

# NAČRTI ZA POSODOBITEV OPAZOVANJA POTRESOV V SLOVENIJI

## Plans for Modernizing Earthquake Monitoring in Slovenia

Janez Lapajne\*, Peter Sinčič\*\*, Mladen Živčić\*\*\*

UDK 550.34 (497.4)

### Povzetek

Potreba po posodobitvi slovenske seizmološke službe obstaja že več let. Ob dveh močnih potresih v letu 1998 - 12. aprila v Posočju in 31. avgusta v bližini Trebnjega na Dolenjskem - se je to jasno pokazalo. Posodobljena služba bi omogočila hitro in natančno obveščanje o osnovnih potresnih parametrih. Ministrstvo za okolje in prostor - Uprava Republike Slovenije za geofiziko je pripravila predlog ukrepov, po katerih bi v obdobju 1999 do 2001 postavili državno mrežo 25 potresnih opazovalnic, v letih 2002 do 2003 pa še lokalni mreži s po šestimi opazovalnicami okoli Ljubljane in jedrske elektrarne Krško. Za potrebe potresnega gradbeništva bi v tem času v potresno bolj ogroženih urbanih okoljih postavili tudi opazovalnice za močnejše potrese.

### Abstract

The modernization of the Slovene Seismological Service has for several years been an urgent need. This became clearly evident after two strong earthquakes which occurred in 1998 - on April 12th in the Posočje region and on August 31st near Trebnje in the Dolenjska region. A modernized seismological service would enable quick and accurate informing on basic earthquake parameters. The Ministry of Physical Planning and the Environment - the Geophysical Survey of Slovenia has prepared a proposal of measures for setting up a state network of 25 seismic stations and, in the period from 2002-2004, a local network of 6 seismic stations around the city of Ljubljana and the Krško Nuclear Power Plant. A number of seismic stations capable of monitoring stronger earthquakes would also be set up in the most endangered urban areas.

Potres 12. aprila v Posočju, ki je povzročil veliko škodo na širšem potresnem območju, je tudi pokazal na pomanjkljivo opremljenost slovenske seizmološke službe, da bi hitro in dovolj natančno posredovala podatke o osnovnih potresnih parametrih. Izkazalo se je, da tako javne službe kot širša javnost pričakujeta ustrezno informacijo o potresu in prizadetem območju v bistveno krajšem času, kot je predvideno v načrtih pripravljenosti na potres (v času do ene ure). Vlada republike Slovenije je zato na izredni seji 14. aprila 1998 ob obravnavi informacije o posledicah potresa, ki je prizadel Posočje 12. aprila 1998, zadalžila Ministrstvo za okolje in prostor - Upravo Republike Slovenije za geofiziko, da za vlado republike Slovenije čimprej pripravi informacijo o potresnih opazovalnicah v državi in predloge ukrepov za posodobitev državnega potresnega opazovanja. Potres 31. avgusta v bližini Trebnjega na Dolenjskem je le še podkrepil potrebo po ukrepih, ki bi zagotovili učinkovito delovanje seizmološke službe.

Da bi izvedba posodobitve dobila stvarnejše finančne možnosti, je razdeljena na pet let - od leta 1999 do leta 2003. V prvih treh letih je predvidena postavitev državne mreže 25 opazovalnic, v naslednjih dveh letih pa postavitev dveh lokalnih mrež. Za leti 1999 in 2000 je predviden takšen obseg, ki bi že zagotovil opredelitev osnovnih potresnih parametrov z zadovoljivo natančnostjo v primerno kratkem času vsaj v večjem delu Slovenije oziroma na območjih z večjo potresno nevarnostjo.

## Potresno opazovalno omrežje

Potresno opazovalno omrežje na ozemlju Slovenije bi glede na potrebe obveščanja, alarmiranja in potresno varne gradnje ter ob upoštevanju 68., 69., 70. in 93. člena Zakona o varstvu okolja (Uradni list RS 32/93) sestavljali:

- **republiško opazovanje:** državna mreža potresnih opazovalnic, ki naj bi bile v skladu s sodobno tehnologijo opremljene s seizmografi in akceleroграфи; namen republiškega opazovanja je obveščanje in alarmiranje ob potresih, posebej ob močnejših potresih v Sloveniji; financira se iz državnega proračuna, pravno formalni in

operativni izvajalec pa je Ministrstvo za okolje in prostor - Uprava RS za geofiziko (MOP - URSG)

- **intervencijsko opazovanje:** začasne opazovalnice za časovno in prostorsko omejeno potresno opazovanje, ki so opremljene bodisi s seizmografi bodisi z akceleroграфи ali z obojimi; predvideno je za posebne primere ali priložnosti; primer značilnega intervencijskega opazovanja je npr. zapisovanje popotresne dejavnosti po bovškem potresu 12. aprila 1998, ki ga operativno izvaja MOP - URSG in plačuje država
- **podrobnejše ali posebno opazovanje:**
  - lokalne mreže potresnih opazovalnic, ki so praviloma opremljene s seizmografi in akceleroграфи; postavijo se na območjih posebnega pomena, če je potresna ogroženost velika; opazovanje zagotavlja lokalna skupnost po dogovoru z MOP
  - opazovalnice v urbanih okoljih, ki so opremljene z akceleroграфи; opazovanje zagotavlja mestna občina ali lokalna skupnost po dogovoru z MOP
- **obratovalno opazovanje:** opazovalnice oziroma mreže potresnega opazovanja pomembnih objektov, ki so navadno opremljene z akceleroграфи oziroma seizmografi; opazovanje mora zagotoviti lastnik objekta; minister MOP predpiše potrebe, obseg in metodologijo opazovanja ter pogoje, ki jih morajo izpolnjevati izvajalci, kakovost opreme in potrebne akreditivne.

## Trenutno stanje

Na ozemlju Slovenije deluje v okviru republiškega opazovanja sedem potresnih opazovalnic. Šest digitalnih seizmografov, to je občutljivih instrumentov za zapisovanje potresov, zapisuje potrese na Golovcu v Ljubljani, Cesti pri Krškem, Braniku nad Muto, Bojancih, Goričah pri Cerknici in Hrastju pri Dobrini na Kozjanskem. Opazovalnica na Golovcu v Ljubljani in središče za obdelavo podatkov sta na isti lokaciji in sta neposredno povezana, opazovalnica v Cesti pri Krškem je s središčem povezana po državnem računalniškem omrežju, preostale digitalne opazovalnice

\* dr., Ministrstvo za okolje in prostor, Uprava Republike Slovenije za geofiziko, Kersnikova 3, Ljubljana

\*\* Ministrstvo za okolje in prostor, Uprava Republike Slovenije za geofiziko, Pot na Golovec 25, Ljubljana

\*\*\* mag., Ministrstvo za okolje in prostor, Uprava Republike Slovenije za geofiziko, Pot na Golovec 25, Ljubljana

pa s klicnimi telefonskimi zvezami. Sedma opazovalnica je na Vojskem in je opremljena z analognim seizmografom z zapisom na papir. Za svoje delovanje potrebuje operaterja in ni povezana s središčem. Digitalne opazovalnice sestavlja sistem Nanometrics, ki je modularno zgrajen in omogoča razmeroma preproste razširitve. Mreža deluje tako, da osrednji računalnik po določenem urniku kliče opazovalnice, sprejema sporočila o časih proženj posameznih opazovalnic, jih ustrezno obdelava in se odloči, ali je treba prenesti tudi digitalne zapise. Na opazovalnici na Golovcu pri Ljubljani je poleg seizmografov tudi akcelero graf - instrument za zapisovanje močnih potresov.

V sklopu republiškega potresnega opazovanja deluje še pet opazovalnic za zapisovanje močnih potresov, in sicer v Ljubljani pri Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo, Dolskem, Ilirski Bistrici, Gotenici in v jedrski elektrarni Krško. Te opazovalnice dajejo ob nekoliko močnejših potresih pomembne podatke za raziskave v potresnem inženirstvu in inženirski seizmologiji za pripravo temeljev za potresno varno projektiranje. Za seizmološke potrebe je uporabna predvsem opazovalnica v Gotenici, ki je med temi edina opremljena s točnim časom in daljinsko dostopna po klicni telefonski liniji. Opazovalnica v jedrski elektrarni Krško je dostopna po državnem računalniškem omrežju, ni pa opremljena s točnim časom. Skupno je torej v državni mreži šest opazovalnic za močne potrese, od katerih pa večina ni povezana s središčem za obdelavo podatkov v Ljubljani.

Zunaj upravljanja Uprave RS za geofiziko so še opazovalnice za močne potrese v okviru obratovalnega opazovanja na območju jedrske elektrarne Krško in na nekaterih velikih pregradah (na pregradah so že precej zastareli analogni instrumenti). Zapisi teh opazovalnic so namenjeni predvsem oceni potresnih obremenitev objektov

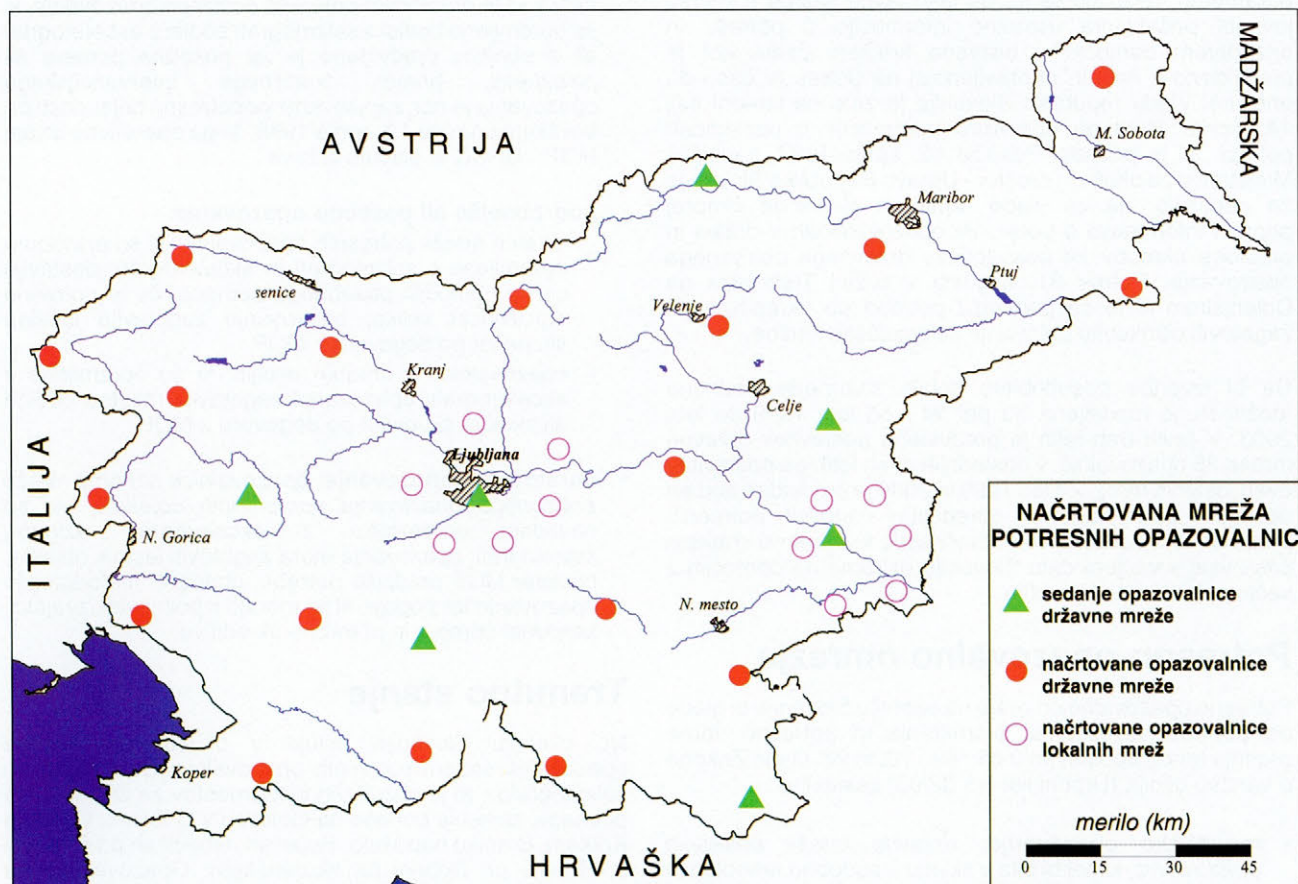
ob velikih potresih, saj je večina postavljena v objektih ali na njih, v jedrski elektrarni Krško pa imajo tudi alarmno vlogo. Nobena od teh opazovalnic ni opremljena s točnim časom.

## Načrti za posodobitev

Osnovni namen posodobitve slovenske seizmološke službe je vzpostavitev takega državnega potresnega opazovalnega omrežja, ki bo omogočilo za potres kjerkoli na ozemlju Slovenije obveščanje o njegovih temeljnih parametrih (čas, nadžarišče, velikost in stopnja pričakovanih učinkov na nadžariščnem območju) z ustrezno natančnostjo in zanesljivostjo v stvarnem času, torej omrežje, ki bo temeljilo na samodejni obdelavi podatkov in samodejnem posredovanju podatkov ustreznim javnim službam.

Za izpolnitev tako opredeljene naloge je glede na seizmotektonsko zgradbo in potresno nevarnost v Sloveniji za **republiško opazovanje** potrebnih vsaj 25 računalniško povezanih potresnih opazovalnic. Slika kaže lokacije sedanjih in približne lokacije načrtovanih potresnih opazovalnic. Opazovalnice so približno enakomerno porazdeljene po ozemlju Slovenije. Poleg občutljivih seizmografov bodo na vseh 25 opazovalnicah tudi akcelero grafi. Na sliki pa ni opazovalnic, ki so ali bodo namenjene zapisovanju močnejših potresov in bodo opremljene le z akcelero grafi.

Za zapisovanje popotresov po močnejšem potresu ter drugih pojavov, za katere je bistvena postavitve instrumentov v čim krajšem času (**intervencijsko opazovanje**), je treba imeti na voljo vsaj pet prenosnih digitalnih opazovalnic in pet prenosnih opazovalnic za močne potrese.



Slika. Lokacije sedanjih in načrtovanih potresnih opazovalnic v Sloveniji  
Figure. Planned network of seismic stations in Slovenia

Poleg lokacij sedanjih in načrtovanih opazovalnic republiškega opazovanja so na sliki tudi lokacije dveh načrtovanih lokalnih mrež potresnih opazovalnic, ene okrog Ljubljane in druge okoli jedrske elektrarne Krško. Postavitev teh dveh lokalnih mrež je potrebno zaradi velike potresne nevarnosti in ogroženosti obeh območij. Njun osnovni namen je podoben kot za državno mrežo: vzpostavitev potresnega opazovalnega omrežja, ki bo temeljilo na samodejni obdelavi podatkov in samodejnem posredovanju teh podatkov ustreznim službam v stvarnem času. Zaradi večje gostote opazovalnic pa bo lahko zanesljivost in natančnost teh podatkov ustrezno večja kot pri državni mreži. Večletni podatki bodo tudi omogočili pripravo boljšega seizmotektonskega modela območij znotraj obeh lokalnih mrež.

Ljubljansko območje je največje urbanizirano območje v Sloveniji z največjo gostoto prebivalstva v državi ter obilico različnih zgradb. Tu potekajo za državo pomembne gospodarske, kulturne, znanstveno-raziskovalne, zdravstvene, politične in druge dejavnosti. Zaradi tega in razmeroma velike potresne nevarnosti je tu potresna ogroženost v Sloveniji največja. Ker bi bila lokalna mreža potresnih opazovalnic za **posebno opazovanje** pomembna tako za mesto Ljubljana kot za državo, bi bilo prav, da bi si obe razdelili finančno breme.

Jedrska elektrarna Krško je objekt posebnega pomena. Čeprav je po rezultatih veliko raziskav, ki so obravnavale različne možne nevarnosti, tako gradbeni objekt kot oprema in njeno delovanje zelo varno, je zaradi ozemeljske razsežnosti ter takojšnjih in dolgoročnih posledic morebitne nesreče treba upoštevati tudi malo verjetne dogodke. Jedrska elektrarna Krško ima zato na objektih urejeno obratovno potresno opazovanje z akceleroграфи. V nekoliko bolj oddaljeni okolici naj bi stala lokalna mreža šestih opazovalnic s seizmografi in akceleroграфи, ki bi jo prav tako praviloma morali obravnavati kot **obratovno opazovanje** in bi ga morala zagotoviti jedrska elektrarna Krško. Glede na širši pomen tega objekta pa bi lahko država prispevala vsaj del denarja.

Udeležba države pri zagotavljanju omenjenega lokalnega opazovanja je smiselna tudi zato, ker bodo potresne opazovalnice obeh lokalnih mrež vključene v državno opazovanje. S tem pa bosta po drugi strani pridobili tudi Ljubljana in jedrska elektrarna, saj bodo v obdelavo in vrednotenje podatkov obeh lokalnih mrež vključeni tudi podatki državne mreže. Ob upoštevanju vseh potrebnih del ter finančnih in drugih omejitev menimo, da bi lahko obe mreži postavili v dveh letih, postavljati pa bi ju začeli po postavitvi državne mreže.

Celotna posodobitev bo obsegala: izdelavo podrobnega projekta, raziskavo in natančno določitev lokacij novih opazovalnic, pridobivanje zemljišč, izbiro vrste povezave opazovalnic s središčem za obdelavo podatkov, izvedbo razpisa za seizmološko opremo, izbiro najprimernejšega dobavitelja (dobaviteljev) opreme in najugodnejšega izvajalca (izvajalcev) ureditve lokacij, nabavo opreme, ureditev lokacij, ureditev središč za obdelavo podatkov, posodobitev sedanjih in postavitve novih opazovalnic, povezovanje središč z opazovalnicami, uvedbo samodejne obdelave podatkov in sprotno vključevanje novih opazovalnic vanjo ter šolanje za vzdrževanje in upravljanje mreže opazovalnic.

Zaradi velikega zanimanja Avstrije in Italije za povezavo slovenskega potresnega alarmnega sistema z njunima bo treba preučiti tehnično izvedbo take povezave in jo v skladu s predhodnimi meddržavnimi dogovori tudi uresničiti.

## Do večje natančnosti z boljšim geofizikalnim modelom Slovenije

Natančnost opredelitve nadžarišča, globine žarišča in velikosti potresa je odvisna od kakovosti in števila potresnih zapisov, porazdelitve opazovalnic in oddaljenosti najbližje opazovalnice od žarišča ter poznavanja globinskega geofizikalnega modela ozemlja. Tako so za opredelitev lege nadžarišča nujni zapisi najmanj treh opazovalnic, za opredelitev globine žarišča pa še zapis vsaj ene opazovalnice, ki od nadžarišča ni oddaljena več, kot znaša globina. Globinski geofizikalni model, ki je potreben za preračun časa v oddaljenost, lahko opredelimo ali iz zapisov večjega števila potresov na potresnih opazovalnicah mreže ali s precej dražjimi globokimi seizmičnimi raziskavami. Pri potresu se namreč sproščena potresna energija razširja v obliki pržnostnega valovanja, ki prinese na površje tudi informacijo o lastnosti globinskih struktur, skozi katere je potovalo.

Za ozemlje Slovenije zaenkrat ni bilo možno izdelati globinskega geofizikalnega modela, ker je število potresnih opazovalnic premajhno. Natančnost opredelitve osnovnih potresnih parametrov temelji zato pretežno na privzetih tujih in le v manjšem delu na domačih podatkih o globinski zgradbi. Zaradi tega ocenjujemo, da bo po postavitvi 25 opazovalnic državne mreže nadžarišče potresa v Sloveniji določeno v povprečju le na 5 km natančno. Šele po pridobitvi večjega števila potresnih zapisov, ki bodo prispevali informacije o globinski zgradbi celotnega oziroma vsaj večjega dela ozemlja Slovenije, bo možno pripraviti globinski geofizikalni model ozemlja Slovenije, ki bo omogočil določitev položaja potresnega nadžarišča na 1 do 2 km natančno. Težava z opredelitvijo globine žarišča se bo sicer precej zmanjšala, še vedno pa bo precej nezanesljiva v primerih, ko nobena od opazovalnic ne bo dovolj blizu nadžarišču.

S postavitvijo predlagane mreže potresnih opazovalnic bomo sčasoma tudi pridobili podatke za zadovoljive predhodne ocene učinkov ob potresih ter ustrežnejše modeliranje seizmičnosti in seizmotektonike, ki je potrebno za pripravo zanesljivejših in natančnejših kart potresne nevarnosti. Te karte se uporabljajo za prostorsko načrtovanje in potresno varno gradnjo.

## Sklep

Hitro in zanesljivo obveščanje o nastalih potresih na ozemlju Slovenije in v njegovi neposredni okolici zahteva ustrezno potresno opazovalno omrežje na ozemlju Slovenije. Glede na površino ter potresno nevarnost in ogroženost ocenjujemo, da bi za to potrebovali vsaj 25 potresnih opazovalnic državne mreže, na območju Ljubljane in jedrske elektrarne Krško pa še dve lokalni mreži s po šestimi opazovalnicami. Načrtujemo, da bi lahko glede na kadrovske, materialne in finančne omejitve postavili državno mrežo v obdobju 1999 do 2001, obe lokalni mreži pa v letih 2002 in 2003. Vzporedno bi za potrebe potresnega gradbeništva v okviru možnosti postavili še nekaj opazovalnic za močne potrese v urbanih okoljih.