

# »POTRESNI DETEKTOR« ZA VSAK DOM “Earthquake detector” for each household

Izidor Tasič\* UDK 550.34.037

Povzetek Abstract

Kot so v preteklosti različni »zdravilci« prodajali obarvano vodo kot univerzalno zdravilo, ki pozdravi vse bolezni, tudi danes spretni trgovci ponujajo sorazmerno poceni naprave, ki naj bi pred rušilnimi potresnimi sunki »zagotavljale zgodnje opozarjanje z zaznavanjem predpotresnih valov«. Seveda, predpotresni valovi ne obstajajo, in »potresni detektorji« niso to, za kar jih predstavljajo. Tudi v strokovnih krogih so nekateri dojemljivi za različne špekulativne ideje. Na področju informacijske tehnologije zasledimo v zadnjem času informacije, da lahko s podatki iz tipal v disku prenosnega računalnika in pošiljanjem teh podatkov v zbirni center lociramo potrese. Toda, kaj je res? V članku je opisano, kaj pravzaprav lahko zaznamo s potresnimi detektorji za gospodinjstva in kaj lahko pričakujemo od njih ter kakšne so resnične možnosti senzorjev za udarce v prenosnih računalnikih.

As in the past, when various so-called »healers« sold coloured water as universal medicine that cured all diseases, resourceful traders are nowadays offering relatively cheap devices that are said to “assure” early warning through the detection of *pre-shock waves* before destructive tremors. *Pre-shock waves*, however, do not exist and the so-called *quake detectors* are not what they pretend to be. Even in professional circles there have been people inclined to various speculative ideas: recently, information was released in the field of IT that, by transmitting data from sensors on a PC hard drive to a collection centre, the location of an earthquake can be identified. But is it true? The article describes the detection range of household earthquake detectors, their potential and the capability of shock sensors in portable computers.

## Uvod

Človek je že od nekdaj izražal željo po obvladovanju okolja, da bi preprečil oziroma zmanjšal negativne vplive žive in nežive narave na svoje bivanje. Želja je prisotna še danes in se kaže na različnih ravneh našega življenja. Današnja informacijska tehnologija omogoča, da je izmenjava informacij med ljudmi izredno hitra, s čimer je omogočeno tudi hitro opozarjanje na dogodke, ki lahko vplivajo na nas. Tako vsak dan spremljamo vremensko napoved, razmere na cestah, temperaturo okolice in podobno.

Vendar v naravi še vedno obstajajo procesi, ki nas presestijo in prestrašijo. Med take dogodke zagotovo lahko uvrstimo potres. Kdor je že doživel tresenje tal zaradi potresa, ve, da je to neprijetna izkušnja. Že samo nihanje tal povzroči neprijeten občutek, če pa se poleg tresenja tal premika še pohištvo oziroma če prihaja celo do rušenja zgradbe, so negativni občutki nepopisni. Zakaj torej ne bi imeli na steno v stanovanju pritrjene naprave, ki bi nas na potres predčasno opozorila? Ponudbe takšnih naprav že lahko najdemo na medmrežju, celo v slovenskem jeziku. Toda, ali nas taka naprava res lahko opozori pred potresom?

Danes nas obkrožajo številne naprave, v katerih so senzorji za nihanje tal. Imamo jih v avtomobilih za aktiviranje zračnih blazin, v prenosnih računalnikih ter celo v novejših prenosnih telefonih. Senzorji nenehno merijo nihanje tal in meritve posredujejo logični enoti, ki nato ukrepa glede na namen merilnika. Merilniki nihanja tal so namenski, narejeni so za posebne potrebe. Preden se strokovnjak odloči, kateri tip senzorja in katere logične (procesne) enote potrebuje za svoj namen, mora poznati tudi odgovore vsaj na naslednja vprašanja:

- kakšne so amplitude vibracij, ki jih želi merit;
- v kakšnem frekvenčnem območju želi opravljati meritve;
- kakšno je pričakovano temperaturno območje na merilni točki;
- ali je v bližini izvor elektromagnetnega polja;
- kako montaža merilnika na merilnem mestu vpliva na kakovost meritve.

Na tržišču je veliko senzorjev za nihanje tal in takoj je jasno, da vsak detektor ni primeren za zaznavanje potresnih valov, kot tudi seizmografa ne uporabljamo za proženje zračnih blazin.

Da razjasnimo, kakšne lastnosti mora imeti merilnik (seizmograf), ki meri nihanje tal zaradi potresov, najprej pogledimo, kako pride do potresa. Potres je posledica nenadnega premika dveh tektonskih blokov vzdolž preloma v

\* mag., Ministrstvo za okolje in prostor RS, ARSO,  
Urad za seizmologijo in geologijo, Dunajska 47, Ljubljana,  
Izidor.Tasic@gov.si

zemeljski skorji. Del potencialne energije tektonskega bloka se spremeni v kinetično energijo potresnih valovanj, ki se širijo iz žarišča potresa in lahko povzročajo tresenje zemlje na oddaljenosti tudi več sto kilometrov od žarišča. Nihanje tal zaradi potresa je lahko zelo kompleksno. Frekvenca potresnih valov in amplituda nihanja tal sta močno odvisni od moči potresa (velikosti prelomne ploskve) in oddaljenosti žarišča potresa. Amplitude potresnih valov so lahko od nekaj nanometrov do nekaj centimetrov. Frekvence potresnih valov so od nekaj tisočink pa do nekaj deset Hz. Nihanje tal zaznavamo s sensorji, ki jih imenujemo seizmometri, vendar takšnega frekvenčnega območja in takšnega razpona amplitud ne moremo pokriti z enim samim seizmometrom. Zato navadno uporabljamo take seizmometre, ki s svojimi lastnostmi pokrijejo čim večje frekvenčno in dinamično območje, ki nas zanima. Za lokalne potrese želimo pokriti frekvenčno območje od nekaj deset Hz pa do nekaj deset Hz. Cena vrhunskih seizmometrov, ki lahko pokrivajo zelo široko frekvenčno območje, doseže ceno avtomobila srednjega razreda. Seizmometer skupaj s zajemalno enoto imenujemo seizmograf.

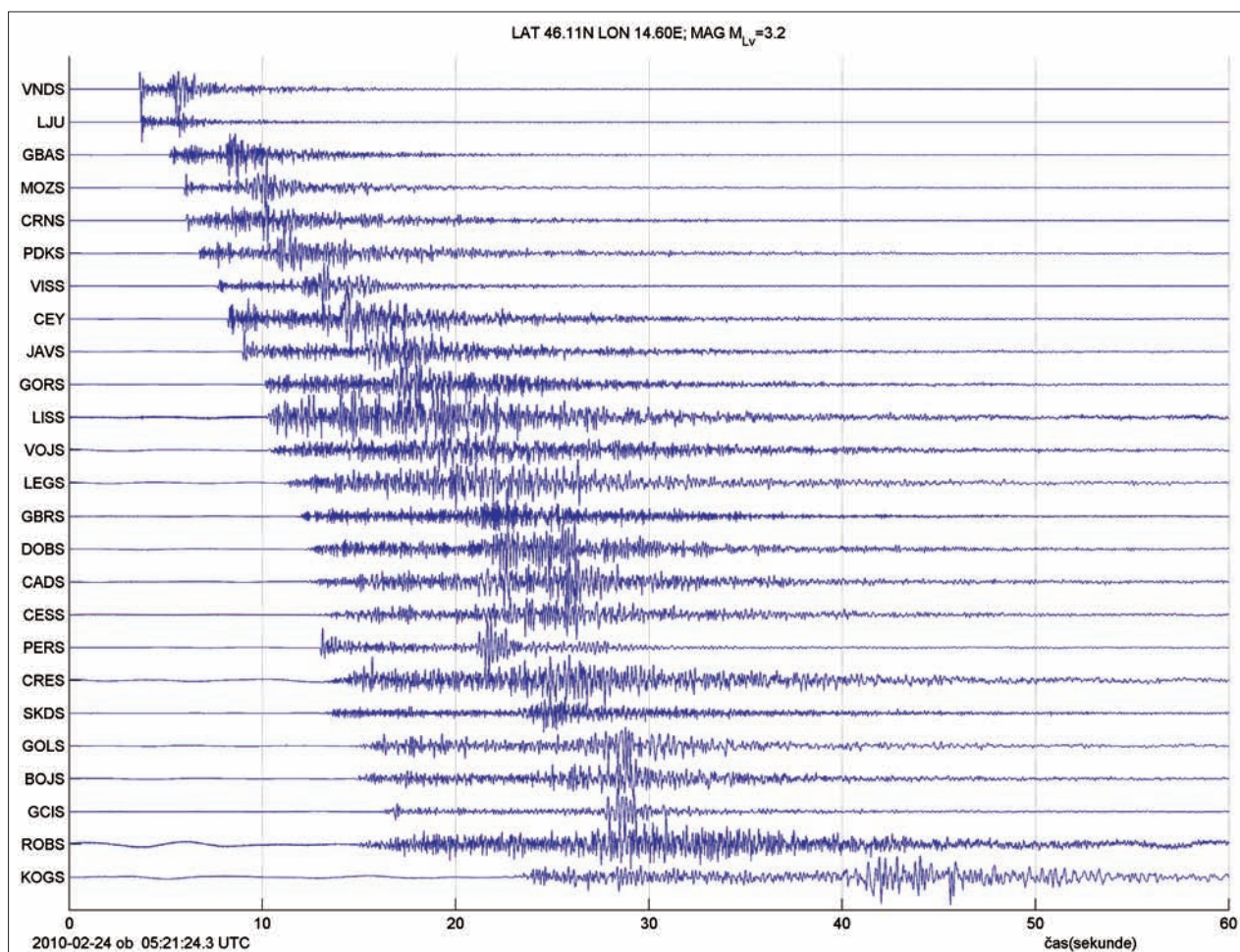
## Kaj merijo seizmografi

Pri oglaševanju »potresnih detektorjev za gospodinjstva« zasledimo pogosto izraze, kot so *P-potresni valovi* in *rušilni S-potresni valovi*. Ti izrazi so v oglasih tako opisani, da zavajajo morebitnega kupca. Zato moramo, preden nadaljujemo razmišljanje o »potresnih detektorjih za vsako gospodinjstvo«, zaradi boljšega razumevanja najprej opisati, kaj zaznavajo profesionalne naprave, kot so seizmografi, in kako delujejo seizmološke mreže.

Že na prvih zapisih potresov ob koncu devetnajstega stoletja, ki so nastali na zelo preprostih seizmografih, so opazili, da je zapis lokalnega potresa sestavljen iz valovanj z majhnimi amplitudami, ki jim sledi skupina valovanj, v kateri se amplituda izrazito poveča. Prvo skupino valov so poimenovali *Primae* in jih označili s črko *P*. To so longitudinalni ali vzdolžni valovi. Drugo skupino so poimenovali *Secundae* in jih označili s črko *S*. Ti počasnejši valovi so transverzalni ali prečni valovi. Pri potresu nastaneta v žarišču potresa obe vrsti potresnih valov istočasno. Zaradi izvora v zemeljski notranjosti tvorita skupino, ki jo poimenujemo telesni oziroma prostorski valovi. Poleg telesnega valovanja poznamo še površinske valove. Površinski valovi nastanejo na površini zaradi telesnih valov in se širijo od nadžarišča po zemeljskem površju ali tik pod njim. So še počasnejši kot S-potresni valovi ter povzročijo velike amplitude nihanja tal. V kamninah je razmerje hitrosti *P*- in *S*-potresnih valov približno konstantno in ima povprečno vrednost 1,73 (razmerje hitrosti je sicer odvisno od Poissonovega količnika). Bolj kot je potresna opazovalnica oddaljena od žarišča potresa, zapletenejši je zapis potresa. Pri beleženju regionalnih oziroma oddaljenih potresov postanejo zapisi potresov zaradi odbojev na nezveznostih v zemeljski notranjosti vse bolj zapleteni. Ravno analiza teh zapisov nam je omogočila, da poznamo notranjo zgradbo Zemlje (Tasič in Vidrih, 2007).

Da zanesljivo izmerimo nihanje tal zaradi potresa, mora biti seizmometer nameščen na kamnini z veliko akustično impedanco, meriti pa moramo prostorsko nihanje tal. To dosežemo s tremi sensorji v seizmometru, ki so med seboj pravokotni. Če kamnina ni dovolj toga oziroma seizmometer stoji na mehkih tleh, nihanja kamnine zaradi potresnih valov ne beleži več neposredno, temveč meri odziv te mikrolokacije na potres. Posledica je, da so v seizmogramih prihodi *P*- in *S*-valov zabrisani.

Pri izračunu lokacije žarišča in magnitude potresa si pomagamo z mrežo potresnih opazovalnic. Seizmografi na potresnih opazovalnicah so opremljeni z natančno uro, ki meri čas UTC pod milisekundo natančno. Ko pridejo prvi potresni valovi do potresne opazovalnice, posebni algoritmi zaznajo povečano nihanje tal. Tako imamo za vsako potresno opazovalnico, ki je zaznala potres, natančno znane štiri podatke: koordinate potresne opazovalnice in točen čas prihoda posamezne vrste potresnih valov. Da se zaznan dogodek opredeli kot potres, ga mora v določenem časovnem oknu zaznati večje število potresnih opazovalnic v mreži. Če bi bila Zemlja sestavljena iz homogene in izotropne snovi, bi potrebovali za natančno opredelitev parametrov potresa podatke o prihodu potresnih valov vsaj iz štirih potresnih opazovalnic. Ker je sestava Zemlje zapletena in ker v resnici nimamo dovolj natančnih in podrobnih podatkov o hitrostnem profilu potovanja potresnih valov skozi njeno notranjost ter poznamo le ocenjene vrednosti, potrebujemo podatke o prihodu potresnih valov iz čim večjega števila potresnih opazovalnic. Nato z numeričnimi algoritmi poiščemo najboljšo rešitev. Za izračun lokacije žarišča potrebujemo samo čase prihodov različnih potresnih valov, za izračun magnitude pa daljši zapis oziroma vsaj tisti del zapisa, ki vsebuje največje nihanje tal ter znano lokacijo žarišča. Kdaj so torej znani osnovni podatki o potresu? Poglejmo na primeru: 24. februarja 2010 ob 5. uri in 21 minut UTC (06:21 SEČ) je potres z žariščem v okolici Domžal in z magnitudo 3,2 zbudil številne prebivalce, med njimi tudi prebivalce Ljubljane. Ker je bilo žarišče potresa za slovenske razmere precej globoko, na globini 17 km, potres na nadžariščnem območju ni povzročil gmotne škode na objektih. Prav zaradi večje globine pa so ga čutili na precej velikem območju. Na sliki 1 so zapisi potresov, zabeleženi na vertikalni komponenti seizmografov državne mreže potresnih opazovalnic. Zapisi posamezne opazovalnice so zaradi boljšega prikaza normirani. Potresna opazovalnica v Ljubljani (LJU) na Golovcu je zaznala *P*-potresne valove slabe štiri sekunde po proženju v žarišču, potresna opazovalnica Robič (ROBS) v zgornjem Posočju pa je zaznala potresne valove enajst sekund pozneje. V tem času so skoraj vse opazovalnice državne mreže zaznale prihod potresnih valov, kar je omogočilo določitev preliminarne lokacije potresa. Za natančnejšo določitev parametrov potresa, vključno z izračunom magnitude, je bilo treba počakati še nadaljnjih deset do štirideset sekund, da so prišli celotni zapisi iz večine potresnih opazovalnic. V časovnem oknu ene minute po potresu sta potekala preračunavanje podatkov in avtomatska določitev potresnih parametrov.



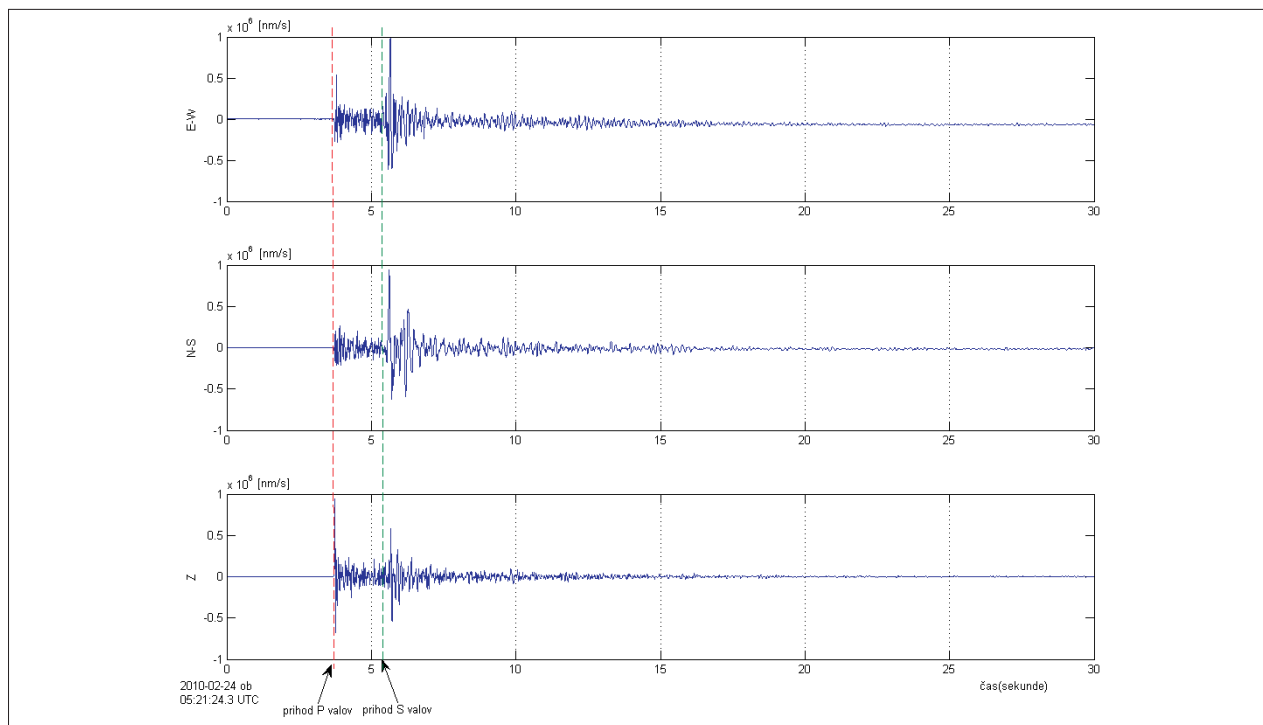
Slika 1: Zapis potresa, ki se je zgodil 24. februarja 2010 ob 5. uri in 21 minut UTC, z nadžariščem v okolici Domžal in magnitudo 3,2, zabeležen na potresnih opazovalnicah državne mreže. Za slovenske razmere je bilo žarišče potresa sorazmerno globoko, in sicer na globini 17 km. Zapisi posamezne opazovalnice so zaradi boljšega prikaza normirani.

Figure 1: Waveforms of the earthquake on 24 February 2010 at 05:21 UTC with a magnitude of 3.2 and a focus depth of 17 km, recorded by the Slovenian seismic network in the vicinity of Domžale. The earthquake records from individual seismic stations are normed to provide a more comprehensive display.

V primerih, ko je potresna opazovalnica postavljena na geološko izredno ugodnih tleh in opremljena s sodobnim trikomponentnim seizmometrom ter kakovostno zajemalno enoto, lahko teoretično že s podatki ene same potresne opazovalnice strokovnjak oceni (a le oceni) osnovne parametre potresa, kot sta magnituda in lokacija žarišča (Tasič, 2001, 2003). Pri tem mora imeti na voljo celoten zapis potresa iz vseh treh komponent (slika 2). Pri analizi podatkov ene same potresne opazovalnice vedno obstaja možnost napake, ki jo izničimo s podatki iz več opazovalnic (mrežo potresnih opazovalnic). Poleg tega kljub skokovitemu razvoju, tako v znanosti kot v računalniški opremi, še nimamo programskega orodja in algoritmov, ki bi lahko nadomestili strokovnjaka in bi samodejno ter stoddstotno zanesljivo prepoznali zapis potresa in določili vse njegove parametre le na podlagi tridimenzionalnega zapisa nihanja tal v eni sami točki (zapis iz ene potresne opazovalnice).

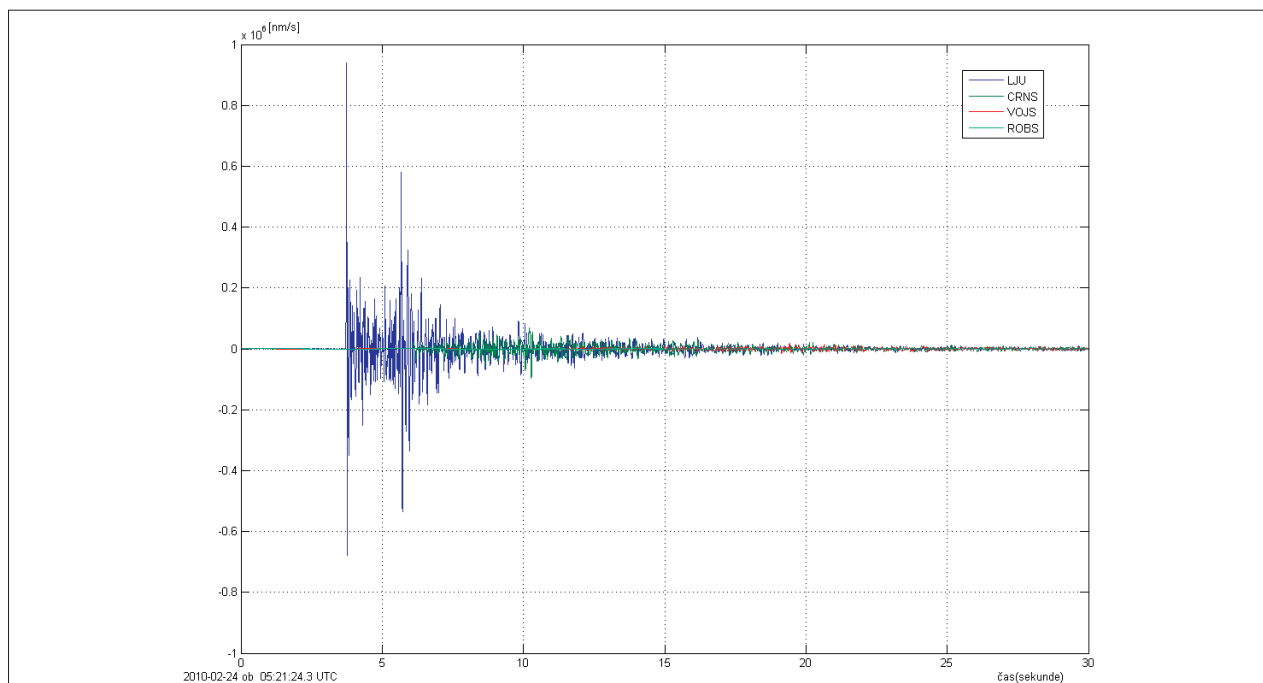
Kadar imamo podatke ene same opazovalnice, lahko strokovnjak na podlagi pregleda celotnega zapisa nihanja

tal prepozna potres in ga loči od drugih dogodkov, kot so grmenje, eksplozije, vožnja vozil itn., nikakor pa to ni mogoče samo na podlagi zelo kratkega (delnega) zapisa nihanja. Po prvi periodi valovanja, ki izstopa iz seizmičnega ozadja, ne moremo predvideti, ali je to nihanje tal posledica grmenja, vlaka, tovornjaka, ropotanja kosilnice v neposredni bližini opazovalnice ali hoje ljudi v bližini seizmometra. Za kakršno koli prepoznavanje vzroka nihanja tal potrebujemo daljši zapis, nekaj deset period, kar pa tako rekoč pomeni že celoten zapis (seizmogram) lokalnega potresa oziroma drugega dogodka. Iz tega sledi, da na svetu ni naprav, ki bi lahko samodejno takoj po prvem nihanju tal ugotovile, da je to nihanje posledica potresa, človeške dejavnosti ali pa je kakšnega drugega izvora, in bi ob potresu opozorile ljudi.



Slika 2: Zapis potresa na vseh treh komponentah potresne opazovalnice z oznako LJU za potres 24. februarja 2010 ob 5. uri in 21 minut UTC z žariščem v okolici Domžal in magnitudo 3,2. S-valovi so prišli do potresne opazovalnice približno 1,8 sekunde pozneje kot P-valovi. Zaradi sorazmerno velike globine in bližine potresne opazovalnice je bila amplituda nihanja tal na vertikalni komponenti večja pri P-valovih kot pri S-valovih.

Figure 2: Waveforms of the earthquake on 24 February 2010 at 05:21 UTC with a magnitude of 3.2 recorded in all three components of the Ljubljana station marked with LJU in the vicinity of Domžale. The arrival of P seismic waves was approximately 1.8 seconds earlier than the arrival of S waves. Due to the relatively great depth and the vicinity of the seismic station, the amplitude of P waves on the vertical component was higher than that of S waves.



Slika 3: Primerjava zapisov potresa s slike 1, zabeleženega na vertikalni komponenti na štirih potresnih opazovalnicah. Največja amplituda nihanja tal na lokaciji potresne opazovalnice LJU na vertikalni komponenti je bila 10-krat večja kot na lokaciji CRNS, 49-krat večja kot na lokaciji VOJS in 143-krat večja od največje amplitude nihanja tal na potresni opazovalnici ROBS.

Figure 3: Comparison of earthquake records on the vertical component in four seismic stations for the earthquake in Figure 1. The highest amplitude recorded in the LJU seismic station was 10 times higher than that at the CRNS seismic station, 49 times higher than that at the VOJS seismic station and 143 times higher than that at the ROBS seismic station.



## Potresni detektor za gospodinjstva

Kljub nenehnem opozarjanju, da potresov ne moremo napovedati, najdemo spretno trgovce in »strokovnjake«, ki ponujajo različne naprave, ki uporabniku »zagotavljajo zgodnje opozarjanje z zaznavanjem predpotresnih valov«. Spomnimo se samo leta 2005, ko je ruski »strokovnjak« s svojim graviometrom za leto 2006 napovedal rušilni potres v Sloveniji. Kar nekaj slovenskih medijev je povzelo to novico. Zanimivo je, kako šibki postanejo strokovni argumenti v primerjavi s povsem nestrokovnimi in neznanstvenimi zgolj zato, ker so se pojavili v medijih. Namen ruskega »strokovnjaka« je bil zelo preprost: pridobiti večja nepovratna finančna sredstva od slovenskih, avstrijskih in hrvaških ustanov. Jasno, rušilnega potresa leta 2006 ni bilo.

Novi hit trgovcev so »detektorji potresov«. Na sliki 4 so štirje primeri takih detektorjev. Enega izmed njih ponujajo tudi na slovenskem medmrežju (slika 5). Vsi »potresni detektorji« imajo nekaj skupnih točk, ki jih opredeljujejo. Za strokovnjaka je najpomembnejši indikator o vprašljivi kakovosti ta, da nikjer ne najdemo tehničnih specifikacij, niti informacij o frekvenčnem območju delovanja niti informacij o dinamičnem območju senzorja. To je tako, kot da bi kupovali pralni stroj in bi bil edini podatek proizvajalca, da »najbolje opere perilo«.

Tudi montaža na nosilni zid je podatek, pri katerem postane strokovnjak skeptičen. Senzor, ki je pritrjen na zid, meri odziv zgradbe oziroma zidu na vsiljeno nihanje, ki je lahko potres, bučno navijanje glasbe zgoranjega soseda, vožnja tovornjaka v neposredni bližini in podobno, izvorov nihanja je ogromno.

Ravno tako ponudniki detektorjev poudarjajo pomembnost razlik v hitrosti in amplitudah med P- in S-valovi, pri čemer S-val obsodijo, da je rušilen, P pa da je tako šibek, da ga zaznajo le detektorji. Slovenski ponudnik gre celo tako daleč, da ponuja zaznavanje predpotresnih valov (slika 5). Predpotresnih valov ni. Kot smo že omenili, pri potresu je izvor obeh vrst potresnih valov (P in S) v žarišču potresa in sočasen.

Tako imenovani detektorji potresov delujejo podobno kot seizmoskopi. Seizmoskop ni merilna naprava, temveč le naprava za zaznavanje povečanega nihanja tal. Je instrument za potrditev pojava potresa, vendar pa poteka valovanja kot časovne funkcije ne zapiše. Deluje na sorazmerno ozkem frekvenčnem območju in ni opremljen z uro. Prvi znani seizmoskop je leta 132 n. št. izumil kitajski astronom in matematik Chang Heng. Delovanje te naprave je temeljilo na težkem nihalu, ki je viselo v posodi, veliki skoraj dva metra. Na stenah posode so bile pritrjene zmajave glave, ki so imele v ustih kovinske kroglice. Pod glavami so stale keramične žabe z odprtimi usti. Zmajave glave so bile prek vzvoda povezane z nihalom in ko so tresljaji dovolj zanihali nihalo, je glava »spustila«

kroglo v žabina usta. Krogla je pri padcu ustvarila opozorilni zvok in tako opozorila na možnost potresa. Zaradi večjega števila kroglic je bilo mogoče približno oceniti tudi smer, iz katere so prišli potresni valovi. Nekateri seizmoskopi so lahko zapis potresa zabeležili, kar pa ne velja za »detektorje potresov«, tako da pri teh napravah nimamo zapisanega podatka, kdaj in zakaj se je naprava sprožila. Povečano nihanje tal seizmoskop zaznava v vnaprej definiranim frekvenčnem območju. Ali je res šlo za potres, s temi preprostimi napravami ni mogoče ugotoviti, saj nas opozorijo le na povečano nihanje tal. Poglejmo na primer amplitudo nihanja tal za opisani potres v okolici Domžal. Na sliki 3 vidimo, da je amplituda nihanja tal na vertikalni komponenti na potresni opazovalnici LJU kar 143-krat večja kot amplituda na 89 kilometrov oddaljeni potresni opazovalnici ROBS. Čeprav nekateri ponudniki navajajo, da njihove naprave alarmirajo pri potresih z magnitudo nad 4, bi v resnici morali navajati, pri kakšnih amplitudah nihanja tal se sprožijo.

Ali nas naprave res lahko opozorijo še pred potresom ali »rušilnimi« S-valovi (kot jih predstavljajo prodajalci) oziroma »rušilnimi« površinskimi valovi in nam dajo dovolj časa za umik? Ne. V naravi ni diskretne meje, na kateri bi lahko definirali rušilne valove v smislu frekvence in amplitude. S-valovi res pridejo pozneje do točke opazovanja in res je njihova amplituda v horizontalni ravnini večja kot pri P-valovih, vendar se amplituda tako prvih kot drugih z oddaljenostjo od žarišča zvezno manjša. Poleg tega moramo omeniti še vpliv površinskih valov. Pri bližnjih potresih površinski valovi ne izstopajo iz S-valovanja (slika 2), njihova vloga oziroma vpliv pa se povečuje s povečevanjem razdalje od nadžarišča. Pri lokalnih potresih površinski valovi zaradi velike amplitude in dejstva, da so počasnejši kot S-valovi, podaljšajo čas, ko močne sile zaradi nihanja tal delujejo na objekt. Tudi amplituda površinskih valov se zvezno zmanjšuje, vendar nekoliko počasneje kot pri telesnih valovih. Zaradi tega na zapisih (seizmogramih) regionalnih potresov (nekaj sto kilometrov od nadžarišča potresa) že opazimo, da so amplitude površinskih valov izrazito večje kot amplitude telesnih valov. Pri vplivu potresa na objekte so pomembni dejavniki kakovost gradnje (slabša je, prej bo prišlo do poškodb), velikost sil, ki zaradi potresnih valov delujejo na objekt, in seveda trajanje delovanja teh sil. To pa je povezano z geološko sestavo tal, žariščnim mehanizmom potresa, oddaljenostjo žarišča in tudi z interferenčnimi ter resonančnimi pojavi med tlemi in objekti glede na potresne valove. Če že pride do poškodb zgradbe in če so v idealnem primeru za poškodbe krivi le S- oziroma površinski valovi, so že amplitude P-valov tako velike, da nas že zelo trese in ne potrebujemo alarma. Alarm iz »detektorja potresov« se bo torej v najboljšem primeru sprožil tedaj, ko bomo že sami čutili močno tresenje. Če pa nas zanimajo šibki potresi, pri katerih človeško telo ne zazna nihanja tal zaradi P-valovanja (senzorji so lahko občutljivejši kot človeško telo), potem tudi S-valovi ne naredijo nobene škode, v najslabšem primeru jih lahko zaznamo kot neprijeten dogodek. V tem primeru se bo alarm mogoče vključil, vendar ne bo imel nobene funkcije, ker



Slika 4: Aparature z zvenečimi imeni, kot so SOS-LIFE Earthquake Early Warning System, Survivor Alert, Quake Alarm in Earthquake Detector, zavajajo kupca k morebitnemu nakupu.

Figure 4: Devices with attractive names such as SOS-LIFE Earthquake Early Warning System, Survivor Alert, Quake Alarm, Earthquake Detector are tempting the customer to buy them.

ne bo nobene dejavnosti, ki bi povzročila rušenje zgradbe oziroma škodo. Bolj verjetno pa je, da se bo naprava prožila tudi ob drugih virih nihanja tal in povzročala alarme, ki ne bodo imeli povezave s potresi, pri ljudeh pa bodo ustvarjali le paniko.

Pa pozabimo na dejstva in predpostavimo, da ti detektorji vsebujejo čudežne algoritme, ki prepoznajo in detektirajo začetek potresnega valovanja ter nihanje tal zaradi potresnih valov ločijo od preostalih dogodkov. Ravno tako pogojno sprejmimo trditev, da so S-valovi rušilni, P pa tako šibki, da jih niti ne čutimo, kar sicer ni res. To poglejmo na primeru že opisanega potresa, ki se je zgodil 24. februarja 2010 v bližini Domžal (magnituda 3,2) in je vznemiril kar nekaj prebivalcev Ljubljane. S-valovi oziroma rušilni valovi, kot jih predstavljajo proizvajalci detektorjev potresov, so do prebivalcev Ljubljane prišli približno 1,8 sekunde pozneje kot P-valovi (slika 2) oziroma za tiste severno od potresne opazovalnice LJU še kakšno desetinko prej. Po napovedih prodajalca bi nas torej ta detektor v Ljubljani opozoril dobro sekundo in pol pred prihodom S-valov. Koliko časa pa potrebujete, da odprete vhodna vrata, ko slišite hišni zvonec? Mimogrede, na zapisu omenjenega

- Zagotavlja zgodnje opozarjanje, z zaznavanjem predpotresnih valov in s tem prepreči, da bi vas rušilni sunek presenetil in s tem ogrozil vas in bližnje.
- Glasen-razločevalni alarm, ki te prebudi.
- Ima možnost zaznave potresa, ki se je zgodil na desetine kilometrov stran od vas.
- Preprosta namestitvev na nosilno steno zgradbe. Ne potrebuješ izvijačev, žeblicev in ostalih pripomočkov.
- Patentiran okrogli nihalni zaznavni sistem.

79,10 €

Slika 5: Reklama z medmrežja (posneta 11. 5. 2010). Slovenski ponudnik zagotavlja(!) zgodnje opozarjanje z zaznavanjem »predpotresnih« valov. V seizmologiji izraza predpotresni valovi ne poznamo. Mimogrede, cena tega proizvoda pri proizvajalcu je 22,99 ameriškega dolarja.

Figure 5: An advertisement from the Internet (retrieved on 2010-05-11). A Slovenian retailer assures early warning through the detection of "pre-quake waves". In seismology, the expression "pre-quake waves" does not exist. The producer's market price for this product is 22.99 US\$.

potresa (slika 2) je amplituda P-vala na vertikalni komponenti večja kot amplituda S-vala in približno enako velika kot največja amplituda na obeh horizontalnih komponentah (E-W in N-S).

## Računalniki in lociranje potresov

Pomembna naloga seizmoloških organizacij po svetu je obvestiti pristojne službe o osnovnih parametrih potresa, kot so lokacija njegovega žarišča (zemljepisna širina in dolžina, globina), čas nastanka in magnituda potresa. Te naloge opravljajo s pomočjo mrež potresnih opazovalnic. Zadnje čase pa na medmrežju zasledimo, da lahko to nalogo opravljamo tudi s pomočjo prenosnih računalnikov, ki so povezani v mrežo. Nekateri novejši prenosni računalniki imajo vgrajen senzor pospeškov, s katerim zaznajo, da prenosnik pada proti tlu. Zato lahko pravočasno z diska dvignejo glavo, s katero zapisujejo ali berejo podatke, da ne pride do uničenja ali poškodbe diska. Nekateri informatiki so prišli do na prvi pogled preproste in učinkovite ideje, da bi podatke teh senzorjev uporabili za zaznavanje in lociranje potresov. Glede na to, da so računalniki večinoma priključeni na medmrežje, bi z javljanjem detekcije v center za zbiranje podatkov simulirali delovanje mreže potresnih opazovalnic. Na medmrežju dobite program, ki ga naložite na svoj računalnik, pri namestitvi vpišete lokacijo (koordinate) računalnika in že locirate potrese. Program je narejen tako, da začne delovati nekaj minut po popolnem mirovanju prenosnika, saj tako prepreči, da bi prenosnik zabeležil tresenje ali premikanje med tipkanjem. Mediji in tudi nekateri predavatelji s področja informacijske tehnologije so povzeli to informacijo. A žal tudi tukaj ni vse tako lepo, kot se bere.

Pobudniki že takoj na začetku priznavajo, da senzorji v prenosnikih niso tako zanesljivi kot profesionalni seizmografi, ki so cenovno nekajkrat dražji. Tako lahko dokupite zunanji USB trikomponentni senzor z nekoliko boljšimi značilnostmi za 49 dolarjev, vendar tudi pri tem senzorju navajajo, da je sposoben zaznati le močnejše potrese. Ob tem poudarjajo, da je prednost v tem, da bi z veliko gostoto računalnikov v mreži pridobili informacije o nihanju tal, ki jih s potresnimi opazovalnicami zaradi sorazmerno velike oddaljenosti med njimi ne moremo. Če bi imeli zelo gosto mrežo seizmografov, posejano na nekem območju, bi lahko natančno ugotovili, zakaj in kako je prišlo pri potresu do nekaterih učinkov na površini. Toda le gostota merilnikov ne pomeni tudi rezultata.

Ena zelo pomembnih sestavin pri meritvi potresov je natančna in točna ura. Poglejmo si to na primeru že omenjenega potresa v okolici Domžal. Predpostavimo, da imamo v Ljubljani, približno deset kilometrov od nadžarišča tega potresa, dva prenosna računalnika, oddaljena med seboj v smeri nadžarišča 0,1 km (sta v sosednjih zgradbah). Valovanje je navidezno prečkalo razdaljo med

tema računalnikoma s približno hitrostjo 7 km/s. (To ni prava hitrost P-potresnega valovanja, ob bližnjih potresih je navidezna hitrost P-valov po zemeljski površini večja, kot je resnična hitrost P-valovanja v zgornjem delu zemeljske skorje, saj P-valovanje prihaja do računalnikov neposredno od žarišča potresa.) Torej potrebuje potresno valovanje od enega do drugega računalnika približno dobro stotinko sekunde. Če hočemo imeti natančno podane faze prihodov potresnega valovanja, morata računalnika zajemati podatke z vsaj desetkrat večjo vzorčno frekvenco, njuni uri pa morata biti usklajeni na tisočinko sekunde natančno. Koliko računalnikov v vaši bližini pa se ujema na sekundo natančno? Torej, kar se tiče ure, lahko povzamemo: čim gostejša je mreža seizmoloških aparatov, tem natančnejša mora biti ura. Računalniške ure pa brez dodatnih modifikacij niso dovolj natančne.

Naslednja težava je kakovost postavitve senzorja. Računalnik je najpogosteje na mizi. Senzor, tudi idealen, bi ob potresu zaznal odziv mize na vsiljeno nihanje zgradbe. Tudi če računalnik postavimo na tla, če tla niso ravno v kleti oziroma na osnovni plošči, bi zaznal nihanje zgradbe, se pravi odziv podlage in stavbe na potres. Ta podatek pri analizi potresa ne pomaga. Pri močnem potresu bi verjetno računalnik še malo »zaplesal« po mizi in meritev bi bila tudi v tem pogledu nezanesljiva.

Ravno tako nimamo nobenega podatka proizvajalcev, kakšna je prenosna funkcija takih senzorjev ter kako se s časom spreminja. Pri poglobljeni analizi potresa, ko preračunavamo žariščne mehanizme, moramo poznati prenosno funkcijo sistema oziroma natančen zapis nihanja tal. Da sploh ne omenim, da računalniki niso v temperaturno stabiliziranem okolju.

Torej lahko rečemo tudi za računalnik, ki ima nameščen »seizmološki« program, da pravzaprav predstavlja seizmoskop.

## Sklepne misli

Na svetu je malo proizvajalcev profesionalne seizmološke opreme, preštejemo jih lahko na prste obeh rok, in noben izmed njih nima v svoji ponudbi, kljub velikim izkušnjam na področju proizvodnje in razvoja seizmo-

loške opreme, »potresnih detektorjev za gospodinjstva«. Z oglaševanjem in prodajanjem takih aparatov bi hitro izgubili zaupanje in kredibilnost pri resnih kupcih.

Seveda na svetu obstajajo sistemi, ki se sprožijo ob zelo močnem potresu (angl. Earthquake Alarm System), namenjeni so izklopu energetskih vodov, kot so plinske napeljave, električni daljnovodi, hitri vlaki. Sistem sestavlja mreža seizmografov, ki beležijo močno nihanje tal, komunikacijsko omrežje za prenos podatkov in »pametna stikala«, ki zaprejo plinske napeljave ali izklopijo električni tok. Zaradi možnosti napačnega proženja in zlorab so ti sistemi navadno nameščeni na območjih, kjer se pričakujejo zelo močni potresni sunki (magnituda večja kot 7), ki se ponavljajo v precej kratkem časovnem obdobju, imajo žarišče blizu površja, njihova uporaba pa prinese več koristi kot je škode zaradi morebitnega lažnega izklopa funkcijskih sistemov. Postavljeni so na Japonskem in Tajvanu, kjer so znani močni potresi (Sinčič in Tasič, 2008).

Od nizkocenovnih potresnih detektorjev lahko pričakujemo največ to, kar plačamo, detektor nihanja tal, ki se bo sprožil, ko bo nihanje preseгло vnaprej določeno vrednost. Nikakor pa nas ne morejo uspešno opozoriti pred potresi ali celo varovati. V takih napravah so vgrajeni preprosti senzorji za merjenje nihanja tal, njihova uporabnost pa je podobna seizmoskopom.

## Viri in literatura

1. Sinčič, P., Tasič, I., 2008. Pomen komunikacij za državno mrežo potresnih opazovalnic. *Ujma*, 2008, 195–199.
2. Tasič, I., 2001. Opredelitev vstopa potresnih valov lokalnega potresa. *Potresi v letu 1999*, ARSO, Urad za seizmologijo, Ljubljana, 83–93.
3. Tasič, I., 2003. Avtomatska lokacija dogodkov na mreži NMX. *Potresi v letu 2001*, ARSO, Urad za seizmologijo, Ljubljana, 58–65.
4. Tasič, I., Vidrih, R., 2007. Zapisi oddaljenih potresov in notranja zgradba Zemlje. *Ujma*, 2007, 155–163.
5. Vidrih, R., 2009. *Nemirna Zemlja*. Tehniška založba Slovenije, 120 str., Ljubljana.