

ПОЈАВА ЗЕМЉОТРЕСА И ЊИХОВ УТИЦАЈ НА ПРЕОБРАЖАЈ ГЕОГРАФСКОГ ПРОСТОРА

OCCURRENCE OF EARTHQUAKES AND THEIR IMPACT ON THE TRANSFORMATION OF GEOGRAPHICAL SPACE

Бојан Ђерчан, Др Бранко Ристановић, Ђурђа Миљковић*

РЕЗИМЕ: Давно је познато и признато да нема страшнијег хира природе од снажног земљотреса. Само када се тло жестоко заљуља, човек схвати сву снагу природе и своју немоћ пред непредвидивим, краткотрајним и убитачним земљотресом, који за тили час усмрти стотине и хиљаде људи и уништи њихове вековне тековине. Земљотреси су са својим стравичним последицама још од памтивека изазивали исконски страх код људи и животиња. Стихија природе је рушила људске настамбе које нису биле изграђене тако да им могу одолети, почев од првих, природних склоништа – пећина, до данашњих кућа. Као вода, ватра, урагани, ерупције вулкана и земљотреси су били приписивани натприродним силама – боговима и њиховим злим расположењима према људском роду.

Кључне речи: земљотрес, цунами, сеизмологија, трусне зоне

ABSTRACT: From ancient times it was known and recognized that there is no horrible fad of nature than the strong earthquake. Only when the ground strongly swings, the man realizes all the power of nature and his inability in front of unpredictable, short-term and deadly earthquake, which for the moment kills hundreds and thousands of people and destroy their centuries-old achievements. Earthquakes with their horrible consequences, since immemorial time caused primeval fear within people and animals. Element of nature has removed the human dwellings that were built so that they can resist, from the first, natural shelter - caves, to the present urban structures. Like water, fire, hurricanes, volcanic eruptions and earthquakes were attributed to supernatural forces - gods and their evil moods humanity.

Key words: earthquake, tsunami, seismology, seismic zone

* Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Департман за географију, туризам и хотелијерство, Трг Доситеја Обрадовића 3, Нови Сад; www.dgt.uns.ac.rs

УВОД

Земљотреси спадају у најстрашније природне силе. Они настају изненада и изазивају велике катастрофе. Отуда је питање о узроцима земљотреса одавно занимало људе. Код појединих народа постоје најразноврсније легенде и тумачења. Стари Грци су веровали да је за земљотресе крив бог Нептун. Тај снажни мушкарац, сматрали су, дрмао је Земљу када би га верници наљутили. Код старих Јапанаца се сматрало да Земља стоји на китовима и дрхти онда када се китови провлаче испод ње. Ескимима сматрају да се Земља наслања на стубове који труну од старости и зато често пуцају. Свештеници опет на свој начин објашњавају земљотресе. Међутим, још у старије доба римски песник Лукреције је рекао: „Природа све чини по својој вољи без икаквих богова.“ (Трибуч, 1979).

Иако су земљотреси доста добро познати, као и подручја на којима се јављају, они још увек односе свој данак како у материјалним добрима, тако и у људским животима. Али свакој природној опасности која прети људском роду, човеков ум тражи и налази решења у борби против њих. Човек је успео да се супротстави мразу, ватри, болестима и многим другим опасностима, међу којима и земљотресима. Данас се већ гради тако, да зграде и други објекти, који се налазе у земљотресима угроженим подручјима, одолевају силама које их угрожавају, тако да природа успева да разруши само оно што је неподесно изграђено. Но, људски ум, налазећи решења за безбедну градњу није стао, већ тежи да, поред спречавања штетних последица земљотреса, пронађе целовитије сазнање о том природном феномену, да утврди оне чињенице које у појединим земљотресним подручјима претходе главном удару и тиме омогућавају да се сазна када ће земљотрес наступити. У том правцу сеизмолози целог света усмеравају свој рад и напоре, да би можда у блиској будућности земљотреси представљали само природни феномен, који ће се унапред најавити, као нпр. помрачење Сунца или Месеца, али без кобних последица, јер ће сви објекти у земљотресима угроженим подручјима бити изграђени тако да ће моћи поднети сва напрезања која земљотреси изазивају.

ЕЛЕМЕНТИ ЗЕМЉОТРЕСА

Земљотреси, потреси или трусеви, су нагли, изненадни и краткотрајни покрети слојева Земљине коре изазвани унутрашњим силама, који у облику удара, таласа, дрхтања и тутњаве изазивају потресе. Потресе изазивају активни тектонски покрети дуж уздужних и попречних раседних линија, ерупције вулкана, обрушавање стена у подземним каналима, пад метеорита и др.

Проучавањем постанка и појављивања труских покрета бави се посебна научна дисциплина сеизмологија. Сеизмологија проучава јачину, правац и узроке земљотреса, њихове хипоцентре и епицентре, простирање, брзину простирања и трајање труских таласа, последице труса итд.

Према статистици, сваке године се на Земљи деси више од 9.000 земљотреса, од којих 5.000 слабих, 115 јаких и 110 разорних. Остале потресе бележе

само осетљиви инструменти – сеизмографи, који записују и најмања Земљина таласања (Марковић, 1956).

Главни удар земљотреса у епицентру траје од 15 до 30 секунди, а удаљавањем од епицентра његово трајање се продужава (Ракићевић, 1970).

При земљотресима земљиште се креће вертикално и таласасто. Близу епицентра преовлађује вертикално кретање земљишта. Оно са удаљавањем од епицентра све више прелази у таласасто.

У епицентру потреса јављају се вертикални удари са спуштањем и издицањем тла, а даље у околини удари се јављају у облику таласа, или таласне осцилације. Код таласа се разликује амплитуда као висинска разлика између његовог дна и врха, таласна дужина која обухвата брег и долину таласа, таласни период време за које талас пређе таласну дужину, и брзина простирања таласа. Појава потреса састоји се од: претходне фазе с тутњавом и мањим ударима (прва претходница с бржим лонгитудиналним таласима и друга претходница са споријим трансверзалним таласима), главне фазе са најјачим ударима и завршне фазе са слабијим ударима, подрхтавањем и тутњавом.

Трусни таласи се зракасто шире од епицентра затварајући концентричне кругове. Трусни таласи се деле на:

1. лонгитудиналне (уздужне) таласе који изазивају вибрацију честица у стеновитим масама у правцу свога кретања. Ови таласи се крећу великим брзинама које зависе и од физичких особина стена, нарочито њихове густине и отпорности, и
2. трансверзалне (попречне) таласе код којих се кретање честица одвија попречно у односу на правац таласа. Крећу се спорије од уздужних таласа.

Лонгитудинални таласи крећу се просечном брзином од око 8 km/s, док се директни трансверзални таласи крећу просечном брзином од око 6 km/s. Лонгитудинални таласи се крећу кроз сва тела, без обзира на њихово агрегатно стање, а трансверзални се преносе само кроз чврста тела. Лонгитудинални таласи први доспевају на површину, а после сједињавања са трансверзалним настављају успорено кретање као површински таласи (Петровић, Миљковић, 1988).

Сеизмички покрети изазивају двојака кретања у Земљиној кори. Сукусорно (вертикално) кретање је издизање и спуштање а ундулаторно (хоризонтално) је таласасто кретање, њихање. Површина у епицентралној области у којој су кретања била најјача представља плеистосеист труса. У хомогеним стенама она је обично кружног облика јер се и таласи око епицентра јављају у виду концентричних кругова. Изосеисте су линије које повезују тачке исте јачине труса. Хомосеисте су линије које везују тачке истовременог појављивања трусног удара (Петровић, Миљковић, 1988).

Епицентри везани за раседне линије веома често се премештају и та појава је позната под називом миграција епицентара. Премештање трусног жаришта се јавља због тога што се блокови дуж раседне линије не крећу истовремено нити подједнаком брзином. Честа је појава да се после дужег времена,веденог у нагомилавању енергије, епицентри поново јаве на истом месту и изазову потресе исте јачине.

Брзина трусних таласа зависи од јачине почетног удара у хипоцентру и од састава и густине масе кроз коју пролазе. Вештачки изазваним трусевима утврђене су брзине кретања таласа кроз поједине стене: кроз песак до 300 m/s, у мермерима 632 m/s, у меким пешчарима 1.190 m/s, у чврстим пешчарима 2.000 – 2.526 m/s, у граниту 2.540–3.141 m/s. Брзина кретања таласа кроз земљине сфере такође зависи од густине масе. На основу промена брзине кретања утврђене су и зоне дисконтинуитета какве су Мохо зона, Конрадова и Гутенбергова.

Дубина огњишта је веома значајна за јачину и димензије трусних покрета. На основу положаја огњишта издвајају се три групе земљотреса:

1. плитки или површински земљотреси имају огњиште на дубини од 0 до 7 km. То су најчешћи земљотреси и њима припада 70–75% свих потреса;
2. земљотреси средњих дубина имају огњишта на 70 – 300 km испод површине. Овој групи припада око 20% свих потреса;
3. дубоки земљотреси чија се огњишта налазе дубље од 300 km од површине. Огњишта ових земљотреса налазе се и на 720 km дубине. Потреси из дубоких огњишта су најређи и њима припада 3% свих потреса (Петровић, Миљковић, 1988).

У новије време сеизмичка активност се све више доводи у везу са космичким силама. Сматра се да је сеизмичка активност на Земљи повезана са интензитетом ерупција на Сунцу и да на њену учесталост утичу близина Сунца и Месеца која условљава промене у ротацији и магнетном пољу Земље.

ТИПОВИ И УЗРОЦИ ЗЕМЉОТРЕСА

Потреси у Земљиној кори и на њеној површини јављају се као последица унутрашњих напрезања и кретања у литосфери. Заједничка карактеристика свих трусева је да настају услед одређених поремећаја у литосфери. Жаришта трусних таласања нису свуда иста јер се потреси могу јавити као последица различитих поремећаја (Петровић, Миљковић, 1988).

Према узроцима настајања и начину манифестовања, земљотреси се деле на: тектонске, урвинске и вештачке.

Тектонски трусеви чине 90% свих потреса на Земљи. Јављају се у лабилним теренима који су захваћени орогеним покретима где долази до убирања, навлачења и раседања. Тектонски трусеви се јављају првенствено у геосинклиналама а веома ретко у старим кратогеним зонама. Ови трусеви се најчешће јављају на дислокационим линијама где су покренуте масе пореметиле равнотежу. Тежња блокова за поновно успостављање равнотеже доводи до нових покрета и потреса (Петровић, Миљковић, 1988).

Према дубинама на којима се жаришта тектонских потреса јављају могу се издвојити тзв. сеизмоактивни или сеизмотектонски нивои. Најчешћи интервали дубина на којима се јавља ослобађање напона су: 0–15 km, 16–25 km, 26–60 km и 61–80 km. Примећено је да са дубином жаришта углавном расту количине потенцијалне сеизмичке енергије које могу да се у њима да се ослободе.

Карактеристика тектонских земљотреса је и та, да се могу пре главног удара јавити појединачни или бројни претходни удари који наговештавају процес савлађивања трења дуж разломних површина на сеизмоактивним разломи-ма. Временски интервали тих претходних удара крећу се од неколико недеља до неколико сати, па чак и минута пре главног удара. Поред тих претходних, за тектонске земљотресе карактеристични су и накнадни удари, који карактеришу време тзв. „смиривања тла“ после главног удара. У том временском периоду, који може да траје месецима са јачим ударима, а годинама са slabим потресима које региструју само инструменти, по правилу накнадни удари не достижу снагу главног удара (Сикошек, 1979).

Вулкански трусеви настају као последица кретања магме из дубљих поткорних делова према површини Земље. На том путу магма испред себе сабија у зачепљеним каналима гасове и паре који експлозијама разбијају чепове и ослобађају пут магми према површини. Те експлозије потресају површину шире околине кратера вулкана. Могу имати велику разорну снагу, али су просторно ограничени само на шире подручје активних вулкана, па се сматрају локалним трусевима. Вулкански потреси могу настати и због разарања вулканске купе или обрушавања у кратеру. Хипоцентри вулканских трусева налазе се на дубинама од 30 до 50 km. Ређе се јављају од тектонских и њима припада око 7% свих потреса.

Урвински трусеви су везани за крашке пределе у којима се јављају подземне шупљине. Радом подземних вода ове шупљине се повећавају, али им се стабилност смањује. Тако долази до обрушавања таваница у пећинама и јамама, а потреси који због тога настају преносе се на површину као трусеви. Урвински трусеви се могу јавити и услед кретања површинских слојева у нестабилним теренима. Сурвавање огромних количина стена на клизиштима изазива одређене потресе. Сличне потресе могу изазвати и метеорити приликом удара о површину Земље. Такав је био земљотрес у Сибиру 1908. године, који се осетио на удаљености од 5.200 km. Урвински трусеви су слаби, локални потреси који учествују са 3% свих трусева.

Вештачки трусеви називају се још и „техногени“ или „изазвани“. Настају услед нарушене равнотеже у геосфери коју је нарушио човек својим недовољно изученим и неконтролисаним техногеним захватима. Изградња високих брана и великих акумулационих језера може изазвати сеизмичке покрете јаких енергетских потенцијала. Изградња великих објеката на сеизмички лабилним подручјима, неконтролисано црпљење флуида и гасова из подземља и слични подухвати, који су недовољно изучени и прилагођени постојећим сеизмичким условима у датим подручјима, могу бити врло често „окидач“ механизма жаришта земљотреса (Сикошек, 1979).

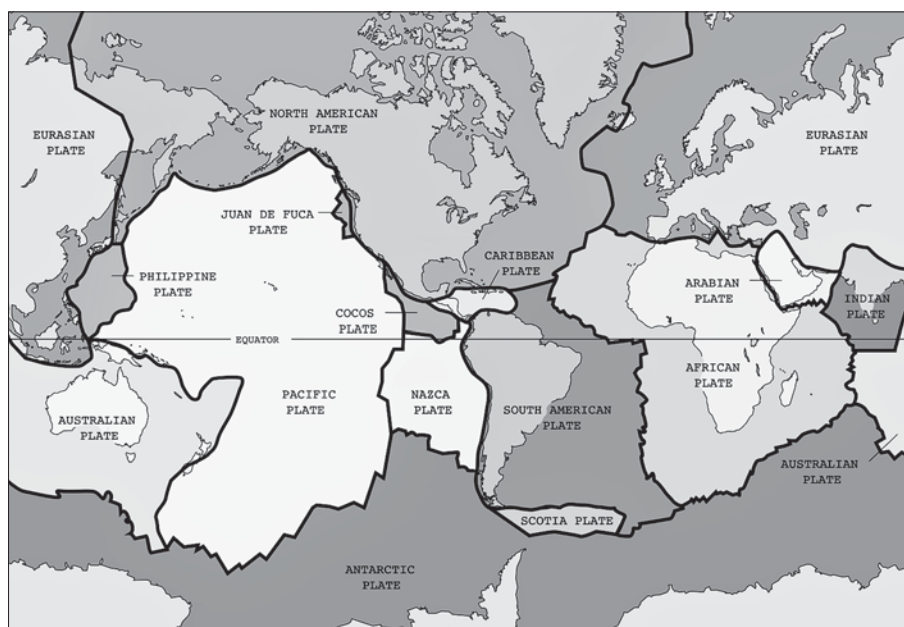
Према месту појаве земљотреси се деле на копнене и подморске. Подморски изазивају морске таласе високе до 40 m и прелазе океане брзином до 900 km/h.

Према правцу простирања земљотреси се деле на: централне (кружним обликом захваћене области), латералне (елипсастог облика) и линеарне или аксијалне (издужени облик дуж тектонских раседа).

Према начину опажања земљотреси се деле на: макросеизмизме (који се чулно опажају) и микросеизмизме који се региструју инструментима. Микросеизмизми се деле на телесеизмичке покрете изван макросеизмичких области и микросеизмичке осцилације слабих турсова.

Према енергији и величини простирања земљотреси се деле на: локалне (примећују се чулно до 200 km, а инструментима до 500 km удаљености), мале (чулно се осећају до 600 km, а инструментима до 5.000 km), средње (чулно се осећају од 300 до 1.000 km, а инструментима до 10.000 km), велике (чулно се осећају преко 500 km, а инструментима до 12.000 km), и светске (чулно се осећају до 2.000 km, а инструментима до 20.000 km). Земљотресе, који првенствено изазивају покрете у литосфери, редовно прате и друге појаве, које су сврстане у четири групе:

1. сеизмичке тутњаве представљају акустичне појаве које људи осећају као покрете, нарочито ако се налазе у епицентралној области. Тутњаве подсећају на ударе ветра, грмљавину, буку водопада или потмуле експлозије;
2. акустичне појаве, које се јављају и без јачих потреса (бронтиди);
3. светлосне појаве, које се јављају као тренутни блесак али чији узроци нису објашњени. Претпоставља се да се јављају услед трења стеновитих маса дуж раседа или због паљења гасова, и
4. електричне и магнетне појаве које су механичке природе а манифестују се јачим покретима магнетних игли на инструментима.



Карта 1. Положај главних тектонских плоча

Map 1. Position of major tectonic plates

Извор: www.znanje.org

Основни узроци настанка земљотреса везани су за тектонске, односно геодинамичке процесе сучељавања (сударања) континената. На ширем простору Медитерана (посебно његовом северном ободу), на пример, 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 стене ослобађа се огромна количина сеизмичке енергије у облику сеизмичких таласа, настају пукотине у стени (раседи), као и пропратни ефекти (посебно код јаких земљотреса) на земљиној површи — рушење објеката, активирање клизишта у тлу, одрона стена на падинама, цунами таласа на мору и сл. (www.znanje.org)

Још 1912. године, немачки геолог Вегенер, вођен очигледном подударношћу обриса континената Јужне Америке и Африке, предложио је хипотезу о кретању континената. На основу ове хипотезе, енглески геолог Артур Холмс је 1930. године, а затим и Хари Хес конципирао идеју о размицању океанског дна, која је допунила идеју о помицању континената. Тек након прикупљања бројних геофизичких и геолошких података, који су научно подупрли ове идеје, шездесетих година, заслугом бројних истраживача, обликована је коначна и целовита хипотеза о тектоници плоча, названа «нова глобална тектоника». Према овој теорији, Земљина кора је издељена на низ фрагмената, које чине и континенти, и који се лагано крећу у одређеним правцима релативно малим али постојаним брзинама (између 1 и 12 центиметара у току једне године). Кретањем, долази до сударања сегмената ових плоча, при чему се у зони сучељавања јављају додатни тектонски процеси и њихови пратиоци — земљотреси. У зонама сучељавања океанских и континенталних сегмената Земљине коре, често се океанска кора (која је знатно тања од континенталне) подвлачи под копнени део Земљине коре и формира тзв. субдукциони процес (Гале, 2009).

Чврста Земљина кора је издељена на блокове раседима који је пресецају дуж разломних површина које належу једна на другу. Услед различитих утицаја (промена угаоне брзине ротације Земље, струјања у подкорним масама, гравитационих утицаја и др.) у тим спрегама јављају се напонска стања, која теже да се блокови дуж разломних површина покрену један у односу на други. Пошто те површине нису равне нити глатке већ имају своју морфологију — неравнине, то се дуж њих јавља трење — фрикција, које се супротставља том смицању. Уколико је трење веће од напона, смицање не наступа, а самим тим нема ни трзаја који се манифестује на површини Земље као земљотрес. Ако су, међутим, напони у датом тектонском систему већи од трења дуж разломних површина, онада се блокови у моменту када напони савладају трење, трзајем помере један у односу на други, чиме се на полазном месту дробљења, побуде еластични сеизмички таласи који се шире, а доласком на површину изазивају манифестацију земљотреса (Сикошек, 1979).

МЕРЕЊЕ И ЈАЧИНА 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.

Енглески геолог Шон Мичел (1724–1767) први је 1760. године изнео замишљао да су потреси таласи које покреће помицање маса стења километрима испод површине, а 1855. године италијански физичар Луиђи Палмијери (1807–1896) израдио је први сеизмограф за проучавање тих таласа. Данас има више стотина сеизмографских станица на свим континентима, укључујући и Антарктик, а вибрације јачих потреса могу се открити и на великим удаљеностима, практично свугде на Земљи. Нешто од тих потреса може се чути ухом. По Прајеру, наше ухо је способно да осети примарне таласе од 14 kHz доње границе чујности (до 24 kHz горње границе чујности). Али, то је мали део мноштва таласа и сасвим недовољан за предвиђање несреће.

Први познати инструмент за регистровање потреса измислили су 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 висило са врха великог бронзаног ђупа. У тренутку потреса лоптице из уста змајева пале би у уста жаба у зависности од смера сеизмичког таласа. Неки од ових модела сеизмоскопа били су високи и до 2 m (Британика Енциклопедија, 2008).

Сеизмограф је основни инструмент за праћење потреса у литосфери и на њеној површини. Он региструје сваки откуцај, вибрацију или њихање терена како по јачини тако и по времену. Инструмент се састоји од металног тега који виси, затим магнетних уређаја, игле или другог инструмента који мастилом или светлосним зраком уписује линију њихања тега. Сеизмоскоп је претеча сеизмографа и он региструје само потресе и време њиховог појављивања. Сеизмограм је папирната трака на којој инструменти исписују линију потреса из које се читавају време и јачина потреса. Сеизмометри региструју померање земљишта за време јаких потреса.

Модерни сеизмометри поседују дигитални механизам који осигурава максималну прецизност. Сензори су још увек засновани на сеизмичкој енергији која помера механичке делове, и то је у основи, потпуно исти принцип на којем су радили и први инструменти коришћени за опажање земљотреса. Од свог проналаска овај механизам је усавршаван све до данас. Један земљотрес се обично анализира на основу три сеизмографа који су оријентисани у истом правцу. На овај начин један сеизмограф региструје вибрације од севера ка југу, други региструје вибрације од истока ка западу и трећи региструје вертикалне вибрације. На основу ова три показатеља земљотрес може бити у потпуности реконструисан (Британика Енциклопедија, 2008).

У част сеизмолога Рихтера (*Charles Richter*), који је 1935. године математички дефинисао магнитуду као енергетску меру догођеног земљотреса, овај параметар земљотреса се назива и Рихтерова магнитуда. Рихтеровом скалом се изражава количина ослобођене сеизмичке енергије у хипоцентру, тј. жаришту земљотреса. Она има девет степени. Иначе, потоји више врста маг-

нитуде— зависно од врсте сеизмичких таласа који се користе при њеном прорачуну— на пример Мб— магнитуда дефинисана на основу амплитуде запреминских сеизмичких таласа, затим Мс— на основу површинских таласа, Мл—тзв. локална Рихетрова магнитуда, утврђена на основу максималних амплитуда трансверзалних сеизмичких таласа регистрованих на стандардном Вуд Андерсоновом торзионом сеизмографу.

Јединствена међународна скала јачине земљотреса служи као основа за уједначену интерпретацију трусева на Земљи. Главни елементи за одређивање степена јачине земљотреса одређени су према степену оштећења грађевинских објеката и неких пратећих природних појава. Ова скала показује рушилачко дејство земљотреса на површини Земље. Прву скалу јачине земљотреса, јачине 10 ступњева, установили су Роси и Форел (RF-скала) још 1883. године. Ова скала коришћена је све до 1917. године када је прихваћена нова скала од 12 ступњева коју су израдили Меркали, Канкани и Зиберг, позната као MCS-скала. Међународна MCS-скала трусних покрета и њихове јачине подробно описује манифестације на површини Земље у вези са јачином потреса.

Постоје и знатно детаљније скале: EMC-98 (Европска Макросеизмичка Скала из 1998. године), односно MCK-64 (Medvedev— Sponhauer – Karnik) скала дефинисана 1964. године. Скала интензитета у опсегу I-IX степени је тзв. Јапанска скала итд. Скале интензитета су описне и текстуално изражавају ефекте земљотреса на Земљиној површини.

Интензитет земљотреса на Земљиној површини значајно зависи од дубине жаришта земљотреса (дубљи хипоцентар са истом магнитудом значи мањи интензитет на површи тла и обрнуто), али и од растојања тачке посматрања до епицентра. Површи које у широј области епицентра обухватају зоне са истим степеном догођеног интензитета називају се изосеистама земљотреса.

ТРУСНИ ОБЛИЦИ

Трусни покрети стварају најчешће денивелације на топографској површини, ремете постојеће односе у рељефу, али могу створити и извесне облике у рељефу. Они се означавају као трусни облици.

Трусни облици су ретки у рељефу Земљине површине, јер се брзо уништавају деловањем ерозивних процеса и апланације. Спадају у категорију микро-облика, а постају после већих земљотреса. У рељефу Земљине површине они се јављају у облику различитих пукотина које се могу издвојити у две основне категорије: зјапеће и раседне пукотине (Петровић, Манојловић, 2003).

Зјапеће пукотине настају хоризонталним размицањем тла за време земљотреса. Различитих су димензија. Могу се пружати од неколико десетина метара па до више десетина километара. Ширина им може достићи чак и 20 m. Њихово пружање није само праволинијско, већ је тле често разбијено читавим системима пукотина различитог правца пружања. Урушавањем растреситог и дробинског материјала са њихових ивица и зидова, оне бивају поступно затрпане и ишчезавају као облик у рељефу.

Раседне пукотине (раседи) стварају се при трусовима који изазивају вертикална кретања у тлу. Кретање земљишта дуж ових трусних раседа може износити више метара, што има за последицу крупне морфолошке поремећаје у постојећем рељефу.

При земљотресу у Калифорнији 1906. године, створена је раседна пукотина дугачка 432 km, широка 20 m, са раседним скоком од 6 m. За време Земљотреса на Аљасци 1899. године створен је расед чије је једно крило издигнуто за 16 m, а друго спуштено за 4 m.

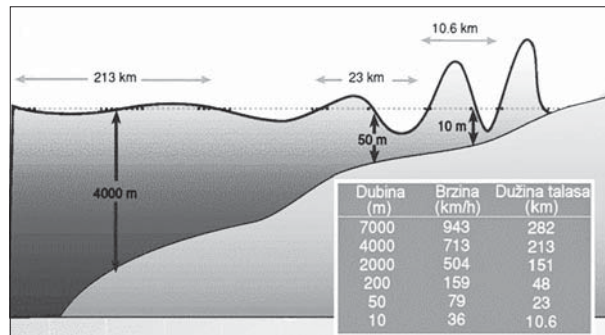
Много већи значај за рељеф имају појаве издизања и спуштања земљишта која се јављају током земљотреса. За време земљотреса у Чилеу 1750. године, обала је толико издигнута да је пристаниште Концепсион остало на сувом. Међутим, трус из 1822. године, проузроковао је издизање чилеанске обале за 1 m, на дужини од 400 km.

Спуштања земљишта су, такође, честа последица земљотреса. За време катастрофалног земљотреса у Лисабону 1755. године потонуо је цео кеј са више хиљада становника који су побегли од земљотреса на обалу. Дубина мора на овом месту данас износи 20 m.

Знатна издизања и спуштања земљишта десила су се за време земљотреса у Чилеу 1960. године. То је највећи земљотрес у историји човечанства. Трус је захватио површину од 140.000 km² и изменио дотадашњи изглед рељефа. Земљиште је спуштено за 2 m на дужини од 500 km у појасу широком 20–30 km. Петина територије Чилеа није се могла препознати. Топографске карте постале су неупотребљиве. Поједини градови и насеља су избрисани са лица Земље. Већина од 25 острва архипелага Чилеа је потонуло, а створена су нека нова острва. Реке Чилеан, Рио Био и Нубле кренуле су у другим правцима, плавећи све пред собом, док нису нашле нови пут ка мору. Створена су и нова језера. Са планинских страна обурвале су се огромне стеновите масе које су преградиле речна корита и створиле природне бране (Петровић, Манојловић, 2003).

Уколико је епицентар на морском или океанском дну онда се јављају подморски (субмарински) трусови. Брзина кретања сеизмичких таласа у води износи око 1.400 m/s, што је скоро равно брзини звука у води. Субмарински трусни удари изазивају стварање огромног морског таласа на површини океана. Његова висина достиже и до 30 m, а креће се брзином од 20 до 100 m/s, чак и 200 m/s, а у плићим обалским деловима 720 km/h. Што је већа дубина океана, већа је и брзина таласа. По Лагранжеовом закону брзина таласа (v) једнака је квадратном корену производа дубине (t) и убрзања гравитације ($g=9,81$ m/s) (Лазих, 1995).

Овај циновски, рушилачки талас назива се „цунами“. Сам назив “цунами” потиче од јапанских речи “цу” која означава луку и “нами” што значи талас – дакле лучки, или у слободном преводу, заливски талас. Цунами таласи се релативно често догађају у условима када се хипоцентар врло снажних земљотреса налази испод мора, односно када се при разламању стена формира веће вертикално померање (денивелација) морског дна, обично неколико метара, па чак и преко 10 метара код врло снажних земљотреса. Овај скок делава створеног раседа у стенској маси земљине коре, тј. нагла промена положаја



Слика 1. Шематски приказ начина кретања и стварања цунами таласа

Figure 1. Schematic representation of the way of movement and the creation of tsunami waves

Извор: www.wikipedia.org

дела морског дна у зони епицентра, као последицу ствара нагли скок нивоа воде изнад места хипоцентра земљотреса. Тако створени талас се брзо креће ка обалама, достижући брзине млазних авиона.

Када у приобалном делу талас допре до плитких делова, настаје цунами ефекат који се манифестује наглим смањењем брзине кретања таласа и скраћењем дужине таласа, али и наглим нарастањем његове висине, чак до неколико десетина метара.

Цунами са разорном снагом удара у обале, уништавајући све пред собом. Лисобонски трус 1755. године изазвао је стварање цунамија код Лисабона високог 26 m. Талас је продро 15 km у дубину копна и уништио све што је земљотрес поштедео. Висина овог цунами таласа на Малим Антилима била је 60 m, а у Мароку и на Мадери 5 до 6 m. Цунами таласи су бројни на обалама Јапана. Године 1896. један цунами талас усмртио је 30 хиљада људи у обалском подручју јужно од Токија.

Најчувенији цунами је проузрокован ерупцијом вулкана Кракатау, 20. маја 1883. године. Кретао се брзином од скоро 500 km/h, опустошио је обале Јаве и Суматре са таласима високим и до 40 m, подавивши 36.000 људи и запљуснувши и обале удаљене Калифорније (Лазих, 1995).

Крајем 2004. године, 26. децембра, у близини индонезанског острва Суматра догодио се земљотрес изузетне разорне снаге, магнитуде 9.0 јединица Рихтерове скале. Рачуна се да је његова енергија била једнака укупној енергији свих догођених земљотреса у свету током претходних пет година. Његова разорна моћ се може мерити са истовременом експлозијом око два милиона атомских бомби која је бачена на Хирошиму на крају II светског рата (www.seismo.cg.yu).

Овај земљотрес је створио врло високи водени талас, који је практично збрисао све обале од Суматре до југа Индије и Шри Ланке, на дужини од више хиљада километара. Коначан број људских жртава још није потпуно познат, али се претпоставља да је укупан број погинулих око 300 хиљада. Материјална штета је такође огромна, а процјењује се на више милијарди евра.

Шири простор Филипинских острва, као и цели западни обод Тихог океана, али и источни обод Индијског океана, обилују врло јаким земљотресима, као и самом појавом цунами таласа.

Цунами таласи могу настати и након ерупције подводних вулкана, као и услед наглог клижења или одроњавања великих стенских маса у велике водене средине (мора, језера), као и ударом неког већег космичког тела (метеорита, астероида и сл.) када се такође стварају таласи огромних димензија.

Пре пустошног наилаaska цунами таласа, море се потпуно повуче из обалског појаса, чак и више километара. Овај период траје 15–35 минута, ређе неколико часова, после чега уследи циновски водени зид цунамија. Огромна водена маса цунамија изазива нагле промене и денивелације у рељефу обалских подручја, због чега цунами имају изванредан морфолошки значај.

Као секундарна последица земљотреса на копну, јављају се урнисе (нагла обурвавања стеновитих маса на планинским одсецима), а у високим планинама снежне лавине или усиви.

Урнис изазван земљотресом на Памиру 1911. године преградио је долину реке Мургаб и створио језеро дугачко 61 km. Земљотрес у Алма Ати 1887. године изазвао је урнисе чија је површина износила 0,3 km², а дебљина обурваног материјала до 300 m. Одвањени стеновити блокови тежили су и до 500 t (Петровић, Манојловић, 2003).

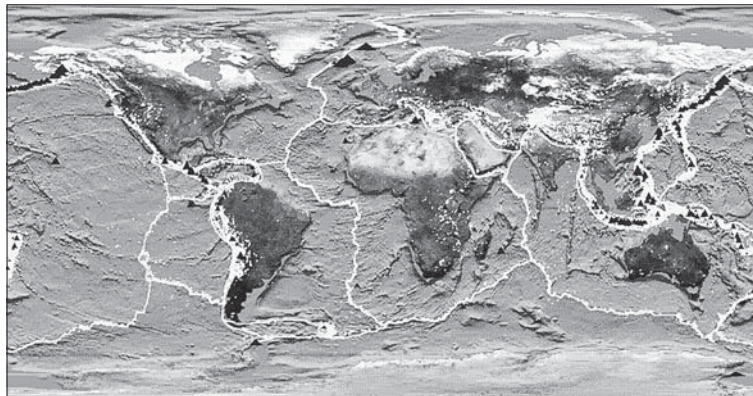
ГЕОГРАФСКИ РАСПОРЕД ТРУСЕВА НА ЗЕМЉИ

Сеизмички активне области поклапају се са правцем пружања лабилних зона у Земљиној кори. Та узајамна повезаност није случајност. Она показује да се највећи број земљотреса јавља у областима најмлађих орогених покрета издизања планина.

Потреси су на Земљи распрострањени по областима, тзв. трусне области. Сеизмичке области са честим и јаким потресима су у простору Тихог океана и дуж његове западне и источне обале, затим у простору Средоземног мора и дуж алпских и хималајских веначних планина. Пенсеизмичке области с ретким и slabим трусовима су на границама споменутих области, а асеизмичке области без потреса су водоравни стари геолошки слојеви (Канадски штит, Руска плоча и др.). Сеизмичке области пружају се на Земљиној површини у виду два релативно узана појаса. То су Медитерански и Циркумпацифички појас (www.seismo.cg.yu).

У Медитеранском појасу јавља се 30% свих земљотреса на Земљиној површини. Овај појас се поклапа са Средоземном зоном веначних планина и пружа се од Канарских острва на западу до Сундских острва на истоку. Он обухвата Средоземно море, Северну Африку и Малу Азију, Кавказ, Иран, велики део Средње Азије, Хиндукуш, Квен Лун и Хималаје.

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



Карта 2. Географски распоред трусних области

Map 2. Geographical layout of seismic fields

Извор: www.seismo.cg.yu

За раседне зоне Исланда, западне и средње Европе, Балканског полуострва, Јерменије, јужне Кине и Средње Америке везано је 22% свих земљотреса на Земљи. Остатак од 5% отпада на континенталне зоне спуштања, на каледонске орогене структуре, Урал, Апалаче, Аустралијске Алпе, Скандинавске и Капске планине (Петровић, Манојловић, 2003).

На карти 2 су епицентри јаких земљотреса, који су се током последњих 20 година догодили у свету, приказани жутом бојом, активни вулкани црвеном и границе глобалних тектонских плоча плавом бојом. Највећа сеизмичка активност је везана за зоне сучељавања сегмената земљине коре и за зоне субдукционих процеса. У овим зонама су лоцирани врло снажни и катастрофални земљотреси. На приложеној карти најактивније сеизмогене зоне се издвајају већим површинама жуте боје— на пример Филипини, Јапан, Медитеран, западна обала Латинске Америке, Аљаска, Камчатка и др. За зоне размицања земљине коре, по правилу су везани нешто слабији земљотреси, као што су: гребен централног Атлантика, Индијског океана, источног дела Тихог океана и др. У овим регионима земљина кора пуца (при чему се генеришу земљотреси), размиче се и при томе магма попуњава насталу празнину у земљиној кори и нагло се хлади у контакту са морском водом. Пошто охлађена магма меморише магнетске карактеристике геомагнетског поља у тренутку хлађења, то је могуће анализом узорака са морског дна проучавати историју настанка земљине коре у океанима током последњих 150–200 милиона година (земљина кора испод свих океана је млађа од 200 милиона година), а на тај начин и еволуцију литосфере у целости (www.seismo.cg.yu).

КАТАСТРОФАЛНЕ ПОСЛЕДИЦЕ ЗЕМЉОТРЕСА

Земљотреси су најстрашније природне катастрофе које доводе до огромних разарања и великог броја људских жртава. Земљотреси могу у року од неколико минута да преобразе лице Земљине површине, да затрпају постојећа

језера и направе нова, да промене ток река и створе водопаде, да руше брда и створе нова, да збришу читаве градове. Колико је страшно дејство земљотреса и какве су њихове последице може илустровати пример земљотреса у Риобамби (Еквадор). Поред великих рушења, пожара и поплава под вертикалним ударима трусних таласа подизале су се плоче на гробовима и лешевима са сандуцима узлетали су увис. То је тешко психички утицало на људе и појачавало страх.

За време потреса у Шансију (Кина) 1556. године погинуло је 830.000 људи. У Калабрији је 1783. године трус претворио у развалине многе вароши. Тада је погинуло 30.000 људи. За време лисабонског труса 1755. године порушене су многе вароши а погинуло је 60.000 људи. Град Каракас уништен је 1812. године за 90 секунди са својих 22.600 становника. Године 1908. један пустошан земљотрес разорио је град Месину (Сицилија). За неколико секунди погинуло је 100.000 људи. Укупан број жртава је износио преко 180.000 људи. Катастрофалан земљотрес 1920. године захватио је област Пинг-Лианг у Кини. На 500 km од епицентра биле су порушене скоро све грађевине, а погинуло је преко 200.000 људи. При трусу у Јапану 1923. године порушено је, изгорело или морским таласима (цунами) однето преко пола милиона зграда. Том приликом је потонуло близу 8.000 бродских објеката, погинуло, нестало и рањено око 250.000 лица. Овај трус је за неколико секунди причинио Јапану пет пута већу штету од оне коју је претрпео за 19 месеци Руско-јапанског рата (Марковић, 1954).

Табела 1. Најјачи земотреси (по магнитуди)

Table 1. Strongest earthquakes (by magnitude)

	ДАТУМ	ЛОКАЦИЈА	ЈАЧИНА
1.	22. мај 1960.	Валдивија, Чиле	9,5
2.	26. децембар 2004.	Суматра, Индонезија	9,3
3.	16. октобар 1737.	Камчатка, Русија	~9,3
4.	27. март 1964.	Аљаска, САД	9,2
5.	4. новембар 1952.	Камчатка, Русија	9,0
6.	31. јануар 1906.	Колумбија – Еквадор	8,8
7.	4. фебруар 1965	Аљаска, САД	8,7
8.	25. новембар 1833.	Суматра, Индонезија	8,7
9.	1. новембар 1755.	Лисабон, Португалија	~8,7
10.	28. март 2005.	Суматра, Индонезија	8,6-8,7
11.	9. март 1957.	Аљаска, САД	8,6
12.	16. децембар 1920.	Гансу, Кина	8,6
13.	15. август 1950.	Асам-Тибет, Кина	8,6
14.	16. децембар 1575.	Валдивија, Чиле	8,5
15.	12. септембар 2007.	Суматра, Индонезија	8,5

Извор: www.gfz.hr (модификовао Ђерчан Б.)

Табела 2. Најсмртоноснији земотреси

Table 2. Deadliest earthquakes

	ДАТУМ	ЛОКАЦИЈА	БРОЈ ЖРТАВА	МАГНИТУДА
1.	23. јануар 1556.	Шанси, Кина	830.000	8,0
2.	27. јул 1976.	Тангшан, Кина	255.000 (званично)	7,5
3.	26. децембар 2004.	Суматра, Индонезија	~230.210 мртвих и несталих	9,0
4.	11. октобар 1138.	Алепо, Сирија	230.000	8,5
5.	22. децембар 856.	Дамгхан, Иран	200.000	
6.	16. децембар 1920.	Гансу, Кина	200.000 – 240.000	8,5
7.	23. март 893.	Ардабил, Иран	150.000	
8.	1. септембар 1923.	Канто, Јапан	143.000	7,9
9.	6. октобар 1948.	Ашхабат, Туркменистан	110.000	7,3
10.	8. октобар 2005.	Индија и Пакистан	100.000 (процена), 80.000 (званично)	7,6 или 7,8

Извор: www.gfz.hr (модификовано Ђерчан Б.)

Током земљотреса у Калифорнији 1906. године створена је раседна пуко-тина дугачка 432 km а широка 20 m. Земљотрес који је у новије време однео највише људских жртава збио се 1976. године у Кини— када је град Таншан, који је имао 1,5 милиона становника, сравњен са земљом а погинуло је 655.237 људи.

Најснажнији икада регистровани земљотрес у свету догодио се 22. маја 1960. године у Чилеу, са магнитудом од 9,5 јединица Рихтерове скале. Овај катастрофални земљотрес проузроковао је смрт више од 2.000 људи, 3.000 повређених, 200.000 људи је остало без дома, 550 милиона долара штете у јужном Чилеу. Цунами таласи су однели 61 људски живот, 75 милиона долара штете на Хавајима, 138 погинулих и 50 милиона долара штете у Јапану; 32 погинулих и несталих на Филипинима; 500.000 долара нанесене штете западној обали Сједињених Држава.

За време земљотреса у Грчкој 1953. године погинуло је 455 људи. Без крова је остало 93.152 лица. Најгоре је прошло острво Кефалонија. Град Аргостоли претворен је у гомилу рушевина. Гард Закинтос, на истоименом острву, такође је потпуно уништен. Док је у Аргостолију погинуло 368 људи и уништено 12.500 кућа, на Закинтосу је погинуло само 60 људи, али је материјална штета огромна, јер је порушено 12.000 зграда (Марковић, 1956).

Епицентар најјачег земљотреса у последњих 40 година био је испод Индијског океана, недалеко од обале северног дела Индонезије. Потрес је изазвао појаву огромног воденог таласа, цунамија, висине 10 m и дужине неколико десетина километара, који је погодио Шри Ланку, јужну Индију, Тајланд, Индонезију, Малезију и Малдиве.

Цунами на Тајланду однео је стотине бунгалова на популарном Пи Пи острву. Зграде на острву Пи Пи су тотално збрисане, а цела marina је „самлевена.“

Последњи велики земљотрес са катастрофалним последицама догодио се 6. априла 2009. године, а погодио је централну Италију. То је један од најжешћих земљотреса у њеној историји

У земљотресу јачине 6,3 степена по Рихтеру највише је страдао средњо-вековни град Аквила, који има око 68.000 становника. У том граду се срушило две трећине зграда. Уништене су и многе куће, цркве и друге грађевине у укупно 26 села и градова у околини. Земљотрес је највише погодио Аквилу, главни град области Абруца. Срушиле су се историјске зграде, а делимично је пао студентски дом и велики број кућа. Четворо деце је извађено из рушевина зграде у Аквили. У Риму се осетило померање тла, али није било материјалне штете. Земљотресу је претходио мањи потрес јачине 4,6 степени, који се шест сати раније догодио на северу земље, 35 километара југоисточно од Болоње, на дубини од 6,4 километра. Данима пре потреса у региону око града Аквиле осећала су се подрхтавања тла. Један научник је неколико дана раније упозоравао да ће тај регион да погоди катастрофалан земљотрес. Власти су ова упозорења игнорисале уз опаску да не треба беспотребно дизати пануку. Објашњење је гласило да данас у свету нема поуздане научне методе којом би могао да се предвиди земљотрес. Према подацима Националног сеизмолошког института око 280 потреса догодило се за само два дана, а 32 сата након разорног земљотреса уследила су још два снажна потреса која су узнемирила локално становништво. Становништво је било смештено у камп постављен на фудбалском стадиону, а полиција је патролирала између рушевина како би спречила пљачке, због којих је ухапшено неколико људи.

Према подацима Службе цивилне заштите у граду Аквила и још 25 насеља око 70.000 људи остало је без домова. Број жртава попео се до 235, а повређено је више од 1.500 људи. Служба цивилне заштите прогласила је неупотребљивим више од 10.000 кућа и других зграда у Аквили (www.rts.rs).

ТРУСНЕ ОДЛИКЕ БАЛКАНСКОГ ПОЛУОСТРВА И СРБИЈЕ

Простор Балкана у целини, не карактерише се појавом тако снажних земљотреса, као ни појавом цунами таласа при настранку земљотреса на подручју Јадрана. Међутим, током ближе и даље историје, на подручју Медитерана догађале су се бројне трусне катастрофе, које су биле праћене и великим цунами таласима. Поменимо само ерупцију вулкана на острву Санторини на југу Грчке, која се догодила око 1650. године пре нове ере, при чему је настао велики водени талас који је практично у потпуности уништио велику Минојску културу која је постојала на том острву и на Криту. Последњи велики цунами на подручју Средоземног мора настао је у великом земљотресу из 1956. године са магнитудом 7,7 код грчких острва Киклада, када је формиран цунами талас висок 25 метара, који је разорио чак и обале Египта (www.seismo.cg.yu).

Територија бивше Југославије налази се у подручју медитеранске трусне области. Ову територију испуњавају млађе веначне планине алпских лукова који окружују стару Родопску масу. У свим тектонским целинама врше се ин-

тензивна кретања која се испољавају као тангенцијални и радијални покрети у стеновитим масама. Отуда су и потреси претежно тектонског порекла, а везани су за разломне структуре.

На основу честине потреса и њихове снаге на територији бивше Југославије издвојене су следеће трусне области: динарска, шарско–пиндска, савска, родопска, алпска и карпатско–балканска. Најчешћи и најјачи земљотреси су у пределима Динаре, доњег тока Неретве, Боке Которске, Дубровника, Подриња, Шумадије, Метохије, Бања Луке и Скопља (Марковић, 1980).

Према МЦС-скали на 41% површине бивше Југославије могу се јавити потреси VII степена јачине, на 29% површине потреси VIII степена и на 10% територије потреси IX степена. У осталим областима могу се јавити само потреси мање јачине (Петровић, Миљковић, 1988).

Међу младим планинама бивше Југославије највећу сеизмичку активност показују Динариди са Приморјем, у којима се збило 33% свих покрета, затим Родопиди (19%) и Алпиди (17%). Посавски регион (Савски тектонски ров) је други по честини покрета (23%). Најтежи земљотреси дешавали су се у Динарском, нарочито његовом приморском подручју (22 земљотреса јачине VIII – IX степени), па у Родопском региону (19) и Посавском региону, 14 катастрофалних земљотреса (Марковић, 1980).

На Балканском полуострву, према Јовану Цвијићу, могу се издвојити три групе главних земљотресних линија: дуж уздужних раседа и флексура, дуж попречних раседа и у потолинама.

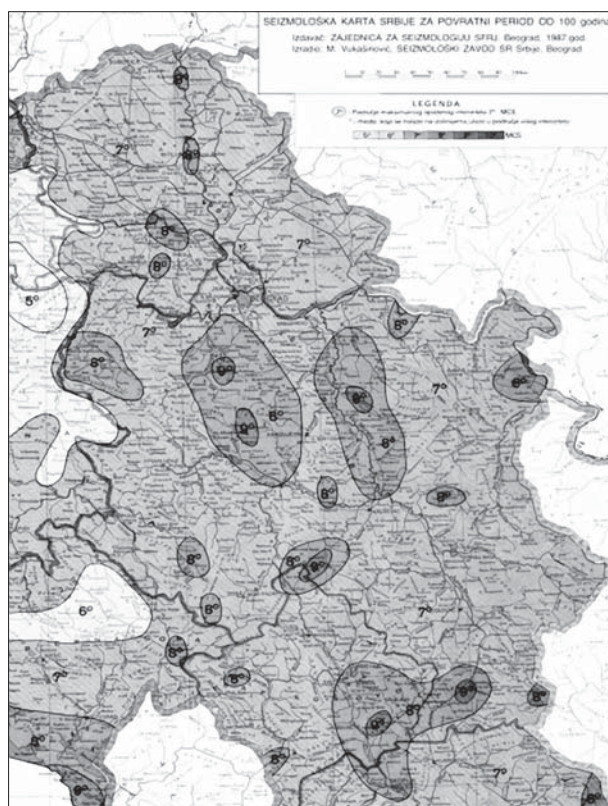
Најбројнији и најјачи су земљотреси дуж уздужних раседа и флексура. Таква је велики број земљотресних линија у динарском и пиндском систему, а нарочито дуж далматинске обале. И земљотреси љубљанске потолине прате динарске дислокације, махом раседе дуж којих старији слојеви најахују на млађе. Трусиви су се дешавали на двома уздужним дислокацијама средишње Босне, око планине Вранице, на раседима у долини Врбаса, који на југоистоку допире до Илице код Сарајева. Чести су земљотреси и на охридско-дебарском раседу, који се пружа од Охридског језера кроз клисуру Црног Дрима, до Дебра. Земљотреси се јављају и дуж уздужног банатског раседа, меридијанског правца, и дуж раседа сличног правца у тимочком басену источне Србије (Цвијић, 1924; у Сабрана дела, 1991).

Често се земљотресне линије поклапају са попречним раседима и флексурама. Изгледа да су ове дислокације у динарском систему од мањег значаја за појаву земљотреса него уздужне. Попречни раседи су ређи и махом много плићи него уздужни. Као попречни може се означити и моравски расед од Голупца до Сталаћке клисуре, који прати десну страну Мораве и махом косо сече слојеве стена источне Србије. На јужном ободу Панонског басена има низ раседа, најбоље изражених око Београда, дуж којих се спуштало, а и сада се спушта, дно Панонског басена. С њима су у вези периферни раседи северне Србије до Букуље, Венчаца, Лазаревца и Ваљева. Сви су се они до сада показали као линије слабијих трусева. Особито су чести и јаки трусови у потолинама, везани за мреже раседа као и за целу спуштену област. Такви су на првом месту земљотреси у потолинама Родопске масе, као у врањској, кочанској, скопској потолини и другима, све до раседне мреже око Солуна. У ову групу

спадају и земљотреси у Жупи, испод раседа који пролазе северном страном Копаоника (Цвијић, 1924; у Сабрана дела, 1991).

Дубине жаришта земљотреса на нашем тлу су различите, релативно мале, од 1 до 45 km, најчешће у дубини од 20 km испод површине. Јачина земљотреса је обично III до V, али може премашити и X степени MCS (Меркали-Канкани-Зибергове) скале. Последице земљотреса су разноврсне, одређене интензитетом потрешеног тла, односно дубином хипоцентра, петролошком грађом терена између хипоцентра и епицентра и трусног подручја, затим насељеношћу и градњом на покренутом подручју. Жртве и штете су мање од потреса у планинским и слабије насељеним пределима, а веће у котлинама и долинама, где су најчешће већи градови и објекти (Марковић, 1980).

Најранији земљотрес на простору који је обухватала бивша Југославија, догодио се 361. године н.е. Тада је југоисточни део обале острва Пага потонуо у море заједно са градом Цаска и његовим становништвом. Године 518. потрес је до темеља разрушио град Скупи (Скопље) и уништио скоро целокупно његово становништво. Дубровник је између 367. и 1667. године 12 пута стра-



Карта 3. Сеизмолошка карта Србије

Map 3. Seismic map of Serbia

Извор: www.seismo.cg.yu

дао од потреса. О дубровачкој катастрофи 1667. године постоје многи подаци који указују да је Дубровник тада највећим делом разорен и да је изгубио најмање трећину свога становништва. Истовремено су поред Дубровника страдали и Котор, Херцег Нови, Пераст, Будва, Цавтат, Лопуд, Шипан, Стон итд. На целом том простору било је много врло великих пукотина, обурваних стена итд. Дубровник је у то време цветао, имао је 6.000 становника. Један кратак ударац за неколико секунди претворио је град у гомилу рушевина. Одмах иза удара избио је силан пожар који је немилице пустошио. Потреси и пожари причинили су страховите призоре.

Сеизмички покрети у Јадранском приморју условљени су од два узрока: од притиска Динарске масе са истока, и од притиска Апенинске масе са запада. Та два снажна притиска сусрећу се у басену Јадранског мора. Стални притисак Динарске масе на Јадранске блокове изазива извесну напетост у континенталним, као и у Јадранским блоковима. У моменту кад та напетост достигне своју кулминацију, најмање отпорни терени повијају се и тако настају механички покрети блокова (потреси). У случајевима када блокови Јадранског басена попусте притиску, почиње акција подморских епицентара, а потом и покрети континенталних блокова. Под таквим околностима потреси су пространији и могу причинити тешке последице (Михаиловић, 1949).

Године 1931. десила се позната Валандовска труска катастрофа, која је захватила 36 насеља. Највећи поремећаји десили су се на железничкој прузи између Милеткова и Смоквице. На дужини од 60 km тло се угнуло до 30 cm, шине су се бочно помериле, а дуж пруге отвориле пукотине. У Валандову су срушене многе куће (око 89%). Људских жртава највише је било у селу Пирави, јер су се људи пред земљотрес због кише склонили у куће (Марковић, 1954).

Бањалуку и шире подручје Босанске крајине 26. и 27. октобра 1969. године задесио је снажан земљотрес. Разорна стихија однела је 15 људских живота, док је 1.117 лица лакше или теже повређено. Предпоставља се да је број повређених био знатно већи, јер многи нису затражили лекарску помоћ.

Први земљотрес јачине између 6 и 7 степени Меркалијеве скале, догодио се 26. октобра око 16 часова. После краткотрајног страха, становништво је убрзано мобилисано. Захваљујући томе, потрес јачег интензитета и веће разорне моћи, сутрадан 27. октобра у 9 часова, који је у епицентру имао јачину од 9 степени, није затекао у рушевним зградама грађане, ђаке у школама, раднике у фабрикама, па су самим тим и избегнуте веће људске жртве.

У низу нових трусова, карактеристичних за смиривање тла, најјачи је регистрован 31. децембра управо када су се Бањалучани припремали да за неколико сати испрате 1969. и дочекају 1970. годину. Забележене су нове штете, а на већ оштећеним објектима дошло је до нових оштећења.

Бањалука је претрпела огромне материјалне штете. Оно што је стихија начела 26. октобра, сутрадан је претворила у рушевине, а многе грађевине, које су успеле да одоле том разорном дејству 31. децембра су на крају и оне биле оштећене. Није било области живота у којој земљотрес, разарајући оно што је људска рука вековима стварала, није нанео велике штете и успорио развој града и општине (Гале, 2009).

Главни град Македоније потресан је земљотресом много пута, а три пута је њима рушен – 518, 1555. и 1963. године. У првом разорном потресу уништен је Скупи, главни град Дарданије. Он се налазио код ушћа Лепенца у Вардар, око 2 km северозападно од данашњег Скопља, између села Бардовца и Злокућана. Земљотрес је порушио 24 утврђења „од којих су два са свим житељима пропала у земљу.“ Истовремено је разорен и Стоби па је у њему престао живот. О трагедији ова два античка града сведоче ископине разорених грађевина. Последњи катастрофални потрес у Скопљу 26. јуна 1963. године усмртио је 1.100 људи, повредио 3.300 особа и порушио 15.776 од укупно 36.578 станова у граду. После три главна удара у зору осетило се још око 800 лакших потреса у процесу смиривања тла.

Загреб је у последњих 450 година доживео више од 600 лакших потреса, а снажни земљотреси рушили су га три пута. Град се налази у пригорју Медведнице, која је због ободних раседа сеизмички веома активна. Изразита тектонска линија разбија планину по средини. Уз то, Загреб се налази и у тектонском рову Саве. Земљотрес који је погодио град 9. јануара 1880. године имао је 9 степени.

Земљотреси нису поштедели ни Сарајево, које лежи у пространој котлини (Сарајевско-зеничка котлина), окруженој планинама, што подразумева низ раседа.

Београд је до сада имао срећу да није теже страдао од земљотреса, иако лежи у подручју са потенцијално најтежим тросовима. Подигнут је на крају Шумадијске греде, са свих страна омеђене раседима (савски ров, великоморавска дислокација, колубарски и западноморавски раседи). Јужнопанонска дислокација (савско-дунавски ров), на којој и уз коју је подигнут Београд (Нови Београд) је његова сеизмичка опасност. Трус који се десио 15. маја 1927. године имао је јачину 7 степени, али није нанео веће штете. У Београду су се осетили сви новији јачи земљотреси (копаонички, бањалучки, славонско-бродски, букурештански) 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 наносној равници Саве, лежи у рову, на раседу, а сав је од вишеспратница. Предност његових солитера је што су грађени од бетона, гвжђа и челика, који боље одолевају трусним ударима од зграда сациглама, какве су претежно у шумадијском Београду. Зло може бити тим веће ако нису примењиване норме асеизмичке градње (Марковић, 1980).

Катастрофални земљотрес задесио је 15. априла 1979. године Црну Гору. Његова разорна снага манифестовала се и у осталим пределима бивше Југославије и суседне Албаније. Јачина овог земљотреса у епицентру износила је 9 степени по Меркалијевој скали, а 7,2 степена по Рихтеровој скали. Жариште овог земљотреса имало је велике димензије, а његова дубина се кретала до неколико десетина километара. Активност жаришта била је врло висока и одликовала се великим бројем сеизмичких таласа како по дубини тако и по по-

вршини. Епицентар овог земљотреса налазио се 50 km јужно од Подгорице, на линији Улцињ-Бар-Будва-Котор и даље према Херцег-Новом. Управо главна епицентрална област разарања простирала се од ушћа Бојане до Херцег-Новог, и на северу до Скадарског језера и Црмнице.

На релативно малом простору Црногорског приморја и његовог залеђа преовлађује веома немирна пластика рељефа настала као последица неотектонских процеса. Она је садржана у изразитим денивелацијама између позитивних планинских и негативних потолинских морфоструктура насталих као последица диференцијалних тектонских процеса, тј. издизања планина и спуштања потолина. Полазећи од морфолошких аномалија, које се подударају са геодетским и сеизмичким подацима, садашња вертикална кретања Земљине коре у овом региону представљају наставак тектонских процеса из ранијег неотектонског периода (плиоцен-квартар) и условљавају изразиту сеизмичку лабилност на овом простору (Зеремски, 1979).

Последице катастрофалног земљотреса, због његове разорне снаге и ширине захваћеног подручја, биле су велике. Земљотрес је захватио привредно најразвијенији и најнасељенији део Црне Горе. Проузроковао је смрт око 100 људи, док је преко 1.000 било повређено. Земљотрес је учинио велика разарања и материјалне штете у 14 општина. Разорено је преко 250 већих и мањих насеља. посебно су страдала древна и урбана насеља: Улцињ, Стари Бар, Будва, Котор и Херцег-Нови. Највише су страдали привредни објекти, стамбене зграде, затим здравствене, просветне, културне, социјалне и друге институције. Уништени су или оштећени бројни туристички објекти што се негативно одразило на девизни прилив туристичке привреде Црне Горе (Ивановић, 1979).

У новије време учесталих земљотреса и њихових све тежих последица у све већим градовима, са све бројнијим и већим објектима, теренима веће густине насељености, те већих штета и жртава поставља се увек актуелно питање предвиђања земљотреса. Коликогод да човек тежи да то оствари, да кроз утврђивање законитости у пулсирањима Земљине коре и тектонским кретањима дође до неких правилности, остаће немоћан да утврди не само секунде, већ и дан наступа земљотреса. Наш угледни геолог и академик К. В. Петковић (1979) оправдано истиче да је претенциозно и нетачно све што се наводи као прорицање за будуће потресе, нарочито у погледу времена када ће се десити (Петковић, Николић, 1979).

ЗАКЉУЧАК

Наука је до сада много учинила на пољу проучавања земљотреса. Али најглавније питање није ни до данас успела да одгонетне. Претсказати земљотрес значи одговорити на три питања: где се очекује земљотрес, какве ће бити јачине и када ће се десити. На прво питање наука одговара потпуно тачно, на друго приближно, а на последње, тј. када ће бити земљотрес, не може се ништа конкретно одговорити иако је то најважније питање. Међутим, наука непрестано настоји да предвиди земљотрес и у будућности се може очекивати да ће то и постићи.

Човек не може да спречи земљотрес, али зато настоји да умањи његове катастрофалне последице. Он је уочио које области захватају потреси. Зато у крајевима који су угрожени земљотресима људи не граде вишеспратне куће. У таквим областима се темељи кућа дубоко укопавају. Зидови се међусобно повезују гвозденим шипкама. Малтер се меша са вуном да при земљотресу не би отпао. Хиљаде мртвих и рањених углавном страдају од рушења кућа. Зато се у областима угроженим земљотресима, ако се већ подижу високе зграде, граде чврсте конструкције од бетона и гвожђа. Овакве се зграде при земљотресу љуљају као целина али не може доћи до распадања.

Човек не може ни помислити да користи огромну снагу земљотреса. Он није у стању да избегне тежину њиховог удара, а поготово је, за сада, немоћан да их искористи упркос томе што је снага земљотреса огромна. Ако би се, на пример, енергија чувеног калифорнијског труса 1906. године претворила у електричну енергију (разуме се само теоретски), дала би 44 милијарде киловат-часова!

Ако уважимо процену да је само у историјском времену од земљотреса погинуло више од 15 милиона људи широм наше планете, безрезервно се намеће закључак да су земљотреси најтежи вид стихије природе, са највећим штетама и најбројнијим људским жртвама.

ЛИТЕРАТУРА И ИЗВОРИ

1. Британика Енциклопедија, (2008): *Volcanoes and Earthquakes*, Britannica Illustrated Science Library, London.
2. Гале, М. (2009): Земљотреси на Балканском полуострву и њихове последице, Дипломски рад у рукопису, Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Департман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад.
3. Зеремски, М. (1979): Земљотрес Црногорског приморја – подударност савремених и неотектонских процеса, Земља и људи, бр. 29, стр. 17–22, СГД, Народна књига, Београд.
4. Ивановић, З. (1979): Последице катастрофалног земљотреса од 15. априла 1979. године, Глобус, бр. 11, стр. 101–109, СГД, Београд.
5. Лазић, Л. (1995): Цунами, Зборник радова Института за географију, бр. 25, стр. 147–150, Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Институт за географију, Нови Сад.
6. Марковић, Ј. Ћ. (1954): Земљотреси, Земља и људи, бр. 4, стр. 88–95, СГД, Народна књига, Београд.
7. Марковић, Ј. Ћ. (1956): Катастрофе у природи, Народна књига, Београд.
8. Марковић, Ј. Ћ. (1980): Географске последице сеизмичке активности тла Југославије, Зборник радова Географског завода, бр. 27, стр. 5–17, Природно-математички факултет, Београд.
9. Михаиловић, Ј. (1949): Сеизмичке катастрофе Дубровачког приморја, Геолошки анали Балканског полуострва, књига 17, Геолошки завод Универзитета у Београду, Научна књига, Београд.

10. Петковић, К., Николић, П. (1979): Основи геологије, Универзитет у Београду, Научна књига, Београд.
11. Петровић, Ј., Миљковић, Љ. (1988): Општа геологија са основама палеогеографије, Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Институт за географију, Нови Сад.
12. Петровић, Д., Манојловић, П. (2003): Геоморфологија, Универзитет у Београду, Географски факултет, Београд.
13. Ракићевић, Т. (1970): Општа физичка географија, Универзитет у Београду, Београд.
14. Сикошек, Б. (1979): Земљотреси као природне појаве, с нарочитим обзиром на земљотрес од 15.04.1979. г. на Црногорском приморју, Глобус, бр. 11, стр. 90–101, СГД, Београд.
15. Трибуч, Х. (1979): Предзнаци потреса, Вјесникова прес агенција, Младост, Загреб.
16. Цвијић, Ј. (1991): Геоморфологија 1, Сабрана дела, књига 6, САНУ, Књижевне новине, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд.
17. Интернет адресе:
 - www.wikipedia.org
 - www.seismo.cg.yu
 - www.znanje.org
 - www.gfz.hr
 - www.rts.rs