

# Delovanje državne mreže potresnih opazovalnic

Peter Sinčič, Renato Vidrih<sup>1</sup>

## Povzetek

S svečano otvoritvijo jeseni leta 2006 je bila končana modernizacija državne mreže potresnih opazovalnic. Sestavlja jo 26 potresnih opazovalnic z rezervnim središčem za obdelavo podatkov na Golovcu v Ljubljani. Z vseh opazovalnic teče neprekinjen prenos treh podatkovnih nizov s frekvencami vzorčenja 200, 20 in 1 vzorec na sekundo v središče za obdelavo v Uradu za seizmologijo in geologijo, kjer potekajo takojšnja obdelava, začasno shranjevanje in samodejno obveščanje seizmologov o mogočih dogodkih. Programski paket Antelope skrbi za zajem in prenos podatkov, samodejno obdelavo in arhiviranje, interaktivni nadzor opreme na opazovalnicah, nadzor delovanja sistema, detekcijo dogodkov, interaktivno analizo, lociranje potresov in distribucijo seizmoloških podatkov. Razvoj računalniških komunikacij je omogočil tudi nastanek virtualnih mrež potresnih opazovalnic. Samo opazovalnico in na njej nameščeno opremo vzdržuje lokalna institucija, vendar so podatki dosegljivi vsem zainteresiranim. Tako v Sloveniji v središču za zbiranje in obdelavo podatkov podatke slovenske državne mreže integriramo s podatki nekaterih opazovalnic iz sosednjih držav (Avstrije, Hrvaške, Italije in Madžarske). Na ta način povečamo območje bolj natančnega določanja žariščnih parametrov ter se lažje izognemo izpadu in nasičenosti zapisov v primeru močnega potresa. Poleg mnogo kakovostnejšega spremljanja potresne dejavnosti in omogočanja natančnejših izračunov potresnih parametrov, je za pristojne inštitucije in prebivalce Slovenije najpomembnejše mnogo hitrejše obveščanje in alarmiranje v primeru močnejših potresov. Vsak posameznik lahko v nekaj minutah po potresu na spletnih straneh Agencije RS za okolje najde osnovne podatke avtomatskega izračuna potresnih parametrov potresov, katerih žarišča so nastala na območju Slovenije in njene neposredne bližine. Kakovostnejši podatki omogočajo izdelavo novih kart potresne nevarnosti, ogrožanja in tveganja, ki so osnova predpisov potresno odporne gradnje in jih je mogoče vključiti v geoinformacijske sisteme.

## Uvod

Po potresu leta 1998 v zg. Posočju smo začeli z gradnjo oz. modernizacijo državne mreže potresnih opazovalnic. Delo, ki je bilo zastavljeno že na Upravi RS za geofiziko, smo nadaljevali na Uradu za seizmologijo in geologijo ARSO.

Istočasno z nakupom seizmološke opreme v letih 1999-2000 smo začeli po vsej Sloveniji iskati primerne lokacije. Pri tem je bilo treba upoštevati številna merila, od geometrije mreže, naravnih danosti (seizmogeološke značilnosti, seizmični nemir, relief, klimatske razmere) do izvedbenih pogojev (možnost odkupa ali uporabe zemljišča, zagotovitev vira energije in komunikacij za prenos podatkov, izvedljivost gradbenih del, dostopnost in zaščita pred vandalizmom). Sledila so pripravljalna dela (izdelava tipskega projekta, informacije o premoženjsko-pravnih zadevah ...), tem pa pozneje iskanje lokacijskih in gradbenih dovoljenj. Kljub številnim zapletom smo začeli graditi in danes se lahko pohvalimo s končano državno mrežo potresnih opazovalnic.

Karakteristike mreže potresnih opazovalnic opisujeta dva glavna parametra, in sicer natančnost lociranja žarišč oz. nadžarišč potresov in občutljivost mreže za zaznavanje šibkih potresov. Natančnost lociranja žarišč potresov je neposredno odvisna od števila in oddaljenosti potresnih opazovalnic. Občutljivost mreže opazovalnic je odvisna od lastnosti

---

<sup>1</sup> Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Dunajska 47, Ljubljana

seizmološke opreme, seizmičnega nemira in geoloških pogojev na lokaciji opazovanja ter oddaljenosti potresov. Pri natančnem opazovanju je za seizmotektonske analize treba zaznati in locirati tudi zelo šibke potrese, ki sicer ne povzročajo škode, vendar veliko povedo o seizmičnih značilnostih opazovanih prelomov.

opaz.	ozn.	zem. šir.	zem. dol.	n. viš. [m]	geološka podlaga	seizmometer	zajemalna naprava
		°N	°E				
Ljubljana	LJU	46,04381	14,52776	396	karbonski peščenjaki	širokopasovni CMG-40T	RD3-1639
						širokopasovni STS-2 akcelerometer EpiSensor	Q 730
Bojanci	BOJS	45,50435	15,25178	252	kredni apnenec	širokopasovni STS-2 akcelerometer EpiSensor	Q 730
Dobrina	DOBS	46,14942	15,46943	427	spodnjetriasni laporji	širokopasovni CMG-40T	RD3-1639
						širokopasovni CMG-40T	Q 730
Cerknica	CEY	45,73814	14,42214	579	apnenec	širokopasovni CMG-40T	RD3-1639
						širokopasovni CMG-40T	Q 730
Goliše	GOLS	46,01074	15,62451	559	masiven dolomit	širokopasovni CMG-40T	Q 730
Črešnjevce	CRES	45,97325	15,46317	372	dolomit dolomite	širokopasovni CMG-40T	Q730
Legarje	LEGS	45,94880	15,31771	390	sivi dolomit dolomite	širokopasovni CMG-40T BH	Q 730
Podkum	PDKS	46,06120	14,99777	679	dolomit dolomite	širokopasovni CMG-40T BH	Q 730
Robič	ROBS	46,24448	13,50944	265	apnenec	širokopasovni CMG-40T	Q 730
Pernice	PERS	46,63595	15,11666	795	blestnik	širokopasovni CMG-40T	Q 730
Grobnik	GROS	46,46100	15,50177	930	tonalit	širokopasovni CMG-40T	Q 730
Čadrg	CADS	46,22804	13,73685	700	kredni apnenci	širokopasovni CMG-40T	Q 730
Gornji Cirknik	GCIS	45,86720	15,62750	320	dolomit	širokopasovni CMG-40T	Q 730
Višnje	VISS	45,80329	14,83929	403	siv apnenec	širokopasovni CMG-40T	Q 730
Javornik	JAVS	45,89342	14,06433	1100	zgornje triasni dolomit	širokopasovni CMG-40T	Q 730
Knežji dol	KNDS	45,52791	14,38056	1024	zgornje jurski apnenec	širokopasovni CMG-40T	Q 730
Kog	KOGS	46,44816	16,25028	240	glina	širokopasovni CMG-40T akcelerometer EpiSensor	Q 730
Gorjuše	GORS	46,31741	13,99991	1048	ploščasti apnenec z roženci	širokopasovni CMG-40T akcelerometer EpiSensor	Q 730
Vojsko	VOJS	46,03217	13,88774	1073	zgornjetriasni dolomit	širokopasovni CMG-40T	Q 730
Zavodnje	ZAVS	46,43393	15,02421	750	granodiorit	širokopasovni CMG-40T BH	Q 730
Možjanca	MOZS	46,29410	14,44334	660	ploščasti apnenec	širokopasovni CMG-40T	Q 730
Črni Vrh	CRNS	46,08060	14,26135	689	sp.triasni sivi dolomit	širokopasovni CMG-40T	Q 730
Vrh pri Dolskem	VNDS	46,10169	14,70143	531	kremenov peščenjak	širokopasovni CMG-40T	Q 730
Skadanščina	SKDS	45,54647	14,01317	558	ploščati apnenci	širokopasovni STS-2 akcelerometer EpiSensor	Q730
Gornja Briga	GBRS	45,53110	14,81007	610	zgornjetriasni dolomit	širokopasovni CMG-40T	Q730
Gorenja Brezovica	GBAS	45,93473	14,44229	538	dolomit	širokopasovni CMG-40T	Q730

Preglednica 1: Potresne opazovalnice državne mreže z osnovnimi podatki.

Glede na pomembnost potresnega opazovanja na območjih z veliko potresno nevarnostjo in ogroženostjo so bile na ozemlju Republike Slovenije potrebne vsaj tri lokalne mreže na potresno najbolj ogroženih območjih, ki so del državne mreže, in sicer

ena na območju Ljubljane, druga v zgornjem Posočju ter tretja na območju jedrske elektrarne Krško tudi zaradi zahteve Evropske skupnosti. Državna mreža potresnih opazovalnic, ki združuje vse tri lokalne mreže in obsega 25 opazovalnic, prištejemo pa lahko tudi observatorij na Golovcu v Ljubljani, kjer je rezervno središče za obdelavo podatkov, je bila dokončana konec leta 2006.

### **Prenos podatkov**

Da bi zadostili zahtevi po čim hitrejšem obveščanju javnosti in ustreznih služb, je bil izbran tak način delovanja mreže, ki zahteva kontinuiran prenos podatkov z vseh opazovalnic brez zakasnitve v središče za obdelavo podatkov. Izbrani prenosni sistem mora delovati zanesljivo in pri prenosu ne sme prihajati do izgube podatkov. Slaba stran prenosnega sistema je visoka cena.

Zajemalna naprava Quanterra Q730 omogoča več preskušanih načinov prenosa podatkov. Uporabnik določi vrstni red prenosa različnih vrst podatkov, kot so na primer posamezni dogodki ali kontinuirano zajemanje nihanja zemlje po enem kanalu z običajnim serijskim protokolom. Vgrajena kartica Ethernet omogoča uporabo računalniškega mrežnega protokola TCP/IP za prenos podatkovnih paketov, ki ima že vgrajen modul za odpravo napak med prenosom, omogoča pa tudi nadzor delovanja merilnega sistema in nastavitve parametrov iz središča. Za trikanalni sistem je zahtevana maksimalna prenosna hitrost 20,7 kb/s, za šestkanalni pa 39,5 kb/s. V praksi sta ti dve hitrosti zaradi kompresije podatkov pri prenosu nižji.

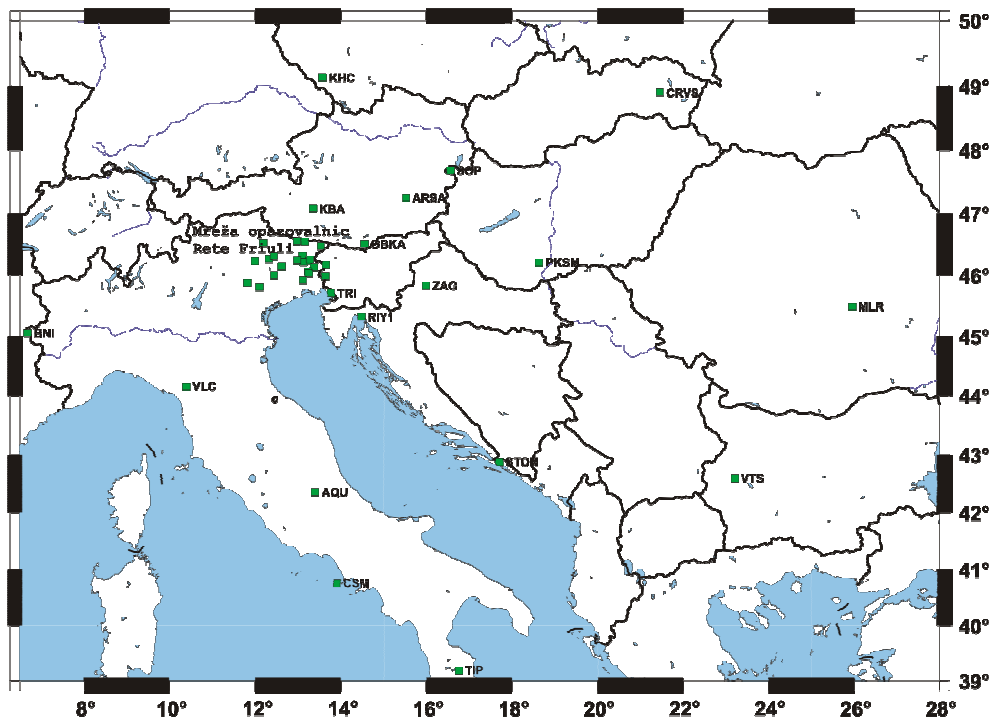
Ker smo kot državni organ vključeni v hitro komunikacijsko omrežje državnih organov (HKOM), ki je razvejeno po celotni državi, smo ga uporabili tudi za prenos podatkov s potresnih opazovalnic.

Odločili smo se za prenos podatkov po fizičnih vodih (najete linije) do najbližje vstopne točke v HKOM. Tako so v HKOM vključene potresne opazovalnice Kog (KOGS), Grobnik (GROS), Pernice (PERS), Dobrina (DOBS), Legarje (LEGS), Goliše (GOLS), Črešnjevce (CRES), Podkum (PKDS), Bojanci (BOJS), Možjanca (MOZS), Gorjuše (GORS), Cerknica (CEY), Čadrg (CADS), Črni Vrh (CRNS), Gorenja Brezovica (GBAS), Ljubljana (LJU), Skadanščina (SKDS), Višnje (VISS), Vojsko (VOJS), Vrh pri Dolskem (VNDS) in Robič (ROBS). Zajemalna enota Q730 je vključena v usmerjevalnik in prek modema na linijo. V zadnjem času se prenos podatkov z najetih linij preklapa na omrežje ADSL.

Potresne opazovalnice so zaradi zahteve po čim manjšem seizmičnem nemiru, ki ga povzročajo urbana okolja, industrija in promet, umaknjene od naselij in zato tudi od komunikacijskih poti. Zaradi prevelikih stroškov napeljave telefonskih vodov smo za pet potresnih opazovalnic (Gornja Briga - GBRS, Gornji Cirk - GCIS, Javornik - JAVS, Knežji dol - KNDS in Zavodnje - ZAVS) za brezžični prenos podatkov uporabili satelitsko internetno povezavo.

Razvoj računalniških komunikacij je v zadnjem času omogočil tudi nastanek tako imenovanih virtualnih mrež potresnih opazovalnic. Samo opazovalnico in na njej nameščeno opremo vzdržuje lokalna institucija, vendar so podatki dosegljivi vsem zainteresiranim, tudi iz drugih delov sveta. Tako v Sloveniji v središču za zbiranje in obdelavo podatkov podatke slovenske državne mreže integriramo s podatki nekaterih opazovalnic iz sosednjih držav (Avstrije, Hrvaške, Italije in Madžarske) (Slika 1). Na ta način povečamo območje bolj natančnega določanja žariščnih parametrov ter se lažje izognemo izpadu in nasičenosti zapisov v primeru močnega potresa. Za spremljanje potresne aktivnosti v širši regiji v realnem času pridobivamo podatke iz še nekaterih držav

osrednje in jugovzhodne Evrope. Seveda so tudi naši podatki na voljo vsem zainteresiranim institucijam v tujini. Prednosti virtualnih mrež so predvsem v tem, da so opazovalnice in oprema vzdrževane lokalno, podatki pa dostopni globalno. Upravljalcem virtualnih mrež je na voljo možnost, da za določen namen od vseh ponujenih zapisov v svojo konfiguracijo vključijo le tiste najbolj primerne (Živčić et al., 2005, Živčić, 2006).



Slika 1: Virtualna mreža tujih potresnih opazovalnic, iz katerih dobivamo podatke v realnem času. Podatke prenašamo iz opazovalnic iz Italije, Avstrije, Hrvaške, Madžarske, Slovaške, Češke, Romunije in Bolgarije (Kolar).

### Središče za obdelavo podatkov

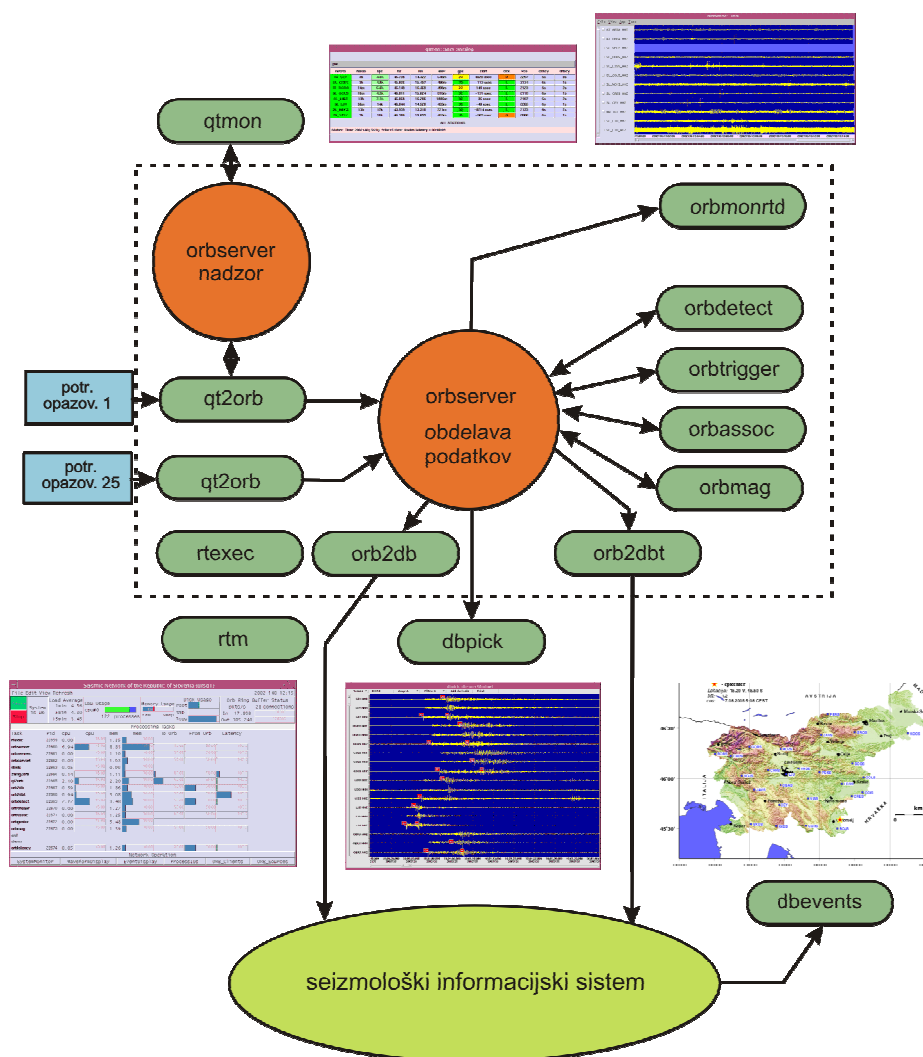
Vsi podatki, ki jih zajamejo instrumenti na potresnih opazovalnicah, se neprekinjeno prenašajo po računalniškem omrežju v središče za obdelavo podatkov (SOP) v Uradu za seizmologijo in geologijo na Agenciji RS za okolje. Sistem, potreben za zajem podatkov z opazovalnic, sestavljajo dva strežnika SunFire V250 z operacijskim sistemom Solaris 9 in programsko opremo Antelope, delovna postaja SunBlade 100 za pregled zapisov in ročno analizo podatkov, tiskalnik HP 4050 za takojšnje tiskanje avtomatskih analiz potresov in tračna enota DLT Tape VS80 za arhiviranje podatkov.

Podatki iz potresnih opazovalnic in tujih seizmoloških centrov neprekinjeno prihajajo v SOP v stvarnem času, kjer potekajo takojšnja obdelava, začasno shranjevanje in samodejno obveščanje seizmologov o mogočih dogodkih. Programski paket Antelope skrbi za zajem in prenos podatkov, samodejno obdelavo in arhiviranje, interaktivni nadzor opreme na opazovalnicah, nadzor delovanja sistema, detekcijo dogodkov, interaktivno analizo, lociranje potresov in distribucijo seizmoloških podatkov.

Programski paket Antelope sestavlja več kot 450 modulov, ki jih je mogoče zložiti v sistem, prilagojen vsakemu uporabniku. Ker so posamezni moduli dobro dokumentirani, lahko uporabniki sami upravljajo sistem in ga tudi nadgrajujejo. Vsak modul ima datoteko s parametri, kar omogoča popolno kontrolo nad sistemom. Medtem ko je podlaga osnovnih modulov binarna koda in so torej nespremenljivi, pa je številne module mogoče

spreminjati. Pisanje dodatnih modulov je močno olajšano z vmesniki za programske jezike C, PERL in TCL/TK (Slika 2).

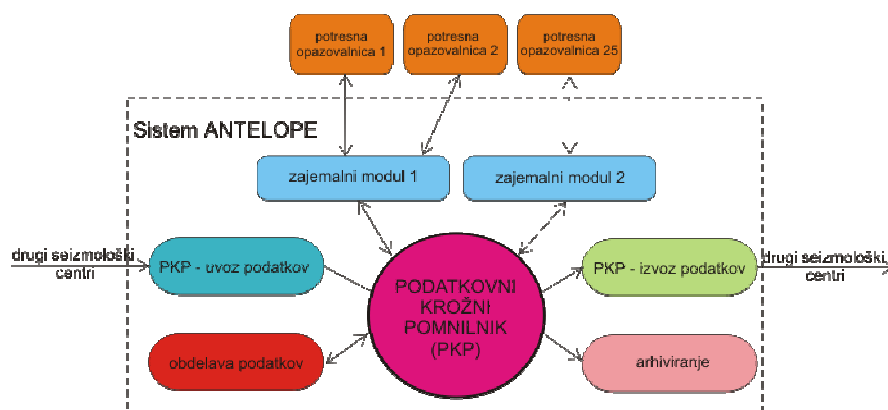
Sistem Antelope se pogovarja z zajemalnimi enotami prek zajemalnih modulov. Za vsako vrsto zajemalnih enot potrebujemo ustrezní modul. V paketu obstajajo moduli za celo vrsto zajemalnih enot, lahko pa napišemo tudi svoje. Namen zajemalnih modulov je sprejem podatkov s sensorja in podatkov o stanju zajemalne enote ter njihovo posredovanje v podatkovni krožni pomnilnik (PKP). Zajemalne enote pošiljajo podatke v podatkovnih nizih s frekvencami vzorčevanja 1 Hz, 20 Hz in 200 Hz, kar nanese okoli 2 Gb podatkov na dan. Analiza lokalnih potresov poteka na podatkovnih nizih s frekvenco vzorčenja 200 Hz. Ostali nizi se uporabljajo pri analizi oddaljenih potresov, služijo pa tudi kot rezerva ob izpadu komunikacije med postajo in informacijskim omrežjem HKOM (Kobal, 2006).



Slika 2: Upravljalni sistem Antelope v središču za obdelavo v Ljubljani (Sinčič).

Znotraj sistema Antelope se podatki pretakajo skozi mehanizem, imenovan podatkovni krožni pomnilnik (PKP), ki je srce sistema. Vsak PKP je upravljan s programom Orbserver. Vmesniški moduli vpisujejo podatke, zajete na opazovalnicah, v eno ali več enot PKP, ki jih uporabimo tudi za pošiljanje ukazov na opazovalnice. Podatke lahko uvozimo v PKP tudi iz enot PKP drugih seizmoloških centrov. V enoti PKP se shranjujejo zajeti podatki opazovalnic in rezultati obdelav teh podatkov (Slika 3). Antelope vsebuje

programske module, ki omogočajo avtomatsko detekcijo, določanje vstopnih časov, združevanje dogodkov, lociranje, oceno magnitude in arhiviranje v stvarnem času. Vsak modul deluje kontinuirano kot samostojen program, pobira vhodne podatke in odlaga izhodne v enoto PKP. Izhodni podatki iz enote PKP lahko potujejo na drugo enoto PKP ali na arhivske module, ki arhivirajo vhodne podatke iz opazovalnic in rezultate analiz v seizmični informacijski sistem, v podatkovno zbirko. Naknadno lahko podatke obdelujemo s programskimi moduli podatkovne zbirke. Vse vrste programskih modulov sistema Antelope upravljajo in nadzirajo administratorski programski moduli. Paket Antelope vsebuje tudi številne module za kontrolo delovanja sistema. Nekateri med njimi so grafični, tako da lahko uporabnik enostavno spremlja dotok surovih podatkov v PKP in nadzira hitrost prenosa podatkov ter zamude podatkov s posameznih opazovalnih mest. Nadzirati je mogoče tudi delovanje posameznih modulov s spremljanjem obremenitve procesorja in uporabe diskov.



Slika 3: Shematski prikaz delovanja sistema Antelope (Kobal)

Da bi se izognili izpadu sistema zaradi računalniške okvare, sta v sistem zajemanja vključena dva identična računalnika. Ob okvari primarnega računalnika zajemalne enote prenehajo pošiljati podatke, opozorilni sistem pa obvesti ustrezne osebe s sporočilom SMS. Kar najhitreje se potem ročno ustavi še sekundarni sistem, ki na disk zapiše, katere podatke je že prejel, tako da ne pride do izgube ali podvajanja podatkov pri vnovičnem zagonu. Po ustavitvi, ki traja nekaj minut, sekundarnemu računalniku dodelimo IP-številko primarnega računalnika in sistem znova zaženemo. Ko je sistem zagnan, začnejo zajemalne enote spet pošiljati podatke. Najprej se z največjo možno prenosno hitrostjo prenesejo zakasneni podatki, potem pa se zajemanje nadaljuje v realnem času.

Programska oprema Antelope omogoča tudi samodejno obdelavo podatkov in pošiljanje obvestil. Potekata dve vrsti samodejne obdelave podatkov. Za obveščanje o potresih poteka obdelava močnejših dogodkov, rezultat so točno določeni parametri potresa. Za dnevno analizo dogodkov pa zahtevamo samodejno zaznavo čim več dogodkov, za katere ni potrebno, da so vsi potresi, niti ni potrebna natančna analiza, saj vsak tak dogodek naknadno analizira seizmolog (Slika 4). Podatki samodejnih analiz močnejših potresov in podatki analiz vseh dogodkov se shranjujejo v ločene podatkovne krožne pomnilnike.

Ko se v ursg1:snrs ali v ursg1:cors pojavi paket s parametri potresa, se sprožijo procesi obveščanja. Postopki so v obeh primerih podobni, razlika je le v vstopnih podatkih. Podatki o potresu se zapišejo v datoteko, natisnejo na tiskalnik v kontrolni sobi, razpošljejo po elektronski pošti in s sporočili SMS ter se postavijo na spletno stran (Slika 5). Na spletni strani je poleg podatkov o potresu možno videti tudi zapise potresa in grafično predstavljeno lokacijo s podatki o postajah, ki so potres zaznale. S podatki z domače strani lahko dežurni seizmolog v večini primerov v nekaj minutah potrdi, ali gre za potres, v



katerem delu Slovenije je bilo nadžarišče in oceni magnitudo. Če je potrebno, lahko dežurni seizmolog potres analizira iz seizmogramov, ki so prav tako dostopni prek domače strani.



Slika 4: Seizmologinja pri vsakodnevem opravi v središču za obdelavo podatkov (Sinčič)

Seizmogrami in rezultati procesiranja se zaradi varnosti shranjujejo na več mestih. Na obeh računalnikih imamo petdnevne zbirke neprekinjenih podatkov na diskih RAID 1 in dvajsetdnevne neprekinjene podatke na navadnih diskih. Na navadnih diskih imamo tudi za leto dni surovih podatkov v časovnih intervalih okrog dogodkov. Časovni interval se določi glede na lokacijo potresa. Za lokalne potrese shranimo 4-minutni časovni interval, ki se začne 1 minuto pred prvim vstopom. Pri regionalnih potresih shranimo praviloma 10 minut podatkov, pri oddaljenih pa je časovni interval odvisen od magnitude in je lahko dolg tudi 3 ure. Kontinuirani podatki se dnevno shranjujejo na DLT-trakove, podatki v časovnih intervalih okrog dogodkov pa se mesečno zapisujejo na nosilce CD oziroma DVD.

Podatki so dostopni v realnem času zunanji organizacijam prek Antelope in podatkovnih krožnih pomnilnikov SeisComP na zunanjem računalniku. Podatke iz 20-dnevne neprekinjene zbirke pa je možno dobiti prek zahtev AutoDRM. To pomeni, da je treba poslati elektronsko pošto z ustrezno vsebino na naslov [autodrm.lju@gov.si](mailto:autodrm.lju@gov.si), strežnik pa potem pošlje podatke pošiljatelju tudi prek elektronske pošte.

### Sklep

Izgradnja državne mreže potresnih opazovalnic je iz različnih razlogov trajala dlje, kot je bilo prvotno zasnovano, v letu 2006 pa je bila vendarle dokončana. Poleg mnogo kakovostnejšega spremljanja potresne dejavnosti in omogočanja natančnejših izračunov potresnih parametrov, je za pristojne inštitucije in prebivalce Slovenije najpomembnejše mnogo hitrejše obveščanje in alarmiranje v primeru močnejših potresov. Vsak posameznik lahko v nekaj minutah po potresu na spletnih straneh Agencije RS za okolje najde osnovne podatke avtomatskega izračuna potresnih parametrov potresov, katerih žarišča so nastala

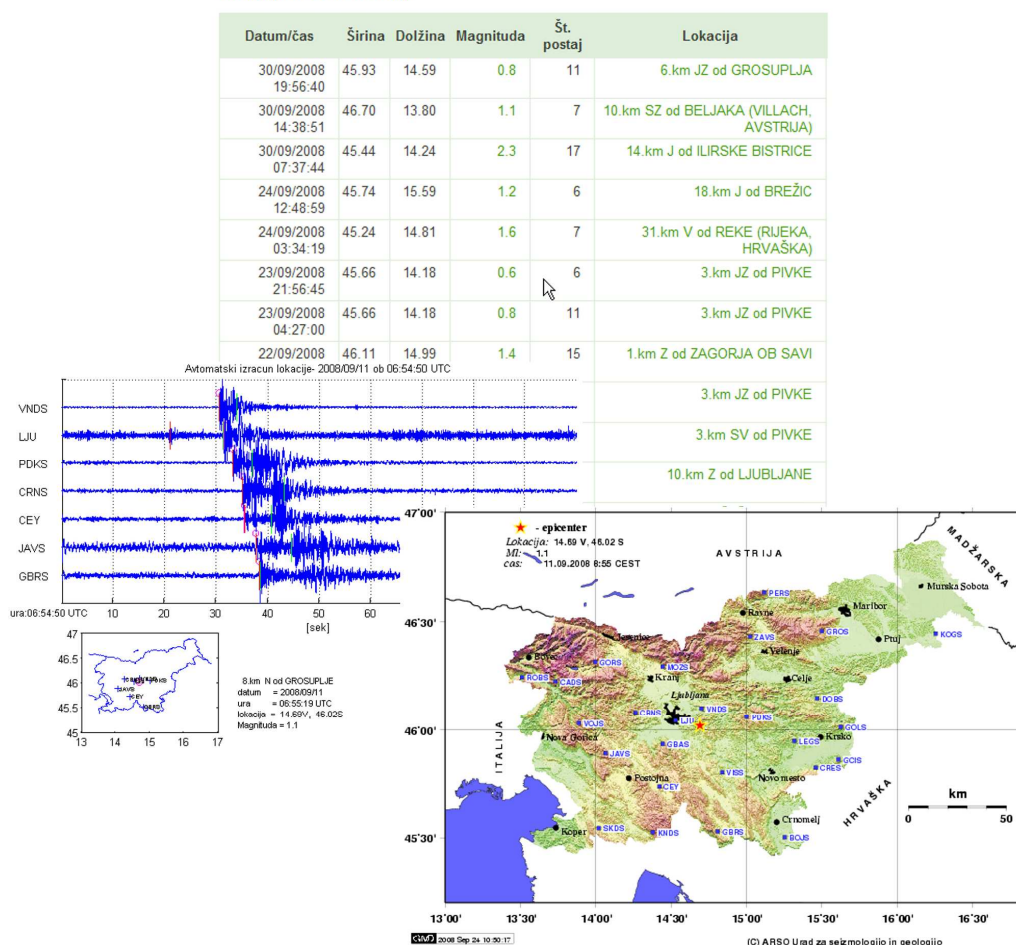
na območju Slovenije in njene neposredne bližine (Slika 6). Naslov spletne strani je <http://www.arso.gov.si>. Ob kliku na “Zadnji potresi” v rubriki “Bližnjice” se pokaže preglednica potresov zadnjih dni. Ob kliku na magnitudo, se pokažejo zapisi potresa na potresnih opazovalnicah državne mreže, ob kliku na lokacijo pa se pokaže lega nadžarišča potresa na karti Slovenije.



Slika 5: Shema avtomatskih aktivnosti in ukrepanje dežurnega seizmologa ob močnejšem potresu (Sinčič)



### Zadnji potresi v Sloveniji



Slika 6: Ob potresu na območju Slovenije se nekaj minut po dogodku prikažejo osnovni podatki o potresu, zemljevid z lokacijo nadžarišča (rdeča zvezda) in zapisi potresa na opazovalnicah državne mreže (<http://www.arso.gov.si/> povezava »Zadnji potresi« ) (Sinčič)

### Literatura

- Kobal, M., Čarman, M., Kolar, J., Pahor, J., Živčič, M., 2006. Zajem in procesiranje seizmoloških podatkov s programskim paketom Antelope, Potresi v letu 2004. Publikacija ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, 142-150. Ljubljana
- Sinčič, P., Vidrih, R., 2005: Seismic Observation In Urban Area (Seismic Network Around Ljubljana, Slovenia). International conference 250th anniversary of the 1755 Lisbon Earthquake, 1-4 november 2005, Lisbon. Proceedings. str.222-228. Lizbona.
- Vidrih, R., Godec, M., Gosar, A., Sinčič, P., Tasič, I., Živčič, M., 2007: Državna mreža potresnih opazovalnic. Potresi v letu 2006. Publikacija ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, 34-73. Ljubljana
- Vidrih, R. (urednik), 2007. Državna mreža potresnih opazovalnic. Seismic Network of Slovenia, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, 288 str.
- Živčič, M., Kobal, M., Kolar, J., Pahor, J., 2005: Performance of the New Seismic Network of the Republic of Slovenia – First Results, NATO Advanced Research Workshop: Earthquake Monitoring and Seismic Hazard Mitigation in Balkan Countries, 11-17 September 2005. Borovetz.
- Živčič, M., 2006: Seismic Network of the Republic of Slovenia, 30 anni dal Terremoto del Friuli 30 anni di Protezione Civile, Udine, Italy, 4-6 May 2006. Udine.