

ACTA CARSOLOGICA	34/3	2	566-581	LJUBLJANA 2005
------------------	------	---	---------	----------------

COBISS: 1.01

TEKTONSKE ZANIMIVOSTI PIVŠKE KOTLINE
TECTONIC SIGHTS OF THE PIVKA BASIN

STANKA ŠEBELA¹

¹Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Titov trg 2, SI-6230 Postojna, Slovenija
e-mail: sebela@zrc-sazu.si

Prejeto/received: 1. 8. 2005

Izvleček

UDK: 551.243.4:556.538(497.4 Pivka)

Stanka Šebela: Tektonske zanimivosti Pivške kotline

Čez Pivško kotlino poteka pomemben regionalni nariv, nariv Snežnika, ki loči Snežniško narivno grudo od paravtohtona Komenske narivne grude. Tektonsko okno pri Knežaku je dokaz starejših narivnih deformacij. Pokrajina je prerezana s številnimi mlajšimi prelomi, od katerih so najpomembnejši Raški, Predjamski in Selški prelom. Pokrajina Zgornje Pivke je tektonsko precej aktivna, kar kažejo potresi v zadnjih letih. Kot najbolj potencialni aktivni prelom se kaže Raški prelom oziroma kakšen od spremljajočih prelomov severno od Raškega preloma, npr. Šembijski prelom in morda tudi Selški prelom. Kraška presihajoča jezera Zgornje Pivke so razvita v zgornjekrednih apnencih in so od nariva Snežnika oddaljena 0,5-4 km proti SV. Večina jezer je oblikovana ob Selškem prelomu.

Ključne besede: tektonika, potresi, kraška presihajoča jezera, Pivka, Slovenija.

Abstract

UDC: 551.243.4:556.538(497.4 Pivka)

Stanka Šebela: Tectonic sights of the Pivka basin

The important regional thrust called Snežnik thrust, that divides the Snežnik thrust sheet from the parautochthon of the Komen thrust sheet, runs through the Pivka basin. A tectonic window near Knežak is proof of older thrusting deformations. The landscape is cut by numerous younger faults among which the most important are Raša, Predjama and Selce faults. The area of Upper Pivka is tectonically quite active, which is shown by earthquakes in recent years. It looks as if the most active is the Raša fault or one of its northern parallel faults, for example Šembije fault or maybe Selce fault. Karst intermittent lakes of Upper Pivka are developed in Upper Cretaceous limestones. The lakes are situated 0.5-4.0 km NE from the Snežnik thrust. Most of the lakes are situated along the Selce fault.

Key words: tectonics, earthquakes, karst intermittent lakes, Pivka, Slovenia.

UVOD

Porečje Pivke delimo na Zgornjo in Spodnjo Pivko. Zgornja Pivka zajema pokrajino južno od Prestranka (Slika 1) in je v prevladujoči meri zgrajena iz karbonatnih kamnin. Za ta predel je značilen kraški vodni režim, in sicer podzemeljski in površinski. Spodnja Pivka se razprostira severno od Prestranka in v pretežni meri zajema flišne kamnine.

Pokrajino reke Pivke so z geološkega stališča raziskovali Stache (1859), Pleničar (1959), Buser *et al.* (1967), Pleničar (1970), Gospodarič *et al.* (1970), Šikić *et al.* (1972), Šikić & Pleničar (1975), Habič (1975), Buser (1976), Pavlovec & Pleničar (1980), Placer (1981), Gospodarič &

INTRODUCTION

The Pivka river basin is divided into Upper and Lower Pivka. The area south from Prestranek (Figure 1) belongs to the Upper Pivka. It is mostly of carbonate rocks with karstic water flow (underground and surficial). Lower Pivka is situated north from Prestranek and consists mostly of flysch.

The region of the river Pivka was studied from the geological point of view by Stache (1859), Pleničar (1959), Buser *et al.* (1967), Pleničar (1970), Gospodarič *et al.* (1970), Šikić *et al.* (1972), Šikić & Pleničar (1975), Habič (1975), Buser (1976), Pavlovec & Pleničar (1980), Placer (1981), Gospodarič & Habič

Habič (1984, 1985a, 1985b), Gospodarič (1985, 1989), Kranjc (1985), Rižnar (1997), Ravbar & Šebela (2004).

V okviru tektonskih raziskav JZ Slovenije sta pokrajino ob reki Pivki analizirala tudi Placer (1981, 1999) in Poljak (2000), Spodnjo Pivko pa Janež *et al.* (1997).

Pivška kotlina je izredno zanimiva ne samo zaradi kraških presihajočih jezer ter kraške hidrologije, ampak tudi zaradi zanimive geološke zgradbe. V tem delu poteka pomemben regionalni nariv, ki ga Poljak (2000) imenuje nariv Snežnika, ki med seboj loči dve pomembni tektonski enoti. Severnejša Snežniška narivna gruda je narinjena na paravtohton Komenske narivne grude (Placer 1981). Po Placerju (1999) omenjeni nariv lahko sledimo nekoliko južno od Gemone v Italiji, čez Vipavsko dolino, kot nariv Snežnika ter SV od Reke na Hrvaškem, to je na dolžini vsaj 160 km. Za Pivško kotlino in področje Snežnika je značilna zmerna tektonska aktivnost, ki se kaže v zgodovinskih in recentnih potresih. Geoloških in kraških zanimivosti v Pivški kotlini torej ne manjka.

TEKTONSKE ZNAČILNOSTI

Večina ozemlja današnje Slovenije pripada Jadranski mikroplošči (Anderson & Jackson 1987). Alpska orogenetska veriga je rezultat konvergence med Afriško in Evrazijsko ploščo.

Jadranska mikroplošča je v veliki meri podrinjena pod Jadransko morje in prekrita z debelo plastjo mladih nesprijetih sedimentov, kot je primer v Padski nižini. Geološke, seizmične in seizmično tomografske raziskave dokazujejo veliko verjetnost, da se V, Z in S robovi Jadranske mikroplošče podrivajo in ustvarjajo predgorje okoliškim deformiranim conam. Jadranska mikroplošča se verjetno počasi premika glede na sosednjo Evrazijsko ploščo (Weber *et al.* 2004a).

(1984, 1985a, 1985b), Gospodarič (1985, 1989), Kranjc (1985), Rižnar (1997), Ravbar & Šebela (2004).

In the studies of SW Slovenia the region of the river Pivka was analyzed by Placer (1981, 1999) and Poljak (2000), and the Lower Pivka by Janež *et al.* (1997).

The Pivka basin is a very interesting region, not only due to the intermittent karst lakes and karst hydrology but also due to its interesting geological structure. In this area runs an important regional fault that divides two tectonic units and is, according to Poljak (2000), called Snežnik thrust. The northern Snežnik thrust sheet is thrust over the parautochthon of the Komen thrust sheet (Placer 1981). According to Placer (1999) the thrust can be tracked south from Gemona in Italy, through the Vipava valley, as the Snežnik thrust and NE from Rijeka in Croatia, which represents a total length of 160 km. For Pivka basin and for Snežnik region the moderate tectonic activity is characteristic of what can be seen in historical and recent earthquakes. There are plenty of geological and karstological characteristics in Pivka basin.

TECTONIC CHARACTERISTICS

The biggest part of Slovenia belongs to the Adriatic (Adria) microplate (Anderson & Jackson 1987). The Alpine orogenetic belt is a result of convergence between African and Eurasian plates.

The Adria microplate is mostly submerged beneath the Adriatic Sea and is covered by thick layers of young unconsolidated sediments in the river Po basin (Italy). Geologic, seismic and seismic-tomography researches show the probability that the E, W and N edges of the Adria microplate are underthrusting and forming the foreland to these surrounding deforming zones. The Adria microplate is probably moving slowly regarding the neighboring Eurasian plate (Weber *et al.* 2004a).

Glavni aseizmični izdanek Jadranske mikroplošče je Istrski polotok Slovenije in Hrvaške. Na podlagi GPS meritev opazujemo v zahodni Sloveniji očitne in ostre (nekaj mm/leto) desne (\pm transpresivne) gradiente vzdolž Savskega preloma in Periadriatske prelomne cone, kar nakazuje, da je bočno izrivanje v SV Alpah še vedno aktivno, saj ga povzroča rotacija Jadranske mikroplošče v nasprotni smeri urinega kazalca (Weber *et al.* 2004b).

V SV Italiji je maksimalna kompresijska napetost v smeri SZ-JV, medtem ko je še nekoliko vzhodnjeje v smeri S-J. Današnja kompresija v smeri S-J je aktivna v »notranjem klinu«, ki je tudi najbolj seizmičen. Obratno je območje kompresije v smeri SZ-JV značilno za »zunanjji klin« (Bressan *et al.* 1998).

JV Slovenija pripada Zunanjim Dinaridom (Placer 1999). Njihova glavna strukturna značilnost so prelomi dinarske smeri in narivanje proti jugozahodu.

Pivška kotlina (Slika 1) je del Snežniške narivne grude na severu in Komenske narivne grude na jugu (Placer, 1981). Meja med obema narivnima grudama poteka po Rakuliškem narivu in se nadaljuje v Snežniški nariv V od Ilirske Bistrice (Slika 1). Poljak (2000) imenuje ta prelom "nariv Snežnika". Po Placerju (1981) je Snežniška narivna gruda del alohtona, Komenska narivna gruda pa del paravtohtona.

Po Gospodariču (1989) predstavlja hrib Sovič pri Postojni proti JZ prevrnjeno antiklinalo iz zgornjekrednih in paleocenskih plasti, ki je narinjena na eocenski fliš. Placer (1994/95) ugotavlja, da je zgradba Soviča skupaj z zaledjem po strukturi ponovitev Nanosa in Hrušice ter Trnovskega gozda.

Potek Postojnske antiklinale SZ od Postojne (Slika 1) so določili Gospodarič (1976), Rižnar (1997) in Šebela (1998).

Poleg starejših narivnih prelomov (narivanje v miocenu) zasledimo tudi mlajše neotektonske

Adria's major aseismic outcrop is the Istria peninsula of Slovenia and Croatia. On the bases of GPS measurements in western Slovenia we observe a significant and sharp (few mm/year) dextral (\pm transpressive) gradient along the Sava fault, Periadriatic zone, suggesting that lateral extrusion in the NE Alps is still active and being driven by ccw rotation of Adria (Weber *et al.* 2004b).

In NE Italy the maximum compressional stress is NW-SE oriented, while in the eastern part it is N-S oriented. The present compression in the N-S direction is active in the »inner wedge«, which is also the most seismic. In contrast, the area of compression in NW-SE direction is typical for the »outer wedge« (Bressan *et al.* 1998).

SW Slovenia belongs to the External Dinarides (Placer 1999). Their main structural characteristic is dinaric-oriented faults and thrusting towards SW.

The Pivka basin (Figure 1) is part of the Snežnik thrust sheet on the north and the Komen thrust sheet on the south (Placer 1981). The Rakulik thrust is the border between both tectonic units and continues into the Snežnik thrust E from Ilirska Bistrica (Figure 1). Poljak (2000) named the fault "Snežnik thrust". According to Placer (1981) the Snežnik thrust sheet is part of allochthon and Komen thrust sheet belongs to the parautochthon.

According to Gospodarič (1989) the Sovič hill near Postojna represents in the direction towards SW an overturned anticline built of Upper Cretaceous and Paleocene rocks that are thrust over Eocene flysch. Placer (1994/95) stated that the structure of Sovič hill with its surroundings is structurally a repetition of the structure of the Nanos, Hrušica and Trnovski gozd mountains.

The position of the Postojna anticline, NW from Postojna (Figure 1) was determined by Gospodarič (1976), Rižnar (1997) and Šebela

prelome. Med njimi sta najpomembnejša Predjamski in Raški prelom (Slika 1). Potek Predjamskega preloma je določil Placer (1994/95). Traso Raškega preloma na Sliki 1 pa smo povzeli po Poljaku (2000). Oba preloma kažeta značilnosti desnega znika. Potek Predjamskega in Raškega preloma se po nekaterih avtorjih (Buser 1976, Buser & Draksler 1993) nekoliko razlikuje od podatkov, ki smo jih upoštevali (Placer 1994/95, Poljak 2000) za izdelavo Slike 1. Na Buserjevi tektonski karti (1976) se na območju med Ilirsko Bistrico in Zabičami od Raškega preloma proti SZ odcepi Šembijski prelom (Slika 1), ki zamika nariv Snežnika. Nadaljevanje Šembijskega preloma proti SZ je na geološki karti list Ilirska Bistrica (Šikić *et al.* 1972) prikazano kot prehod v nariv pri Knežaku. Potek Divaškega preloma smo določili skladno s Poljakovo karto (2000). Pri tem je potrebno poudariti, da je Placer (1981) lego Divaškega preloma v dolini reke Reke določil okrog 1.500 m severneje od Poljaka (2000).

Za Pivško kotlino je pomemben tudi Selški prelom (Slika 1), ki ga je določil Gospodarič (1989). Prelom se iz Prestranškega ravnika nadaljuje proti JV vse do Koritnic in domnevno še naprej proti JV v zahodno pobočje Snežnika. JV od Prestranka je potek Selškega preloma skladno z Gospodaričem (1989) določil tudi Poljak (2000). Večina presihajočih Pivških jezer se nahaja v območju (širine 1,5 km) Selškega preloma (Slika 1).

Gospodarič (1989) je določil tudi Sajeveški prelom. V nasprotju z vzdolžnimi dinarskimi prelomi so prečni prelomi SV-JZ smeri krajši, a zato številnejši. Zgoščeni so posebej v območju Slavine, Selce in Pivke, kjer sečejo narivnico, delijo karbonatne sklade v posamezne bloke in dajejo strukturno zasnovo številnim grapam, ki se stekajo v Pivško kotlino (Gospodarič 1989).

Na raziskanem terenu so najstarejše kamnine dobro plastnati apnenci ter dolomitne in apnene breče (K_{1.2} – spodnja do zgornja kreda), ki jih najdemo na območju Bača, Koritnic in V

(1998).

Besides older thrusting deformations from the Miocene we can detect also younger neotectonic movements. The most important are the Predjama and Raša faults (Figure 1). The location of Predjama fault was determined by Placer (1994/95). The position of Raša fault in Figure 1 was taken from Poljak (2000). Both faults show characteristics of dextral movement. The course of the Predjama and Raša faults suggested by different authors (Buser, 1976, Buser & Draksler, 1993) differs from the data that we used in Figure 1 (Placer 1994/95, Poljak 2000). On the tectonic map of Buser (1976) between Ilirska Bistrica and Zabiče the Šembije fault diverges from the Raša fault (Figure 1) and displaces the Snežnik thrust. On the geological map (Šikić *et al.*, 1972) the continuation of Šembije fault towards NW is shown as a transition into the thrust near Knežak. The course of the Divača fault in Figure 1 is the same as on the map of Poljak (2000). Placer's (1981) position of the Divača fault in the river Reka valley is about 1.500 m more towards the north than Poljak's (2000).

For the Pivka basin the Selce fault (Figure 1) that was determined by Gospodarič (1989) is also very important. The fault runs from Prestranški ravnik towards SE to Koritnice and supposedly further on towards SE into the Snežnik Mountain. In the area SE of Prestranek Gospodarič's (1989) position of Selce fault corresponds with Poljak's (2000) interpretation. Most of the Pivka intermittent lakes are situated within the wider (1.5 km) area of Selce fault (Figure 1).

Sajeveč fault was detected by Gospodarič (1989). Unlike the dinaric fault the cross-dinaric faults (NE-SW) are shorter, but more numerous. They are condensed in the area of Slavina, Selce and Pivka, where they cut the thrust and divide carbonate rocks into the blocks that are responsible for the structural inception of numerous ravines that run into the Pivka basin (Gospodarič, 1989).

od Ilirske Bistrice (Šikić *et al.* 1972). Sledijo zgornjekredni apnenci (prevladujejo sivi rudistni apnenci), ki gradijo Javornike. Na Sliki 1 smo vse kredne litološke člene združili v enotne kredne karbonatne kamnine. Geološka karta list Postojna (Buser *et al.* 1967) SZ od kraja Pivka prikazuje združen danijski in kozinski apnec (K, Pc) in foraminiferni apnec (srednji in zgornji paleocen – spodnji eocen). Na Sliki 1 smo obe enoti združili v paleocenske apnence. Med Snežniškim prelomom in Ilirsko Bistrico najdemo vremske plasti, ki jih uvrščajo V kredo in paleogen (Šikić *et al.* 1972). Ker v naši pregledni geološki karti (Slika 1) podrobne litološke razdelitve nismo upoštevali, smo omenjene sklade uvrstili v kredno obdobje. Iz obdobja eocena imamo flišne laporje, peščenjake in numulitne breče.

Dno Pivške kotline je deloma pokrito z rečnimi sedimenti. Aluvij prekriva tudi dna največjih kraških depresij-presihajočih jezer (Kranjc 1985).

Presihajoča jezera Pivške kotline so razvita v zgornje krednih apnencih.

TEKTONSKO OKNO PRI KNEŽAKU

Med Zagorjem in Knežakom se nahaja tektonsko okno (Stache 1859; Pleničar 1959), kjer flišne kamnine, ki ležijo pod paleogenskim apnencem, izdajajo na površje. Pleničar (1959) je opisal dve tektonski okni, eno se nahaja zahodno od Zagorja, večje tektonsko okno pa je pri Knežaku.

Tektonsko okno pri Knežaku je nastalo zaradi antiklinalnega vzbočenja fliša pri upognitvi roba flišne kadunje nazaj proti JZ. Flišne plasti, ki se kažejo v tektonskem oknu, so torej prevrnjene, kakor tudi vse apnene plasti na stopnji od krednih do eocenskih. Dokaz za nariv apnenca preko fliša navaja Pleničar (1959) v obliki naravnega roba. Kjerkoli je namreč vrezana v ta rob hudourniška grapa ali potočna dolina, ki poteka pravokotno na narivni rob,

In the studied area the oldest rocks are well-stratified limestones and dolomite and limestone breccias (K_{1,2} – Lower to Upper Cretaceous), which can be found around Bač, Koritnice and E from Ilirska Bistrica (Šikić *et al.* 1972). Following these are Upper Cretaceous limestones (predominantly gray rudist limestones) that form the Javorniki Mountains. In Figure 1 all Cretaceous lithological units are united into one Cretaceous unit. The geological map (Buser *et al.*, 1967) in the area NW from the town of Pivka showed the united Danian and Kozinian limestone (K, Pc) and foraminiferous limestone (Middle and Upper Paleocene – Lower Eocene). In Figure 1 both lithological units are united into the Paleocene limestone. Between Snežnik fault and Ilirska Bistrica there are the Vreme beds that belong to the period between Cretaceous and Paleogen (Šikić *et al.*, 1972). For Figure 1 we did not consider very detailed lithological subdivision and so we did not separate the Vreme beds from the Cretaceous. From the Eocene period we find flysch marls, sandstones and nummulitid breccias.

The bottom of the Pivka basin is partly covered with river sediments. The alluvium covers also the bottoms of bigger karst depressions-intermittent lakes (Kranjc 1985).

The intermittent lakes of Pivka basin are developed in Upper Cretaceous limestone.

TECTONIC WINDOW NEAR KNEŽAK

Between Zagorje and Knežak there is a tectonic window (Stache 1859; Pleničar 1959), where flysch rocks lying under Paleogene limestone are visible. Pleničar (1959) described two tectonic windows, one situated W from Zagorje, and the bigger one near Knežak.

The tectonic window near Knežak was formed due to the anticlinal folding of flysch, accompanied by folding of the flysch basin edge back towards the SW. Flysch beds that are visible in the tectonic window are overturned

sega v njej fliš daleč navzgor proti SV.

POTRESI

Širše območje Ilirske Bistrice je potresno eno najbolj aktivnih predelov Slovenije. Eden najmočnejših potresov v srednji Evropi (dne 25.1.1348) z žariščem na območju Dobrača in Beljaka je močno prizadel tudi ozemlje današnje Slovenije. Potres je med drugim uničil tudi utrjen grad Novi grad pri Podgradu blizu Ilirske Bistrice (Lapajne 1997).

V Katalogu potresov (Ribarič 1982) smo za obdobje od 2.2.1834 do 3.12.1981 upoštevali 159 potresov, ki smo jih po lokaciji razdelili na tri območja: Postojna z okolico (vključno Javorniki), Pivška kotlina in Ilirska Bistrica (vključno s Snežnikom). Tabela 1 prikazuje vrednosti makroseizmičnih magnitud (Ribarič 1982) glede na datum potresa za tri ločena območja. Najmočnejši potres ($M_m=5.2$) predstavlja tako imenovani Cerkniški potres (januar 1926) z epicentrom v Javornikih. V časopisu *Edinost* (Trst, 8. januar 1926) zasledimo, da so v Postojni čutili nad 50 potresnih sunkov. V Postojnski jami naj bi se zrušil stalagmit, ki je meril skoraj 1 meter v premeru. Na ta podatek v časopisu *Edinost* me je opozorila Ina Cecić (Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo), za kar se ji najlepše zahvaljujem.

Drugi najmočnejši potres predstavlja potres na območju Ilirske Bistrice in Snežnika dne 31.1.1956 z magnitudo $M_m=5.1$ in globino hipocentra 7 km. V obdobju od 2.2.1834 do 3.12.1981 je bil v Pivški kotlini najmočnejši potres lociran v dolini Pivke (Pivka-Postojna) dne 22.10.1900 z magnitudo ($M_m=4.5$) (Ribarič 1982). Glede na Tabelo 1 vidimo, da so potresi v Pivški kotlini in na območju Ilirske Bistrice precej pogosti.

Po podatkih Agencije Republike Slovenije za okolje (Cecić & Jesenko 2002-2005) smo za Postojno z okolico (vključno Javorniki),

as well as also all carbonate beds from Lower Cretaceous to Eocene. The evidence for the thrust of the limestone over the flysch can be found in the shape of the thrust edge (Pleničar 1959). Everywhere the ravine or stream valley is perpendicularly cut into the thrust edge, the flysch extends far upwards towards the NE.

EARTHQUAKES

The wider area of Ilirska Bistrica is seismically one of the most active parts of Slovenia. One of the strongest earthquakes in middle Europe (January 25, 1348), with hypocenter in the area of Dobrač and Beljak, strongly influenced the area of Slovenia. Among others the earthquake destroyed the Novi grad castle near Podgrad close to Ilirska Bistrica (Lapajne 1997).

In the Catalogue of earthquakes (Ribarič 1982) 159 earthquakes were selected for the period of February 2, 1834 until December 3, 1981. The earthquakes were divided, regarding the locations, into three areas: Postojna with surroundings (including Javorniki mountains), Pivka basin and Ilirska Bistrica (including Snežnik mountains). Table 1 represents the values of macroseismic magnitudes (Ribarič 1982) regarding the earthquake dates for these three areas. The strongest earthquake ($M_m=5.2$) is so-called Cerknica earthquake (January 1926) with epicenter in Javorniki Mountains. In the *Edinost* newspaper (Trieste, January 8, 1926) we read that in Postojna more than 50 earthquakes were felt. In Postojnska jama the stalagmite measuring almost 1 m in diameter collapsed. I am grateful to Mrs. Ina Cecić (Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo) for showing me the article in *Edinost*.

The second strong earthquake in the region of Ilirska Bistrica and Snežnik occurred on January 31, 1956 with the magnitude $M_m=5.1$ and at a depth of 7 km. In the period between February 2, 1834 and December 3, 1981 the

Pivško kotlino in Ilirsko Bistrico (vključno s Snežnikom) zbrali podatke potresov od 7.4.2002 do 24.4.2005. V Tabeli 2 smo prikazali 97 potresov glede na vrednosti lokalnih magnitud (ML), ki so večje ali enake 1.0, kot tudi globine njihovih žarišč v kilometrih. V tem obdobju so trije najmočnejši potresi locirani v Pivški kotlini. Dne 2.6.2002 je bilo na območju vasi Zagorje in Bač več potresov. Najmočnejši je imel lokalno magnitudo $ML=3.8$ in žarišče na globini 10 km. Dne 24.4.2005 je bil potres ($ML=3.8$) z žariščem na globini 10 km v Koritnicah. Dne 2.12.2003 je bil potres ($ML=3.0$) z žariščem na globini 9 km na Baču. Glede na Tabelo 2 močno prevladujejo potresi v Pivški kotlini, in sicer je bilo največ žarišč na območju vasi Zagorje in Bač (12 žarišč), potem pa sledijo Knežak (10), Koritnice (8), Pivka (6) in Petelinje (5). V obdobju od 7.4.2002 do 24.4.2005 pa sta bila 1 ali 2 potresa locirana tudi v Šembijah, Jurščah, v Matenji vasi, v Palčjah, Drskovčah, Radohovi vasi in v Prestranku. Povprečna globina žarišč je 7-16 km.

RAZPRAVA

Za Zunanje Dinaride, kamor prištevamo Pivško kotlino, je značilna zmerna zgodovinska in recentna seizmičnost. Relociranje žarišč potresov, ki so nastali v zadnjih desetih letih, je pokazalo, da so njihova žarišča razporejena predvsem vzdolž Raškega in Idrijskega preloma (Michelini *et al.* 1998). Žariščni mehanizmi večine potresov kažejo na desnozmične prelome (Poljak *et al.* 2000).

Kljub precejšnji seizmični aktivnosti Pivške kotline pa nimamo dobrih dokazov, kateri prelomi so seizmično aktivni. Potencialno aktivna sta poleg Raškega preloma verjetno Šembijski in Selški prelom (Slika 1). O možni tektonski aktivnosti nariva Snežnika nismo zasledili podatkov.

Čeprav je struga Pivke na več mestih umetno preoblikovana, pa je verjetno njen okljuk med Pivko in Trnjem naraven. Prav po južnem

strongest earthquake in the Pivka basin was located between Pivka and Postojna on October 22, 1900 with magnitude $M_m=4.5$ (Ribarič 1982). From Table 1 we can see that the earthquakes in Pivka basin and in the region of Ilirska Bistrica are rather frequent.

From the data of Agencija Republike Slovenije za okolje (Cecić & Jesenko 2002-2005) we studied also the more recent earthquakes from the period of April 7, 2002 until April 24, 2005 for the three regions mentioned above (Postojna with surroundings (including Javorniki mountains), Pivka basin and Ilirska Bistrica (including Snežnik mountains)). Table 2 shows 97 earthquakes with local magnitudes (ML) higher than or equal to 1.0, and also the hypocenter depths in km. Within the studied period the three strongest earthquakes were located in the Pivka basin. On June 2, 2002 more earthquakes were felt in the area of Zagorje and Bač. The strongest had the local magnitude of $ML=3.8$ with the depth of 10 km. On April 24, 2005 the earthquake ($ML=3.8$) on a depth of 10 km occurred in Koritnice. On December 2, 2003 the earthquake ($ML=3.0$) on the depth of 9 km was felt in Bač. The data collected in the Table 2 show that the earthquakes in Pivka basin are common. Most hypocenters were in the region of Zagorje and Bač (12), being followed by Knežak (10), Koritnice (8), Pivka (6) and Petelinje (5). In the period between April 7, 2002 and April 24, 2005 one or two earthquakes were felt also in Šembije, Juršče, Matenja vas, Palčje, Drskovče, Radohova vas and in Prestranek. The mean depth of the earthquakes was 7-16 km.

DISCUSSION

For the External Dinarids, of which Pivka basin is part, moderate historical and recent seismicity is characteristic. The relocation of the earthquake hypocenters that occurred within the last 10 years showed that the hypocenters were mostly arranged along Raša and Idrija faults (Michelini *et al.* 1998). Focal mechanisms of the most earthquakes suggest dextral movements

delu okljuka Pivke poteka prečno-dinarski prelom (Gospodarič & Habič 1985a, 1989), katerega širši potek je Poljak (2000) določil od Raškega preloma na SZ, preko okljuka Pivke do jugozahodnega pobočja Sv. Trojice (Slika 1). Ob tej prelomni coni se nahajajo tudi Trnski izviri pri Trnjah. Omenjena prečno-dinarska prelomna cona ustvarja na južnem pobočju Sv. Trojice dobro izraženo morfološko zajedo.

Vsa presihajoča Pivška jezera so razvita v zgornjekrednem apnencu. Radohovsko jezero se nahaja v neposredni bližini kontakta med zgornjekrednim apnencem in eocenskim flišem (Gospodarič & Habič 1985a). Šembijško jezero, ki je najjužnejše, je razvito v neposredni bližini Šembijskega preloma. Jezera, kot so Veliki dol, Veliko Zagorsko jezero, Veliko in Malo Drskovško jezero in Parsko jezero so razporejena neposredno v notranji prelomni coni Selškega preloma. Kalsko, Bačko, Kljunov ribnik, Malo Zagorsko jezero, Radohovsko jezero in Klenski dol pa se nahajajo v razdalji do 1.500 m severno ali južno od Selškega preloma. Palško in Petelinjsko jezero ter Krajnikov dol in Jeredovce so od Selškega preloma oddaljeni že 2-4 km proti SV.

Pleničar (1956) meni, da zaradi tektonskih razmer (nariv apnenca preko fliša v obliki narivnega roba) Pivka, ki izvira pri Zagorju, teče proti severu in ne proti jugu. Če ne bi bilo flišne zapore, ki je nastala pri gubanju in narivanju, bi voda v celoti odtekla v reško flišno kadunjo.

Poleg Raškega preloma je od pomembnejših regionalnih prelomov v severnem delu Pivške kotline najbolj izrazit tudi Predjamski prelom. Opazovanja aktivnih tektonskih premikov v širši coni Predjamskega preloma (Šebela *et al.* 2005) kažejo na horizontalne zmiike velikosti vsaj 0,05 mm v obdobju enega leta. Glede na žarišča aktivnih potresov (Tabela 2) je območje Predjamskega preloma manj tektonsko aktivno kot širše območje Raškega preloma. Iz tega bi lahko sklepali, da bi opazovanja prelomne cone Raškega preloma lahko pokazala tektonske premike večje kot v coni Predjamskega preloma,

(Poljak *et al.* 2000).

In spite of considerable seismic activity in the Pivka basin we do not have good evidence for which faults are seismically active. Potentially active faults are, besides Raša fault, probably also Šembije and Selce faults (Figure 1). About the possibly tectonically active Snežnik thrust we have no information.

Although the Pivka riverbed is artificially reshaped in different places, the river bend between the town of Pivka and Trnje is probably natural. Along the southern bend of the river Pivka runs the cross-dinaric oriented fault (Gospodarič & Habič 1985a, 1989). Poljak (2000) determined its wider position from the Raša fault towards the NE crossing the Pivka river bend and continuing into the SW slope of Sv. Trojica (Figure 1). Along this fault zone the Trnje springs are situated. The same fault zone is responsible for the well-expressed morphological depression on the southern slope of Sv. Trojica.

All Pivka intermittent lakes are developed in Upper Cretaceous limestone. Radohovsko jezero is situated in the vicinity of the contact between Upper Cretaceous and Eocene flysch (Gospodarič & Habič 1985a). The most southern intermittent lake Šembijško jezero is developed close to Šembije fault. The lakes as Veliki dol, Veliko Zagorsko jezero, Veliko and Malo Drskovško jezero and Parsko jezero are grouped inside the inner fault zone of the Selce fault. The lakes Kalsko, Bačko, Kljunov ribnik, Malo Zagorsko jezero, Radohovsko jezero and Klenski dol are 1.500 m distant from the Selce fault in the direction towards north or south. Palško, Petelinjsko jezero, Krajnikov dol and Jeredovce are 2-4 km distant from the Selce fault in the direction towards NE.

Pleničar (1959) stated that due to the tectonic situation (thrust of the limestone over flysch in the shape of the thrust edge) the Pivka that resurges near Zagorje flows towards the north and not the south. The water would flow directly into the Reka flysch if the flysch barrage

torej večje od 0,05 mm v obdobju enega leta.

ZAKLJUČKI

Ob izrazu “kraško presihajoče jezero” najprej pomislimo na kraško polje. V primeru pivških kraških presihajočih jezer gre za kraške depresije, ki niso kraška polja, ki pa so občasno zapolnjena z vodo (Ravbar & Šebela 2004). Habič (1968, 1975) jih imenuje kraške depresije ali uvale. Gams (2004) opisuje obdobjno ojezerene uvale ali razširjene doline, ki so posebni ekotopi s pretežno mokrim dnom, temu primerno vegetacijo in živalstvom. Plitve uvale z ravnim dnom so občasno zapolnjene z vodo. Ali je Zgornja Pivka lahko definirana kot kraško polje ali le kot kraška depresija, pa je že predmet nove razprave.

Kraška presihajoča jezera Zgornje Pivke so razvita v zgornjekrednih apnencih in so od nariva Snežnika (Poljak 2000) oddaljena 0,5-4 km proti SV. Večina jezer je oblikovana ob Selškem prelomu (Slika 1). Jeredovce, Krajnikov dol, Petelinjsko in Palško jezero so od Selškega preloma oddaljeni okrog 2-4 km proti SV.

Pokrajina Zgornje Pivke je tektonsko precej aktivna, kar kažejo potresi v zadnjih letih (Tabela 2). Kot najbolj potencialni aktivni prelom se kaže Raški prelom oziroma kakšen od spremljajočih prelomov severno od Raškega preloma, npr. Šembijski prelom in morda tudi Selški prelom.

developed due to the folding and thrusting did not exist.

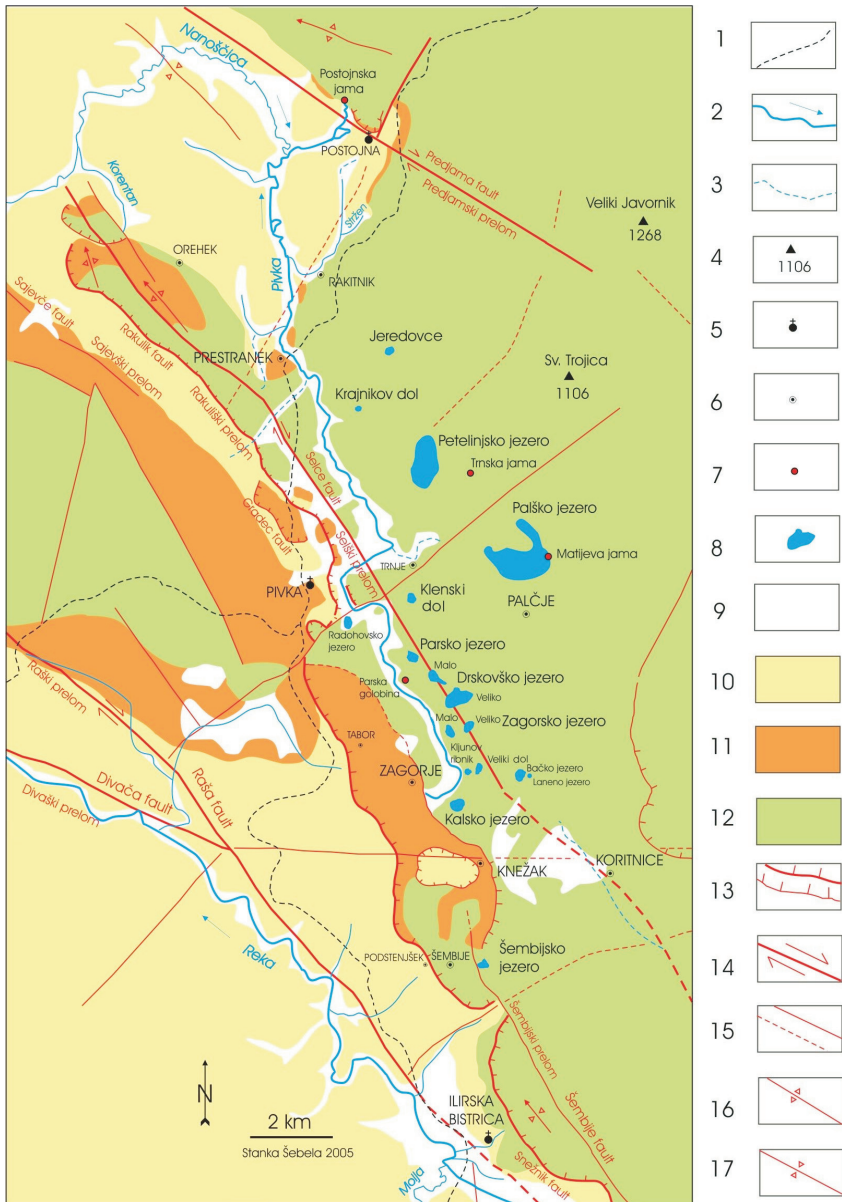
Besides the Raša fault the other regionally important fault in the northern part of the Pivka basin is the Predjama fault. The monitoring of active tectonic movements in the wider fault zone of Predjama fault (Šebela *et al.* 2005) suggests horizontal movements of not more than 0.05 mm per year. With regard to the locations of the active earthquakes (Table 2), the area of Predjama fault is less tectonically active than the wider zone of Raša fault. This suggests that the eventual monitoring of the Raša fault zone could demonstrate higher tectonic movements as on the Predjama fault zone, and thus movements bigger than 0.05 mm per year.

CONCLUSIONS

The term “karst intermittent lake” immediately points us to the karst polje. In the case of the Pivka intermittent lakes we deal with karst depressions that are not karst poljes, but are occasionally filled with water (Ravbar & Šebela 2004). Habič (1968, 1975) called them karst depressions or uvalas. Gams (2004) described periodically flooded uvalas or widened valleys that are special ecotops with predominantly wet bottoms, with special vegetation and fauna. Shallow uvalas with flat bottoms are periodically filled with water. The question whether the Upper Pivka is a karst polje or a karst depression is already the subject of a new discussion.

The intermittent karst lakes of Upper Pivka are developed in Upper Cretaceous limestones and are 0.5-4 km distant from the Snežnik thrust (Poljak 2000) in the direction towards the NE. Most of the lakes are developed along Selce fault (Figure 1). Jeredovce, Krajnikov dol, Petelinjsko and Palško jezero are 2-4 km distant from the Selce fault in the direction towards the NE.

The Upper Pivka landscape is tectonically quite active, which is shown by the earthquakes in recent years (Table 2). As the most potentially active fault, Raša fault or one of its accompanying northern faults Šembije or Selce faults is suggested.



Slika 1: Geološka karta Pivške kotline s presihajočimi jezeri, sestavila S. Šebela (po Pleničar 1959, Buser *et al.* 1967, Pleničar 1970, Gospodarič *et al.* 1970, Šikić

Figure 1. Geological map of Pivka basin with intermittent lakes, compiled by S. Šebela (after Pleničar 1959, Buser *et al.* 1967, Pleničar 1970,

et al. 1972, Buser 1976, Placer 1981 and 1994/95, Gospodarič & Habič 1985a and b, Gospodarič 1989, Rižnar 1997, Poljak 2000, Petrič & Šebela 2004, Ravbar & Šebela 2004).

1-železnica, 2-reka s smerjo toka, 3-občasni tok vode, 4-hrib z nadmorsko višino, 5-mesto, 6-manjši kraj, 7-kraška jama, 8-presihajoče jezero, 9-aluvij (kvartar), 10-fliš (eocen), 11-apnenec (paleogen), 12-prevladujoči apnenec (kreda), 13-nariv: močnejši in šibkejši, 14-desni zmik ob horizontalnem prelomu, 15-prelom: ugotovljen in pokrit, 16-antiklinala, 17-sinklinala.

Gospodarič *et al.* 1970, Šikić *et al.* 1972, Buser 1976, Placer 1981 and 1994/95, Gospodarič & Habič 1985a and b, Gospodarič 1989, Rižnar 1997, Poljak 2000, Petrič & Šebela 2004, Ravbar & Šebela 2004).

1-railroad, 2-river with flow direction, 3-occasional stream, 4-hill with above sea altitude, 5-town, 6-smaller town, 7-karst cave, 8-intermittent lake, 9-alluvium (Quaternary), 10-flysch (Eocene), 11-limestone (Paleogene), 12-mostly limestone (Cretaceous), 13-thrust fault: stronger and weaker, 14-dextral movement along horizontal fault, 15-fault: established and covered, 16-anticline, 17-syncline.



Slika 2: Narivni rob apnenca pri Podstenjšku na fliš. Severnejša Snežniška narivna gruda je narinjena na paravtohton Komenske narivne grude (Foto: J. Mulec).

Figure 2. Thrust contact of limestone over flysch near Podstenjšek. Northern Snežnik thrust sheet is thrusting over parautochthon of Komen thrust sheet (Photo: J. Mulec).



Tabela 1: Potresi v obdobju od 2.2.1834 do 3.12.1981
M=1-6 (po Ribarič 1982).

Table 1. Earthquakes in the period of February 2, 1834
to December 3, 1981 M=1-6 (after Ribarič 1982).



Tabela 2: Potresi in globine žarišč v obdobju od 7.4.2002 do 24.4.2005 (po Cecić & Jesenko 2002-2005).

Table 2. Earthquakes and hypocenter depths in the period of April 7, 2002 to April 24, 2005 (after Cecić & Jesenko 2002-2005).

LITERATURA - REFERENCES

- Anderson, H. & J. Jackson, 1987: Active tectonics of the Adriatic region.- *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 91, 937-983.
- Anonim, 1926: Iz tržaške pokrajine, Postojna, Sedem dni potresa.- *Edinost*, dne 8.januar 1926, Trst.
- Bressan, G., Snidarcič, A. & C. Venturini, 1998: Present state of tectonic stress of the Friuli area (eastern Southern Alps).- *Tectonophysics*, 292, 211-227.
- Buser, S., Grad, K. & M. Pleničar, 1967: Osnovna geološka karta SFRJ, list Postojna 1:100.000.- Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Buser, S., 1976: Tektonska zgradba južnozahodne Slovenije.- 8. jugoslovanski geološki kongres, 3, 45-58, Ljubljana.
- Buser, S. & V. Draksler, 1993: Geološka karta Slovenije 1:500.000. Mladinska knjiga, Ljubljana.
- Cecić, I. & T. Jesenko, 2002-2005: Potresi v Sloveniji (januar 2002-marec 2005).-Mesečni Bilten Agencije Republike Slovenije za okolje. www.arso.gov.si/
- Gams, I., 2004: Kras v Sloveniji v prostoru in času.- Založba ZRC, 515 p., Ljubljana.
- Gospodarič, R., Habe, F. & P. Habič, 1970: The karst of Orehek and the source of the Korentan.- *Acta carsologica* V/2, 97-108, Ljubljana.
- Gospodarič, R., 1976: Razvoj jam med Pivško kotlino in Planinskim poljem v kvartarju.- *Acta carsologica* VII, 5-135, Ljubljana.
- Gospodarič, R. & P. Habič, 1984: Vodnogospodarske osnove občine Postojna.- Poročilo 1. faze (1983), 1-27 (+priloge), Postojna, Arhiv IZRK ZRC SAZU.
- Gospodarič, R. 1985: Geološke razmere v Postojni.- Ljudje in kraji ob Pivki, 2. knjiga, 145-153, Ljubljana.
- Gospodarič, R. & P. Habič, 1985a: Vodnogospodarske osnove občine Postojna.- Poročilo 2. faze (1984), 1-23 (+ 6 prilog), Postojna, Arhiv IZRK ZRC SAZU.
- Gospodarič, R. & P. Habič, 1985b: Vodnogospodarske osnove občine Postojna.- Poročilo 3. faze, 1-23 (+ 7 prilog), Postojna, Arhiv IZRK ZRC SAZU.
- Gospodarič, R., 1989: Prispevek k vodnogospodarskim osnovam Pivke.- *Acta carsologica* 18, 21-38, Ljubljana.
- Habič, P., 1968: The underground stream of Javorniki and the water supply of Postojna.- *Naše jame* 10, 47-54, Ljubljana.
- Habič, P., 1975: Pivka in njena kraška jezera.- *Ljudje in kraji ob Pivki*, 41-54, Kulturna skupnost Postojna.
- Janež, J., Čar, J., Habič, P. & R. Podobnik, 1997: Vodno bogastvo Visokega Krasa.- *Geologija* d.o.o., 167, Idrija.
- Kogovšek, J., 1999: New knowledge about the underground water drainage in the Northern part of Javorniki Mountains (High Karst).- *Acta carsologica* 28/1, 161-200, Ljubljana.
- Kranjc, A., 1985: Poplavni svet na Pivki.- *Ljudje in kraji ob Pivki*, druga knjiga, 155-172, Kulturna skupnost Postojna.
- Lapajne, J., 1997: 100 let slovenske seizmologije.- *Gea* 10, oktober 1997, VII/6, 1-60, Ljubljana.
- Michelini, A., Živčič, M. & P. Suhadolc, 1998: Simultaneous inversion for velocity structure and hypocenters in Slovenia.- *Journal of Seismology*, 2, 257-265.
- Pavlovec, R. & M. Pleničar, 1980: Geološka zgradba okolice Ilirske Bistrice.- *Bistriški zapisi* 1, 34-43, Ilirska Bistrica.
- Petrič, M. & S. Šebela, 2004: Kartiranje ranljivosti v zaledju izvira Korentan, Slovenija.- *Acta carsologica* 33/2, 151-168, Ljubljana.
- Placer, L., 1981: Geologic structure of southwestern Slovenia.- *Geologija* 24/1, 27-60, Ljubljana.

- Placer, L., 1994/95: O zgradbi Soviča nad Postojno.- *Geologija* 37, 38, 551-560, Ljubljana.
- Placer, L., 1999: Contribution to the macrotectonic subdivision of the border region between Southern Alps and External Dinarides.- *Geologija* 41, 223-255 (1998), Ljubljana.
- Pleničar, M., 1959: Two tectonic windows at Knežaku.- *Geologija* 5, 5-10, Ljubljana.
- Pleničar, M., 1970: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tolmač za list Postojna.- *Zvezni geološki zavod*, 1-62, Beograd.
- Poljak, M., 2000: Strukturno-tektonska karta Slovenije, izdelana po podatkih Osnovne geološke karte SFRJ 1:100.000, Mladinska knjiga tiskarna d.d., Ljubljana.
- Poljak, M., Živčič, M. & P. Zupančič, 2000: The seismotectonic characteristics of Slovenia.- *Pure and Applied Geophysics*, 157, 37-55.
- Ravbar, N. & S. Šebela, 2004: Kraška presihajoča jezera Zgornje Pivke, Slovenija.- *Acta carsologica* 33/1, 159-173, Ljubljana.
- Ribarič, V., 1982: Seizmičnost Slovenije, Katalog potresov (792 n.e.-1981).- 649 p., Seizmološki zavod SR Slovenije, Ljubljana.
- Rižnar, I., 1997: Geologija okolice Postojne.- Magistrsko delo, Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Oddelek za geologijo, 78 str. + 6 prilog, Ljubljana.
- Stache, G., 1859: Die Eocengebiete in Unter-Krain und Istrien.- *Jahrb. D. Geol. R.-A.*, 10, 272-331, Wien.
- Šebela, S., 1998: Tectonic structure of Postojnska jama cave system.- *Založba ZRC* 18, 1-112, Ljubljana.
- Šebela, S., Gosar, A., Košťák, B. & J. Stemberk, 2005: Active tectonic structures in the W part of Slovenia - setting of micro-deformation monitoring net. *Acta geodynamica et geomaterialia*, vol. 2, no. 1, 45-57, Praha.
- Šikić, D., Pleničar, M. & M. Šparica, 1972: Osnovna geološka karta SFRJ, list Ilirska Bistrica 1:100.000.- *Zvezni geološki zavod*, Beograd.
- Šikić, D. & M. Pleničar, 1975: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tumač za list Ilirska Bistrica.-51, Beograd.
- Weber, J., Stopar, B., Vrabec, M. & T. Dixon, 2004a: New GPS (Global Positioning System) data from the Istria peninsula, Slovenia and Croatia, kinematics of the Adria microplate, geologic implications, and some speculations on dynamics.- *Povzetek predavanja na Slovenskem geološkem društvu*, 8. junij 2004, Ljubljana.
- Weber, J., Vrabec, M., Stopar, B. & T. Dixon, 2004b: New GPS constraints on Adria microplate kinematics, dynamics, and rigidity from the Istria peninsula, Slovenia and Croatia.- *Geological Society of America, Abstracts with Programs*, vol. 36, no. 5, p. 53, 2004 Denver Annual Meeting (November 7-10, 2004).