

Šest let CERGOP-a

Centralnoevropski regionalni geodinamični projekt

Florjan Vodopivec¹, Andrej Bilc², Marijan Poljak³, Ladislav Placer³

Povzetek

Članek podaja pregled izvedenih del v Sloveniji v okviru geodinamičnega projekta CERGOP.

Uvod

Študij geodinamičnih procesov je interdisciplinarna dejavnost, ki združuje delo mnogih strokovnjakov s področja geoznanosti. Sodobne merske metode v geodeziji omogočajo mnogo bolj množične in predvsem bolj natančne meritve na velikih območjih. Nekdaj je bila za take meritve na razpolago le triangulacija, ki je zahtevala obsežne in drage meritve, pa kljub temu ni dajala posebno dobrih rezultatov. V sedemdesetih letih prejšnjega stoletja so se uveljavile nove merske metode, tako terestrično merjenje velikih razdalj kot satelitske meritve z uporabo laserjev in interferometrije. V našem prostoru je tovrstne raziskave pričel Marjan Jenko. Raziskoval je možnost ugotavljanja premikov na osnovi primerjave stare in nove triangulacije, kasneje pa je uporabil metodo optoelektronskih meritev razdalj. Pomembno je njegovo sodelovanje v Avstrijsko-Slovenskem projektu »Meritev recentnih premikov v Karavankah«, kjer je uporabil razdaljemer AGA 700. Kasneje se je v merjenje trilateracijskih mrež za določanje premikov vključila tudi Katedra za geodezijo na FGG s preciznima razdaljemeroma ME 3000 in ME 5000.

Nove možnosti natančnega določevanja koordinat je odprla uporaba GPS. Ta sistem je natančnejši od razdaljemerov, mnogo enostavnejši za uporabo, predvsem pa omogoča, da se vključimo v globalne sisteme meritev in izkoristimo tudi to, česar lokalno ne moremo realizirati. V razmeroma kratkem času so GPS-meritve zasenčile vse druge metode. Tako na zahodu kot na vzhodu Evrope so razvili GPS-mreže, pri čemer je posebno opazna vloga prof. Dr. Seegerja, ki je marsikje pomagal pri uveljavitvi nove metode. Prve GPS-mreže so služile predvsem kontroli obstoječih mrež geodetskih točk, pa tudi meddržavnemu povezovanju le-teh, kar je bil prvi korak k oblikovanju globalnih rešitev. Iz teh prizadevanj se je oblikoval geodinamični projekt centralne Evrope, ki so ga zasnovali J. Fejes, J. Sledzinski, H. Seeger, E. Reinhart. Projekt je začel 1994 pod oznako CERGOP.

Projekt CERGOP

Projekt CERGOP je v prvi fazi zajel večino srednjeevropskih držav. Tri države – Avstrija, Italija in Nemčija – so bile članice EU, druge – Hrvaška, Češka, Madžarska, Poljska, Romunija, Slovaška, Slovenija in Ukrajina pa so bile v različnih fazah približevanja EU. Obseg projekta je prikazan na Sliki 1. Slovenija je v projektu sprva

¹ Prof.dr.Florjan Vodopivec, UL Fakulteta za Gradbeništvo in geodezijo, Jamova 2, 1000 Ljubljana

² Andrej Bilc, univ.dipl.inž.geod., 2B geoinformatika d.o.o., Parmova 14, 1000 Ljubljana

³ mag. Marijan Poljak, univ.dipl.inž.geol., Ladislav Placer, univ.dipl.inž.geol. Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana,

sodelovala z eno točko. Tekom treh let izvajanja tega projekta so bile izvedene tri meritve, ki so dale zanimive rezultate. Na podlagi teh je Slovenija kasneje dobila večje število točk. Meritve so se izvajale tudi po uradnem zaključku projekta, prav tako pa so potekale priprave na nov srednjeevropski geodinamični projekt. Razpored točk projekta CERGOP (1) je prikazana Sliki 1.



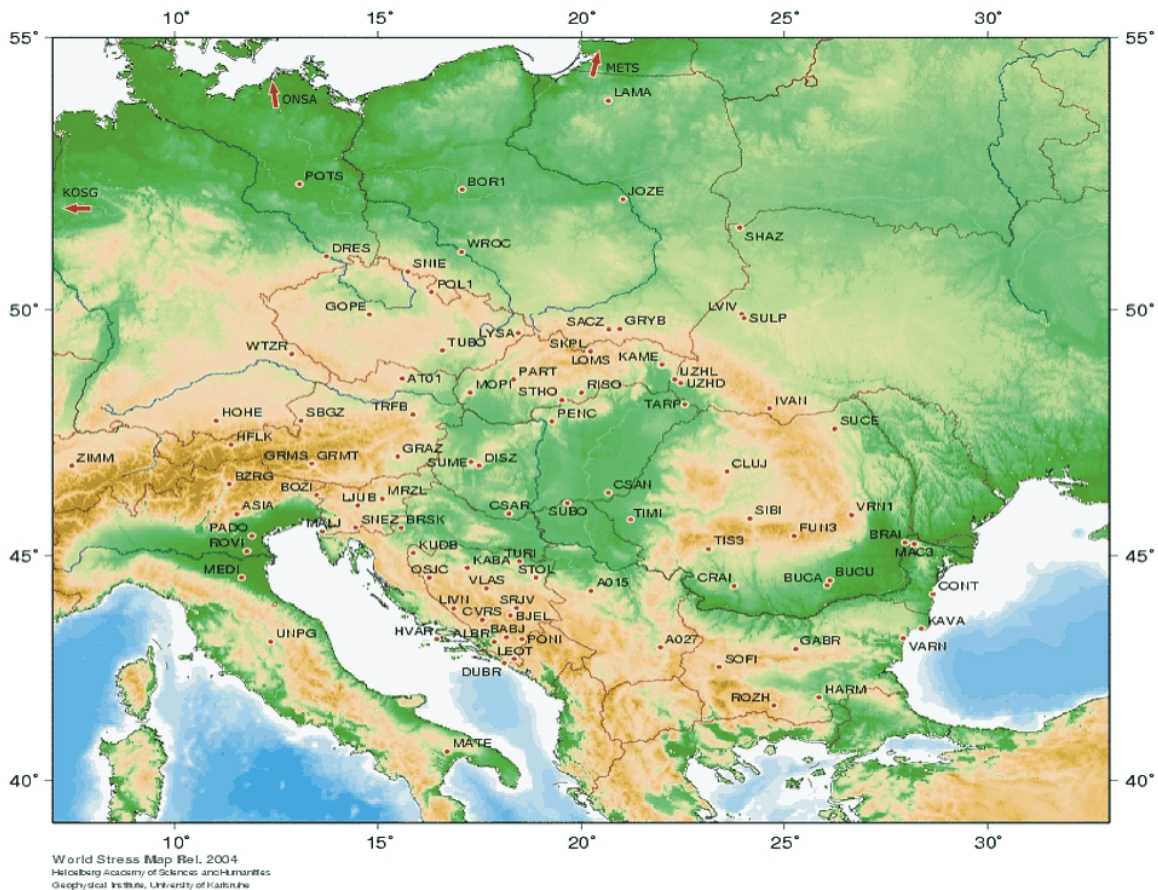
Slika 1- Razpored GPS-točk v projektu CERGOP

Projekt CERGOP 2

Za obdobje 2003 do 2005 je bil sprejet program novega projekta CERGOP-2. Pridružile so se nove države – BiH in Bolgarija, vključenih pa je bilo tudi mnogo novih GPS-točk. Pregled nam daje Slika 2. Projekt ni vseboval zgolj meritve in obdelavo podatkov, temveč tudi vrsto podprojektov, ki so obravnavali probleme meritev in njihovo uporabo, pa tudi vrsto lokalnih geodinamičnih projektov, ki so izkoriščali zbrane podatke. Eden takih je bil tudi projekt »Geodinamika vzhodnega dela Alp in severnega Mediterana« z oznako

W.P.10.1. Nosilka tega projekta je bila Slovenija⁴, sodelovale pa so Italija, Avstrija, Hrvaška in BiH. Organizirali smo vrsto sestankov (Ljubljana, Zagreb, Gradec) in skupno meritev dodatnih GPS-točk. Meritve so trenutno še v obdelavi. Za konec projekta pripravljamo tudi monografijo. Levji delež k realizaciji projekta so prispevali kolegi geologi.

Prav vsi sodelujoči želijo nadaljevati z delom, saj je triletno obdobje prekratko za proučevanje geodinamike. Upamo, da bomo lahko dejavno prispevali k projektu CERGOP-3.



Slika 2 - GPS-točke projekta CERGOP -2 v letu 2005

Meritve v okviru CERGOP v Sloveniji

Slovenija je sodelovala v CERGOP-1 z obdobjimi meritvami na točki LJUB. Te meritve so ponovljene vsako leto od 1994 do 1997. V CERGOP 2 je Slovenija vključena s permanentno postajo GSR1, ki je v projekt integrirana preko EPN, pa tudi s štirimi geodinamičnimi točkami, ki so vključene v periodične – letne oz. dvoletne obdobje meritve. V letu 1999 je vključena tudi točka LEND – Lendavske gorice, ki je sicer državna točka 1. reda, v letu 2001 pa točka TOSK – Toško čelo, ki je državna točka 3. reda in je bila nekaj časa obravnavana kot možna lokacija permanentne GPS-postaje. Ti dve točki v novejših meritvah nista več vključeni.

Pregled meritev v obdobju 1994 do 2005 podaja spodnja Preglednica 1:

⁴ Vodja projekta je prof.dr.Florjan Vodopivec, UL, FGG

Leto	Postaje						
	LJUB	BOZI	LEND	MALI	SNEZ	MRZL	TOSK
CERGOP-1							
1994	1						
1995	1						
1996	1						
1997	1						
1999	1	1	1	1			
2001	1	1		1	1	1	1 (?)

Preglednica 1 – Pregled meritev

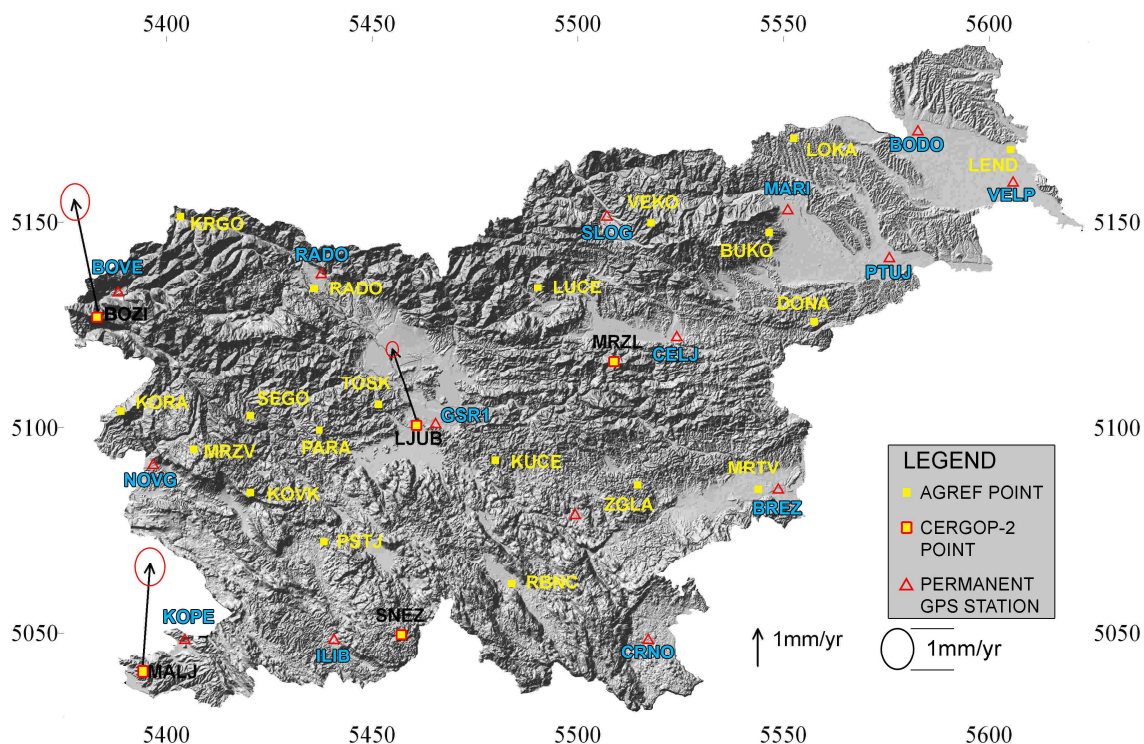
CERGOP-2 je vpeljal nove pristope, predvsem pa je uporabil permanentne GPS-postaje kot osnovo mreže GPS-točk. V Sloveniji je najstarejša permanentna GPS-postaja GSR1 locirana v Ljubljani, delujoča od 1999, v evropsko mrežo permanentnih postaj EUREF pa je vključena od februarja 2000. Zaloga meritev na tej postaji, ki obsega 30-sekundne meritve za celotno obdobje je izjemno dragocena za bodoče študije. V letu 2006 je vključena v meritev, ki je potekala od 19. 05. 2006 ob 0:00 do 21. 05. 2006 ob 23:59. Poleg nje so vključene tudi druge permanentne GPS-postaje v Sloveniji in odprta je možnost, da poleg rešitev za posamezne epohe vključimo tudi permanentno spremljanje vseh teh postaj v okviru srednjeevropske mreže. Predvidevamo, da to ne bi izvedli le kot ponudbo podatkov, temveč bi želeli oblikovati lasten podprojekt, v okviru katerega bi zbirali podatke, jih obdelovali in zagotavljali uporabo pri geodinamičnih študijah. Meritve v letu 2006 moramo v tem konceptu gledati kot ustvarjanje pogojev za tak projekt.

Leto	Postaje						
	LJUB	BOZI	LEND	MALI	SNEZ	MRZL	TOSK
CERGOP-2							
2003	1	1		1	1	1	
2005	1	1		1	1	1	
2006	1			1			

Preglednica 2a - vključenost slovenskih obdobnih GPS-točk v projekt CERGOP-2

Leto	Postaje													
	GSR1	KOPE	ILIB	CRNO	NOVG	CELJ	BOVE	RADO	MARI	PTUJ	BODO	SLOG	BREZ	TREB
CERGOP-2														
(2003)	(1)													
(2005)	(1)			(1)			(1)		(1)					
2006	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Preglednica 2b - pregled vključenih permanentnih postaj za leto 2006, (z rdečo barvo je označeno, za katere permanentne postaje lahko dobimo podatke iz arhiva tudi za leti 2005 in 2003)



Slika 3 - Razpored GPS-točk. Vrste točk so podane v legendi. Za 3 točke so na osnovi večkratnih meritev izračunani vektorji letnih pomikov z elipsami pogreška v modelu premikov kontinentalnih plošč APKIM 2000

Oprema na permanentnih in obdobjnih GPS-točkah tekom meritve v letu 2006 je podana v Preglednici 3. Razpored GPS-točk je prikazan na Sliki 3.

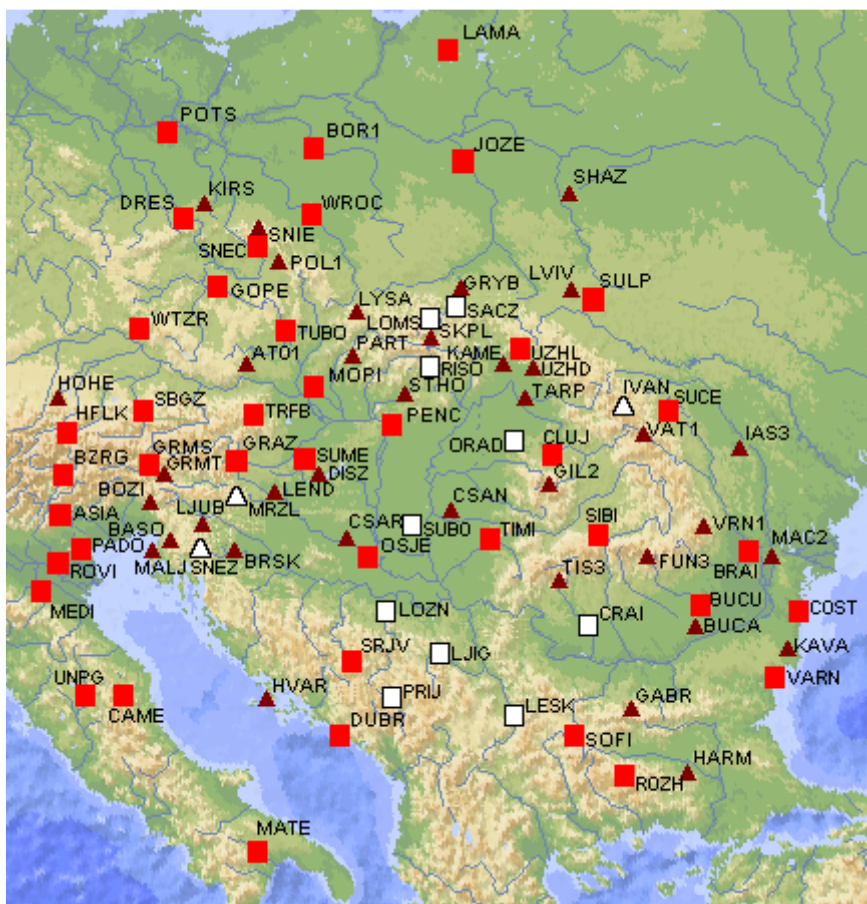
MARKER NAME	REC # / TYPE / VERS	ANT # / TYPE	ANT.VET. OFFSET	SAMPLING RATE
ILIB	45332550 / Trimble / 0.00	TRM41249.00/ TZG	0.0650	15 sec
BODO	45332550 / Trimble / 0.00	TRM41249.00 TZG	0.0650	15 sec
BOVE	0082126 / LEICA SR530/ 5.00	LEIAT504	0.0650	15 sec
CELJ	0459190 /RS1200 / 2.14	LEIAX1202	0.0650	15 sec
CRNO	0000004 / LEICA SR530 / 5.00	LEIAT504	0.0650	15 sec
GSR1	0080244 / LEICA SR530 / 5.00	LEIAT504	0.0650	15 sec
KOPE	0458310 /RS1200 / 2.14	LEIAT504	0.0650	15 sec
MARI	0080286 / LEICA SR530 / 5.00	LEIAT504	0.0650	15 sec
NOVG	0457485 /RS1200 / 2.10	LEIAX1202	0.0650	15 sec
PTUJ	0460425 / RS1200 / 2.14	LEIAX1202	0.0650	15 sec
RADO	44492411/ Trimble / 0.00	TRM41249.00 TZG	0.0650	15 sec
SLOG	43512302/ Trimble / 0.00	TRM41249.00 TZG	0.0650	15 sec
TREB	45332550/ Trimble / 0.00	TRM41249.00 TZG	0.0650	15 sec
VELP	0459182/ RS1200 / 2.14	LEIAX1202	0.0650	15 sec
MALI*	1819 / LEICA SR530 / 3.02	LEIAT502	0.2730	15 sec
LJUB*	14232/ Trimble 4000 /7.32	TRM22020.00+GP	0.5480	30 SEC

* ... obdobjni postaji

Preglednica 3 – Oprema na permanentnih in obdobjnih GPS-točkah

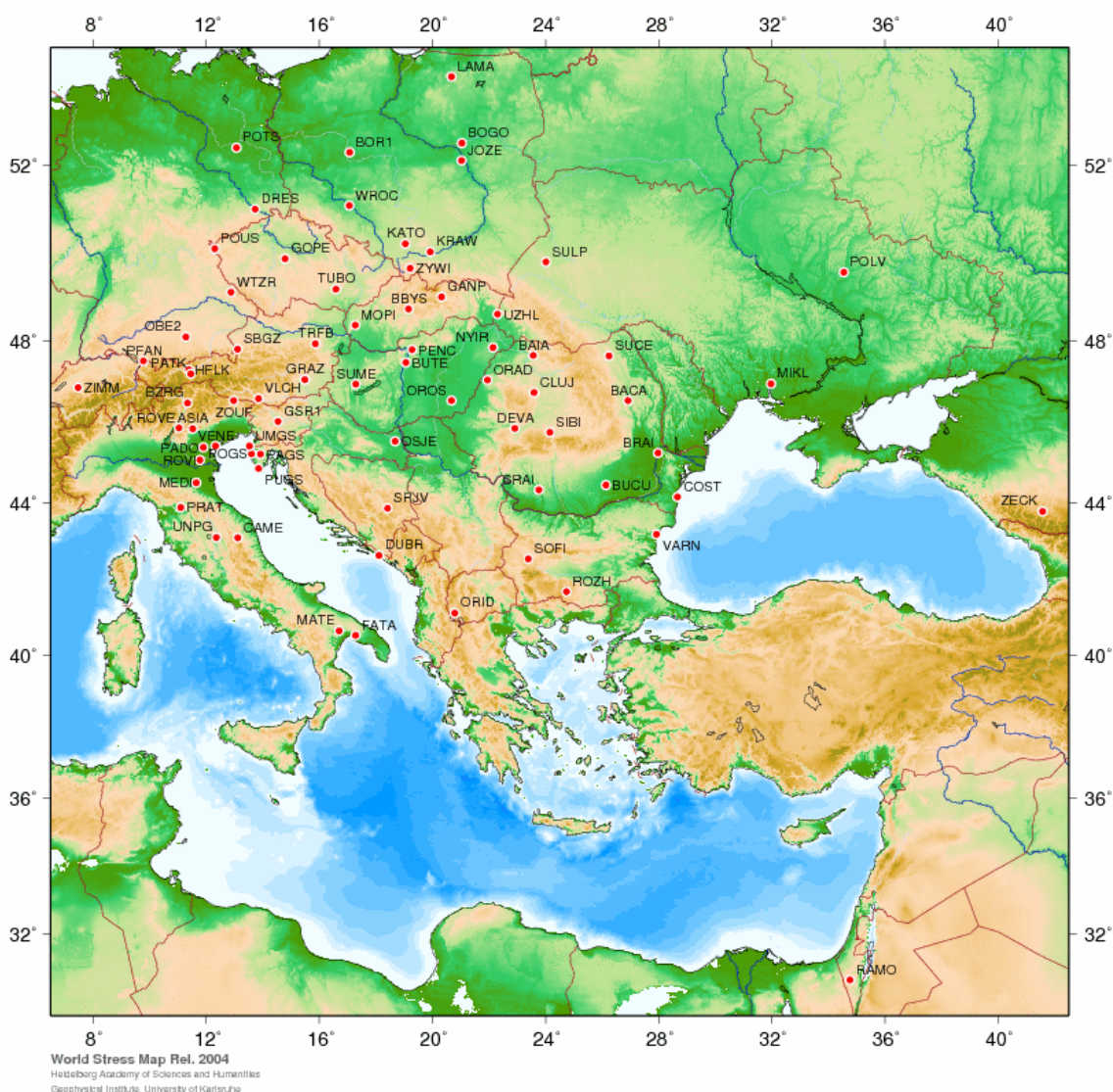
Nadaljevanje in možnosti

Čeprav smo doslej opisali le meritve v Sloveniji, pa je CERGOP predvsem mednarodni projekt, ki se financira tudi s sredstvi EU in katerega podatki in izsledki so na voljo vsem državam, ki participirajo v projektu, pod določenimi pogoji pa tudi drugim. S tem se strokovnjakom, ki se ukvarjajo z geodinamiko in sorodnimi disciplinami, odpirajo nove možnosti, saj niso omejeni na nacionalno ozemlje. V preteklem obdobju dveh projektov CERGOP so strokovnjaki različnih držav, podprti z raziskovalnimi potrebami v domovini, izkoristili te možnosti in izdelali več odmevnih študij.



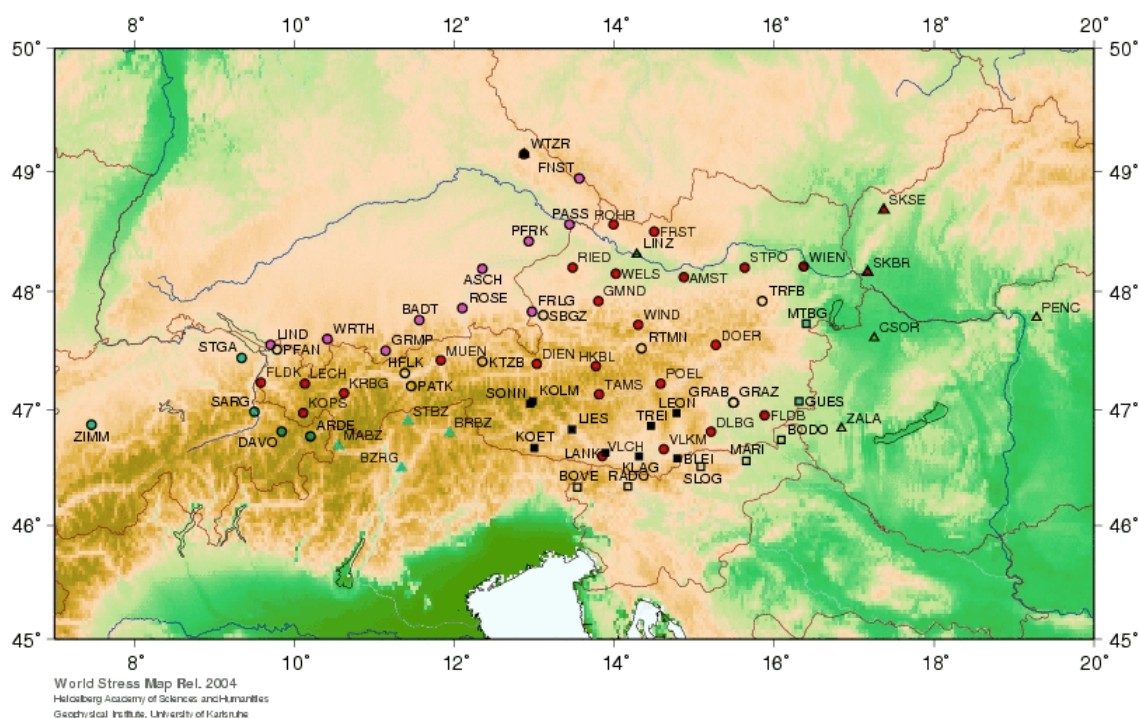
Slika 4 – GPS-točke CERGOP 2005, (vir: CERGOP data center, spletna stran projekta)

Za majhno ilustracijo obsega projekta CERGOP podajamo karto, ki prikazuje v projekt vključeno območje in GPS-točke – Slika 4. Slika se nanaša na stanje projekta v letu 2005. Z različnimi znaki so prikazani različni statusi GPS-točk. Permanentne GPS-postaje, ki so na sliki predstavljene s kvadrati, predstavljajo najštevilčnejšo kategorijo in že nakazujejo, da bo to v prihodnosti prevladujoča oblika geodinamičnih točk za velika območja. Permanentne GPS-postaje so solidne točke, ki služijo mnogim nalogam, zato ni težko zagotoviti njihovih podatkov tudi za potrebe geodinamičnih študij. Ker dobavljajo te podatke ves čas, ne le tekom terenskih kampanj, omogočajo uporabo znanstveno bolj dognanih metod. Občasne točke bodo vedno bolj služile regionalnim potrebam in bodo tako dopolnjevale osnovno mrežo geodinamičnih točk širšega območja. Zanje je značilno, da so na geološko bolj definiranih lokacijah in verjetno je lažja tudi interpretacija sprememb na teh točkah. Projekt CERGOP sam v prihodnosti verjetno ne bo več temeljil na podatkih obdobjnih postaj, temveč le na permanentnih GPS-postajah, kar nakazuje tudi najnovejša karta CERGOP-mreže – Slika 5.



Slika 5 – CERGOP-mreža permanentnih postaj (vir: CERGOP data ceter, spletna stran projekta)

Poleg tu opisanega projekta CERGOP, ki poteka vse od leta 1994 in katerega druga faza se zaključuje letos, planira pa se še tretja faza za leta do 2010, so pred in ob tem projektu v istem prostoru potekale meritve tudi za druge projekte. Med obsežnejšimi je bil projekt AGREF. Ta je v določenem obdobju obsegal tudi precej veliko območje izven Avstrije, ki ga je financirala. Na območju Slovenije je za potrebe AGREF izvedeno več meritev na geodinamičnih točkah, prikazanih na Sliki 3. Prva opazovanja na teh točkah so bila izvedena 1994 (D. Mišković in sodelavci). Točke so vključene v prvo GPS-kampanjo v Sloveniji (1994-1995), ki je osnova za vključitev Slovenije v EUREF. Kasnejše meritve so shranjene v arhivih projekta AGREF. Točke so še vedno ohranjene na terenu, izjema je morda točka Mrtvice, ki leži tik ob gradbišču avtoceste. Sam projekt AGREF se je iz različnih vzrokov spremenil, deloma je prerasel ravno v CERGOP. Za njegovega naslednika lahko smatramo projekt AMON (Austrian monitoring network), ki danes pokriva mnogo manjše območje, kljub temu pa vključuje podatke treh permanentnih GPS-postaj v Sloveniji. Obseg je razviden iz Slike 6.



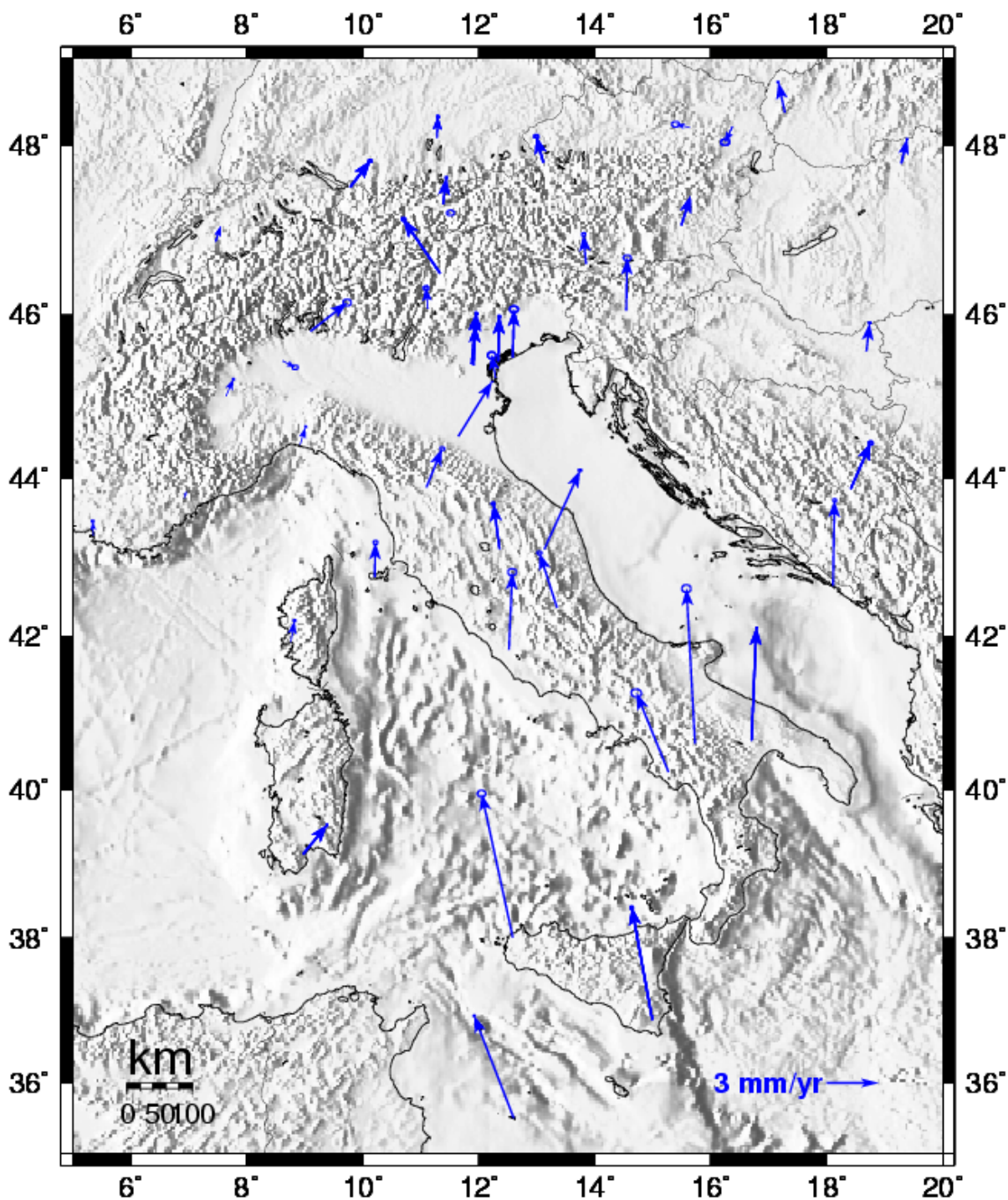
Slika 6 - Omrežje permanentnih postaj v projektu AMON (vir: OLG, spletna stran projekta)

Osnova je omrežje permanentnih GPS-postaj APOS, sicer namenjeno zagotavljanju geodetskega referenčnega sistema in preciznemu določanju položaja v realnem času, ki ga sestavlja 32 GPS-točk, v pripravi pa so še nove. Ena od nalog projekta AMON je tudi spremljanje premikov v vzhodnih Alpah. To je bila tudi naloga projekta AGREF. Slovenija pokriva del področja vzhodnih Alp in zanimivo območje interakcije med Alpami in Dinaridi.

Geološka interpretacija podatkov

Kot je bilo uvodoma omenjeno, služijo podatki, pridobljeni v okviru projekta CERGOP predvsem za preučevanje recentne geodinamike danega območja. To obsega zahodni del Evroazijske litosferske plošče in več manjših mikroplošč, ki ležijo med omenjeno Evroazijsko ter Afriško oz. Nubijsko ploščo.

Iz pridobljenih podatkov (Internetna stran CERGOP-2 Environment) je razvidno, da se celoten navedeni prostor premika generalno proti severu s hitrostjo nekaj milimetrov na leto. Dinamika ožjega prostora, na katerem leži Slovenija, točneje Jadranska mikroplošča, pa je razvidna iz Slike 7. Slika zajema osrednji del Jadranske mikroplošče in njene deformirane robove, točneje Apenine, Dinaride ter Alpe. Podatki meritev znotraj CERGOP-a kažejo generalno isti premik proti severu kot velja za celotno prej omenjeno območje, s tem, da so hitrosti premika večje v Apeninih in manjše v Dinaridih in v Alpah.



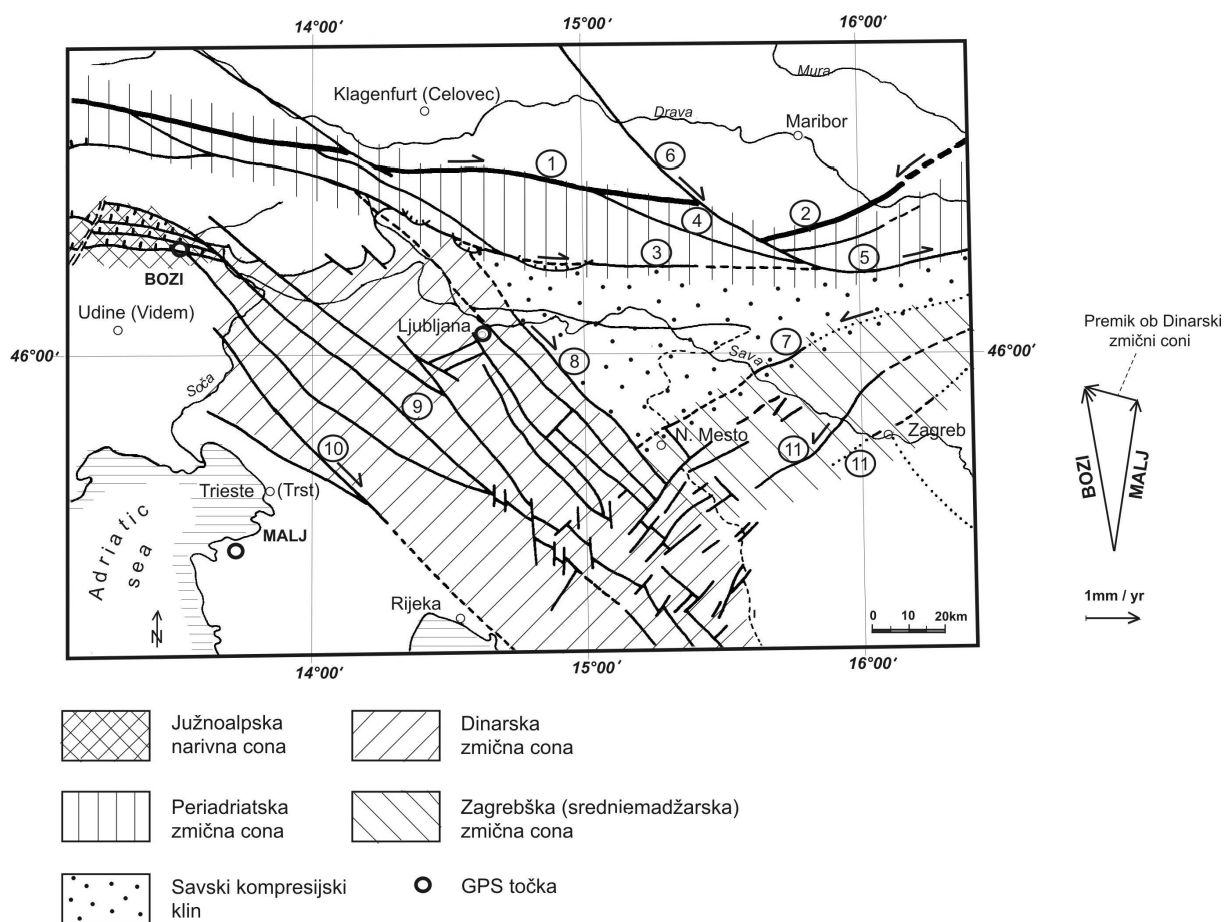
Slika 7 - Vektorji premikov v cirkum - Jadranskem območju, pridobljeni v okviru CERGOP-a. (http://cisas.unipd.it/gps/Italy_area.htm)

Ozemlje Slovenije leži v celoti na severnem delu Jadranske plošče in zajema del Dinaridov in Alp. Smer premikov in njihovih vrednosti so razvidne iz Slike 3 in so generalno v skladu s širšim, prej omenjenim prostorom. Vendar je geodinamika tega ozemlja na stičišču Dinaridov in Alp, kakor tudi struktur, nastalih pri koliziji Evroazijske plošče in Tisine mikroplošče (Srednjemažarska cona), kompleksna. Ta pogojuje odstopanje smeri premikov posameznih delov terena in njihovih hitrosti.

Shematizirana ponazoritev recentne dinamike slovenskega ozemlja je prikazana na Sliki 8. Iz slike je razvidno, da so na slovenskem ozemlju prisotni Dinaridi, kjer so dominantne

strukture desno zmični prelomi, potem Srednjemadžarska cona z levozmičnimi prelomi ter Alpe z desnozmičnimi regionalnimi prelomi. V Alpah je še prisotno narivanje proti jugu. GPS-točke, prikazane na Sliki 3, so zatoj preredke in nezadostne za analizo dinاميke navedenih geotektonskih enot in posameznih struktur. Za tovrstno analizo bi potrebovali gostejšo mrežo točk, ki bi bile postavljene smiselno glede na določene strukture.

Primer generalizirane geološke interpretacije premikov točk Božica in Malija je podan na Sliki 8. Točka Malija leži na območju Jadranskega predgorja, ki predstavlja osrednji in slabo deformirani del Jadranske mikroplošče. Točka Božica pa je na severnem robu Zunanjih Dinaridov, kjer le-ti mejijo Južne Alpe. Obe enoti pa predstavljata, kot je že prej bilo rečeno, severni do severovzhodni močno deformirani rob mikroplošče. Odklon premika na točki Božica proti severozahodu glede na premik na točki Malija bi potemtakem lahko interpretirali kot rotacijo Zunanjih Dinaridov v nasprotni smeri urinega kazalca, ki se dogaja med Jadranskim predgorjem in Južnimi Alpami ter Periadrisko zmično cono.



Slika 8 - Shematizirana tektonska karta Slovenije. Prelomi: 1. Smrekovski (Periadriski), 2. Ljutomerski, 3. Savski, 4. Šoštanjski, 5. Donački, 6. Labotski, 7. Orliški, 8. Stiški, 9. Idrijski, 10. Raški, 11. Svetojanski

Sklep

Projekt CERGOP se bo nadaljeval. Rezultati so za Evropo tako pomembni, da ga financira in ga vključuje tudi v raziskovalne programe naslednjih obdobj. Z njim dobivajo strokovnjaki, ki se ukvarjajo z bolj ali manj regionalnimi aspekti premikanja Zemljine skorje odlično bazo podatkov za svoje delo. Večinoma se ob nacionalni podpori vključujejo z lastnimi podprojekti, ki obsegajo dodatne meritve, predvsem pa nove pristope in znanja. To je tudi ena od poti za pridobivanje sredstev Evropske unije.

Slovenija v preteklih šestih letih ni oblikovala lastnega projekta, s katerim bi se vključila v CERGOP. Pri izvedenih delih gre v veliki meri za entuziazem prof. Vodopivca in pomoč avstrijskih kolegov. Vsi sodelujoči so bili bolj ali manj prostovoljci. Največ je pri tem prispevala Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Ker menimo, da je tak mednarodni in interdisciplinarni pristop lahko odločilen tudi za nadaljnji razvoj znanosti pri nas, želimo oblikovati ekipo in program, ki bosta z nacionalno podporo lahko ustrezno predstavljala Slovenijo v CERGOP-u in tudi izkoristila ponujene možnosti. Ker na FGG očitno ni možnosti za nadaljevanje dela, iščemo novo sredino in upamo, da bo krog strokovnjakov in institucij, združenih v SZGG, lahko ponudil nekaj pravega.