта Сеизмолошког завода на Ташмајдану чиме је започето систематско проучавање земљотреса на територији Србије. После многих промена статуса, током стогодишњег рада, које су неповољно утицале на његов рад, Завод је коначно 1995. године Законом о републичком сеизмолошком заводу¹⁹ постао потребна организација која обавља послове за Републику. Ближе дефинисање послова Републичког сеизмолошког завода је одређено посебним члановима овог Закона.²⁰

Први сеизмографи инсталирани су 1909.године, а у јуну 1910.године на инструментима је регистрован први земљотрес. У току Првог светског рата сав инвентар Завода је уништен, а инструменти поломљени и покварени. После оправке инструмената, Завод је поново почео да ради 1921.године. Механички инструменти типа Вихерд, које је Завод добио 1929. године на име ратне репарације, постали су основа инструменталног регистравања земљотреса све до 1980. године. Набавка преносних сеизмографа, после Копаоничког земљотреса, је била први корак у модернизацији сеизмолошке службе.

У периоду од 1991-2005.године у Заводу је остварено техничко унапређење постојећих аналогних сеизмолошких станица у системе за дигиталну аутоматску аквизицију сеизмичких сигнала. Број сеизмолошких станица се повећао на 10 и са 5 је остварен телефонски пренос података у централну станицу у Београду.

После земљотреса код Мионице на Дивчибарама је изграђен објекат друге сталне сеизмолошке станице у Србији из Фонда за обнову Колубарског региона. Станица је опремљена сеизмолошком опремом високог квалитета, уз повољне услове ниског амбијенталног шума, па су регистрације са станица Дивчибаре најчешће коришћени подаци са Балкана у оквиру виртуелне европске сеизмолошке мреже.

У 2005. години је остварен значајни напредак у раду реализацијом пројекта донације Словачке владе преко Фонда Београд – Братислава. У оквиру пројекта извршена је модернизација сеизмолошких станица Београд, Свилајнац, Дивчибаре, Ђердап, Гужа, Сјеница, Бајина Башта, Ниш и Бор, чији се подаци континуално прикупљају. У Београду је

¹⁹ Закон о републичком сеизмолошком заводу, извор <https://www.paragraf.rs/propisi/zakon-o-republickom-seizmoloskom-zavodu-republike-srbije.html>, приступљено 16.04.2021.године

²⁰ Извор <http://www.seismo.gov.rs/O%20zavodu/Info.htm>, приступљено 16.04.2021.године

инсталиран централни аквизициони систем и на њему је успостављено аутоматско прикупљање података. Сеизмографи и аутоматски лоцирани земљотреси се публикују на интернету. Даљи развој сеизмолошке мреже Србије је усмерен ка повећању броја станица са непрекидним преносом података у реалном времену у централну станицу у Београду и набавци савремених широкопојасних сензора.

4.1 Сеизмолошке станице

У централној сеизмолошкој станици у Београду су од 1918. године инсталирани механички сеизмографи *Wichert* и *Maink-a*. Ови сеизмографи су до 1970. године били једини уређаји за регистровање земљотреса на простору Србије.²¹ Систем ДАСА (Дигитална Аутоматска Сеизмолошка Аквизиција) је развијена у Републичком сеизмолошком заводу и у периоду 1991-2005 године је чинио основу сеизмолошке мреже. Данас мрежу сеизмолошких станица Србије чине 24 сеизмолошке станице са 87 дигиталних канала, које су опремљене различитом сеизмолошком опремом. Дванаест сеизмолошких станица је опремљено широкопојасним сеизмометрима, а дванаест станица краткопериодичним сеизмометрима.



Карта 4. Преглед сеизмолошких станица на територији Р.Србије

Извор: <http://www.seismo.gov.rs/O%20zavodu/Info.htm>, прступљено 16.04.2021.године

²¹ Извор <http://www.seismo.gov.rs/Seizmoloske%20stanice.htm>, приступљено 16.04.2021.године

Аутоматска и ручна обрада сеизмолошких података се одвија у централној сеизмолошкој станици у Београду и на централној мерној сеизмолошкој станици на Дивчибарима, која је истовремено и *back-up* систем. Поред тога у реалном времену се прикупљају и размењују подаци са 37 сеизмолошких станица из земаља из окружења – Албанија, Босна и Херцеговина, Аустрија, Бугарска, Црна Гора, Хрватска, Мађарска, Грчка, Румунија, Македонија, Словенија и Словачка. Компјутерски програм за аутоматско лоцирање и извештавање је *Seiscomp3 package (GFZ Postdam)*, а за надгледање аквизиције *SeisGram2K*.

4.1.1 Аутоматска обрада података

Један од показатеља успешности рада сеизмолошке мреже је брза и прецизна аутоматска локација земљотреса. Предуслов су прецизни и позудано регистровани сеизмолошки подаци са распрострањене, али довољно густе сеизмолошке мреже, доступни у реалном времену. Виртуелна сеизмолошка мрежа Србије испуњава постављене услове па је 2006. године покренута аутоматска локација земљотреса. Програмским пакетом *SeisComp2.1* у *SeisComp3* се врши аквизиција и аутоматска обрада дигиталних сеизмичких сигнала. Програм ради на платформи оперативног система *Linux SuSe 9.3* до *10.0*.²²

Тачност лоцирања у највећој мери зависи од поузданости методе за пикирање сеизмичких фаза.

Функција сеизмичког аларма, која захтева хитну реакцију после јаким земљотреса, намењена је првенствено цивилној заштити и издаје се са циљем ублажавања социјалних и економских последица од оштећења изазваних јаким земљотресом. Рано упозоравање је један од примарних захтева друштва које улажу у развој сеизмолошких мрежа. Програмски пакет *SeisComp3* не садржи опцију издавања аларма и публиковања података на интернету, у актуелној верзији. Стога су у Заводу написани скриптови у *C / shell* – у којима се прослеђују информације *e-mailom* и СМС – ом надлежним органима, у међународне сеизмолошке центре, медијима и на интернет презентацији Завода. Цео поступак је аутоматизован и завршава се у року од 10 минута по догађању земљотреса. Листа за информисање је примерена јачини земљотреса и састављ асе на основу критеријума величине магнитуде и географског положаја епицентра .

²² Извор http://www.seismo.gov.rs/Seizmoloska_mreza_cyr.pdf , приступљено 07.05.2021.године

5. ТРУСНЕ ОБЛАСТИ У СРБИЈИ

Земљотреси су са својим стравичним последицама још од давнина изазивали велики страх код људи и животиња. Земљотреси су као последицу имали рушење људских домова који нису били тако изграђени да им могу одолети, почев од пећина које су представљале прво природно људско склониште човека, па све до кућа какве постоје данас.

Србија није простор високе сеизмичке активности, али се у њој дешавају земљотреси чија магнитуда достиже 5,8 јединица Рихтерове скале. По својој јачини ови земљотреси могу бити рушилачки. Србија се налази у сеизмички активном подручју, у рубном делу тзв. Средоземно трансацијске сеизмичке зоне, прецизније Медитерански појас. Захваљујући положају, који се налази на самој ивици плоче, земљотреси у Србији по сеизмолозима не могу бизи јачи од 6,2 до 6,2 по Рихтеру.

Трусне области у Србији су: Рудничка, Маљенска, Копаоничка, Крупанска, Свилајначка, Врањска, Лазаревачка, Голубачка, Урошевско – Гњиланска и Краљевачка.

Ови земљотреси својим положајем маркирају најзначајније жаришне зоне у простору Србије. Главне ударе је пратила копаоничка жаришна зона. У њој су се изразито јаки накнадни удари дешавали и пет година после главног удара.

Најшире прихваћена претпоставка о генези земљотреса у региону Србије је да су њихова жаришта везана за дубинске разломе као старе ослабљене зоне или пак да њихов узрок лежи у неједнакој брзини савремених диференцијалних вертикалних кретања.

Најјачих пет земљотреса који су се догодили у 20. и 21. веку на територији Србије су:

- Урошевац 1921. године, јачина 5,7 јединица по Рихтеровој скали;
- Лазаревац 1922. године, јачине 6,1 јединица по Рихтеровој скали;
- Рудник 1927. године, јачина 6,0 јединица по Рихтеровој скали;
- Копаоник 1980. године, јачине 5,8 јединица по Рихтеровој скали;
- Мионица 1998. године, јачине 5,7 јединица по Рихтеровој скали;
- Краљево 2010. године, јачина 5,4 јединица по Рихтеровој скали.

Београд је до сада имао срећу да није теже страдао од земљотреса, иако лежи у подручју са потенцијално најтежим трусовима. Подигнут је на крају Шумадијске греде, са свих страна омеђене раседима (савски ров, колубарски, великоморавска дислокација и западноморавски раседи). Јужнопанонска дислокација, на којој и уз коју је подигнут Београд је његова сеизмичка опасност. Трус који се десио 15. маја 1927. године је имао јачину 7 степени, али није нанео веће штете. У Београду су се осетили сви новији јачи земљотреси (копаонички, славонско-бродски, букурештански, бањалучки) који су

уколико јачи изазвали већу узнемиреност, нарочито код станара виших спратова. Са становишта потенцијалне учесталости и интензитета земљотреса, Нови Београд је у неповољнијем положају од шумадијског Београда, јер се тросови јаче манифестују у теренима од растреситих седимената. Док је Београд подигнут на компактном кречњаку Шумадијске греде, Нови Београд је израстао на песку у младој панонској равници Саве, лежи у рову, на раседу, а сав је од вишеспратница. Предност његових солитера је што су грађени од бетона, челика и гвожђа, који боље одолевају трусним ударима од зграда са циглама, какве су претежно у шумадијском Београду.²³

5.1 Земљотрес на Копаонику 1980.године

Епицентрално подручје централног Копаоника налази се у зони чија су насељена места угрожена са 8 степени MCS скале, према карти сеизмичке регионализације Србије. Земљотрес 18. маја 1980. године је тај прогнозни интензитет сеизмичке опасности потврдио као реалан, на основу првих каталога Сеизмичког завода може се закључити да је од 1900. до 1980. године константно регистрована слаба до умерена сеизмичка активност на подручју Копаоника. За раније временске периоде нема података, јер је подручје било слабо насељено и без објеката чија би оштећења била забележена.

У морфолошком погледу, подручје Копаоника представља високопланинску и планинску област са врло оштро издељеним рељефом. Главни правац пружања Копаоничког планинског масива је север-југ. Епицентрално подручје лоцираних земљотреса налази се у регионално геотектонском погледу, унутар блока Копаоника, на сеизмичкој зони централне Србије. Блок Копаоника представља јужни блок од три издвојена (сремски, копаонички, јадарски) у оквиру геотектонске јединице екстерне Вардарске зоне.

Од почетка 2009-те године па до 11. фебруара на подручју Копаоника лоцирано је 32 земљотреса. Магнитуде ових земљотреса кретале су се у распону од 0.9 до 2.8 јединица Рихтерове скале. У периоду од 9-11 фебруара инструментално је регистрован 21 земљотрес. Земљотреси са оваквим интензитетима нису могли да изазову материјалну штету.

Земљотреси на централном подручју планине Копаоник су лоцирани на граници копаоничког блока са централном Вардарском зоном у области тектонске дислокације која се простире правцем источно од Приштине и Трепче – централни Копаоник – Краљево. Локације епицентра су оријентисане у правцу I-Z, на централном делу Копаоника који граде велике масе вулканских стена, чији контакти са суседним стенама су скоро

²³ Ђерчан Бојан, др Ристановић Бранко, Миљковић Ђурђа, Зборних радова Департмана за географију, туризам и хотелијерство 38/2009, „Појава земљотреса и њихов утицај на преображај географског простора“, страна 54, извор <http://www.dgt.uns.ac.rs/dokumentacija/zbornik/38/03.pdf>, приступљено 07.05.2021.године

искључиво тектонски. Осим великих маса, мања офиолитска тела, посебно уз источни обод блока, показују врло сложене тектонске односе са свим творевинама области.

Последњи јачи земљотрес у Копаоничкој зони је регистрован 10.04.1998. године и имао је магнитуду 4,5 јединица Рихтерове скале.

Обзиром да је очекивани земљотрес максималне јачина за ово подручје регистрован пре само 29 година, у њему се не очекује понављање оваквих земљотреса, али су могући слабији земљотреси магнитуда до 4,5 јединица Рихтерове скале.

5.2 Земљотрес у Краљеву 2010.године

Главни земљотрес се догодио дана 03.11.2010. године у 01.56 часова.²⁴ Његова јачина је износила 5,4 јединице по Рихтеровој скали. Време почетка догађања земљотреса у огњишту је 00:56:54.76 GMT, а огњиште се налазило на дубини од 13 км. Координате епицентра су : латитуда 43.762 N и лонгитуда 20.713 E, а епицентар је лоциран на 121 км јужно од Београда, односно 4 км северно од Краљева. На основу ових и инструменталних података, епицентар је у атару села Сирча, на раседу прелиминарне дужине од 8 км.

Након главног удара регистрована је серија накнадних удара у овом подручју. Магнитуде ових земљотреса су биле у распону од 1.0 до 4.4 јединице Рихтерове скале. Земљотреси чије су магнитуде износиле две јединице Рихтерове скале и ниже су само инструментално регистроване. У периоду до 13 часова дана 09.11.2010. године регистровано је 258 земљотреса. У селу Сирча, се појавила пукотина дуга више од 20 м, из које је истекао топли сивоцрни песак. У истом месту, на извору Сирчанске Баље, један од извора повећао је издашност 5-6 пута. Појавила се и нова издан. Појачана је концентрација сумпора у води која је након два дана враћена на претходну концентрацију. У близини Оплакића такође је уочена пукотина 4-5 метара из које је такође истекла вода и песак. У Сирчи је у једном бунару чији је ниво воде био на дубини 5 метара избачена вода, а бунар је испуњен песком.

²⁴ Извор <http://www.seismo.gov.rs/Vesti/Izvestaj-1.pdf> , страна 8-10, приступљено 07.05.2021.године



Слика 8. Изглед пукотине у селу Сирча, ГО Краљево, након земљотреса 2010.године

Извор: http://www.seismo.gov.rs/Vesti/aktuelna_Kraljevo-l.pdf, приступљено 07.05.2021.године

Ове појаве **сеизмодеформације** у тлу су могуће последице земљотреса и класификоване су у четири категорије:

- **Хидролошки ефекти** – промене нивоа воде у бунарима, таласи на воденим површинама, промене капацитета извора
- **Ефекти нестабилности падина** – осипања. Мањи одрони, мања клизишта, клизиша и масивни одрони;
- **Хоризонтални процеси у тлу** – мале прслине и велике пукотине у тлу и
- **Конвергентни процеси или комплексни случајеви** –клизишта, ликвифакције.

Постојећим **Упутством типизација објеката** је представљена са три описа конструкције зграде и то:

Скелетна конструкција, тврди материјал и слаби материјал. Medvedev Sponhauer Karnik – 64 (MSK- 64) скала такође обухвата три типа објеката и то:

А: зграде од необрађеног камена, сеоске зграде, зграде од непечене цигле, куће од глине.

Б: обичне зграде од опека, зграде од великих блокова и зграде од префабрикованих материјала.

С: армиранобетонске грађевине и солидно грађене дрвене грађевина.

На зградама је уочено присуство оштећења степена 4 на малом броју класе А као и у неколико случајева на зградама класе В. Оштећења степена 3 уочена су на већини зграда класе А и на мањем блоку класе В. Оштећења степена 2 су уочена на већини зграда класе В.



Слика 9. *Последице земљотреса у Краљеву 2010.године*

Извор: <https://www.blic.rs/vesti/drustvo/jezivih-30-sekundi-koje-ce-kraljevcani-pamtiti-dok-su-zivi-deset-godina-od-razornog/f6lyzsl> , приступљено 07.05.2021.године

5.2.1 Дефинисање макросеизмичког интензитета

У циљу дефинисања макросеизмичког интензитета, обављена су 13 једнодневних обилазака терена угроженог земљотресом двочланих и екипа Републичког сеизмолошког завода које су после земљотреса у периоду од 3-19. новембра упућене у шире епицентрално подручје и обишле су 191 насељена места. У току обиласка прикупљени су подаци о дејству земљотреса на људе и њиховог понашања, ефектима на предмете и природу и оштећењима на зградама.²⁵

5.2.2 Извештавање о параметрима и ефектима земљотреса

Након земљотреса који се догодио по локалном времену у 01.56.54 у региону Краљева, послата је аутоматска порука преко сервера за слање порука *UZZPRO-a* у 02:04 часова. Порука је послата Центру за ванредне ситуације у МУП-у Србије, Републичком центру за обавештавање Градском центру за обавештавање и центру за обавештавање Ваљево, у међународне сеизмолошке центре *EMSC* и *IGN* (Шпанија), медијима (РТС, Бета и РТ Војводина), као и запосленима у Заводу. Провером је утврђено да су поруке које су

²⁵ Извор <http://www.seismo.gov.rs/Vesti/Izvestaj-1.pdf> , страна 24-25, приступљено 07.05.2021.године

стигле на сервер *UZZPRO-a* у 02:04 часова испоручене на послате адресе у 02:49 часова. Уобичајено је да овакве поруке стижу најкасније за један минут.²⁶

Прелиминарни подаци су касније допуњени и незнатно измењени у односу на прву информацију. Коначну верзију која је садржавала: време земљотреса у епицентру, географске координате, његову магнитуду, предпостављени интензитет и епицентар представљен на карти није био могуће поставити на портал Завода, јер су постојале техничке препреке у Управи за заједничке послове где је постављен сајт Завода. Приступ је омогућен тек после отприлике 2 часа након земљотреса када је информација постављена на сајт Завода.

Већ око 02:20 часова у Завод је стигла екипа РТС-а и снимала изјаву о догођеном земљотресу која је садржала прелиминарне податке. Четири часа након земљотреса формирана је и упућена прва екипа из Завода у епицентрално подручје. Након тога, у раним јутарњим сатима су упућене још две екипе које су имале задатак да прикупе информације о манифестацијама земљотреса и да покупе податке са акцелерографских станица из мреже за јаке земљотресе. У наредним данима у епицентрално подручје и шири регион упућено је још 12 екипа из Завода.

У подруму зграде општине Краљево 07.11.2010. године је инсталиран акцелерограф намењен за регистровање убрзања осциловања честица тла. Пренос података путем интернета успостављен је након што су се стекле техничке помоћности за такав пренос, а то је било 11.11.2010. године.

У данима након главног удара запослени у Заводу су гостовали у медијима у Краљево, Београду и Чачку. У неколико наврата екипе које су боравиле на терену су посетиле Кризни штаб у Краљево. Приправност дежурстава је појачана тако што је појачан број присутних извршилаца у Заводу у дане викенда, а радним данима је пролонгирано време дневног дежурства.

5.2.3 Последице земљотреса

Након катастрофалног земљотреса који је задесио Краљево, али и околна места ГО Краљево, у граду није било грејања и делимично струје, вода се није препоручивала за пиће, породилиште је било поплављено, а у Клиничком центру „Студеница“ нису радиле операционе сале, док су у продавницама падали рафови и полице, па је снабдевање грађана било отежано. Услед потреса, мобилна телефонија у Краљево је била у прекиду.

Дана 03.10.2010. године у Краљево је образован Градски штаб за ванредне ситуације – Краљево.²⁷ Комадант штаба је градоначелник Краљева, а начелник Штаба је

²⁶ Извор <http://www.seismo.gov.rs/Vesti/Izvestaj-1.pdf>, страна 56-58, приступљено 07.05.2021. године

представник Управе за управљање ризиком Сектора за ванредне ситуације, МУП. Из овог штаба су се договарале, координирале и покретале све активности које су се тичале збрињавања угрожених и санације објеката. Одмах по примању информација у Краљево су стигла три специјалистичка тима Сектора за ванредне ситуације МУП за трагање и спасавање из рушевина – тим из Крагујевца, Београда и Ниша. Одмах су започели претрагу и прегледање објеката у потрази за евентуалним жртвама. Све надлежне службе су започеле санирање последица земљотреса.

Комисија за процену штете је оформљена и започела је рад на процени штете на око 16.000 пријављених објеката за преглед – од чега је преко хиљаду и петсто ван употребе, а за санирање је око десет хиљада објеката.

У Управу за ватрогасно - спасилачке јединице – Краљево су 06.11.2010. године стигле специјалне платформе из Београда, Ниша и Новог Сада. Припадници Сектора из Крагујевца, Ниша, Ваљева, Београда, Новог Сада, Чачка, Јагодине, Новог Пазара, Крушевца, Ужице, Смедерева, Панчева и Пирота су послали додатне снаге. На терену је било присутно укупно око 180 припадника Сектора. Ове јединице су радиле на санацији објеката који су претрпели највише штете.

Највише штете је претрпело насеље Грдица, где је услед пада бетонске плоче погинуо брачни пар. У Београду није било оштећења, али је у насељу Вождовац једна особа у паници искочила кроз прозор и повредила кичму.²⁸

²⁷ Извор <http://prezentacije.mup.gov.rs/sektorazastituispasavanje/2010-11-03.html> , приступљено 07.05.2021.године

²⁸ Извор <https://www.rts.rs/page/stories/ci/story/124/%D0%94%D1%80%D1%83%D1%88%D1%82%D0%B2%D0%BE/789386/%D0%94%D0%B0%D0%BD+%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%BB%D0%B5+%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D1%99%D0%BE%D1%82%D1%80%D0%B5%D1%81%D0%B0.html> , приступљено 07.05.2021.године

6. УПРАВЉАЊЕ У ВАНРЕДНИМ СИТУАЦИЈАМА²⁹ НАКОН ИСПОЉАВАЊА РИЗИКА ЗЕМЉОТРЕСА

Катастрофе³⁰ су изазов који показује када, колико и на који начин је друштво спремно да реагује. Постоје начини да се смање ризици и да се ограниче последице катастрофа, као и да се повећа отпорност друштва на катастрофе. Смањење ризика од катастрофа захтева снажну институционалну основу, која се може постићи кроз јачање капацитета, добро управљање, промоцију одговарајућих програмских политика и законодавства, затим олакшани проток информација и ефикасне координационе механизме. Потребно је постићи свеопшти друштвени консензус који укључује како интеграцију смањења ризика од катастрофа у развојне програме и планове, тако и обезбеђење ресурса неопходних за спровођење тих планова и програма и успостављање интегрисаног система заштите и спасавања.³¹

У моменту катастрофе, могуће је знатно смањити последице и губитке ако су надлежни органи, појединци и локалне заједнице у областима угроженим опасностима добро обучени, опремљени и спремни да реагују. Припремљеност може да обухвати разне врсте активности, као што су израда планова за реаговање, стварање залиха опреме и материјала. Организација хитних служби, склапање „stand-by“ уговора, припрема циркуларних саопштења и процедура за управљање информацијама, обука и заједничке вежбе јединица и становништва, као и дефинисање механизма координације.

Ефикасни планови заштите и спасавања такође помажу приликом суочавања са ванредним ситуацијама мањег и средњег обима које се у одређеним заједницама учестало догађају. Приликом управљања катастрофама мора се обратити пажња на то да различите друштвене групе имају различите потребе када се догоди катастрофа.

²⁹ Ванредна ситуација је стање које настаје проглашењем од надлежног органа када су ризици и претње или настале последице по становништво, животну средину и материјална и културна добра таквог обима и интензитета да њихов настанак или последице није могуће спречити или отклонити редовним деловањем надлежних органа и служби, због чега је за њихово ублажавање и отклањање неопходно употребити посебне мере, снаге и средства уз појачан режим рада, извор <https://www.paragraf.rs/propisi/zakon-o-smanjenju-rizika-od-katastrofa-i-upravljanju-vanrednim-situacijama.html>, члан 2 Закона о смањењу ризика од катастрофа и управљање у ванредним ситуацијама

³⁰ Катастрофа представља елементарну непогоду или техничко – технолошку несрећу чије последице угрожававају безбедност, живот и здравље већег броја људи, материјална и културна добра или животну средину у већем обиму, а чији настанак или последице није могуће спречити или отклонити деловањем надлежних органа и служби, извор <https://www.paragraf.rs/propisi/zakon-o-smanjenju-rizika-od-katastrofa-i-upravljanju-vanrednim-situacijama.html>, члан 2 Закона о смањењу ризика од катастрофа и управљање у ванредним ситуацијама

³¹ Томић Душко, Шаљић Елдар и Милићевић Марлена, Сеизмолошки хазарди и могућност одговора- студија случаја хуманитарна катастрофа у Непалу, 7/2018, извор http://www.vojnodeo.mod.gov.rs/pdf_clanci/vojnodeo403/vd-403-2018-70-7-07-Tomic.pdf, страна 71, приступљено 07.05.2021. године

Ради спасавања људи и материјалних добара из рушевина које могу настати услед елементарних непогода и других несрећа, организују се и спроводе одговарајуће радње и поступци за.³²

- Извиђање рушевина,
- Проналажење лица затрпаних у рушевинама,
- Осигурање оштећених и померених делова конструкција зграда и објеката ради спречавања даљег рушења,
- Мере прве помоћи и хитне медицинске помоћи, спасавање затрпаних односно њихово извлачење изван зоне рушења,
- Као и друге мере којима се доприноси заштити и спасавању из рушевина.

Народна скупштина Републике Србије, на Другој седници Другог редовног заседања у 2011. години, одржаној 17.11.2011. године, донела је **Националну стратегију заштите и спасавања у ванредним ситуацијама**.³³ Према поменутом акту, просечно, у Републици Србији се сваких десетак година догоди снажан земљотрес који може да причини штете на грађевинским објектима. Републички сеизмолошки завод лоцира место где се земљотрес догодио, одређује његову магнитуду на основу које се мери претпостављени интензитет односно јачина земљотреса у епицентру. На основу података са мреже за јаке земљотресе Републички сеизмолошки завод даје податке за процену сеизмичке угрожености капиталних објеката, према броју регистрованих и лоцираних земљотреса. Сеизмичка активност у 2010. години је била знатно интензивнија у односу на 2009. годину. Највећи број земљотреса је лоциран на зонама централне Србије (Краљево, Копаоник) и јужне Србије (АП Косово и Метохија). Мањи број земљотреса лоциран је у источној и југоисточној Србији, док је најмањи број лоциран на територији АП Војводина.

Интерпретација регистрованих земљотреса омогућава: израду карата процењених интензитета, изучавање тектонских процеса у жаришту, прорачун параметара сеизмичког хазарда на простору Републике Србије и на мањим просторима, сеизмотектонску интерпретацију сеизмолошких података, израду карата сеизмичког хазарда Републике Србије, као основе за просторно планирање и пројектовање сеизмички отпорних објеката, израду сеизмолошких основа правилника о прописима за изградњу објеката у сеизмичким подручјима.

³² Закон о смањењу ризика од катастрофа и управљању ванредним ситуацијама, Службени гласник РС, бр. 87/2018, члан 69, извор <https://www.paragraf.rs/propisi/zakon-o-smanjenju-rizika-od-katastrofa-i-upravljanju-vanrednim-situacijama.html>, приступљено 07.05.2021. године

³³ Национална стратегија заштите и спасавања у ванредним ситуацијама Републике Србије, Службени гласник РС бр. 86/2011 од 18.11.2011. године, извор http://arhiva.mup.gov.rs/cms_lat/sadrzaj.nsf/Nacionalna_strategija_zastite_i_spasavanja_u_vanrednim_situacijama_lat.pdf, приступљено 07.05.2021. године

ЗАКЉУЧАК

Природне катастрофе утичу на друштвену и политичку безбедност друштвене заједнице, а земљотрес је један од многих природних извора за настанак катастрофе. Савремено друштво је све више свесно да су људи највећи узрок када нека природна појава постане катастрофа, јер ни једна природна појава не мора бити погубна по људске животе, уколико је савремено друштво свесно опасности и припремљено за њу. Током последњих деценија двадесетог века, смањење ризика од природних катастрофа је прешло из уско схваћене техничке области, на широку основу глобалног покрета усмереног ка одрживом развоју.

Самим тим, морамо бити свесни да је предвиђање земљотреса посебна проблематика из разлога што је могуће само одредити области у којима постоје предиспозиције за генерисање земљотреса, али не и време када ће се они догодити.

Свака земља понаособ, а потом и у међусобној сарадњи мора да унапређује системе обавештења са прелиминарним аутоматским локацијама земљотреса, као и начине одбране од земљотреса. Поред бројних напора које је уложила Република Србија у доношењу законских и подзаконских аката везаних за земљотресе, затим упутстава која се односе за понашање током земљотреса, а која грађани могу прочитати путем електонских медија, потребно је да се уложи више напора у едукацију становништва, посебно грађана који станују на трусним подручјима Републике Србије. Неопходно је организовати заједничке вежбе становништва и јединица, а све у циљу боље припремљености у случају ове природне појаве.

Проблематиком земљотреса се данас у свету бави велики број научника, али још увек је досадашњи успех скроман, међутим, улива наду да ће се ускоро дефинисати поуздан метод за сигурно предвиђање појаве јаких земљотреса, што ће у многеме олакшати функционисање надлежних органа у тим ситуацијама. Земљотрес није краткотрајан, сваки јачи земљотрес изазива серију накнадних потреса разне јачине, који се одржавају краће време, а некада и годинама.

ПОПИС СЛИКА

Слика 1. Изглед литосфере.....	4
Слика 2. Изглед астеносфере.....	5
Слика 3. Изглед суперконтинента <i>Pangea</i>	5
Слика 4. Три врсте додира тектонских плоча.....	8
Слика 5. Места за Земљи где се тектонске плоче најчешће сударају.....	9
Слика 6. Хенгов сеизмоскоп.....	14
Слика 7. Приказ земљотреса на сеизмограму.....	15
Слика 8. Изглед пукотине у селу Сирча, ГО Краљево, након земљотреса 2010.године.....	26
Слика 9. Последице земљотреса у Краљеву 2010.године.....	27

ПОПИС ТАБЕЛА

Табела 1. Интеракције међу природним хазардима.....	13
Табела 2. Приказ Меркалијеве скале.....	15

ПОПИС КАРТИ

Карта 1. Приказ карти сеизмичког хазарда Р.Србије – по параметру убрзања за повратни период од 95 година, 475 година и 974 година.....	17
Карта 2. Приказ карти сеизмичког хазарда Р.Србије – по параметру макросеизмичког интензитета за повратни период од 95 година, 475 година и 974 година.....	18
Карта 3. Географски приказ трусних области.....	19
Карта 4. Преглед сеизмолошких станица на територији Р.Србије.....	21

ЛИТЕРАТУРА

1. Ђорђевић Амелија, Стевановић Владица, Еколошки ризик, Универзитет у Нишу, Ниш 2020,
2. Жујовић М.Јован и др Петковић К. Владимир, књига прва Општа геологија и књига друга Историјска геологија. Универзитет у Београду, Геологија, Београд 1923,
3. Закон о републичком сеизмолошком заводу, Службени гласник, бр.71/94;
4. Закон о смањењу ризика од катастрога и управљању ванредним ситуацијама, Службени гласник РС, бр. 87/2018;
5. Томић Душко, Шаљић Елдар и Милићевић Марлена, Сеизмолошки хазарди и могућност одговора- студија случаја хуманитарна катастрофа у Непалу, 7/2018;
6. Ћерчан Бојан, др Ристановић Бранко, Миљковић Ђурђа, Зборник радова Департмана за географију, туризам и хотелијерство, 38/2009.

ИНТЕРНЕТ ИЗВОРИ

<http://www.dgt.uns.ac.rs/dokumentacija/zbornik/38/03.pdf>

http://www.vojnodelo.mod.gov.rs/pdf_clanci/vojnodelo403/vd-403-2018-70-7-07-Tomic.pdf

<https://www.znrfak.ni.ac.rs/SERBIAN/010-STUDIJE/OAS-4-1/IV%20GODINA/PREDMETI/ZKS-423-EKOLOSKI%20RIZIK/PREDAVANJA/2019-20/ZEMLJOTRESI.pdf>

<http://www.gef.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2.geotekt.teorije-vulkanizam-tekt.-pokreti-zemljotresi.pdf>

<http://ftn.uns.ac.rs/n1432256891/disertacija>

http://www.seismo.gov.rs/Seizmicnost/Karta_hazarda-izvod_iz_tumaca_lat.pdf

<https://sr.wikipedia.org/>

<http://prezentacije.mup.gov.rs/sektorazastituispasavanje/2010-11-03.html>

<https://www.paragraf.rs/propisi/zakon-o-smanjenju-rizika-od-katastrofa-i-upravljanju-vanrednim-situacijama.html>