

NAPOVEDOVANJE POTRESOV – I

Janez Lapajne

Hud potres, ki je 17. oktobra 1989 ob 17. uri in 4 minute po lokalnem času prizadel San Francisco z okolico, je ponovno izpostavil vprašanje: Ali je potres možno napovedati? Vprašanje je za strokovnjake toliko bolj pomembno, ker se je nenapovedani potres pripetil na ozemlju, kjer z gosto porazdeljenimi potresomeri in številnimi drugimi napravami za opazovanje predpotresnih pojavov izvajajo enega najbolj vsestranskih raziskovalnih programov za napovedovanje potresov na svetu.

Načelen odgovor na zastavljeno vprašanje je pritrdilen. Potres je možno napovedati na podlagi določenih predhodnih sprememb fizikalnih polj in fizikalnih lastnosti širšega območja, kjer se pripravlja potres, če so te spremembe merljive in če je vrednotenje enolično. Na tem dejstvu temelji večina znanstvenih prizadevanj za napovedovanje potresov. Poleg fizikalnih pojavov so predmet raziskav še nekateri kemijski in biološki pojavi.

Kaj pred potresom povzroči spremembo fizikalnih lastnosti hribin? Najsprejemljivejša je naslednja razlaga. V prostoru, v katerem se pripravlja potres, nastanejo zaradi velikih mehanskih napetosti zelo majhne razpoke v kameninah. Napetosti naraščajo, dokler se hipno ne sprostijo v potresu. Te na začetku suhe, kasneje pa morda z vodo napolnjene razpoke prinesejo spremembo nekaterih fizikalnih lastnosti hribin.

Osnovna naloga napovedovanja potresov je: napovedati čas, kraj in stopnjo (stopnjo sproščene energije ali magnitudo in/ali stopnjo učinkov ali intenziteto) potresa.

Najpomembnejša fizikalna količina kot znanilec potresa je mehanska napetost v skorji oz. kameninski lupini Zemlje. Do potresa pride, ko ta napetost doseže neko skrajno vrednost. Zato se zdi, da bi za napoved potresa zadoščalo merjenje naraščanja mehanske napetosti. Žal ni tako, saj je praktično težko ugotoviti tako trenutno kot tudi skrajno vrednost napetosti in napovedati, kdaj bo nastopilo pokanje kamenin. Čas nastanka potresa bi morda lahko napovedali, če bi lahko opazili začetek nastajanja razpok (6). Pri tem je predvsem pomembno dogajanje v žariščni prostornini, ki pa je za opazovanje večinoma nedostopna. Meritve (spremembe) mehanskih napetosti na širšem območju možnega potresa so lahko kljub temu izredno dragocene za bolj ali manj dolgoročne napovedi.

Zaradi omejenih možnosti neposrednih opazovanj v trdni Zemlji in predvsem v žariščni prostornini je težišče raziskav za napovedovanje potresov v proučevanju posrednih predpotresnih znakov ali znanilcev potresa. To so tisti fizikalni, kemični in biološki pojavi, ki jih opazujemo na Zemljinem površju (kamor štejemo tudi večino meritev v vrtnah) in nad njim, in ki so povezani z bližajočim se potresom (6, 8, 9).

* Dr. geofizike, Seizmološki zavod SR Slovenije, Kersnikova 3, Ljubljana.

Raziskave v ZDA

Prelom Sv. Andreja v Kaliforniji

Predvsem na opazovanje takih pojavov so se osredotočili tudi v Kaliforniji na ozemlju vzdolž preloma Sv. Andreja (slika 1), ki je potresno najbolj ogroženo območje v ZDA. Ta močno izražen prelom je del stičišča dveh ogromnih litosferskih plošč: tihomorske in severnoameriške. Tihomorska plošča drsi ob severnoameriški v smeri proti severozahodu. Povprečna hitrost drsenja ob prelomu je v zadnjih sto letih okoli pet centimetrov na leto.

Pomiki ob dolgem ravnem delu preloma so večinoma enostavni vodoravni zdrsi. To drsenje traja že kakih deset milijonov let (6). Prelomna ploskev se je v tem času precej zgladila, tako da se velike mehanske napetosti ne morejo kopičiti. Zato tudi ni značilnih sprememb znanilcev potresa. Na ukrivljenih in presekanih delih preloma so razmere povsem drugačne. Ker je prelom Sv. Andreja mesto najbolj aktivnega stičišča plošč, seizmologi upravičeno pričakujejo, da bi primerne raziskave vzdolž preloma vendarle lahko pokazale predpotresne znake.

Ko litosferski plošči drsita druga ob drugi, se lahko tu in tam na stičišču zatakne, zaradi česar se začne na teh mestih povečevati mehanska napetost, ki se lahko sprosti postopoma z manjšimi zdrsi v množici majhnih potresov ali pa v enem samem premiku z uničujočim potresom.

Opazovanja na prelomu Sv. Andreja

Na začetku osemdesetih let so na območju glavnih prelomnih con v Kaliforniji vzpostavili mrežo potresnih opazovalnic z okoli 800 seizmometri. Velik del teh je postavljen vzdolž preloma Sv. Andreja na območju, dolgem 500 km in širokem 100 km (torej na ozemlju, velikem za dve Sloveniji in pol). Telemetrična povezava seizmometrov in drugih merilcev z državnim centrom za raziskave potresov v Menlo Parku blizu San Francisca omogoča sprotno obdelavo podatkov (1, 8, 9).

Poleg seizmometrov so na območju preloma Sv. Andreja postavili še drugo vrsto potresomerov: akcelerometre, ki zaznavajo le močne potrese. Na 30 km dolgem odseku preloma blizu Parkfielda, ki je posebno poskusno območje, so jih postavili čez 100 (1).

Deformacije Zemljine skorje so morda najbolj uporaben pojav za določeno potresno napoved. Zato opravljajo obsežne geodetske laserske meritve prek prelomov za ugotavljanje pomikov ob njih in niveliranje za ugotavljanje navpičnih pomikov. Vzdolž preloma Sv. Andreja in drugih so namestili merilce nagibov in merice relativnih pomikov ter posebne merilce za neprekinjeno merjenje drsenja ob prelomu (1, 8).

Poleg tega izvajajo meritve gravitacijskega polja, stalne meritve zemeljskega magnetnega polja, meritve električnega polja in električne upornosti tal, meritve (na ionosferi odbitih) radijskih valov, meritve hitrosti seizmičnega valovanja oz. razmerja hitrosti vzdolžnega in prečnega valovanja, meritve globine podtalnice v vrtnah in vodnjakih, meritve radona ter druge geokemične analize vzorcev zemljin in talne vode (1, 8).

Spremembe merjenih količin, ki naj bi bile znanilci potresa, so na območju preloma Sv. Andreja pogosto zelo majhne ali pa jih sploh niso opazili (1, 6, 9). Kljub temu se je posrečilo nekaj neuradnih uspešnih napovedi potresov magnitude 4 do 5.

Potresne vrzeli

Na delu preloma Sv. Andreja se napetosti sproščajo sproti s počasnim pomikanjem plošč, zato se tam ne pojavljajo močni potresi. Za bodoči potres so najnevarnejši in najverjetnejši tisti odseki na prelomu, kjer so v preteklosti že bili veliki potresi, a že dalj časa mirujejo (1, 6).

Seizmologi pravijo, da so na takih odsekih »potresne vrzeli«, ki jih bodo slej ko prej »zapolnili« močni potresi. Več kot je minilo časa od zadnjega velikega potresa na takem odseku, večja je verjetnost za nastanek takega ali podobnega potresa. V splošnem so te »vrzeli« privzete kot uspešno sredstvo za določevanje območij, kjer se potresna nevarnost povečuje (8).

Na odseku preloma severno od Los Angelesa je zatišje že dobrih 130 let. Zato so ameriški seizmologi že pred leti z veliko verjetnostjo predvidevali, da bo naslednji veliki potres vzdolž preloma Sv. Andreja prav na tem predelu (9). Aprila 1985 so objavili napoved, da bi potres magnitude okoli 6 lahko nastal pred letom 1993 na prelomu Sv. Andreja blizu Parkfielda na redko poseljenem območju srednje Kalifornije približno na sredi med San Franciscom in Los Angelesom (1). To je bila prva uradna znanstvena napoved takega potresa v ZDA.

Slika 2 kaže ocene verjetnosti za nastanek velikih potresov v obdobju 1988 do 2018, pri katerih bi pokali obsežni deli preloma Sv. Andreja, ki jih je napravila posebna delovna skupina strokovnjakov

68 (1). Ocenjene vrednosti so dobljene z različno zanesljivostjo. Iz slike je razvidno, da so potres z verjetnostjo prek 90% napovedali na območju Parkfielda. Tej oceni so tudi pripisali največjo zanesljivost. Po neki drugi oceni naj bi bila verjetnost celo 94%, da se bo to zgodilo pred koncem leta 1990 (2). (Majhni in srednje veliki potresi pa lahko nastanejo ob vsakem času.)

Na začetku obdobja, ki ga zajema napoved, se je že dogodil potres magnitude okoli 7 na odseku preloma južno od San Francisca, kjer so pričakovali potres s precej manjšo verjetnostjo, pa še ta ocena je bila zelo nezanesljiva.

Potres je (bil) tudi izkušnja

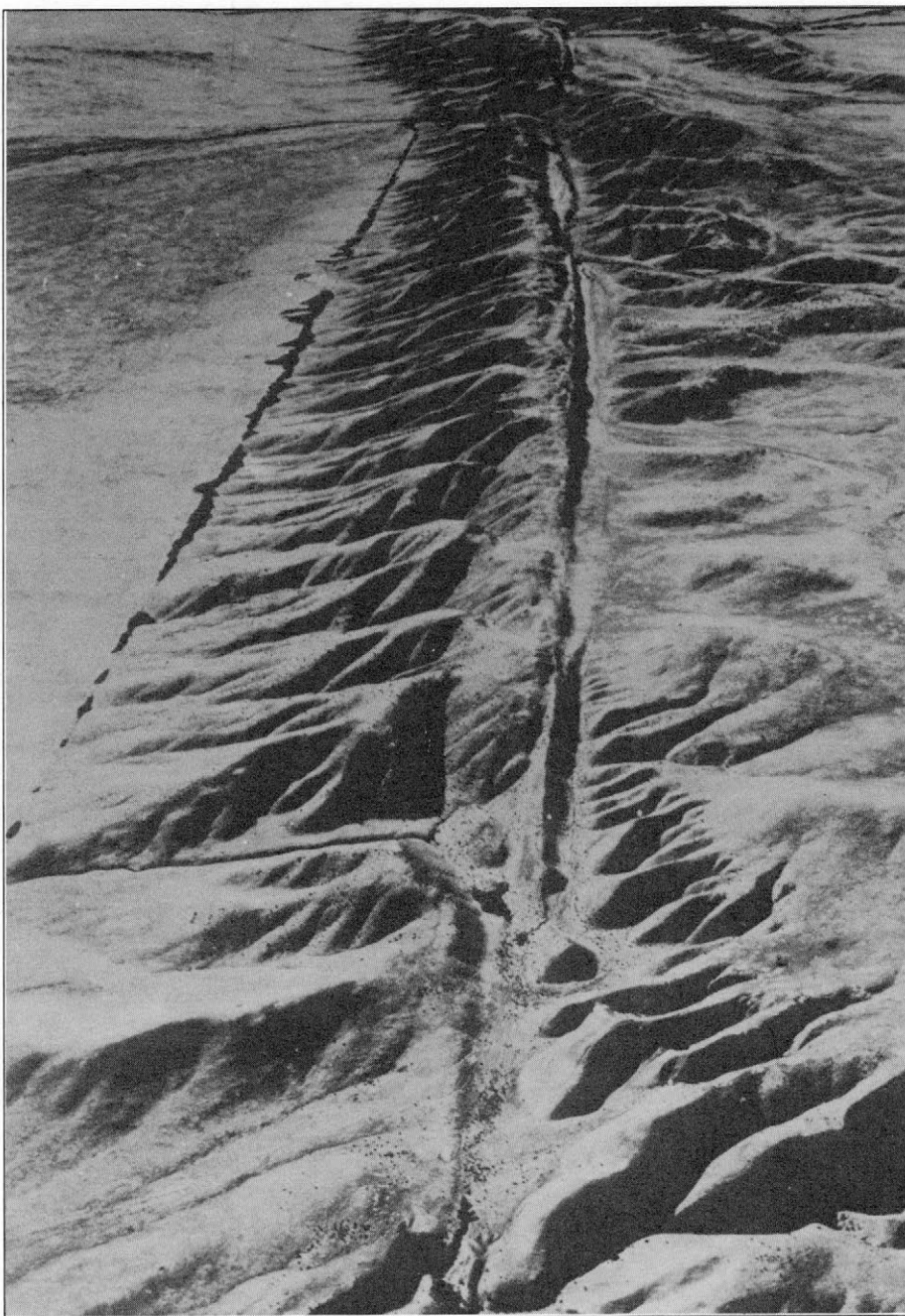
Kljub številnim merskim napravam in obsežnim raziskavam, ki trajajo že prek 15 let, se je torej pojavil močan potres na tistem delu preloma Sv. Andreja, kjer ga (vsaj v bližnji prihodnosti) niso pričakovali oz. so ocenjevali, da je verjetnost na tem območju vsaj trikrat manjša od verjetnosti v okolici Parkfielda (1). So bili torej dosežani napori in vložena sredstva zaman?

V zagovor seizmologom je treba povedati, da svojih predvidevanj in izračunov ne morejo povsem zadovoljivo preverjati s poskusi v fizikalnem laboratoriju, saj je njihov najprimernejši »laboratorij« kar cela Zemlja. Uporaba izsledkov meritev na vzorcih kamenin za velik geološki prostor, v katerem nastaja potres, ima precejšnje omejitve. Kljub temu so modelne laboratorijske raziskave (6, 10) nenadomestljive za študij dogajanj v potresnem žarišču in njegovi okolici, še posebej za ugotavljanje fizikalnih lastnosti in polj v času pred potresom.

Potres, ki je lahko za neko območje huda nesreča, je za seizmologe tudi eksperiment. Pravo eksperimentalno gradivo, s katerim lahko preverjajo, popravljajo, dopolnjujejo in razvijajo teorijo, dobijo šele ob potresih. Na nesrečo se potresi med seboj v marsičem razlikujejo, zato pomeni vsak potres svojstveno izkušnjo, ki je le korak v pridobivanju potrebnega znanja.

Največ se znanstveniki naučijo ravno ob velikem potresu, če so seveda nanj primerno pripravljeni. Številne merske naprave vzdolž preloma Sv. Andreja so torej v pravem trenutku zabeležile tista dogajanja v Zemlji, ki seizmologe najbolj zanimajo. Izsledki analiz vse te ogromne količine podatkov bodo dragoceno gradivo za temeljitejše poznavanje potresnega dogajanja na opazovalnem ozemlju in izhodišče za zanesljivejše predvidevanje prihodnjih potresov.

Če torej seizmologom ni uspelo napovedati potresa v San Franciscu v oktobru 1989, so bili njihovi instrumenti vendarle ob pravem času na pravem mestu.



Slika 1. Brazda preloma Sv. Andreja v srednji Kaliforniji (foto Robert E. Wallace; objavljeno z dovoljenjem USGS – Geološki zavod ZDA).

Raziskave drugod v svetu

Poleg ZDA se z raziskavami in razvojem metod napovedovanja potresov v večjem obsegu ukvarjajo še na Japonskem in Kitajskem ter v Sovjetski zvezi. V teh državah so začeli načrtnje delati ne tem področju pred dvema, tremi desetletji: v Sovjetski zvezi konec petdesetih, na Japonskem in Kitajskem sredi šestdesetih in v ZDA na začetku sedemdesetih let. Zanimiva je primerjava štirih pristopov, ker gre za različne vzorce potresov, različno dolgo zgodovino potresnih zapisov ter ekonomsko, socialno in politično različne države.

Izjemno močni potresi na Japonskem, na Kamčatki, na Aleutih in na Aljaski so

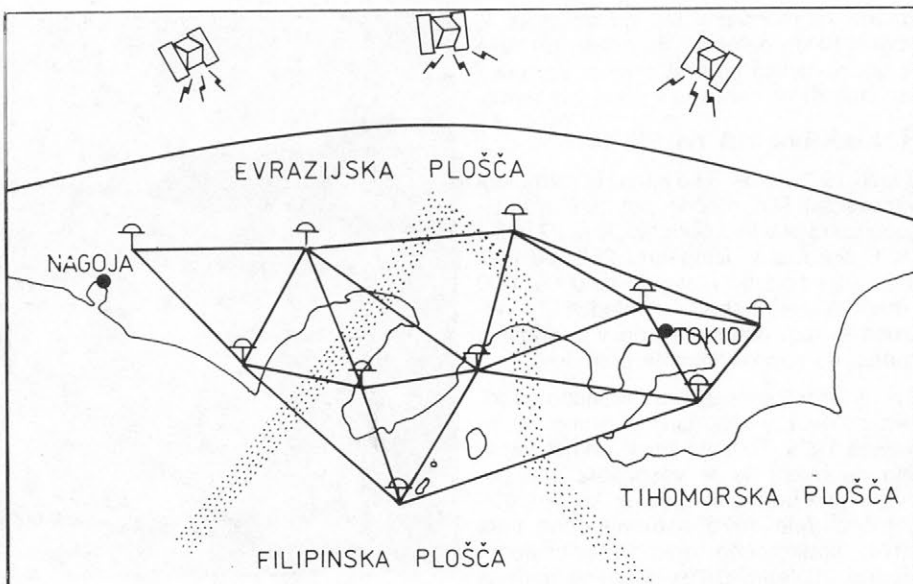
večinoma povezani z reverznimi prelomi na območjih tonjenja in podiranja velikih tektonskih plošč (subdukcijske cone). Silni potresi na Kitajskem so skoraj vsi plitvi in imajo zato večinoma hude posledice. Tudi japonski kopenski potresi so zelo nevarni, saj dosežejo magnitude okoli 7. Za potrese ob prelomu Sv. Andreja v Kaliforniji pa so značilni pretežno vodoravni zdrsi, čeprav so pri potresih v sosednji Nevadi in Utahu možni tudi zavnavni navpični zdrsi.

Na splošno lahko ugotovimo, da so veliki potresi na Japonskem tako interploščni ali medploščni (žarišče potresa je na stičišču tektonskih plošč) kakor tudi intraploščni ali znotrajploščni (žarišča so znotraj tektonske plošče), na Kitajskem so veliki potresi znotrajploščni (razen na Tajvanu), v Sovjetski zvezi sta prisotni obe

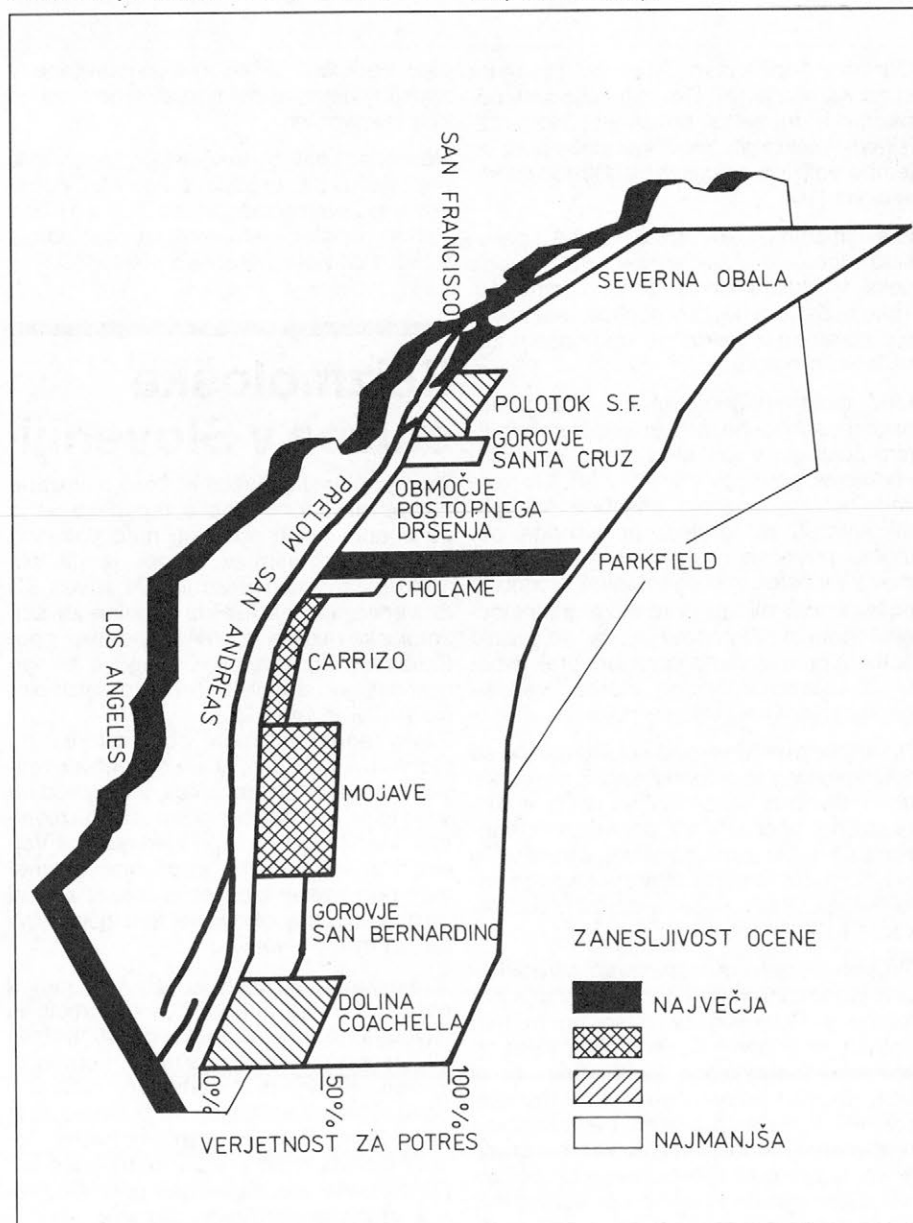
vrsti (v srednji Aziji znotrajplošni in na Kamčatki medplošni), v ZDA pa so veliki potresi večinoma medplošni.

Raziskave na Japonskem

Največjo denarno podporo imajo raziskave in razvoj metod napovedovanja potresov na Japonskem. Bolj ali manj proučujejo vse poznane znanilce potresov v naravi in v laboratoriju, največ pozornosti in sredstev pa namenjajo meritvam mehanskih količin, ki so praviloma najbolj neposredno povezane s predpotresnim dogajanjem v žariščnem prostoru in naj bi zato dale tudi najbolj zanesljive podatke. Tako je težišče na ponavljajočih se geodetskih meritvah pomikov zemeljske skorje, neprekinjenih meritvah relativnih prostorninskih deformacij zemeljske skorje in zaznavanju zelo šibkih tresljajev v globokih vrtnah in na morskem dnu v priobalnem pasu. Omeniti velja tudi okoli 100 plimomerov, ki so nameščeni na vsakih 100 km vzdolž japonskih obal. Podobne pozornosti kot v ZDA prelom



Slika 3. Mreža retroreflektorjev za satelitske laserske meritve pomikov tektonskih plošč na območju Kanto-Tokai na Japonskem (prirejeno po 3 z dovoljenjem EAEG – Evropsko združenje za uporabno fiziko).



Slika 2. Verjetnostna napoved velikih potresov vzdolž preloma Sv. Andreja v Kaliforniji (prirejeno po 1 z dovoljenjem USGS – Geološki zavod ZDA).

Sv. Andreja je na Japonskem deležna zelo poseljena in industrializirana širša okolica Tokia oz. območje Kanto-Tokai (slika 3), kjer se stikajo evrazijska, tihomorska in filipinska tektonska plošča. Na tem ozemlju predvidevajo v bližnji prihodnosti potres magnitude 8 ali več, in sicer na stičišču filipinske in evrazijske plošče (6, 8). Tu je tudi izrazita potresna vrzel.

Na območju Kanto-Tokai vzdolž tihomorske obale so v 12 prek 200 m globokih vrtnah namestili merilce relativnih prostorninskih deformacij, ki so telemetrično povezani s centrom za sprotno spremljanje in ugotavljanje morebitnih nenavadnih sprememb v Tokiu. Take spremembe naj bi bile najzanesljivejši znanilec pričakovane potresa in so predvidene kot osnova za neposredno uradno napoved potresa ter znamenje za alarm (6, 8, 9).

Geodetske meritve imajo na Japonskem bogato tradicijo. Meritve na številnih točkah na celotnem ozemlju Japonske, ki jih ponavljajo vsakih pet let, so brez dvoma uporabne tudi za opazovanje relativnih deformacij zemeljske skorje (6, 8, 9). Posebej za potresne napovedi pa so na območju Kanto-Tokai nedavno postavili mrežo 10 retroreflektorjev za satelitske laserske meritve pomikov zemeljske skorje oz. za pomike ob stičiščih tektonskih plošč (slika 3). Meritve spremljajo daljinsko prek zelo hitrih telekomunikacijskih povezav iz centra za avtomatsko obdelavo podatkov v Tsukubi pri Tokiu (3).

Poleg številnih potresnih opazovalnic imajo v bližnji okolici Tokia v treh vrtnah seizmometre in merilce nagiba v kamninski podlagi 2300 m, 2750 m oz. 3510 m globoko. S temi potresomeri lahko zaznavajo zelo šibke zemeljske tresljaje na industrijsko in prometno zelo nemirnem tokijskem območju, saj je možna milijonkratna povečava (6, 9). Z njimi naj bi ujeli sicer morda neopazne tresljaje pred pričakovanim silnim potresom. Temu so namenjeni tudi štirje seizmometri, ki so raz-

70 vršeni na morskem dnu vzdolž kabla, ki sega 110 km daleč v Tihi ocean (9). Vse te opazovalnice so prav tako povezane z računalniškimi centri za sprotno obdelavo.

Raziskave na Kitajskem

V letih 1975 in 1976 so kitajski seizmologi napovedali štiri močne potrese. Najhujšega potresa v tem obdobju, ki je 27. julija 1976 pokopal v Tangšanu 250 000 ljudi (neuradni podatki navajajo celo 650 000 žrtev) žal niso uspeli napovedati. Ta nesreča je tudi pokopala upe v skorajšnje zanesljivo napovedovanje potresov.

Svet je zlasti presenetila natančna napoved potresa v pokrajini Liaoning 4. februarja 1975. To je bil šolski primer uspešne napovedi, ki je vsebovala vse potrebne predhodne stopnje oz. korake: dolgoročno (leta 1970), srednjeročno (leta 1974), kratkoročno (nov. 1974) in neposredno (4. febr. 1975) napoved potresa ter izvedbo preventivnih ukrepov, vključno z evakuacijo prebivalstva z najbolj ogroženega območja (9).

Seizmologi so 4. februarja 1975 nekaj pred eno uro zjutraj sporočili, da je zelo velika verjetnost za potres. Ob pol enajstih dopoldne je pokrajinski revolucionarni komite objavil vest o neposredni nevarnosti potresa in dal navodila za izjemne ukrepe na celotnem ozemlju pokrajine Liaoning. Potres, ki so ga pričakovali popoldne na območju Yingkou-Haicheng, je ob 19. uri in 36 minut do tal porušil mesto Haicheng, ki je štel 90 000 prebivalcev. Na srečo so se ljudje pravočasno izselili. V celotnem Liaoningu je bilo le od 200 do 300 žrtev.

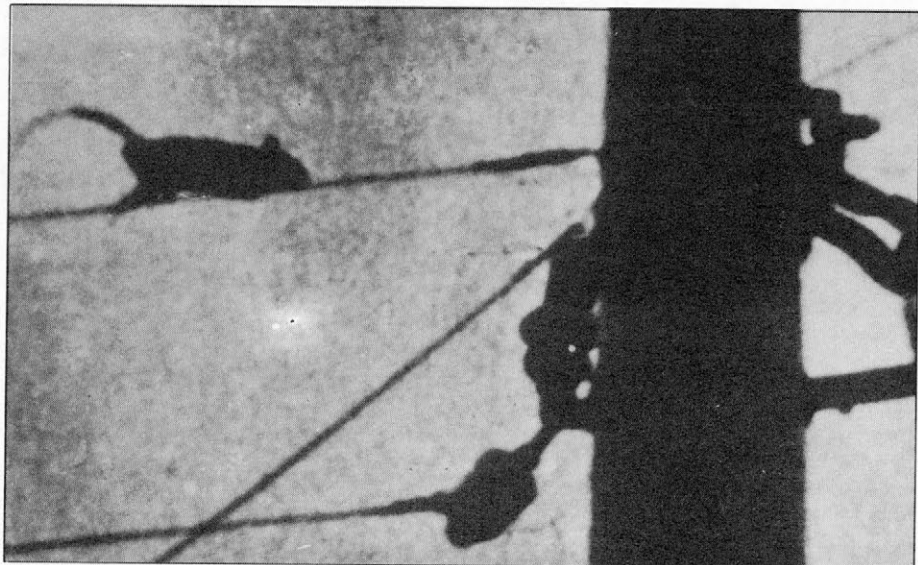
Kitajsko napovedovanje potresov temelji večinoma na obsežnih opazovanjih vsakršnih pojavov, ki bi lahko naznanili potres. V pridobivanje podatkov so poleg strokovnjakov vključeni številni nepoklicni opazovalci. Poročajo o izrazitih spremembah gravitacijskega in geomagnetnega polja ter spremembah hitrosti seizmičnega valovanja. Zelo razširjeno je niveliranje na kratkih razdaljah, meritve nagiba ter meritve sestava in gladine podtalnice (9). Posebno pozornost namenjajo meritvam napetosti v zemeljski skorji (6).

Značilnost kitajskega pristopa je poudarek na učinkih in pojavih, ki jih lahko opazujemo s prostimi očmi brez kakršnihkoli instrumentov. To so npr. spremembe gladine vode v izvirih, mehurčki v ribnikih in nenavadno obnašanje živali (5, 9).

Okoli Pekinga imajo telemetrično povezano mrežo potresnih opazovalnic. Te so razen s seizmometri opremljene še s protonskimi magnetometri, ki so prav tako telemetrično povezani s centrom za shranjevanje in obdelavo podatkov (9).

Raziskave v Sovjetski zvezi

Tudi v Sovjetski zvezi proučujejo vse znane znanilce potresov. Posebej priljubljene so geokemične analize, meritve globine talne vode, meritve električne upornosti in študij elektromagnetnih znanilcev potresov. Terensko raziskovalno delo poteka na več koncih države: na območju



Slika 4. Preplašena podgana se je zatekla na žico električnega voda. Pred potresom 16. 8. 1976 z magnitudo 7,2 v provinci Sečuan na Kitajskem (5; objavljeno z dovoljenjem USGS – Geološki zavod ZDA).

Garma v Tadžikistanu, v okolici Taškenta in na Kamčatki (9). Omeniti velja še laboratorijske modelne preiskave, npr. raziskave velikih vzorcev kamenin pod izjemno velikimi pritiski v 50 000-tonski stiskalnici (10).

Z električnimi tokovi okoli 1000 A poskušajo ugotoviti spremembe električnega polja v globini nekaj deset kilometrov. Take raziskave naj bi omogočile opazovanje sprememb električne upornosti v žariščnem prostoru.

Med elektromagnetnimi znanilci nameenjajo posebno pozornost elektromagnetnim pojavom v ionosferi, ki so nekakšni »odmevi« potresov v vesolju (4). Ob velikem potresu zaznajo posebne naprave na satelitih pri preletu potresnega območja povečanje elektromagnetnih шумov v ionosferi in magnetosferi. Podoben pojav so opazili tudi pred nekaterimi močnimi potresi. Domnevajo, da se učinki potresa prenašajo na ionosfero prek zvočnega valovanja (ali pa morda prek še nepojasnjenih električnih pojavov).

Nadaljnje raziskave bodo pokazale, če so ti seizmomagnetosferski pojavi, za katere trdijo, da so dokaj zanesljivo potrjeni, tudi praktično uporabni za pravočasno opozarjanje na nevarnost velikih potresov. To bi omogočilo vzpostavitev svetovnega satelitskega sistema opazovanj za predvidevanje rušilnih potresov.

Po treh desetletjih prizadevanj v raziskavah in razvoju metod napovedovanja potresov v Sovjetski zvezi so po hudem potresu v Armeniji 7. decembra 1988 na sovjetske seizmologe leteli očitki, da bi bilo mogoče potres napovedati oz. vsaj predvideti večjo potresno nevarnost na prizadetem območju in zato varneje graditi, ker bi lahko bistveno zmanjšalo poškodovanost zgradb in s tem človeških žrtev (7). Glede napovedi potresa je pri sedanjem stanju seizmološke znanosti očitek neupravičen, brez dvoma pa bi bile lahko

vsaj zgradbe, ki so bile postavljene v zadnjih desetletjih, napravljene mnogo bolj kakovostno.

Neuradno naj bi sovjetski znanstveniki napovedali oz. predvideli že nekaj potresov, npr. potres magnitude 7 leta 1978 v Pamirju in istega leta enako močan potres v bližini sovjetsko-iranske meje (9).

Seizmološka služba v Sloveniji

Za seizmološko službo in z njo povezane naloge na ozemlju naše republike, ki je po zgodovinskih podatkih med potresno najbolj ogroženimi v Evropi, je bil leta 1980 ustanovljen Seizmološki zavod SR Slovenije, ki je zrasel iz skupine za seizmološke raziskave pri Astronomsko geofizikalnem observatoriju. Njegove naloge opredeljuje republiški Zakon o seizmološki službi iz leta 1978.

Poleg seizmološkega observatorija na Golovcu v Ljubljani, ki je osnovna slovenska potresna opazovalnica, ima zavod na voljo le še tri pomožne potresne opazovalnice klasičnega tipa (pri Cerknici, na Vojškem in v Bojancih), ki pa niso telemetrično povezane z observatorijem, zato ni možna sprotna obdelava seizmogramov na ozemlju Slovenije.

Z raziskavo, razvojem in aplikacijo metod napovedovanja potresov se Seizmološki zavod ne ukvarja, ampak v okviru možnosti le spremlja dogajanje na tem področju v svetu. Finančne in materialne možnosti namreč ne dovoljujejo, da bi se resneje lotili študija napovedovanja potresov, čeprav izsledkov od drugod ni mogoče kar neposredno prenesti v naš geološki prostor in v naše potresne razmere.

Podobno stanje je tudi drugod po Jugoslaviji. Treba pa je poudariti, da je slovenska

seizmološka služba med najslabše opremljenimi v državi (v precej manjši Črni gori je npr. 8 seizmoloških postaj, ki telemetrično pošiljajo zapise v Republiški seizmološki zavod v Titogradu, kjer jih sproti računalniško obdelujejo). Sedanje gospodarske razmere obetajo le še naza-dovanje zaradi zastarele in pomanjkljive seizmološke opreme ter zaradi pomanjka-nja sredstev za posodabljanje.

Zaključek

Zanesljivih neposrednih napovedi potre-sov z dokaj natančno določitvijo časa, kraja in stopnje potresa sedanja znanost ne omogoča. Kljub nekaterim spodbudnim izsledkom in posameznim uspešnim napovedim tudi ne kaže, da bo to možno v bližnji prihodnosti. Vsekakor pa bo treba vložiti v to področje še precej raziskoval-nih naporov in denarja.

Zaenkrat je za širšo praktično uporabo edino smiselno (uradno) »napovedova-nje«: verjetnostno ocenjevanje potresne nevarnosti. To nam pove, kakšna je ver-jetnost, da bo v danem časovnem raz-dobju na nekem območju presežena dolo-čena stopnja potresa. Primerjava ocen za razna območja pokaže, kje lahko pričaku-jemo močnejše potrese, zaporedja pojav-ljanja potresov pa ne daje.

Ob kolikor toliko zanesljivem poznavanju potresne ranljivosti ogroženec, pred-vsem zgradb, je mogoče poleg potresne nevarnosti na nekem ozemlju oceniti tudi potresno ogroženost, to je pričakovano potresno škodo in izgube na tem ozemlju. Grobe statistične ocene potresne ogrože-nosti omogočajo že verjetnostne ocene potresnih intenzitet.

Z verjetnostnim predvidevanjem potresov se ukvarjajo po vsem svetu in seveda tudi pri nas; je podlaga za potresnovarno gradnjo ter predpise za potresnovarno projektiranje. Tudi verjetnostne napovedi terjajo obsežne seizmološke, geološke in geofizikalne raziskave ozemlja, ki je pred-met obravnavanja. Daleč najpomemb-nejši podatki so zapisi potresomerov, ki beležijo potresno dogajanje v Zemlji, in podatki o preteklih potresih.

Kakovost in zanesljivost verjetnostnih na-povedi je zato zelo odvisna od kakovosti in količine potresne informacije, ki jo pri-dobiva sodobna seizmološka služba z dovolj gosto postavljenimi potresnimi opa-zovalnicami. Teh pri nas seveda nimamo.

Pri tem nam tolažba, da so se tudi v Kaliforniji, Armeniji in drugod podirali objekti, ki se ne bi smeli podreti, če bi bili graditelji dosledno upoštevali načela po-tresnovarne gradnje, ne pomaga kaj pri-da. Vsak potres in še posebej rušilen je za seizmologe in graditelje dragocena izkušnja in šola, čeprav zelo draga. Zato je nenadomestljiva škoda, če ostanejo seizmologi zaradi slabe in pomanjkljive opremljenosti ob morebitnem potresu skoraj praznih rok.

1. Earthquakes & Volcanoes, 1988, Vol. 20, No. 2.

2. Hodges, C. A., 1989. Report/Geohazards '88. EOS Transactions, American Geophysical Union, Vol. 70, No. 27.

3. 1988. Japanese earthquake prediction re-search. First Break, Vol. 6, No. 3, p. 71.

4. Lapajne, J., 1988. Potresi odmevajo v veso-lju. Življenje in tehnika, 9, Ljubljana, 39–41.

5. Ling-huang, Sh., 1978. Can Animals Help to Predict Earthquakes? Earthquake Information Bulletin, Vol. 10, No. 6, 231–233.

6. Mogi, K., 1985. Earthquake Prediction. Aca-demic Press, Tokio.

7. Ribarič, V., 1989. Prognoziranje potresov: problemi in spodbude. Življenje in tehnika, 3, Ljubljana, 10–18.

8. Rikitake, T. (Ed.), 1981. Current Research in Earthquake Prediction I. Center for Academic Publications Japan, Tokio; D. Reidel Publishing Company, Dordrecht.

9. Rikitake, T., 1982. Earthquake Forecasting and Warning. Center for Academic Publications Japan, Tokio; D. Reidel Publishing Company, Dordrecht.

10. Sobolev, G. A., A. V. Kolcov, 1988. Krupno-masštabnoe modelirovanie podgotovki i pred-vestnikov zemletrjasenij. »Nauka«, Moskva.

Janez Lapajne

Earthquake Prediction – I.

The earthquake which struck San Fran-cisco and its surroundings on October 17, 1989, once again brought up the question of whether it is possible to predict earth-quakes. The question is of considerable significance, as the earthquake occurred in an area where one of the most universal research programs in the world for earth-quake prediction through the use of den-sely distributed seismographs and nume-rous other measuring equipment for ob-serving pre-earthquake phenomena is being carried out.

The principal answer to the question is affirmative: earthquakes can be predicted on the basis of certain preliminary chan-ges in physical fields and physical charac-teristics of the broader area where an earthquake is developing, if these chan-ges are measurable and the valuation is uniform. The majority of scientific efforts to predicts earthquakes is based on this fact. Besides physical phenomena, the subjects of research also include some biological and chemical phenomena.

The basic task of earthquake prediction is to predict the time, the place, and the magnitude and/or intensity of an earth-quake. However, this is a demanding undertaking especially because of the limited possibility for direct observations in the interior of the Earth and primarily in the center areas where earthquakes develop and originate. Therefore, the central point of investigations into earthquake

prediction is in examining indirect pre-earthquake signs or earthquake precu-rsors which we can observe in the Earth's surface (in which we also include the majority of borehole measurements) and above it which are connected with an approaching earthquake.

On a larger scale scientists are engaged in researching and developing of methods of earthquake prediction in China, Japan, the USA, and the USSR. In these four countries more or less all the known earthquake precursors are being resea-ched.

In the USA efforts are focused mainly on observations of pre-earthquake pheno-mena along the San Andreas Fault in California where devastating earthquakes have taken place in the past. Here hun-dreds of seismological and other geophy-sical instruments have been set up, and various geodetic measurements are being carried out as well. A large earthquake which has also been officially predicted is expected on the section of the Fault in the vicinity of Parkfield.

Similar attention to that which the San Andreas Fault in the USA enjoys has been given in Japan to the densely popu-lated and industrialized broader surround-ing of Tokyo, in particular the Kanto-Tokai area. In this area an earthquake of a magnitude of 8 or more is expected in the near future. In the Soviet Union field investigations in several parts of the coun-try are in progress, as well as in China where the surroundings of Peking are best equipped with seismological stations.

Because of limited financial and other resources in Slovenia, we are not involved in research and development of methods for earthquake prediction. The same is the case in all the other parts of Yugosla-via. Similar to other regions in the world, however, our experts also give evalua-tions of earthquake hazard based on statistics and probability.

UJMA
UJMA
UJMA
UJMA
UJMA