

SEIZMIČNE REFLEKSIJSKE RAZISKAVE STRUKTURNO-TEKTONSKE ZGRADBE KRŠKE KOTLINE

Seismic Reflection Surveys of the Krško Basin Structure and Tectonics

Andrej Gosar* UDK 550.34.01(497.4 Krško)

Povzetek

Seizmična refleksijska metoda se uporablja v raziskavah za ponovno oceno potresne nevarnosti lokacije jedrske elektrarne (JE) Krško za izboljšavo strukturno-tektonskega modela Krške kotline. V letih 1994-96 smo izmerili 13 km dolg regionalni refleksijski profil prek vzhodnega dela bazena, ki je zapolnjen z do 2 km debelimi neogenskimi in kvarternimi sedimenti. Z njim smo ugotovili nagubano zgradbo (sinklinala-antiklinala), ki nakazuje kompresijski tektonski režim. To je v nasprotju z domnevo, da je Krška kotlina tektonska udorina z normalnimi robnimi prelomi. Dodatno smo izmerili še dva visokoresolucijska profila v bližini JE Krško za detekcijo prelomov, ki segajo plitvo pod površino in jih lahko smatramo za aktivne. Novi strukturno-tektonski podatki iz bližine JE Krško zahtevajo bistveno spremembo modela za oceno potresne nevarnosti njene lokacije. Refleksijske seizmične raziskave nadaljujemo leta 1999 z mednarodnim projektom, ki ga financira program PHARE. V njegovem okviru smo izmerili dva prečna in en vzdolžni regionalni profil v skupni dolžini 41 km. Z vrtnjem globokih strelnih vrtin, uporabo 120-kanalnega seizmografa in naprednih tehnik obdelave podatkov smo dobili kvalitetne seizmične profile, ki omogočajo podrobno strukturno interpretacijo. Sledile bodo še meritve vzdolž 4 km visokoločljivih profilov.

Abstract

To improve the structural-tectonic model of the Krško basin, the seismic reflection method was used to re-evaluate earthquake hazard at the Krško Nuclear Power Plant (NPP) site. A 13-km-long regional profile recorded in the period from 1994-96 across the eastern part of the basin, which is filled with up to 2 km of Neogene to Quaternary molasse sediments, has shown the existence of a syncline-anticline, which points to its compressional tectonic origin as opposed to the prevailing hypothesis of a graben structure with normal border faults. In addition, high-resolution shallow reflection profiling was performed close to the NPP in order to detect near-surface faults which can be treated as active. The new structural-tectonic data obtained in the vicinity of the NPP calls for essential changes in the earthquake hazard assessment model. Seismic reflection investigations are being continued in 1999 within the scope of an international project financed by the PHARE program. Within its framework, two transversal profiles and one longitudinal regional profile in a total length of 41 km were recorded. By drilling deep boreholes and using a 120-channel seismograph and advanced techniques of data processing, high-quality seismic profiles were obtained, which enable detailed structural interpretation. The recording of 4 km of shallow high-resolution profiles will follow.

Problematika potresne varnosti lokacije JE Krško je bila z različnih vidikov že večkrat obravnavana tudi v Ujmi. S tokratnim prispevkom želimo predstaviti vlogo, ki jo ima metoda refleksijske seizmike pri pojasnjevanju globinskih strukturno-tektonskih razmer v Krški kotlini. Že do sedaj uspešne domače raziskave iz let 1994-97 se v letu 1999 nadaljujejo z mednarodnim projektom v okviru programa PHARE.

Strukturno-tektonske raziskave, ki so podlaga za oceno potresne nevarnosti na lokaciji jedrske elektrarne, zahtevajo izrazit interdisciplinarni pristop. To je še posebno pomembno na območjih, kjer so geološke strukture pokrite z mladimi sedimenti, med katere sodi tudi Krška kotlina. V svetu uveljavljeno metodologijo pri tovrstnih raziskavah povzemajo navodila Mednarodne agencije za atomsko energijo (IAEA, 1991) in komisije za jedrske predpise ZDA (US NRC, 1995). Vso pestrost geološke zgradbe območij na katerih so jedrske elektrarne, je nemogoče zajeti v enotna navodila (Gürpınar, 1997), zato je glede na lokalne pogoje, poznavanje geološke zgradbe in podatke, ki so na voljo, treba raziskave skoraj vedno ustrezno prilagoditi.

Na začetku 90. let se je povečalo zanimanje tako slovenske kot mednarodne javnosti za potresno varnost JE Krško (Lukacs et al., 1992). V letih 1992-94 je bila opravljena

verjetnostna analiza varnosti elektrarne glede na notranje in zunanje dogodke (IKPIR, 1994), ki pa ni obsegala dodatnih terenskih raziskav. Pri tem se je jasno pokazalo, da so geološki in geofizikalni podatki preveč pomankljivi za pripravo zanesljivega seizmotektonskega modela. Zaradi tega je prevladalo mnenje, da so potrebne obsežnejše raziskave, na podlagi katerih bi z uporabo različnih metod dobili jasnejšo sliko o strukturno-tektonski zgradbi Krške kotline in še posebej glede zaznavanja prelomov.

Leta 1994 se je začela prva faza raziskav z raziskovalnim projektom Neotektonske raziskave na območju JE Krško, ki so ga financirala Ministrstvo za znanost in tehnologijo, Ministrstvo za okolje in prostor (Uprava RS za jedrsko varnost) in Ministrstvo za gospodarske dejavnosti, izvajalec pa je bil Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko (IGGG). Projekt, ki se je končal marca 1996, je vključeval regionalno geološko kartiranje, detajlno kartiranje kvarternih sedimentov, geofizikalne in seizmološke raziskave ter pripravo geoinformacijskega sistema (Poljak et al., 1996). Geofizikalni del projekta je obsegal predvsem raziskave z metodo refleksijske seizmike, ki so prispevale pomembne podatke o globinski strukturi Krške kotline in položaju prelomov ter v manjšem obsegu še geoelektrične upornostne meritve. Druga faza programa je potekala v letih 1997-98, vendar v zelo zmanjšanem obsegu le iz sredstev Uprave RS za jedrsko varnost.

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

Metoda refleksijske seizmike

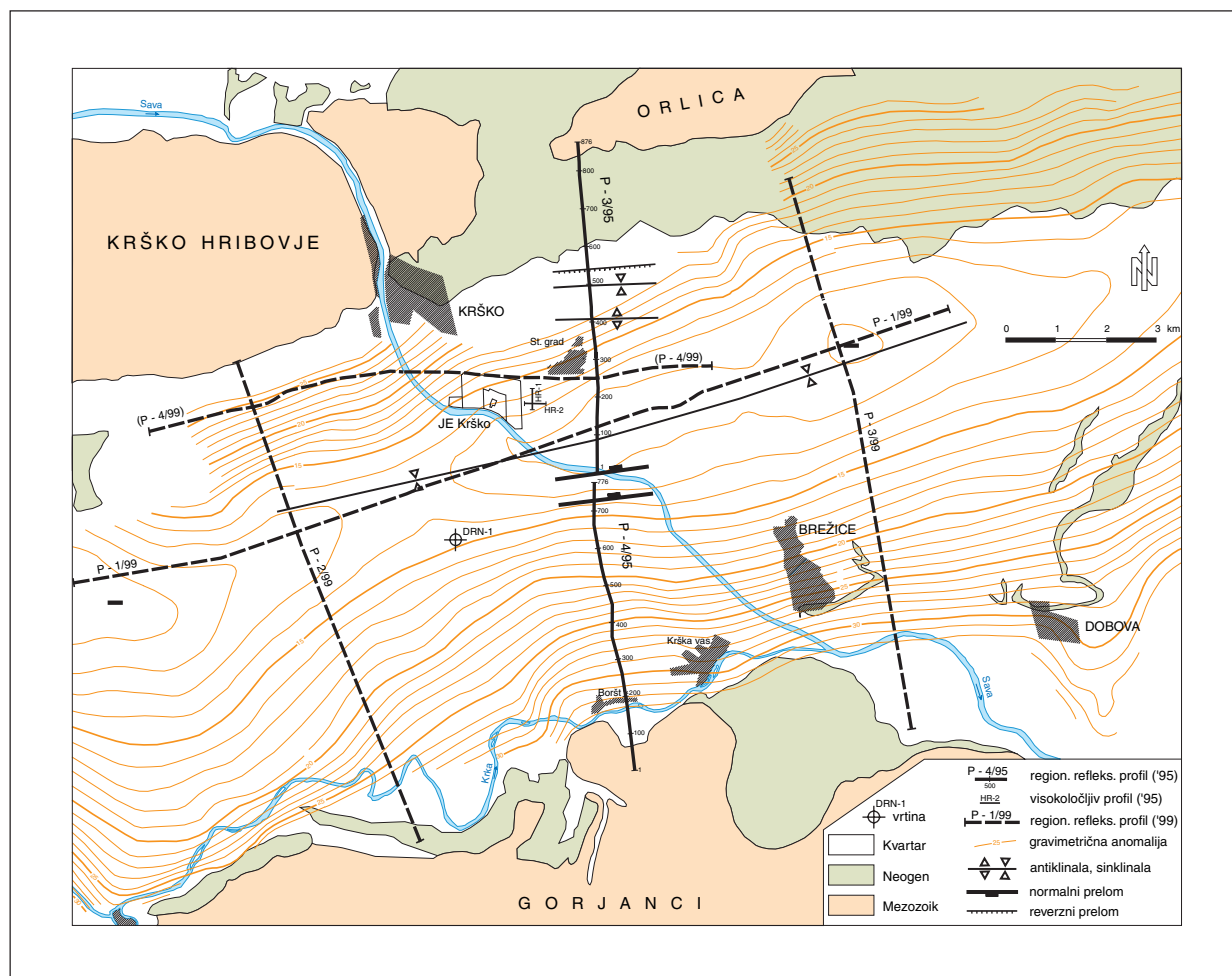
Pri refleksijski seizmični metodi raziskujemo geološke strukture v globini z merjenjem časa, ki ga potrebujejo seizmični valovi, generirani na površini, da se po odboju od stičnih ploskev med plastmi z različnimi fizikalnimi lastnostmi ponovno vrnejo na površino. Za uspešno uporabo metode mora med geološkimi plastmi obstajati kontrast akustične impedance (produkt seizmične hitrosti in gostote). Kot seizmični vir uporabljamo navadno eksplozije manjših nabojev v plitvih vrtnah, reflektiran signal pa zaznavamo s senzorji, občutljivimi za nihanje tal (geofoni). Meritve potekajo zvezno vzdolž profilov, kar je prednost glede na nekatere druge geofizikalne metode, kjer so meritve točkovne. Spremembe v času prihodov seizmičnih valov in razlike v njihovi amplitudi odražajo relief geoloških plasti v globini (Sheriff & Geldart, 1995).

Refleksijska seizmika se najbolj uspešno uporablja v sedimentnih bazenih, kjer nudi tako strukturne podatke (podlaga bazena, prelomi, antiklinale, tektonski jarki) kot sedimentološko-stratigrafske (lateralna odebelitev ali tanjšanje plasti, izklinjanje plasti in druge vrste diskordanc). Ti pojavi so lahko pastji za ogljikovodike, zato se je metoda uveljavila predvsem v naftnih raziskavah, ki tudi najlažje prenesejo precej velik strošek meritev. Njen večji razmah v hidrogeoloških, geotehničnih in strukturnih raziskavah v manjših

globinah je omogočil šele razvoj cenejših prenosnih seizmografov in računalnikov za obdelavo podatkov v drugi polovici osemdesetih let (Steeple & Miller, 1990), ko smo začeli refleksijske raziskave tudi na IGGG.

Stanje geofizikalnih in strukturnih podatkov v Krški kotlini pred raziskavami

V Krški kotlini so bile v preteklosti opravljene številne geološke in geofizikalne raziskave v različne namene: za nafto in plin, izkoriščanje geotermične energije, podzemno skladiščenje plina in za oceno potresne nevarnosti lokacije JE Krško. Kljub njihovem precejšnjemu obsegu strukturna zgradba ni bila nikoli zanesljivo pojasnjena, številne hipoteze pa niso bile podprte z dokazi. Večina raziskovalcev je menila, da je Krška kotlina tektonska udorina, ki je na severnem in južnem robu omejena z močnimi normalnimi prelomi, čeprav njihov obstoj ni bil dokazan (Poljak & Živčič 1995). Šele v zadnjem obdobju so se pojavile tudi trditve, da vsaj v vzhodnem delu Krške kotline ni robnih prelomov in da je sedimentni bazen nastal z gubanjem (Kuščer, 1993), vendar tudi ta hipoteza še ni bila dokazana. Eden glavnih razlogov za slabo poznavanje globinske zgradbe tega območja je bilo prav pomanjkanje kakovostnih seiz-



Slika 1. Posplošena geološka in gravimetrična karta Krške kotline s položajem izmerjenih in predvidenih refleksijskih seizmičnih profilov ter interpretiranih prelomov

Figure 1. Simplified geological and gravity map of the Krško basin with positions of measured and planned seismic reflection profiles and interpreted faults

mičnih profilov. Refleksijska metoda je bila do tokratnih raziskav uporabljena le leta 1959 v okviru raziskav za nafto in plin, poleg tega pa so takratni profili zajeli le osrednji del kotline. Zaradi slabše kakovosti (analogni zapis brez prekrivanja podatkov), na njihovi podlagi ni bilo možno odgovoriti na najpomembnejša vprašanja. Za to območje so bili na voljo tudi gravimetrični podatki (slika 1) in več geoelektričnih sond ter nekaj globokih vrtin, kar je zadostovalo le za rekonstrukcijo splošne oblike podlage bazena, ne pa tudi za pripravo strukturnega modela in interpretacijo prelomov.

Refleksijske raziskave v Krški kotlini

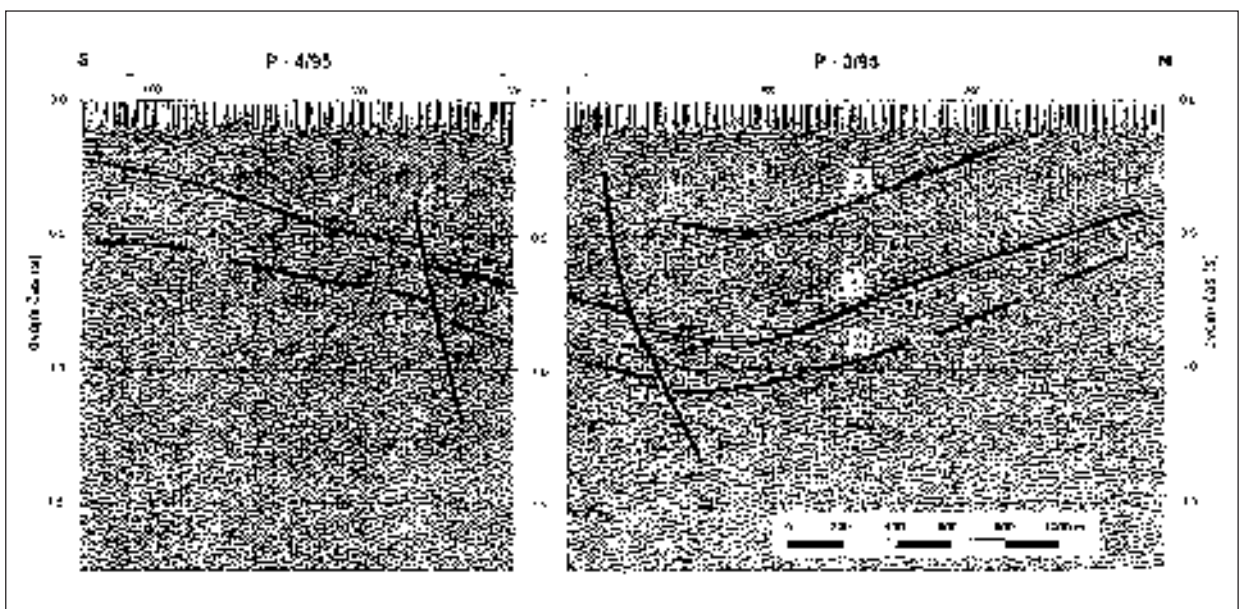
Želeli smo izboljšati poznavanje globinske strukturne zgradbe Krške kotline. Zato smo v predlogu projekta Neotektonske raziskave na območju JÉ Krško predvideli moderno refleksijsko profiliranje z digitalnim zapisom podatkov in 12-kratnim prekrivanjem v dveh globinskih dosekih. Na podlagi regionalnih profilov bi ugotovili strukturo in prelome v večjih globinah do predterciarne podlage, visokoresolucijski profili pa bi omogočili detekcijo morebitnih prelomov, ki segajo do površine ali plitvo pod njo (Williams et al., 1995). To so t. i. zmožni prelomi (ang. capable faults), ob katerih se lahko ob potresu pojavi površinski pretrg in so zato za jedrske objekte najbolj nevarni. Stroške teh sicer zelo dragih raziskav smo – glede na sredstva, ki smo jih imeli na voljo – zmanjšali tako, da smo uporabili 24-kanalni prenosni seizmograf in eksplozivni vir v plitvih vrtinah, podatke pa obdelali na osebem računalniku (Gosar, 1998).

Regionalni seizmični profil je bil izmerjen v dveh odsekih (P-3/95 in P-4/95 na sliki 1) v smeri sever-jug prek celotne Krške kotline (slika 1). Na 13 km dolgem profilu smo geodetsko posneli 980 merskih točk ter izvrtali 850 strelnih vrtin globine do dva metra. Za generiranje seizmičnega signala smo porabili 150 kg eksploziva (100 do 200 g na strelno točko), za njegov sprejem pa 700 geofonov. Terenske meritve so bile zaradi številnih ovir (reki Sava in Krka, železnica, avtocesta ter vojaško letališče) zelo zahtevne. Z uporabo prenosne opreme smo bistveno zmanjšali škodo na poljih in omogočili meritve na težko prehodnem obrobju kotline (Gosar, 1996).

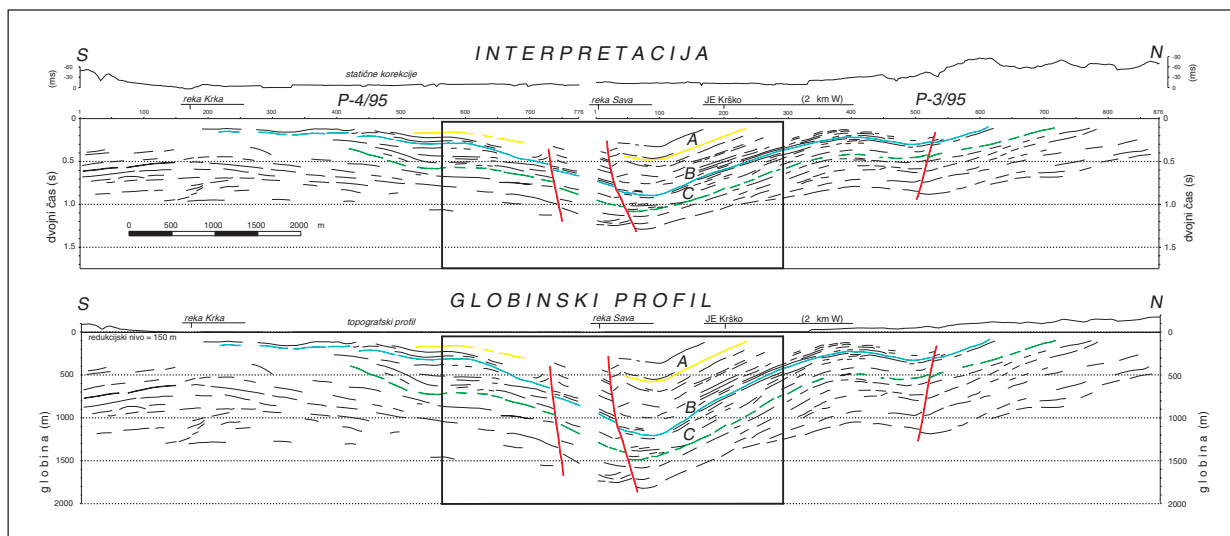
Meritve je oviral močan civilizacijski seizmični šum (promet, industrija, daljnovodi) in visoka raven koherentnih motenj, ki jih poleg koristnega signala povzročijo eksplozivni vir (Gosar, 1995). To je valovanje, ujeto v površinski plasti, ki je v Krški kotlini zaradi večje debeline suhega proda nad podtalnico zelo izrazito. Motnje lahko najbolj zmanjšamo z nameščanjem nabojev pod nivo podtalnice, vendar sredstva, ki smo jih imeli na voljo, niso dopuščala vrtanja več kot 5 m globokih strelnih vrtin. Dovolj učinkovite so bile linijske geofonske figure (12 geofonov na točko) s katerimi dušimo valovanje, ki potuje v horizontalni smeri.

Terenskim meritvam je sledila zahtevna računalniška obdelava podatkov, s katero dobimo seizmični profil. Ta nam nudi globinsko informacijo kot čas potovanja seizmičnih valov od površine do reflektorja in nazaj (dvojni čas). Tako obdelan profil smo geološko interpretirali in pri tem upoštevali spoznanja terenskega kartiranja celotne Krške kotline in njenega obrobja (Gosar in Poljak, 1998). Osrednji del seizmičnega profila je predstavljen na sliki 2, interpretacija v časovnem merilu in njena transformacija v globinski profil pa na sliki 3. Najbolj jasen refleksijski horizont predstavlja meja med laporjem in litotamnijskim apnencem miocenske starosti, predterciarna podlaga, ki jo sestavljajo predvsem karbonatne kamnine, pa je slabše izražena, kar je predvsem posledica močnega dušenja v površinski plasti.

Osnovna strukturna značilnost, vidna iz seizmičnega profila, je nagubana zgradba, ki kaže na kompresijski tektonski režim. Znakov, ki bi potrjevali obstoj normalnih prelomov ni. Refleksijski seizmični podatki torej ne podpirajo domneve, da je Krška kotlina tektonska udorina. Vzporedne plasti v severnem krilu depresije so lahko indikacija za postsedimentacijsko gubanje, vendar zanesljiv sklep o starostnih odnosih med sedimentacijo in deformacijo v tej fazi raziskav še ni mogoč. Manjša antiklinala v severnem delu pred tem ni bila znana, domneva o močnejšem prelomu na tem območju pa ni potrjena. V osrednjem delu kotline smo ugotovili dva subvertikalna normalna preloma, ob katerih sta severna bloka pogreznjena za 50 do 80 m. Na podlagi novih podatkov smo na novo interpretirali tudi starejše analogne profile in interpretacijo podprli z gravimetričnim modeliranjem, ki je potrdilo obliko depresije (Gosar, 1998). Tridimenzionalni model refleksijskih seizmičnih profilov v Krški kotlini je na sliki 4.

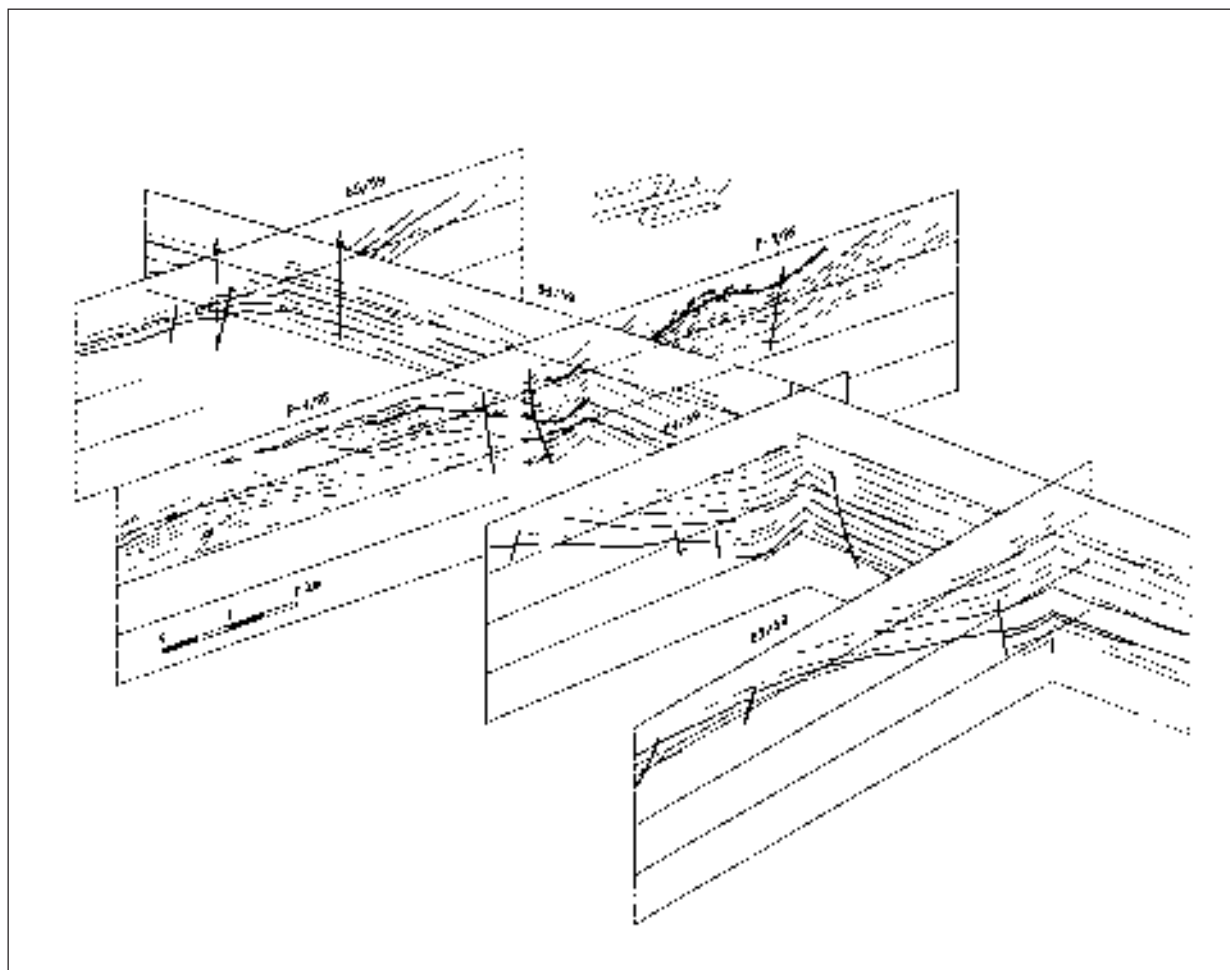


Slika 2. Osrednji del regionalnega refleksijskega seizmičnega profila
Figure 2. Central part of the regional seismic reflection profile

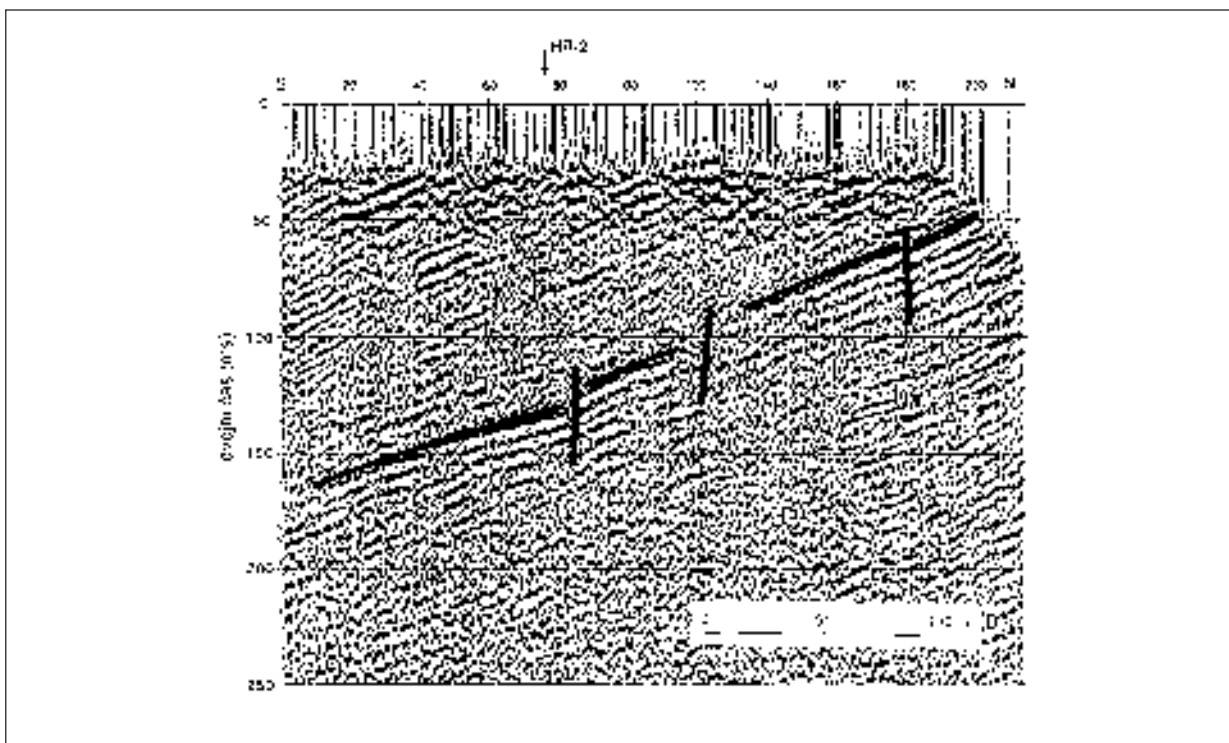


Slika 3. Interpretacija seizmičnega profila v časovnem merilu s transformacijo v globino; okvir označuje del profila na sliki 2; horizonti: A – pesek (pliokvartar)/lapor (pliocen), B – lapor (zg. miocen)/litotamnijski apnenec (sr. miocen), C – predterciarna podlaga (kredni fliš in triasni dolomit)

Figure 3. Interpretation of the seismic profile in time scale and depth conversion; the frame designates the seismic section shown in Fig. 2; horizons: A – sand (Plio- Quaternary) / marl (Pliocene), B – marl (Up.Miocene) / Lithotamnion limestone (middle Miocene), C – pre-Tertiary bedrock (Cretaceous flysch and Triassic dolomite)



Slika 4. 3D model refleksijskih seizmičnih profilov v Krški kotlini
Figure 4. 3D model of seismic reflection profiles in Krško basin



Slika 5. Visokoresolucijski refleksijski profil HR-1/95; horizont A – pesek (pliokvartar)/lapor (pliocen)
 Figure 5. High-resolution reflection profile HR-1/95; horizon A – sand (Plio-Quaternary) / marl (Pliocene)

Vzhodno od JE Krško smo izmerili dva krajša visokoresolucijska refleksijska profila (HR-1/95 in HR-2/95 na sliki 1). Cilj meritev je bil preveriti metodologijo za raziskave v manjši globini (do 200 m) in zaznavanje prelomov, ki segajo plitvo pod površino. Na profilu, ki poteka v smeri sever-jug (HR-1/95), smo ugotovili tri nepravilne cone na meji pliocenskih peskov in laporjev v globini 50 do 150 m, ki lahko kažejo na obstoj prelomov z vertikalnim zmikom do 7 m. Za te morebitne prelome še nimamo globinskih geofizikalnih podatkov, prav tako pa se ne odražajo na površini. Na profilu, ki poteka v smeri vzhod-zahod (HR-2/95) ni znakov prelomnih deformacij.

Vsi prelomi, ugotovljeni z refleksijskim profiliranjem (slika 1), so od JE Krško oddaljeni manj kot 5 km in so torej v »bližini lokacije«, ki jo je treba po merilih IAEA natančno raziskati (IAEA, 1991). Znotraj tega območja ni bil potrjen obstoj normalnih robnih prelomov in domnevnega preloma na severnem pobočju hriba Libna. Kljub temu, da zbrani podatki še ne omogočajo priprave zanesljivega strukturno-tektonskega modela, je že sedaj jasno, da bodo potrebni bistveni popravki predvsem pri tektonskem režimu, v katerem je nastala Krška kotlina.

Projekt PHARE

Opravljeni raziskave so pokazale, da je metoda refleksijske seizmike uspešna pri pojasnjevanju strukturno-tektonskih odnosov v Krški kotlini. Kljub omejenim sredstvom smo z varčnim pristopom glede opreme in globine vrtnja pridobili kakovostne seizmične podatke v profilu celotne kotline, ki so bistveno prispevali k poznavanju njene globinske zgradbe. To je bilo potrjeno v mednarodni recenziji in ob misiji strokovnjakov IAEA v februarju 1996, katere sklep je tudi bil, da je treba refleksijske raziskave nadaljevati še v najmanj treh regionalnih profilih. Tako bi pridobili podatke o prostorskem položaju struktur v širši okolici JE Krško. Sledile bi visokoresolucijske meritve, ki bi odgovorile na

ključno vprašanje o njihovi starosti in morebitni recentni aktivnosti. Pri regionalnih profilih je treba pridobiti boljše podatke iz predterciarne podlage za oceno seizmogenetskega potenciala prelomov, kar zahteva globoke strelne vrtnice in večje število snemalnih kanalov. To pa meritve nekajkrat podraži.

Kljub velikim naporom IGGG in Uprave RS za jedrsko varnost pa po izteku projekta leta 1996 v Sloveniji ni bilo možno zagotoviti dovolj sredstev niti za nadaljevanje raziskav z opremo, ki jo že imamo. Prepričevanje o nujnosti teh raziskav je bilo uspešnejše pri evropski komisiji, ki je sredi leta 1997 odobrila 500.000 evrov za projekt Geofizikalne raziskave v okolici JE Krško v okviru programa PHARE Regionalna jedrska varnost. Pogoji za tovrstne projekte je, da je glavni izvajalec iz države članice Evropske zveze, vendar je pomembna čim večja vključenost domačih ustanov. Na razpis se je prijavilo 12 podjetij iz cele Evrope, končno ponudbo pa so februarja 1998 oddali štirje ponudniki. Po tehnični in finančni oceni ponudb ter zaslišanju ponudnikov na sestanku v Bruslju je bil za glavnega izvajalca izbran konzorcij, ki ga sestavljajo špansko podjetje EPTISA, Osservatorio Geofisico Sperimentale iz Trsta in Institut für Geophysik iz Leobna (Avstrija). Pri izvedbi projekta sodeluje pet podjetij iz Slovenije. Vloga domačih raziskovalcev iz Geoinženiringa in Geološkega zavoda Slovenije, ki sta nastala iz nekdanjega IGGG, in iz Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko ter iz Uprave RS za geofiziko je v ključnih fazah projekta enakovredna vlogi tujih partnerjev. To velja predvsem za načrtovanje meritev, ki temelji na že opravljenih raziskavah, in za interpretacijo podatkov, ki ni možna brez dobrega poznavanja in upoštevanja vseh geofizikalnih in geoloških podatkov, ki so na voljo.

Prvoten program raziskav je predvideval tri regionalne profile, dolge 36 km, s katerimi bi skupaj z že izmerjenim profilom zaključili pravokotno zanko okoli JE Krško, in več visokoresolucijskih profilov v skupni dolžini 4 km. V fazi natančnega načrtovanja smo se odpovedali profilu P-4/99

(slika 1) v prid še enemu prečnemu profilu (profil P-3/99), za katerega smo ocenili, da bo prispeval boljše podatke. Profil P-4/99 je namreč zaradi naseljenosti in komunikacij izvedbeno zelo zahteven in bi bilo treba na nekaterih odsekih uporabiti neeksploziven vir (npr. pospešeno pada-jočo utež). Obenem pa je ta profil zahteven tudi za obdelavo podatkov in njihovo interpretacijo, ker poteka v vzdolžni smeri na območju, kjer podlaga strmo vpada proti jugu. Pozneje smo se odločili, da zaprosimo za dodatnih 200.000 evrov. To bi omogočilo podaljšanje treh profilov na skupno dolžino 41 km in dodatno izmero profila P-4/99 v dolžini 11 km. Želeli smo namreč, da območje severno od JE Krško ne bi ostalo neraziskano. Evropska komisija do septembra 1999 dodatnih sredstev še ni odobrila, zato je bilo podaljšanje treh profilov financirano iz domačih sredstev, izvedba profila P-4/99 pa je začasno preložena.

Terenske meritve vzdolž profilov P-1/99, P-2 /99 in P-3/99 so bile opravljene v šestih tednih med koncem marca in sredino maja 1999. Takojšnja preliminarna obdelava je omogočala sprotno kontrolo kakovosti podatkov in po potrebi prilagajanje snemalnih parametrov. Pri meritvah je bila uporabljena telemetrična oprema vredna več kot 400.000 ameriških dolarjev. Vključuje 120-kanalni seizmograf Sercel 348 in več kot 2000 geofonov. Najdražje pa je bilo vrtnanje okoli 650 strelnih vrtin, globokih 5 do 8 m, ki so ga opravile tri vrtalne ekipe. Pri meritvah je stalno sodelovalo 25 do 35 ljudi. Prvi rezultati kažejo na zelo kakovostne seizmične profile, ki bodo omogočili podrobno strukturno interpretacijo. Visokoresolucijski profili v skupni dolžini 4 km bodo izmerjeni na izbranih odsekih po interpretaciji vseh regionalnih profilov v novembru in decembru 1999.

Sklep

Refleksijske seizmične raziskave bodo omogočile izboljšavo strukturno-tektonskega modela Krške kotline, kar pa je le prvi bistven korak h končnemu seizmotektonskemu modelu, ki bo podlaga za ponovno oceno varnosti lokacije JE Krško. Drug korak je natančnejše lociranje žarišč potresov, ki ga lahko dosežemo le s postavitvijo lokalne mreže potresnih opazovalnic. Za zagotovitev sredstev za njeno vzpostavitev poteka veliko dejavnosti. Ker to ni državno opazovanje (monitoring), ki je v pristojnosti Uprave RS za geofiziko, ampak t. i. obratovno opazovanje, je treba zagotoviti sredstva tudi zunaj državnega proračuna. Vzporedno potekajo še druge geološke in seizmološke raziskave, med katerimi omenimo paleoseizmološke raziskave, t. j. raziskave strukturnih deformacij kvartarnih sedimentov, v katerih je zapis o morebitni mlajši potresni aktivnosti.

Literatura

1. Gosar, A., 1995. Some experiences with suppression of coherent noise in reflection seismics. Rudarsko-metalurški zbornik, 42/3-4, 95-107
2. Gosar, A., 1996. Nuclear power plant site study for assessment of earthquake hazard by seismic reflection method. 2nd Meeting on Environ. and Eng. Geophysics, EEGS, Nantes, 326-329
3. Gosar, A. 1998: Seismic-reflection surveys of the Krško basin structure: Implications for earthquake hazard at the Krško nuclear power plant, southeast Slovenia. Journal of Applied Geophysics, 39, 131-153
4. Gosar, A., Poljak, M. 1998: Z refleksijsko seizmiko odkrivamo strukturno-tektonsko zgradbo Krške kotline. Delo – priloga Znanost, 13. maj, 1998
5. Gürpınar, A., 1997. A review of seismic safety considerations in the life cycle of critical facilities. Journ. of Earthq. Eng., 1/1, 57-76
6. IAEA, 1991. Earthquakes and associated topics in relation to nuclear power plant siting – a safety guide. International Atomic Energy Agency, safety series No. 50-SG-S1, Vienna, 55 pp.
7. IKPIR, 1994. Probabilistic assessment of seismic hazard at Krško nuclear power plant, Revision 1. Technical report, Univ. of Ljubljana, Ljubljana, 233 pp
8. Kuščer, D., 1993. Neotektonika Krške kotline. Uprava RS za jedrsko varnost, Ljubljana, 12 str.
9. Lukacs, E., Fajfar, P., Kogovšek, B., Petrovski, D., Placer, L., Pleničar, M., Prelogović, E., Ravnik, D., Ribarič, V. and Vidic, F., 1992. Analiza naravnih danosti lokacije in uporabljenih seizmičnih parametrov NE Krško. Rudarsko-metalurški zbornik, 39/3-4, 313-331
10. Poljak, M., Živčić, M., 1995. Tectonics and seismicity of the Krško basin. First Croatian Geological Congress, Institute of Geology, Zagreb, Croatia, 475-479
11. Poljak, M., Verbič, T., Gosar, A., Živčić, M. and Ribičič, M., 1996. Neotektonske raziskave na območju JE Krško. IGGG, Ljubljana, 70 str.
12. Sherrif, R. E., Geldart, L. P., 1995. Exploration seismology. Cambridge University Press, Cambridge, 592 pp
13. Steeples, D. W., Miller, R. D., 1990. Seismic reflection methods applied to engineering, environmental, and groundwater problems. In: Ward, S. H. (Editor), Geotechnical and environmental geophysics 1: review and tutorial. Series: Investigations in geophysics, 5. SEG, Tulsa, 1-30
14. US NRC, 1995: Identification and characterization of seismic sources and determination of safe shutdown earthquake ground motion. US Nuclear Regulatory Commission, draft regulatory guide DG – 1032, Washington, 71 pp
15. Williams, R. A., Odum, J. K., Pratt, T. L., Shedlock, K. M. and Stephenson, W. J., 1995. Seismic surveys assess earthquake hazard in the New Madrid area. The Leading Edge, 14/1, 30-34