

GEOTEKTONSKE TEORIJE

Procesi koji su doveli (dovode) do obrazovanja reljefa na površini Zemlje, rasporeda kopna i mora, nastanka vulkana i zemljotresa oduvek su interesovali naučnike. Vremenom je došlo do izdvajanja nekoliko takozvanih "geotektonskih teorija", ustvari, hipoteza koje je trebalo da objasne nastanak današnjeg reljefa i rasporeda kontinenata i okeana.

Dugo godina su svi endogeni procesi objašnjavani takozvanim "fiksističkim" hipotezama za koje je zajedničko gledište o Zemljinoj kori kao krutoj ljusti, podložnoj deformacijama samo u nekim "labilnim" zonama. Najznačajnije mesto među ovim hipotezama imala je "**teorija geosinklinala**". Ona se zasnivala upravo na postojanju labilnih zona (neznano čime predodređenih) u kojima se tokom dugog perioda odvija taloženje materijala, da bi potom došlo do izdizanja i stvaranja planinskih venaca. U ovim područjima javljaju se i značajni seizmički pokreti (zemljotresi), a za neke od faza u razvoju geosinklinala karakteristična je i pojava vulkanizma. Ma kako da je bilo teško običnim smrtnicima da shvate funkcionisanje geosinklinala, svi geološki događaji na Zemljinoj površini objašnjavani su na ovakav način. Bilo kako bilo, sva razmišljanja o pokretima u Zemljinoj kori i svim geološkim događajima prilagođavana su ovoj hipotezi. Koliki je intenzitet ovakvih razmišljanja govori i to da i danas, nekoliko desetina godina od kada je teorija geosinklinala odbačena, mnogi u svetu odbijaju da misle na drugi način.

Tektonika ploča

Još početkom dvadesetog veka neki naučnici su, posmatrajući oblike kontinenata došli do zaključka da se istočne obale Južne Amerike i zapadne obale Afrike sasvim lepo uklapaju. Tako su neki od njih došli na ideju da bi se moglo govoriti o razmicanju kontinenata i širenju okeanskog prostora. Najuporniji je u ovome bio Alfred Wegener nemački meteorolog. Na potvrdu Wegenerovih ideja trebalo je sačekati neko vreme. Tek usavršavanje geofizičkih metoda istraživanja, naročito određivanje gustine stenskih masa na osnovu brzine prostiranja seizmičkih talasa kroz njih, moglo je da da dosta pouzdane podatke o unutrašnjoj građi Zemlje i odnosima unutar litosfere.

Teorija koja je rođena najčešće se naziva jednostavno **Tektonikom ploča** ili **Novom globalnom tektonikom**. Upotreba ovog drugog termina više i nema opravdanja, jer je tektonika ploča odavno našla svoje mesto u tumačenjima endogenih procesa u Zemljinoj kori. Istini za volju, pojedinci ni danas nisu spremni da menjaju ustaljene koncepcije ili, jednostavno, nisu u stanju da shvate procese kretanja tektonskih ploča, bez obzira na njihovu jednostavnost.

Suštinski novo u tektonici ploča je to da se ovde polazi od podatka (sada već utvrđenog geofizičkim merenjima) da je Zemljina kora izgrađena od sedam velikih i dvadesetak manjih, međusobno odeljenih ploča koje se neprekidno kreću. Naročito karakteristična mesta su pri tom međusobne granice ovih ploča, koje mogu biti **divergentne** (na kojima se ploče razilaze) i **konvergentne** (duž kojih dolazi do njihovog sučeljavanja).

Polazeći od stanovišta da je u davnoj geološkoj prošlosti postojao jedan jedinstveni kontinent (**Pangea**) i, logično, jedan okeanski prostor (**Pantalasa**), analizirajmo kako je došlo do stvaranja većeg broja odeljenih ploča.

Izvesna promena toplotnog režima u dubini Zemlje (ispod astenosfere) dovela je do konvektionog strujanja materijala astenosfere. Uzburkana masa u ovakvim uslovima teži da se probije naviše i vrši pritisak na čvrste delove gornjeg omotača i samu Zemljinu koru. Kontinentalna kora iznad ovih toplih tačaka (termin "hot spots" često nalazimo u literaturi) neko vreme se lagano izdiže, a zatim dolazi do njenog razlamanja i tonjenja duž ovakvih sistema pukotina. Stopljeni materijal iz dubine sada može da se probije na površinu i svojim utiskivanjem stvara pritisak koji uslovljava razmicanje blokova kore. Izbijanje ovog stopljenog, magmatskog materijala nije ništa drugo do vulkanizam, a njegovim hlađenjem nastaje nova okanska kora. Termin koji se koristi za ovaj proces razlamanja kontinentalne kore je "**rifting**" ili riftovanje, a velike sisteme raseda koji se stvaraju u ovoj fazi nazivamo riftovima. Ako posmatramo današnje geotektonske odnose, početna faza riftovanja (bez vulkanizma) je u toku duž Crvenog mora, a neke tendencije razlamanja postoje i u istočnim delovima Afrike.

Pritisak koji vrši magmatski materijal na blokove kontinentalne kore utiče na njihovo razmicanje i međusobno udaljavanje, sve do momenta kada se blokovi zaustave zbog ograničene površine same Zemlje i približavanja drugim pločama. U okeanu koji je sada već sasvim dobro razvijen može se

zapaziti "**srednjookeanski greben**", odnosno divergentna granica duž koje dolazi do udaljavanja ploča usled pritiska koji je posledica neprekidnog utiskivanja novih porcija magme iz unutrašnjosti. Najindikativniji aktuelni primer je greben koji se prostire celom dužinom Atlantskog okeana, sa vulkanizmom na okeanskom dnu, a mestimično ti vulkani izlaze i na samu površinu obrazujući ostrva (Island, Azori, Tristan da Kunja...).

Usled nemogućnosti daljeg razmicanja ploča doći će do smicanja na najosetljivijim mestima, odnosno na kontaktu okeanske i kontinentalne kore. Tada se tanka okeanska kora podvlači pod kontinentalnu. Ovaj proces ("**subdukcija**") izaziva brojne posledice. Iznad subdukcione zone na kontinentalnoj margini dolazi do izdizanja stenskih masa i obrazovanja planinskih venaca, a ispred kontinenta obrazuje se duboki rov koji je paralelan obalskoj liniji. Poniruća okeanska kora se u dubini ponovo stapa i u obliku magme teži da izbije na površinu tako da je u ovim područjima česta pojava vulkanizma, a samo trenje ploča u zoni subdukcije manifestuje se podrhtavanjem tla (zemljotresima). Ovakav tip konvergentne granice nazivamo vulkanskim ili magmatskim lukom, a primer je, recimo, kontakt tihookeanske i južnoameričke ploče, koji je prouzrokovao stvaranje Kordiljera.

U toku razvoja okeanskog područja može doći do momenta kada sile potiskivanja okeanske kore iz srednjookeanskog grebena nisu više u stanju da savladaju trenje u subdukcionim zonama. Tada dolazi do smicanja u delu okeanske kore i podvlačenja okeanske kore pod okeansku. Ovom prilikom se formiraju "**ostrvski lukovi**", nizovi ostrva paralelnih kontinentalnoj margini (Aleuti, Japan, Filipini...), na kojima se javlja vulkanizam i česti zemljotresi.

Promena režima zagrevanja usloviće i promenu zona u kojima magmatski materijal prodire na površinu Zemlje, tako da će posle pune "zrelosti" okeanskog prostora, postepeno doći do njegovog zatvaranja i ponovnog sučeljavanja kontinentalnih blokova. Okeanska kora će tokom ovog procesa biti potpuno resorbovana ili delimično istisnuta (**obdukovana**) na kontinentalnu marginu. U zoni sučeljavanja (**kolizije**) blokova kontinentalne kore, usled snažnih pritisaka dolazi do izdizanja stenskih masa i stvaranja visokih i prostranih planinskih masiva. Tako su usled kolizije indijske i evroazijske ploče obrazovani Himalaji. U ovim područjima uglavnom nema vulkanizma, ali je proces kolizije praćen snažnim zemljotresima.

Jedan od mogućih oblika granica ploča može biti i njihovo mimoilaženje, pri čemu se, takođe javlja podrhtavanje tla na površini. Primer za ovakav tip granice je poznati Sent Andreas rased u Kaliforniji dugačak preko 1000 kilometara, duž kojega se blokovi kreću brzinom od oko 6cm godišnje.

Očigledno je da se kretanjima ploča mogu tumačiti svi endogeni procesi koji su samo njihova prateća manifestacija. Položaj vulkana na Zemljinoj površini i oblasti sa izraženom seizmičkom aktivnošću se (sa retkim izuzecima, za koje takođe postoji objašnjenje) jasno podudaraju sa granicama ploča litosfere.

ENDODINAMIKA

Pokreti koji svojim dejstvom utiču na formiranje površinskih delova Zemlje, odnosno nastanak različitih oblika reljefa, mogu da potiču iz unutrašnjosti, kada su to **endodinamički** ili da budu rezultat delovanja spoljašnjih sila - **egzodinamički** pokreti. Na neke egzodinamičke procese osvrnućemo se u poglavlju o površinskom raspadanju stena, a ovde ćemo da analiziramo uzroke i karakter najznačajnijih endodinamičkih pokreta. Ovde se mogu svrstati magmatski, tektonski i seizmički pokreti.

MAGMATSKI POKRETI

Stopljeni materijal (magma) iz dubine Zemlje, koji se pokreće usled promena toplotnog režima, teži da se penje ka Zemljinoj površini, ili biva utisnut u stene litosfere pa se tu hladi ili se izliva na površinu. Stene nastale konsolidacijom rastopa u dubini, nazivamo **plutonskim**, a ceo proces **plutonizmom**. Izlivanje magmatskog rastopa na površinu Zemlje nazivamo **vulkanizmom**, a stene obrazovane na ovakav način **vulkanskim stenama**.

VULKANIZAM

Jedna od pojava na Zemlji koja je verovatno najviše privlačila čovekovu pažnju od njegovog postanka pa sve do današnjih dana, je vulkanizam. Izlivanje usijane mase na površinu Zemlje, često praćeno strašnim eksplozijama, prouzrokuje u čoveku strah, ali i stalnu želju da sazna nešto više o ovoj pojavi. Danas, na osnovu proučavanja savremenih vulkana ili možda još više produkata nastalih delovanjem onih iz geološke prošlosti, možemo da damo neke odgovore o uzrocima i mehanizmu vulkanskih erupcija, kao i o područjima na Zemlji na kojima do njih dolazi.

Vulkan uglavnom ukratko definišemo kao završetak dugačke pukotine duž koje lava izbija na površinu. Pri tom, lava se može izliti na kopno i to su **subaerski** ili na dno mora ili okeana - **submarinski** vulkani.

U opštem slučaju vulkan poseduje vulkansku kupu, krater (ili grotlo), dovodni kanal i vulkansko ognjište. Oko postojanja ognjišta postoje različita mišljenja, ali jedna od ključnih činjenica koja ide u prilog njegovom postojanju su potpuno različiti tipovi vulkanskih erupcija kod lokacijski bliskih vulkana.

Ovakva slika je krajnje uopštena, s obzirom da neki vulkani i nemaju izraženu kupu. Ukoliko je ima, ona može biti različitih dimenzija, od veoma niskih (stotinak metara), do gigantskih, kakvu ima havajski vulkan Mauna-loa. Kupa ovog vulkana izdiže se preko 4100m iznad nivoa mora, a može se pratiti još 4-5000m ispod mora. Inače, najveći evropski vulkan je Etna na Siciliji, sa kupom prečnika oko 40km i visine 3280m. Kupe nekih vulkana mogu biti raznete eksplozijom ili delimično urušene, pa se tako formiraju široki krateri - kaldere, kod drugih, pak, kupe skoro i da ne postoje - lava se izliva duž pukotina koje mogu biti dugačke i preko 100km.

Vulkanske erupcije se mogu i podeliti prema obliku na:

Centralne - sa usamljenim, jasno izraženim kupama (Etna...);

Linearne - kada se lava izliva duž pukotina iz više centara (neki vulkani na Islandu) i

Arealne - prilikom kojih se lava izliva na velikim prostranstvima gradeći štitove ili ploče (Devan u Indiji, gde se produkti erupcija danas nalaze u obliku ploče površine od oko 600 000km²).

Kako bi moglo da se govori o uzrocima vulkanskih erupcija, trebalo bi pre svega definisati ishodišni materijal - **magmu**, koju kada se izlije na površinu nazivamo **lavom**.

Magma je usijano tečni rastop izgrađen od 90% takozvanih **teškoisparljivih** i 10% **lakoisparljivih** komponenata. Teškoisparljive komponente su one koje se pri uslovima koji vladaju u magmi (određeni pritisci i temperature) ne mogu prevesti u gasovito stanje. To su ustvari oksidi glavnih elemenata:

SiO_2 , Al_2O_3 , FeO (Fe_2O_3), MgO , CaO , Na_2O , K_2O , TiO_2 ... Na osnovu sadržaja SiO_2 , kao glavne komponente, magme se mogu podeliti na **kisele** (sa visokim sadržajem silicijum dioksida) i **bazične** (sa niskim sadržajem SiO_2). Lakoisparljive komponente se mogu u prirodi nalaziti u tečnom ili čvrstom stanju, ali se u magmi mogu naći u gasovitom. Među ovim sastojcima dominira voda (H_2O), a osim nje prisutni su još i: CO_2 , H_2S , HCl , HF i td. Iako smo govorili o odnosu teškoisparljivih i lakoisparljivih komponenata od 90 : 10, moguća su i odstupanja. Tako postoje magme sa nižim sadržajem lakoisparljivih sastojaka – **suve**, ali i one kod kojih ovi sastojci mogu da premaše i 30-40% - **vlažne** magme.

Međusobni odnos ovih sastojaka utiče na fizičke osobine magme ili lave i samim tim utiče i na karakter vulkanskih erupcija.

Temperatura magme je jedna od značajnih fizičkih osobina. Jasno je da iz tehničkih razloga nismo u mogućnosti da izmerimo temperaturu u magmi pre njenog dolaska na površinu, tako da se zadovoljavamo posrednim podacima. Najčešće se koriste rezultati merenja temperature lave na živim vulkanima i na ovaj način smo dobili temperature od 900 - 1400°C. Poznavajući temperaturu kristalizacije nekih minerala, takođe možemo posredno da odredimo temperaturu magme.

U magmi vladaju dve vrste pritisaka. Spoljašnji - hidrostatički pritisak koji vodi poreklo od težine stenskih masa koje se nalaze iznad magmatskog tela (s obzirom da se radi o težini stena, često se za ovaj pritisak upotrebljava termin **litostatički**) i unutrašnji pritisak potiče od lakoisparljivih komponenata iz magme i prilikom njenog hlađenja jedno vreme će rasti. Ukoliko se poremeti ravnoteža između ovih dvaju pritisaka magma će biti pokrenuta ka površini.

Fizička osobina koja verovatno najbitnije utiče na karakter vulkanskih erupcija je viskozitet magme, odnosno lave. Viskoizitet definišemo kao otpor prema tečenju, što znači da će lave sa manjim viskoizitetom brže teći od onih sa većim. Pri tom viskozne lave grade visoke kupe, dok se one manje viskozne razlivaju na velikim površinama i najčešće obrazuju ploče ili štitove.

Na viskoizitet najviše utiče sadržaj SiO_2 i to tako da magme odnosno lave sa visokim procentom SiO_2 (kisele) imaju veći viskoizitet od onih sa nižim (bazičnih). Ukoliko poredimo dve magme sa podjednakim sadržajem ove

komponente, onda su viskoznije one sa manjim sadržajem lakoisparljivih sastojaka.

piroklastičnog materijala (havajski vulkani...), eksplozivne, sa velikom količinom piroklastičnog materijala izbačenog snažnim eksplozijama (Krakatau, Volcano...) ili mešovite.

Vulkani se na površini Zemlje ne pojavljuju bez nekakvog reda i smisla. Najčešće je vulkanizam vezan za granice ploča litosfere. Najintenzivniji vulkanizam, što je jasno ukoliko poznajemo kretanje ploča, javiće se u zoni srednjookeanskog grebena (atlantski greben i dr.). Ovi vulkani su submarinski i retko se vide na površini. Vulkanizam na konvergentnim granicama ploča, kao što su subdukcije okeanske pod kontinentalnu i okeanske pod okeansku ploču, lakše se registruje na površini i to su poznate zone na primer u takozvanom "Vatrenom pojasu Pacifika". Postoje i vulkani koji se pojavljuju iznad usamljenih "toplih tačaka" (zona poremećenih toplotnih tokova ispod Zemljine kore), kao što su havajski ili neki vulkani na kontinentalnim pločama.

Po završetku aktivnosti jednog vulkana u njegovoj blizini i dalje se registruju pojave koje su prouzrokovane njegovim radom. To su takozvane **postvulkanske pojave**.

U neposrednoj okolini vulkana zapazićemo poremećaj u termičkom gradijentu, tako što će temperatura sa dubinom rasti znatno brže nego što je to očekivano. Ovo je lokalni termički gradijent i prouzrokovan je nedovoljno ohlađenim magmatskim masama u dubini.

Lakoisparljivi sastojci mogu u zonama ugašenih vulkana da izbijaju na površinu u obliku takozvanih **fumarola**, kao što je to slučaj u Dolini deset hiljada dimova na Aljasci. Specifičan vid ovih pojava su **solfatare** - mesta izbijanja sumporvodonika. Ovom prilikom dolazi do stvaranja naslaga elementarnog sumpora na površini Zemlje. Nekada ove koncentracije mogu biti i ekonomski značajne.

Blizina nedovoljno ohlađenog magmatskog tela može da prouzrokuje pojavu toplih izvora. Vode koje potiču od lakoisparljivih magmatskih komponenata (**juvenilne**) ili vode atmosferskog porekla koje poniru u dubinu i tamo se zagrevaju (**vadozne**), mogu da se pojave na površini u vidu toplih izvora. Specifičan vid ovih izvora su gejziri, kod kojih topla voda povremeno izbija pod velikim pritiskom koji stvaraju gasovi kojima je ona obogaćena u

dubini. Najpoznatiji gejziri su oni u Jeloustonском parku (SAD) i na Islandu, a "gejzir" koji se nalazi kod nas u Sijarinskoj banji ustvari je nastao veštački (topla voda izbija duž istražne bušotine).

TEKTONSKI POKRETI

Kretanja ploča litosfere uslovljavaju u graničnim područjima različite deformacije stena Zemljine kore. Tektonskim pokretima nazivamo sva ona vertikalna, horizontalna i kosa pomeranja stenskih masa, koja utiču na formiranje reljefa, a posledica su delovanja unutrašnjih sila. Razlikujemo **epirogene** i **orogene** pokrete.

EPIROGENI POKRETI

Epirogeni pokreti (grč. *epiros*-kopno, *genesis*-postanak) su lagani vertikalni pokreti koji se manifestuju izdizanjem ili spuštanjem kopnenih masa. Ova kretanja se najbolje mogu registrovati u priobalnim oblastima. Kao posledice epirogenih pokreta javljaju se nadiranje morske vode na kopno usled spuštanja kopna - **transgresija** i povlačenje vode sa kopna usled njegovog izdizanja - **regresija**. U današnje vreme ova kretanja mogu da se prate preciznim instrumentima, pa tako znamo da se, na primer, Skandinavsko poluostrvo izdiže i to u centralnim delovima dosta velikom brzinom od 1.5 cm godišnje. Zapadne obale Balkanskog poluostrva tonu, dok se istočne izdižu.

Potopljene zidine antičkih gradova, kako na jadranskoj obali, tako i na obalama Francuske, ukazuju nam na transgresije iz istorijskog perioda. Rečna korita koja se mogu pratiti na morskom dnu, kao kod reka jadranskog sliva, ali još izrazitije kod reke Hadson ili Konga čije se korito prostire oko 150 km po dnu Atlantskog okeana, govore nam o nešto starijim pokretima. Epirogeni pokreti iz dalje geološke prošlosti mogu se identifikovati na osnovu specifičnih stenskih tvorevina koje se formiraju u ovakvim uslovima.

Ne treba ispustiti iz vida da su epirogeni pokreti samo jedna od blagih sporednih manifestacija koje prate globalne geotektonske procese.

OROGENI POKRETI

Orogeni pokreti su oni endogeni horizontalni, vertikalni ili kosi pokreti koji za posledicu imaju znatne deformacije stena litosfere. Pri ovim pokretima

dolazi do nabiranja i razlamanja stenskih masa i formiranja karakterističnih oblika reljefa, kao što su planinski venci, depresije, razlomi i sl. Prema pravcu delovanja, orogene pokrete možemo da podelimo na **tangencijalne** - horizontalne i **radijalne** - vertikalne. Svaka od ovih vrsta pokreta imaće za posledicu formiranje karakterističnih oblika.

TANGENCIJALNI POKRETI

Horizontalni ili subhorizontalni pokreti dovode do ubiranja stenskih masa i stvaranja nabornih (koristi se i termin **plikativni**) oblika. Osnovna strukturna jedinica koja nastaje ovom prilikom je bora ili nabor. Snaga bočnog pritiska i karakteristike stena diktiraće koliki stenski kompleks će biti zahvaćen nabiranjem. Može biti nabran jedan ili više slojeva.

Bora se sastoji od izdignutog dela - **antiklinale** (antiforme) i uleglog dela **sinklinale** (sinforme). Elementi nabora su teme antiklinale, dno sinklinale i krila nabora. Konstruktivni elementi su: **aksijalna površ**, koja deli nabor na dva jednaka dela i **osa nabora** - linija preseka aksijalne površi sa temenom nabora. Prema položaju aksijalne površi moguće je razlikovati uspravne, kose, polegle i zagnjurenere nabore. Kod polegatih nabora moguće je da, usled snažnih usmerenih pritisaka dođe do njihovog otkidanja i kretanja, pa tako nastaju navlake ili složeni sistemi navlaka - **šarijaži**.

Specifični naborni oblici su i **baseni** - sinforme jednakih dužina i širina i **dome** - antiforme odgovarajućih osobina. Dimenzije nabornih oblika mogu da budu veoma različite, od milimetarskih, do onih dužine više kilometara. Složene antiklinale velikih razmera nazivamo **antiklinorijumima**, a složene velike sinforme - **sinklinorijumima**.

RADIJALNI POKRETI

Radijalni pokreti imaju za posledicu razlamanje stenskih masa i njihovo kretanje. Osnovni strukturni oblik koji se pojavljuje je rased (koristi se i termin **ruptura**, odnosno rupturni oblici). Rased nastaje tako što se stenski blokovi (krila raseda), raskinuti snažnim pokretima kreću po **rasednoj površini**. Ovo kretanje može da bude vertikalno (ili subvertikalno), koso ili horizontalno. Kako nismo sigurni u to koji je blok pokretan a koji je ostao stabilan, možemo da govorimo samo o njihovom relativnom kretanju. Analizirajući kretanje rasednih blokova možemo da izvedemo osnovnu klasifikaciju raseda:

Normalni ili **gravitacioni** rased, je onaj kod koga je **povlatni blok** (onaj koji se nalazi iznad rasedne površine) kretan naniže, dok je kod **reversnog** raseda relativno spušten **podinski** blok (onaj koji stoji ispod rasedne površine). **Horizontalni (transformni)** rasedi su oni kod kojih se blokovi kreću horizontalno po vertikalnoj ili subvertikalnoj rasednoj površini.

Rasedno ogledalo je termin koji koristimo za rasednu površinu uglačanu kretanjem blokova. Ipak i na ovoj relativno glatkoj površini vide se brazde ili strije, koje nam ukazuju na pravac kretanja krila raseda. Često su, međutim stene unutar rasedne zone zdrobljene, što omogućuje cirkulisanje različitih rastvora i povećano raspadanje stena.

Kao i kod nabornih oblika, i rasedi mogu biti različitih dimenzija. Od milimetarskih, do krupnih rasednih zona koje razdvajaju ploče litosfere, koje nazivamo **riftovimima**.

Složeni rasedni oblici koji su u prirodi češći od usamljenih raseda, mogu biti: **stepeničaste strukture**, **tektonski rovovi** i **horstovi**. **Stepeničaste strukture** nastaju istosmernim kretanjem rasednih blokova po paralelnim ili subparalelnim rasednim površinama. **Tektonski rov (graben)**, je posledica spuštanja centralnih blokova u odnosu na periferne, dok se **horst (timor)** formira relativnim spuštanjem perifernih blokova, dok centralni ostaje izdignut.

SEIZMIČKI POKRETI

Pod seizmičkim pokretima (grčki seismos-potres), odnosno zemljotresima, podrazumevamo kratkotrajna podrhtavanja tla. Za merenje ovih podrhtavanja koriste se seizmografi različitih konstrukcija i preciznosti. Uzroci zemljotresa mogu da budu različiti, pa se na osnovu toga može i izvesti njihova osnovna klasifikacija. Dakle, prema poreklu zemljotresi mogu da budu: tektonski, vulkanski, prolomni i tehnogeni.

Tektonski potresi su najvažnija kategorija i zastupljeni su sa oko 90%. Njihov nastanak je vezan za globalne geotektonske pokrete, pa se tako i zone u kojima se javljaju podudaraju sa granicama ploča litosfere.

Vulkanski zemljotresi nastaju kao posledica vulkanske aktivnosti. Mogu da budu veoma snažni, ali su lokalnog karaktera jer su vezani za područja

aktivnih vulkana. U ukupnom broju zemljotresa vulkanski učestvuju sa oko 7%.

Prolomni zemljotresi nastaju u oblastima sa izraženim podzemnim kraškim oblicima (pećinama, jamama...). Kada dođe do urušavanja u kraškim šupljinama potres se prenosi na površinu. Ovo su potresi lokalnog značaja i slabijeg intenziteta.

Tehnogeni potresi su izazvani čovekovom delatnošću. Pojavljuju se u oblastima u kojima se vrše miniranja prilikom eksploatacije mineralnih sirovina ili značajni zemljani radovi kod izgradnje kapitalnih objekata. To su najčešće sasvim slabi potresi koji ne nanose veću štetu postojećim objektima.

S obzirom na štete koje zemljotresi prouzrokuju na objektima koje je čovek sagradio, a česte su kod nekih katastrofalnih potresa i značajne ljudske žrtve, interesovanje ljudi za ove prirodne ekscese je oduvek bilo veliko. Proučavanje mehanizma nastanka i širenja zemljotresa je normalna posledica ovih interesovanja. Sa jedne strane, težnja onih koji žive u oblastima sa izraženom seizmičkom aktivnošću je da pokušaju da predvide potres, a sa druge strane, da način gradnje objekata prilagode stalnim potresima kako bi oštećenja na njima bila što manja.

Kako bismo se lakše snalazili u terminologiji koja se koristi u **seizmologiji** (disciplini koja se bavi proučavanjem zemljotresa) porebno je da upoznamo osnovne elemente zemljotresa.

Hipocentar je upravo ona tačka u dubini zemlje u kojoj nastaje (generiše se) potres. Prema dubini hipocentra moguće je izvršiti podelu zemljotresa prema dubini na duboke (sa hipocentrom na dubini preko 700 km), srednje duboke (70-700 km) i plitke (sa hipocentrom bližim od 70 km).

Epicentar predstavlja vertikalnu projekciju hipocentra na površini Zemlje.

Za lakše analiziranje prostiranja zemljotresa konstruišu se izolinije koje spajaju tačke u kojima se osetio potres iste jačine – **izoseiste**, odnosno tačke u kojima se zemljotres osetio istovremeno – **homoseiste**.

Zemljotresni (koristi se i termin **trusni**) talasi prostiru se u svim pravcima od hipocentra. Njihova brzina zavisi od gustine stena kroz koje prolaze i od mehaničke prirode samih talasa. Razlikujemo tri vrste talasa:

Longitudinalni – dugi ili **P** talasi. Kod njihovog prostiranja čestice materije vibriraju u pravcu kretanja talasa. Ovo su talasi najvećih brzina i seizmograf će prvo registrovati njihov dolazak.

Transverzalni – **S** talasi, kod kojih čestice vibriraju upravno na pravac prostiranja. Transverzalni talasi su sporiji i na osnovu njihovog vremenskog kašnjenja može se odrediti udaljenost epicentralne oblasti od seizmološke stanice.

Površinski – **L** talasi predstavljaju refleksiju longitudinalnih i transverzalnih na površini Zemlje. Najsporiji su, ali su i najrazorniji.

Razorna moć, odnosno efekti nekog zemljotresa na zemljinoj površini, mogu se odrediti na osnovu skale koju je predložio Merkali, a kasnije dopunili Kankani i Ziberg. **MCS** skala (Mercalli, Cancanni, Sieberg) je opisna i ima gradaciju od dvanaest stepeni:

I stepen: Ne oseća čovek

II stepen: Podrhtavanje osećaju osobe koje sede ili leže u stanovima na višim spratovima. Katkad se zapaža slabo njihanje lusterata.

III stepen: Oseća se u zatvorenim prostorijama ali se ne može sa sigurnošću utvrditi da je u pitanju potres. Vibracije po snazi odgovaraju prolasku kamiona.

IV stepen: Osećaju sve osobe u zatvorenim prostorijama. Viseći predmeti (lusteri) se ljuljaju, a stojeći (vaze) vibriraju. Prozori i čaše zveckaju. Potres se napolju praktično ne oseća.

V stepen: Podrhtavanje se oseća i napolju. Zaspali se bude, tečnosti se talasaju a delom i prosipaju. Mali nestabilni predmeti padaju, slike se pomeraju, vrata se tresu.

VI stepen: Podrhtavanje osećaju svi. Mnogi panično beže iz kuća, prozori, tanjiri i čaše se lome, padaju knjige sa policia i slike sa zidova, nameštaj se pomera, slabije zgrade pucaju, crkvena zvona zvone sama, drveće se primetno ljulja.

VII stepen: Podrhtavanje se oseća i u vozilima. Pešaci imaju teškoće sa ravnotežom, dimnjaci se ruše, lomi se nameštaj, ruše se slabije zgrade, vodene površine se snažno talasaju a voda se zamućuje, irigacioni sistemi trpe oštećenja.

VIII stepen: Motorna vozila se zanose, pucaju zidovi i na solidnim (sem na antiseizmički građenim) objektima, ruše se dimnjaci fabrika i kule vodotornjeva, grane na drveću se lome, kapacitet izvora i bunara se menja, mokro tlo i veći nagibi postaju klizišta.

IX stepen: Opšta panika. Sve su kuće, čak i temelji, oštećene, podzemne instalacije se kidaju, u nanosima se javljaju pukotine.

X stepen: Ruši se većina kuća. Pucaju ili se ruše mostovi, brane, javljaju se krupni odroni i klizišta, voda iz kanala, reka i jezera se izliva, železničke šine se krive.

XI: stepen: Podzemne instalacije i metroi su van upotrebe. Pruge su potpuno iskrivljene.

XII stepen: Potpuni kolaps svega na Zemlji i u zemlji.

Na bazi oslobođene energije u hipocentru za merenje jačine potresa koristi se **Rihterova** (Richter, 1925.) skala. Jedinica ove skale je **magnituda**. Pri tom treba znati da razorna moć zemljotresa zavisi i od dubine žarišta, pa će biti veća što je žarište pliće. Najčešće govorimo o potresima magnitude do 8, ali je ova granica otvorena jer su mogući (a verovatno su se i dešavali) zemljotresi veće snage.

Predviđanje potresa je posebna problematika. Moguće je samo odrediti oblasti u kojima postoje predispozicije za generisanje potresa, ali ne i vreme kada će se oni dogoditi. Na osnovu proučavanja gustine stenskih masa (brzina prostiranja seizmičkih talasa povećava se sa porastom gustine) i blizine seizmički aktivnih zona, kao i podataka o ranijim potresima, moguće je prognozirati maksimalnu jačinu potresa na nekom području. Na bazi ovih podataka izrađuju se prognozne seizmološke karte za vremenske periode od 50, 100, 200, 500 i 1000 godina. Ove karte su naročito korisne za određivanje tehnologije izgradnje objekata, kako bi se njihovim odgovarajućim kvalitetom predupredile moguće štete od zemljotresa.

